



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

GUÍA PARA LA CERTIFICACIÓN DEL SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE
CONECTORES PARA LA CONEXIÓN DE BARRAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN
ARMADO RESISTENTES A SISMO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

GABRIEL ALEJANDRO GANA MARTINEZ

PROFESOR GUÍA:
DAVID CAMPUSANO BROWN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JUAN DONOSO MANIEU
AUGUSTO HOLMBERG FUENZALIDA

SANTIAGO DE CHILE

2018

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.
POR: GABRIEL GANA.
FECHA: 24/01/2018
PROF. GUÍA: Sr. DAVID CAMPUSANO.

**“GUÍA PARA LA CERTIFICACIÓN DEL SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE
CONECTORES PARA LA CONEXIÓN DE BARRAS EN ESTRUCTURAS DE
HORMIGÓN ARMADO RESISTENTES A SISMO”**

En el rubro de la construcción, se han usado armaduras de acero por muchos años. Para el traspaso de esfuerzos, la opción más conocida es el empalme mediante traslapo. El estudio y desarrollo de los conectores, pretende ser un nuevo método para el traspaso de esfuerzos. Existen distintos tipos de conectores mecánicos, con rosca, epoxico, mortero y otros. En este trabajo se ahondará en un tipo de conector.

El presente trabajo de título tiene como objetivo principal la realización de una certificación de los conectores NMB Splice Sleeve, que han sido desarrollados junto a un mortero cementicio para conectar las barras de acero y poder realizar el traspaso de esfuerzo sin la necesidad de un traslapo. Además, como segundo objetivo el poder lograr una guía de instalación directa, tanto para conectores que sirven en elementos de hormigón prefabricado como para hormigón en sitio.

Para poder completar los objetivos, se efectuó una revisión bibliográfica. En primer lugar, de las normas que muestran los requerimientos de desempeño de los conectores mecánicos. Tanto los códigos internacionales, como las normas chilenas. Segundo, una revisión de los archivos proporcionados por NMB Splice Sleeve, como son los ensayos realizados a los conectores y el mortero usado. Además, de distintas aprobaciones y manuales.

Este trabajo permite concluir que los conectores mecánicos NMB y todos los que cumplan con los estándares impuestos, son aptos el uso en Chile. Por otro lado, cumplen con la denominación Tipo 2, es decir, se pueden usar en lugares de alta sismicidad. Además, son una ventajosa opción del punto de vista de la reducción del tiempo en la obra, de algunos materiales, como son los moldajes y el tiempo de espera para el fragüe. Incluido ello, son una muy buena elección para elementos esbeltos, donde el uso de gran cantidad de armadura no permita un adecuado vaciamiento del hormigón y posterior vibrado.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Jehová, en primer lugar, por todas las cosas.

Gracias a mi familia por el apoyo incondicional.

Gracias a mi abuelito por acogerme en su hogar como a un hijo estos seis años de carrera.

Gracias a todas las personas que encontré en la universidad, los que estuvieron conmigo los últimos años, en los momentos críticos, los que estuvieron en la cancha, en los pasillos, a todos los que aportaron un granito de arena.

Gracias al profe David Campusano, por el apoyo y la guía en este trabajo de título.

Gracias a Mr. Asao Sakuda y Juan Pablo Donoso, por estar siempre atentos a mis consultas y proporcionar la información necesaria para realizar el trabajo.

Sin ustedes no habría sido posible.

Tabla de contenido

1.	Introducción y alcances.....	8
2.	Descripción del sistema NMB	10
2.1	Sistema completo del conector UX	10
2.2	Sistema completo del conector Slim-Sleeve para hormigón en sitio.....	12
2.3	Dimensiones.....	13
2.4	Transferencia de la tracción.....	15
2.5	Descripción funcional del conector mecánico	16
2.6	Emulación del hormigón armado.....	17
2.7	Elementos principales	20
2.7.1	Barras de acero	20
2.7.2	Conectores	20
2.7.3	Mortero	20
2.8	Elementos para instalación	21
2.8.1	Tapón elastomérico para UX (SA) Sleeve	21
2.8.2	Sleeve Setter o fijador de copla	21
2.8.3	Tubos PVC para llenado.....	21
2.8.4	Tapones plásticos.....	22
2.9	Elementos para instalación en obra.....	22
2.9.1	Junta para grout	22
2.9.2	Resorte metálico	22
2.9.3	Regla de marcaje	23
2.10	Para incorporación del grout.....	23
2.10.1	Paleta	23
2.10.2	Bomba para grout	23
2.10.3	Tapones.....	24
2.10.4	Tapones para chequeo de llenado.....	24
3.	Certificación de los insumos	26
3.1	Conector NMB Splice Sleeve	26
3.1.1	Requerimientos normativos.....	26
3.1.1.1	NCh 2369Of.2003 – Diseño sísmica de estructuras e instalaciones industriales 26	
3.1.1.2	NCh 2369 Revisada 2017 – Diseño sísmica de estructuras e instalaciones industriales.....	26
3.1.1.3	NCh430.Of2008 Hormigón armado – Requisitos de diseño y cálculo.....	27

3.1.1.4	NCh 204-2006 Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado	28
3.1.1.5	Norma ACI 318-14	28
3.1.1.6	Requerimientos según código japonés	29
3.1.2	Descripción y requerimientos de ensayos	30
3.1.2.1	Ensayo de tracción	30
3.1.2.2	Ensayo de compresión	30
3.1.2.3	Ensayo cíclico	30
3.1.3	Modos de falla	32
3.1.4	Ensayos realizados	33
3.1.5	Diferencias entre ensayos de barras con normativa chilena y japonesas	35
3.1.6	Aprobación de los conectores según ICC	36
3.2	SS Mortar	38
3.2.1	Requerimientos normativos	38
3.2.1.1	Resistencia	38
3.2.1.2	Fluidez	39
3.2.2	Descripción y requerimientos de ensayos	40
3.2.2.1	Resistencia	40
3.2.2.2	Fluidez	42
3.2.3	Ensayos realizados	43
3.3	Validez de ensayos presentados	44
4.	Instalación del conector	46
4.1	Proceso de instalación en planta	46
4.1.1	Preparación del moldaje	46
4.1.2	Determinación del largo de la barra	46
4.1.3	Preparación del conector	48
4.1.4	Determinación del largo del tubo PVC	50
4.1.5	Ejemplos de orden de instalación	51
4.1.6	Instalación de la copla con el fijador en el molde	52
4.1.7	Aseguramiento de las barras de refuerzo	53
4.1.8	Afloje y remoción del fijador de copla	54
4.1.9	Precaución durante el almacenamiento y transporte de los materiales	54
4.2	Instalación de la pieza prefabricada en obra	55
4.2.1	Posicionamiento de la pieza	55
4.2.1.1	Instalación de la junta y el resorte	55
4.2.1.2	Mortero de junta	56
4.2.1.3	Prácticas para junta de piezas	56

4.2.2	Relleno del conector con SS Mortar.....	59
4.2.2.1	Preparación.....	59
4.2.2.2	Condiciones de grouting	60
4.2.2.3	Listas de chequeos necesarios.....	61
4.2.2.4	Mezclado.....	62
4.2.2.5	Llenado del conector.....	63
4.2.2.6	Limpieza.....	64
4.2.2.7	Curado.....	64
4.3	Proceso de instalación de conectores para hormigón en sitio.....	65
4.3.1	Aplicación vertical (Columna).....	65
4.3.1.1	Marcaje.....	65
4.3.1.2	Instalación.....	66
4.3.2	Aplicación horizontal (Viga).....	68
4.3.2.1	Marcaje.....	68
4.3.2.2	Instalación.....	69
4.3.3	Preparación del mortero.....	70
4.3.4	Llenado de conectores con SS Mortar.....	70
4.3.4.1	Chequeos previos.....	70
4.3.4.2	Llenado de conector con bomba de inyección.....	71
4.3.4.3	Llenado de conector con inyector manual.....	71
5.	Aseguramiento de la calidad.....	73
5.1	Control de etapas.....	73
5.1.1	Inspección antes de hormigonar la pieza.....	73
5.1.2	Precauciones en la faena de hormigonado.....	73
5.1.3	Inspección de la pieza prefabricada.....	74
5.1.4	Verificaciones necesarias para el SS Mortar.....	74
5.2	Ensayos.....	77
6.	Análisis económico.....	79
6.1	Análisis estructural.....	79
6.2	Análisis en la construcción.....	79
7.	Comentarios y conclusiones.....	83
8.	Bibliografía.....	86
	Anexo A.....	88
	Anexo B.....	98
	Anexo C.....	105
	Anexo D.....	109

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y ALCANCES

1. Introducción y alcances

Los conectores mecánicos son una alternativa muy ventajosa para la conexión de barras en elementos de hormigón que integran estructuras resistentes al sismo, en reemplazo de los traslapes en conexiones húmedas hormigonadas en sitio. Al evitar las longitudes de traslapo, la duplicación en la longitud de desarrollo y la desalineación de los ejes de las barras.

Debido a estas ventajas se han desarrollado en las estructuras prefabricadas de hormigón en los países más desarrollados y con riesgo sísmico, como Japón y USA.

Los conectores con ductilidad para cargas cíclicas de los sismos se componen de una copla endentada de mayor resistencia que las barras con resaltes que se conectan, y un material de relleno que puede ser un mortero cementicio, un mortero epóxico o un metal de bajo punto de fusión adosado al conector con un combustible rápido que lo funde y entra en la copla.

Las barras y copla con hilo no logran la certificación sísmica para cargas cíclicas.

En este trabajo de título se estudiarán conectores que utilizan mortero cementicio, como material de transferencia de tensiones entre las barras y la copla, que tienen la ventaja de ser más pequeños y de instalación simple.

Para realizar la guía se cuenta con el apoyo de la empresa que provee el sistema NMB de SPLICE SLEEEVE JAPAN LTD y su representante en Chile BDL.

El proyecto consiste en desarrollar una guía completa, que incluya todos los pasos que permitan la certificación de acuerdo a la norma NCh 2369 Of.2003 y su revisión, y los códigos ACI y de Japón, incluyendo la utilización en la conexión de barras entre piezas prefabricadas de estructuras sísmicas, junto con el aseguramiento de la instalación con los ensayos que se requieran del mortero y de arrancamiento.

Se trata de asegurar el comportamiento dúctil a cargas cíclicas de los conectores, los materiales y equipos asociados y de la instalación en planta y en obra.

Se incluirá la aplicación en conexiones de elementos prefabricados, ya que tienen la ventaja de proveer una conexión dúctil que evitan la conexión húmeda para el traslapo de las barras en un volumen importante de hormigón y armaduras colocado en sitio.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

2. Descripción del sistema NMB

Para comenzar, se describe el sistema de conectores que se evaluará a lo largo de este trabajo. Existen dos conectores generados por Splice Sleeve Ltd. Uno de ellos es el sistema UX para conexiones de elementos prefabricados de hormigón y el otro es el sistema Splice-Sleeve, pensado para solucionar el problema de la conexión de barras en sitio sin traslape.

A continuación, se detallan ambos sistemas.

2.1 Sistema completo del conector UX

Los conectores mecánicos que se consideran en este trabajo de título, son los correspondientes al sistema NMB, específicamente al conector UX (SA).

Este método de conexión de barras, consiste en varios componentes que ensamblados entre si forman un conector mecánico. Se tienen tres (3) piezas fundamentales.

- Dos barras de refuerzo.
- Un conector UX (SA).
- Mortero cementicio (SS Mortar).

Ambas barras de refuerzo entran en él conector y este último, es rellenado con un mortero especial sin retracción y con alta resistencia a temprana edad, llamado “SS Mortar”.

A continuación, se puede apreciar un corte en el conector completo, donde se tienen distintos elementos, aparte de los ya mencionados como principales, que componen el conector de manera completa. Adicionalmente, se puede ver un [esquema](#) con todos los elementos indicados.



Figura 1: Imagen del conector completo.

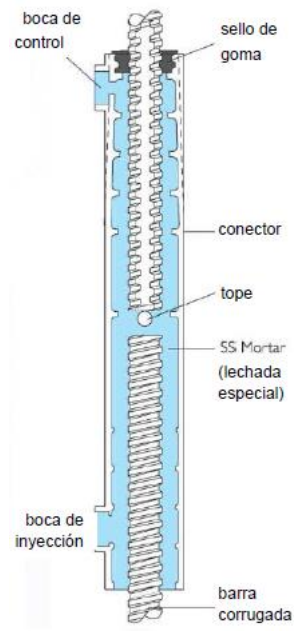


Figura 2: Esquema conector NMB Super UX.

2.2 Sistema completo del conector Slim-Sleeve para hormigón en sitio

Los conectores Slim-Sleeve, cumplen una función parecida a los expuestos anteriormente, pero en este caso, se usan para conectar barras de acero en lugares de uso de hormigón en sitio.

Estos conectores son una alternativa que, combinada con elementos prefabricados en algunos casos, pueden servir como solución para la conexión de elementos.

Los conectores Slim-Sleeve, usan cuatro elementos principales:

- Dos barras de refuerzo.
- Un conector Slim-Sleeve
- Pernos de fijación
- Mortero cementicio (SS Mortar)

El procedimiento de uso de estos conectores se detalla a lo largo de este trabajo. Aun así, es importante mencionar que, al igual que el conector anterior, se inserta el [conector](#) en una barra de acero y luego se mueve a su posición, teniendo ambas barras dentro de él, posteriormente es llenado con mortero. El llenado se hace de formas levemente distintas, dependiendo si son barras verticales u horizontales.

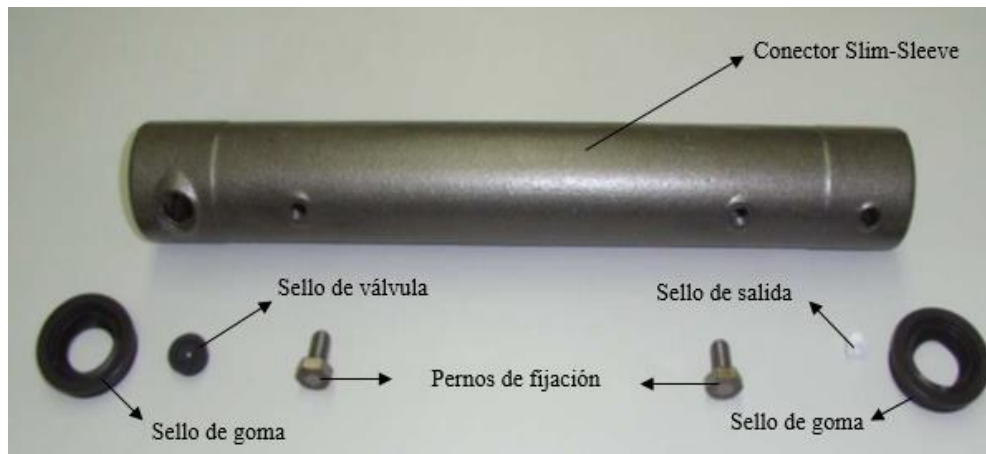


Figura 3: Conector Slim-Sleeve. (Ref. 11)

2.3 Dimensiones

A continuación, se muestran tablas y diagramas que dan a conocer las dimensiones de los conectores, tanto para los conectores necesarios para el hormigón prefabricado (Super UX), como para el uso en sitio (Slim-Sleeve).

Este detalle influye para el cálculo del largo de las barras, y el cálculo en cuanto al desempeño del elemento, dado que, al usar los conectores, las barras quedan más dentro de la pieza, que en una solución por traslape de barras.

- Conector Super UX para hormigón prefabricado.

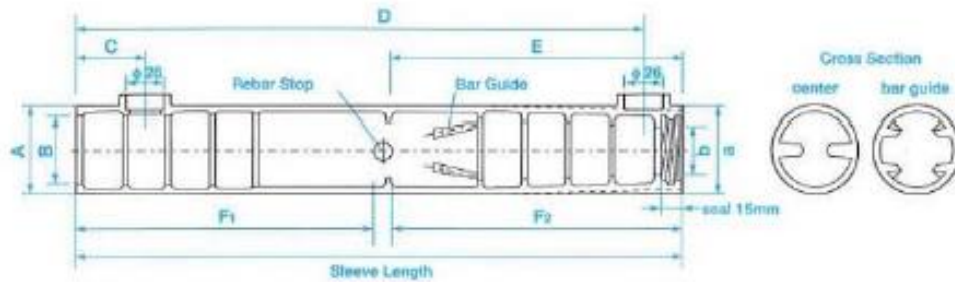


Figura 4: Corte de conector Super UX. (Ref. 10)

Tabla 1: Características conector Super UX. (Ref. 10)

Super UX			Diámetro copla (mm)			Boca de entrada (C)	Tope (E)	Longitud de barra	
Copla	Barra	Largo (mm)	O.D (A,a) (mm)	I.D (mm)				Lado ancho (F1)	Lado delgado (F2)
				Lado ancho (B)	Lado delgado (b)				
5UX	16 mm	245	45	32	22	47	115	90-120	105-115
6UX	18 mm	285	49	36	25		135	110-140	125-135
7UX	22 mm	325	53	40	29		155	130-160	145-155
8UX	25 mm	370	58	44	31		175	150-185	165-175
9UX	28 mm	415	63	48	35		200	175-205	190-200
10UX	32 mm	455	66	51	39		220	195-225	210-220
11UX	36 mm	495	71	55	44		240	215-245	230-240

- Conectores Slim-Sleeve para hormigón en sitio.

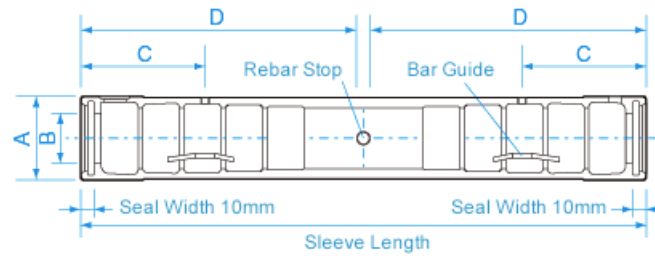


Figura 5: Corte de conector Slim-Sleeve. (Ref. 11)

Tabla 2: Características conector Slim-Sleeve. (Ref. 11)

Slim Sleeve			Diámetro copla (mm)		Posición del perno (C) (mm)	Tope (D) (mm)	Longitud de barra (D) (mm)
Copla	Barra	Largo (mm)	O.D (A) (mm)	I.D (B) (mm)			
S5U	16 mm	240	37	22	54	115	105-120
S6U	18 mm	270	40	25	54	130	120-135
S7U	22 mm	300	44	28	73	145	135-150
S8U	25 mm	330	48	31	60	160	150-165
S9U	28 mm	370	54	35	90	180	170-185
S10U	32 mm	410	59	39	90	200	190-205
S11U	36 mm	450	65	43	90	220	210-225

2.4 Transferencia de la tracción

El sistema de conexión funciona a través de un mortero, este genera la continuidad de las barras transmitiendo las fuerzas al conector mecánico. Este es un problema interesante, en el cual se ve involucrada la manera de trabajo del conector.

Las fuerzas de tracción que solicitan la barra deben ser traspasadas al mortero que llena el conector, dado que las barras tienen resaltes y el conector lleva pequeños resaltes, existe una transmisión de esfuerzo por la generación de “bielas” y por adherencia. Finalmente, existe tracción en el conector mismo.

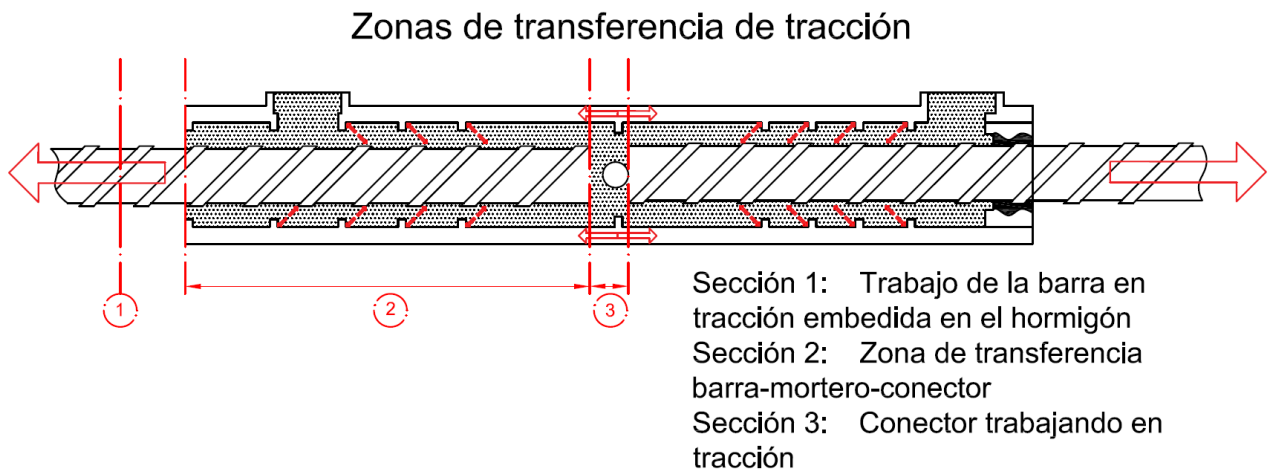


Figura 6: Esquema de transferencia de la tracción en el conector.

A continuación, se muestra un esquema de la transmisión del esfuerzo axial en el conector.

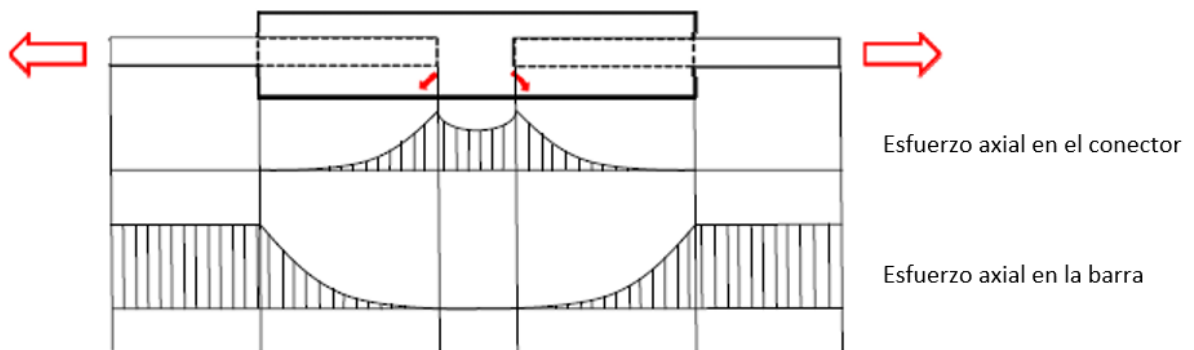


Figura 7: Esquema de transmisión de esfuerzo axial.

2.5 Descripción funcional del conector mecánico

Parte importante del sistema es poder dar solución al problema de continuidad de barras de acero estructural. Hoy, en las construcciones chilenas, se usan generalmente traslapes de barra. Estos traslapes generan una desalineación del eje en el traspaso del esfuerzo, además de una serie de problemas si es que estos no se hacen de la manera correcta en obra.

Por otro lado, los conectores mecánicos tienen como objetivo generar una facilidad constructiva y poder generar un traspaso de esfuerzos de tracción por un mismo eje, llevando así a una solución mejor que la del traslapo, para la unión de barras.

Solución mediante conector mecánico

Solución mediante traslapo de barras

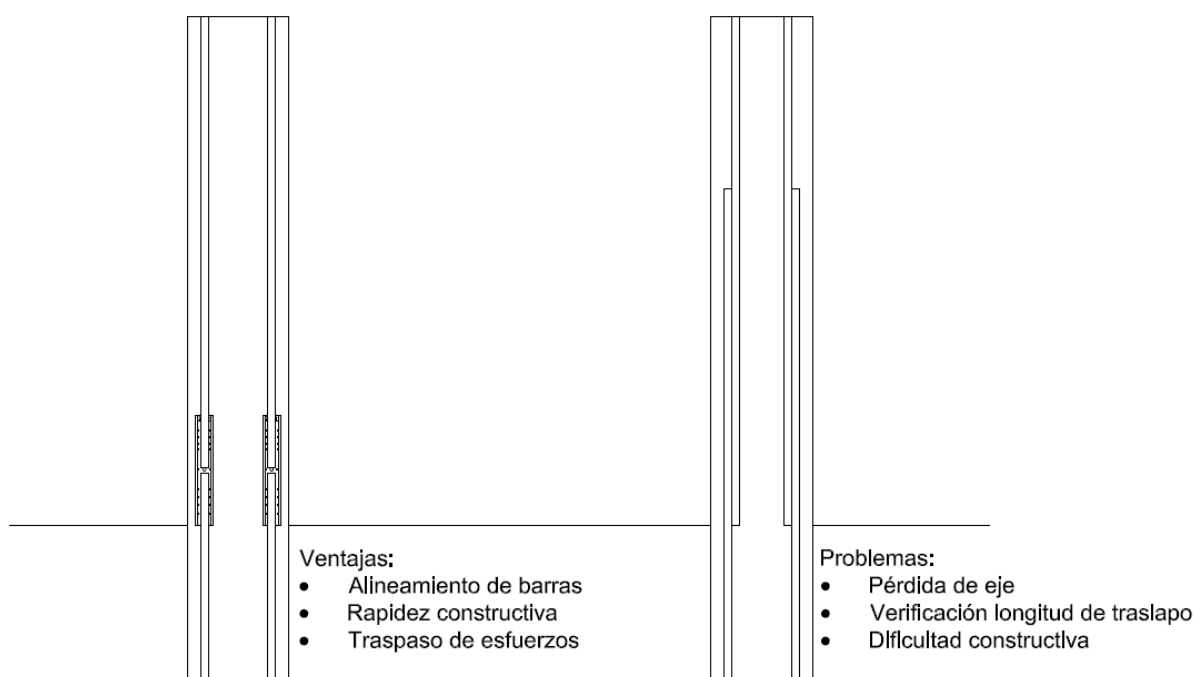


Figura 8: Esquema comparativo entre soluciones a conexión de barras.

Tal como se menciona anteriormente, existe una facilidad constructiva al usar conectores mecánicos, una de ejemplificar esto, es mediante un [esquema](#) en el cual se aprecia como se ve un montaje de una columna prefabricada.

2.6 Emulación del hormigón armado

La emulación es la manera de conectar elementos de hormigón prefabricados de manera que, estos actúen o se comporten de la misma manera que lo haría una estructura monolítica hecha en sitio.

Existen distintas formas de poder conectar las barras de acero, como son traslapo, soldadura o conectores mecánicos. Por lo general, las estructuras de hormigón se realizan por parte, “conectando” las barras de acero mediante traslapo de barras. Dependiendo de las condiciones de trabajo, la localización del proyecto y otros factores, se verá la manera más práctica de poder conectar las barras.

En este caso, los conectores que unen cada barra de refuerzo por separado, y llenan el espacio entre ellas con mortero, dan como resultado una estructura que emula el hormigón en sitio. Siendo así, las reglas del diseño en hormigón en sitio son válidas.

Las estructuras de hormigón prefabricado que son unidas son los conectores NMB Splice Sleeve y tienen una interfaz de unión con un mortero de alta resistencia, sin retracción entre las piezas, pueden emular el comportamiento de las estructuras de hormigón armado en sitio y pueden ser diseñadas bajo las condiciones de los códigos para estructuras monolíticas.

Los conectores mecánicos son extremadamente útiles para poder minimizar la congestión que se produce en el traslapo de las barras en una misma sección.

La decisión de donde estarán los conectores depende más de la constructibilidad: Dimensiones, transporte, capacidad de la grúa y otros.

En cuanto al desempeño de los conectores, existen de tipo 1, los cuales deben desempeñar un 125% de la tensión de fluencia de la barra y deben ser usados en lugares donde el área esté limitada a no plastificarse. Por otro lado, los conectores tipo 2, los cuales es el caso, deben cumplir con otros requerimientos según el código que está siendo usado. En el siguiente capítulo se analiza en más detalle las normas a las cuales está sujeto. (Ref. 14)

Existe un reporte (Ref. 19), en el cual se muestran ensayos cíclicos para columnas de hormigón. Se realizaron tres probetas, las cuales tienen las características mostradas en la Tabla 3.

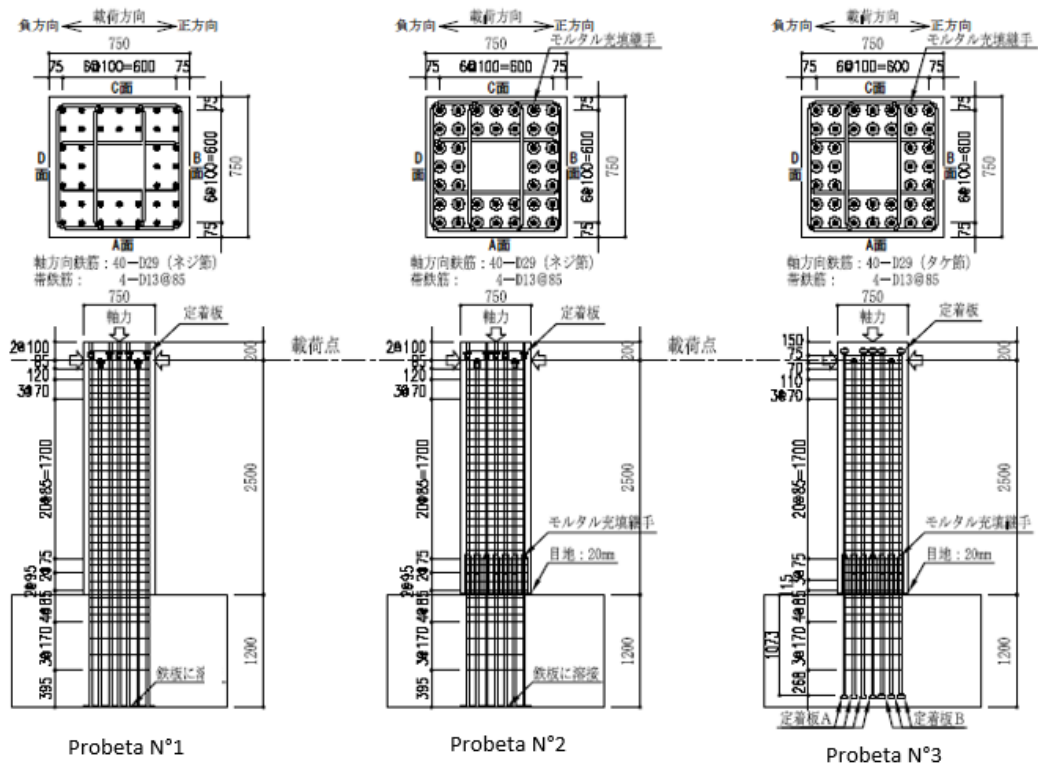
Tabla 3: Características de las probetas.

Probeta	Columna	Conectores	Patrón de resalte	Base
1	En sitio	-	Thread	Soldado a placa de acero
2	Prefabricada	Rellenos con grout	Thread	Soldado a placa de acero
3	Prefabricada	Rellenos con grout	Bamboo	Placa de anclaje

Estas tres probetas consisten en: uno realizada con hormigón en sitio y dos con columnas de hormigón prefabricado con barras de refuerzo longitudinales que tienen conectores mecánicos en la base y diferentes resaltes. Se usan las tres para poder hacer una comparación de su resistencia a los terremotos.

El patrón de resalte tread tiene un espaciamiento de 19.2 mm y una altura de 2.5 mm. Por otro lado, el patrón de resalte bamboo consiste en un espaciamiento de 19.2 mm, pero con una altura de 1.8 milímetros.

Las probetas se pueden apreciar en la Figura 9.

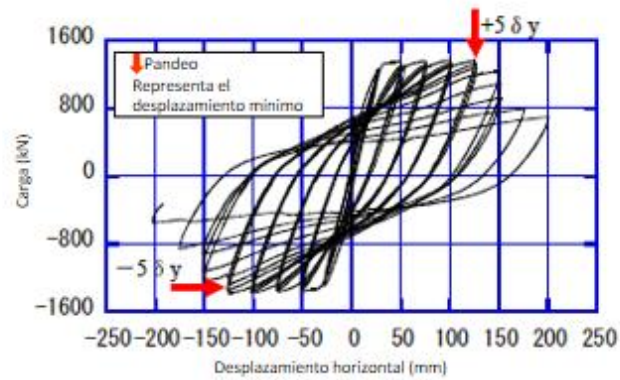


Columnas para ensayos

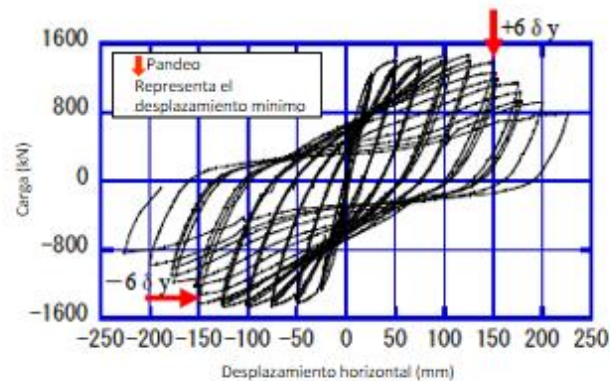
Figura 9: Distintas columnas para ensayos

El método de ensayo usado fue el de voladizo, donde se aplicó la carga de manera horizontal en la parte superior de la muestra, utilizando una fuerza constante de 3.4 N/mm^2 . Las cargas fueron aplicadas con aumento gradual, desplazamiento constante, método de carga cíclica reversa, en el cual la carga positiva y negativa fueron alternadas. Incrementando la deformación en $1\delta_y$ cada vez, tomando como δ_y igual a 25 milímetros.

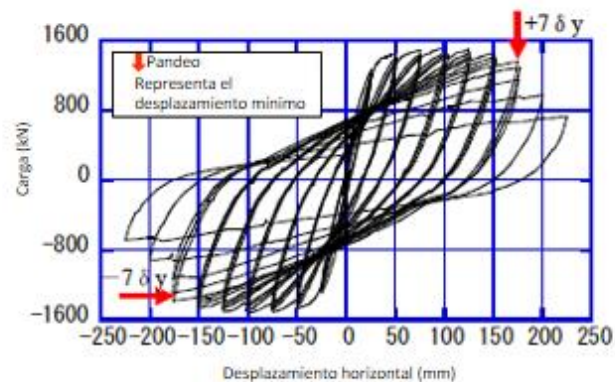
Los resultados para las curvas históricas se muestran en la Figura 10, que se muestra a continuación.



Muestra N°1



Muestra N°2



Muestra N°3

Figura 10: Curvas histereticas para cada columna

De los gráficos presentes en la Figura 10 se pueden apreciar los siguientes resultados:

- Las cargas máximas de las muestras n°2 y n°3 (con conectores llenos de mortero), fueron similares y mayores a las de la muestra n°1 en 7.3 a 10.9 por ciento.
- La relación de ductilidad de las muestras n°1, n°2 y n°3 fue de $6.1 \delta_y$, $6.9 \delta_y$ y $7.4 \delta_y$, respectivamente.
- Las relaciones de desplazamiento-carga de las muestras n°2 y n°3 excedieron a la de la muestra n°1.

2.7 Elementos principales

2.7.1 Barras de acero

Las barras de acero que se usaron para los ensayos en Japón fueron manufacturadas por Gerdau Aza S.A. Por otro lado, en Chile se usan barras de acero de distintas procedencias, pero todas deben cumplir con los requisitos mínimos de resistencia y tener el respaldo necesario con la certificación que las acompaña.

Estas características son las siguientes:

- Diámetros: 16 mm (201 mm²), 18 mm (254 mm²), 22 mm (380 mm²), 25 mm (491 mm²), 28 mm (615 mm²), 32 mm (804 mm²), 36 mm (1017 mm²).
- Acero: Grado A630-420H (Tensión de fluencia nominal 420 N/mm², Tensión de rotura nominal 630 N/mm²)

2.7.2 Conectores

El conector usado en la industria del prefabricado, es del tipo UX y para el proceso de hormigonado en sitio es del tipo Slim-Sleeve. Ambos tienen las siguientes características:

- Material: FCD700-2
- Tensión de fluencia: 420 o más N/mm².
- Tensión de rotura: 700 o más N/mm².
- Deformación: 2% o más.

2.7.3 Mortero

El mortero que se usa es denominado SS Mortar. Un material de resistencia temprana, con retracción compensada, el cual necesita, solo agua para mezclar, sin adición de otros productos, como cemento, materiales inertes u otro. Los requerimientos del mortero se encuentran en más detalle en el capítulo 3.

La adquisición de este mortero es en bolsas de 15 kg, que tienen una durabilidad de 12 meses aproximadamente cuando se almacena en un lugar frío y seco.

Al momento de utilizar el mortero, se debe usar la bolsa COMPLETAMENTE, y ser mezclada 2.2 litros de agua potable.

Los requerimientos para el SS Mortar, deben ser los siguientes:

- Agua de mezclado: 2.2 ± 0.1 litros/bolsa
- Ensayo de fluidez: 195 ± 40 mm
- Esfuerzo de compresión después de 28 días: ≥ 77 N/mm²
- Expansión: $\geq 0\%$



Figura 11: Bolsa de 15kg de SS Mortar. (Ref. 10)

2.8 Elementos para instalación

2.8.1 Tapón elastomérico para UX (SA) Sleeve

El tapón elastomérico se usa para evitar que el hormigón entre por la parte superior de la copla. Este tapón se instala al momento de equipar el conector en la fábrica.



Figura 12: Tapón elastomérico. (Ref. 10)

2.8.2 Sleeve Setter o fijador de copla

Necesarios al momento de poder fijar los conectores al molde del elemento prefabricado.



Figura 13: Fijador de conector.

2.8.3 Tubos PVC para llenado

Tubos que se insertan junto a los tapones de goma en cada una de las entradas para poder realizar el llenado de la copla desde fuera del elemento de hormigón.

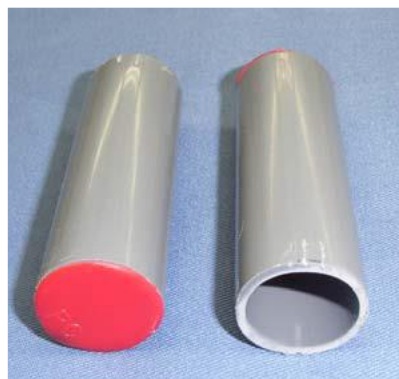


Figura 14: Tubos PVC para llenado. (Ref. 10)

2.8.4 Tapones plasticos

Dichos tapones de goma van junto a los tubos PVC, estos tapones deben ser retirados para una correcta inspección de la copla y llenado de esta.



Figura 15: Tapones plásticos. (Ref. 10)

2.9 Elementos para instalación en obra

2.9.1 Junta para grout

Pieza metálica con un sello de goma. Sirve para prevenir la intrusión del hormigón en la copla. Para cada diámetro de barra, existe una junta diferente diseñada para ella.



Figura 16: Argolla de junta.

2.9.2 Resorte metálico

Este resorte metálico, se usa para empujar la junta hacia la parte delgada del Splice Sleeve, para poder prevenir que la junta de llene de hormigón.



Figura 17: Resorte metálico.

2.9.3 Regla de marcaje

La regla de marcaje, da la medida para la instalación de los Slim-Sleeve, para la conexión de barras dispuestas en la obra, cuando se usa hormigón en sitio.



Figura 18: Regla de marcaje.

2.10 Para incorporación del mortero

2.10.1 Paleta

Se debe usar un taladro portátil con un rango de velocidades de 500-1300 rpm junto con una paleta como la que se ve en la Figura 19, para poder hacer la mezcla de SS Mortar con agua.

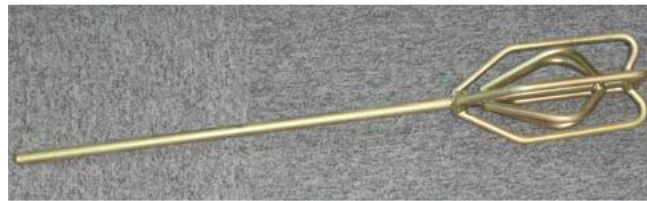


Figura 19: Paleta metálica. (Ref. 10)

2.10.2 Bomba para grout

Para poder hacer la inyección del mortero en la copla, una vez instalada la pieza, se debe usar una bomba o inyector manual para poder completar la operación.



Figura 20: Bomba de inyección. (Ref. 10)

2.10.3 Tapones

Estos tapones de caucho son usados tanto en la entrada como la salida de la copla después de que esta queda llena de mortero. Pueden ser compradas en alguna ferretería local.



Figura 21: Tapones de goma. (Ref. 10)

2.10.4 Tapones para chequeo de llenado

Este tipo de tapones consiste en dos partes, uno para la boquilla de llenado, que cuenta con una válvula y otro para la boquilla de salida, que cuenta con un marcador de llenado. Cuando el conector este lleno, el marcador no puede llevarse hacia dentro. En las Figuras 22 y 23 se aprecian los tapones.



Figura 23: Tapones para chequeo.



Figura 22: Tapones para chequeo en vertical.

CAPÍTULO 3

CERTIFICACIÓN DE LOS INSUMOS

3. Certificación de los insumos

El presente capítulo consiste en mostrar todos los ensayos necesarios para poder certificar el conector en estudio, desde cuales son los ensayos requeridos, pasando por la descripción de estos y terminando con los ensayos realizados en laboratorios internacionales.

La función de un conector es poder transmitir los esfuerzos de una barra a otra, por ello, en cada código que se explicita en este capítulo, existen distintos criterios básicos de resistencia que se deben cumplir para asegurar que esto se haga de forma segura.

Cabe notar, que se abarca lo dicho anteriormente, tanto para los conectores como tal, es decir, el conector, junto con las barras a ambos lados insertas en él y lleno de mortero cementicio. Como también, para el mortero cementicio recomendado SS Mortar.

3.1 Conector NMB Splice Sleeve

3.1.1 Requerimientos normativos

Existentes distintos códigos que estipulan los requisitos y metodologías aceptadas para poder clasificar un conector mecánico de una manera u otra. Estos se basan principalmente en los niveles de resistencia y ductilidad. A continuación, se muestran distintos puntos donde se estipula lo que muestran cada una de las normas a nivel mundial.

Normas Chilenas

3.1.1.1 NCh 2369Of.2003 – Diseño sísmica de estructuras e instalaciones industriales

El conector en estudio entra en el apartado 9.2 Estructuras prefabricadas de hormigón, donde se encuentra que, para clasificar como conexión dúctil, se debe considerar los siguiente:

c) Sistemas prefabricados con conexiones dúctiles

Utilizan estructuras formadas por elementos prefabricados unidos mediante conexiones para las que se haya demostrado, mediante análisis y ensayos cíclicos no lineales, que tienen resistencia y ductilidad mayores o iguales a las de uniones monolíticas de estructuras diseñadas según ACI 318-99. Estos ensayos deben satisfacer los requisitos del documento ACI ITG/T1.1-99 *Acceptance Criteria for Moment Frames Base don Structural Testing*, y pueden haber sido realizados en laboratorios nacionales o extranjeros siempre que sus resultados hayan sido certificados por un laboratorio aprobado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

3.1.1.2 NCh 2369 Revisada 2017 – Diseño sísmica de estructuras e instalaciones industriales

La sección 9.2 Estructuras prefabricadas de hormigón nos muestra lo siguiente, en el apartado 9.2.2.6 Las conexiones continuas deben corresponder a alguno de los siguientes tipos:

b) Conexiones especiales

De igual forma, se considera como conexiones que emulan el comportamiento del hormigón en sitio aquellas conexiones para las que se haya demostrado, mediante análisis y ensayos cíclicos que alcancen el rango no lineal de estas, que tienen resistencia y ductilidad mayores o iguales a las de una conexión que emula el comportamiento del hormigón armado colocado en sitio.

El comportamiento establecido anteriormente debe ser garantizado mediante ensayos que incluyan la naturaleza cíclica de la acción sísmica. Las probetas ensayadas deben ser representativas del sistema propuesto.

Los ensayos deben cumplir las especificaciones ASTM de instrumentación y ejecución del ensayo cíclico.

Se puede utilizar antecedentes de ensayos realizados en laboratorios internacionales, siempre que los resultados hayan sido reportados en publicaciones reconocidas.

3.1.1.3 NCh430.Of2008 Hormigón armado – Requisitos de diseño y cálculo

En este caso, se encuentra que es un empalme mecánico y si se recurre al apartado 12.14.3 de la norma, se encuentra lo necesario para que el conector pueda cumplir con los requerimientos.

12.14.3 – Empalmes soldados y mecánicos

12.14.3.2 - Los empalmes mecánicos completos deben desarrollar en tracción y compresión, según sea requerido, al menos $1,4 f_y$ nominal o $1,15 f_y$ real característico de las barras empalmadas.

Según el comentario:

R 12.14.3.2 - Muchas de las barras de refuerzo para hormigón que se usan actualmente en Chile tienen un real que supera ampliamente el nominal, de tal modo que la exigencia que la unión supere el valor 1,25 nominal (ACI), no garantiza que la barra pase a fluencia antes de que falle la unión. Por ello esta norma, NCh430, adopta el factor 1,4 en lugar de 1,25, alternativamente, para garantizar comportamiento dúctil se debe vincular la resistencia de los empalmes mecánicos a la tensión de fluencia real de las barras a empalmar, adoptando el valor 1,15 real.

Los ensayos se pueden realizar de acuerdo al protocolo AC 133 *Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Bar Reinforcement*, de ICC Evaluation Service, INC; 5 360 Workman Mill Road, Whittier, California 90601.

Parte importante es este último comentario, sobre la posibilidad de usar el protocolo que se muestra en la resolución AC 133, presente en el Anexo A, ya que, de este apartado se toman los ensayos que han sido realizados en laboratorios de Japón y USA.

3.1.1.4 NCh 204-2006 Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado

En esta norma se estipula lo siguiente para las características de las barras de acero.

Tabla 4: Requisitos para barras de acero.

	A630-420H
Tensión de fluencia F_y MPa	420 mín. 580 máx.
Resistencia a la tracción F_u MPa	630 mín.
Relación F_u/F_y mín	1.25
Alargamiento % probeta $L_0=200\text{mm}$	$7000/F_u-K$
El alargamiento porcentual de ruptura para la probeta de 200 mm entre marcas no debe ser menor que 8% para los aceros de grados A560-350H y A630-420H	

El exponer lo estipulado en esta norma, es con la razón para poder regularizar la sobre resistencia que puede tener una barra de acero A630-420H, acero usado regularmente en Chile, en el rubro de la construcción. Es importante la sobre resistencia, ya que radica en la ductilidad del sistema.

Códigos internacionales

3.1.1.5 Norma ACI 318-14

El código ACI 318 clasifica los conectores mecánicos o empalmes mecánicos según Tipo 1 y Tipo 2. Los de este último tipo, son importantes en el estudio, ya que se diferencian a los de tipo 1 en que, deben evitar la rotura del empalme cuando se sometan a esfuerzos sísmicos.

18.2.7.1 Los empalmes mecánicos deben clasificarse por media de (a) o (b):

- Tipo 1 Empalmes mecánicos que cumplen con 25.5.7.
- Tipo 2 Empalmes mecánicos que cumplen con 25.5.7 y son capaces de desarrollar resistencia a la tracción especificada en la barra empalmada.

El comentario para este punto muestra que:

R18.2.7.1 Los requisitos adicionales para empalmes mecánicos Tipo 2 tienen como objetivo obtener un empalme mecánico capaz de resistir deformaciones unitarias inelásticas en múltiples ciclos.

El punto 25.5.7 estipula:

25.5.7.1 Un empalme mecánico o soldado, debe desarrollar en tracción o compresión, según se requiera, al menos $1.25 f_y$ de la barra.

El comentario muestra:

R25.5.7.1 El esfuerzo máximo en el refuerzo usado para diseño dentro del Reglamento, es la resistencia especificada a la fluencia. Para asegurar una resistencia suficiente en los empalmes de manera que se pueda producir la fluencia en el miembro y evitarse así una falla frágil, se seleccionó el 25 por ciento de incremento sobre la resistencia a la fluencia especificada, tanto como un valor mínimo por seguridad y un valor máximo por economía.

3.1.1.6 Requerimientos según código japonés

La evaluación de los conectores mecánicos en Japón se puede realizar según el método UTM (Unit Testing Method), el cual está basado en ensayos realizados al conector aislado. Este es el que se verifica en este capítulo.

De esta manera, según los resultados obtenidos en los ensayos, estáticos y cíclicos, y la evaluación de las características principales del material como resistencia, rigidez y ductilidad es posible clasificar los conectores según grados, SA, A, B y C.

A continuación, se muestra la Tabla 4 con las distintas categorías con cada criterio según el ensayo realizado.

Tabla 5: Clasificación japonesa para conectores mecánicos. (Ref. 16)

		Grado SA	Grado A	Grado B	Grado C
Ensayo de tracción	Resistencia	fj >= 1.35 fyn o fun			1.0fy
	Rigidez	E _{0.7} > E0 E _{0.95} > 0.9E0	E _{0.7} > 0.9E0 E _{0.95} > 0.7E0	E _{0.5} > 0.9E0 E _{0.95} > 0.5E0	E _{0.5} > 0.9E0 E _{0.7} > 0.5E0
	Ductilidad	εu >= 20ey εu >= 0.04	εu >= 10ey εu >= 0.02	εu >= 5ey εu >= 0.01	-
	Deslizamiento	δs < 0.3 mm	δs < 0.3 mm	-	-
Ensayo cíclico elástico	Resistencia	fj >= 1.35 fyn o fun			
	Ductilidad	εu >= 20ey εu >= 0.04	εu >= 10ey εu >= 0.02	εu >= 5ey εu >= 0.01	-
	Rigidez	E20c >= 0.85E1c	E20c >= 0.5E1c	E20c >= 0.25E1c	-
	Deslizamiento	δs (20c) <= 0.3mm	δs (20) <= 0.3 mm	-	-
Ensayo cíclico plástico	Resistencia	fj >= 1.35 fyn o fun			-
	Deslizamiento	εs (4c) <= 0.5 εy δs (4c) <= 0.3mm εs (8c) <= 1.5 εy δs (8c) <= 0.9mm	εs (4c) <= εy δs (4c) <= 0.6mm	-	-

Donde:

fyn: Tensión de fluencia nominal de la barra

ey: Deformación en fluencia de la pieza

fun: Tensión de rotura nominal de la barra

εu: Deformación en el último punto de la pieza

fj: Tensión desarrollada por la pieza.

εs: Deformación que tiene la pieza.

δs: Deformación de la pieza.

Es: Rigidez secante al 70% de la tensión nominal de fluencia de la barra.

E0.5, E0.7, E0.95: Rigidez secante al 50, 70 y 95% de la tensión nominal de fluencia.

E1c, E20c, E30c: Rigidez secante al 0.95fyn del ciclo de carga N°1, 20 y 30, respectivamente.

εs(4c), εs(8c): Deformación de la pieza en el ciclo de carga N° 4 y 8, respectivamente.

δs(4c), δs(8c), δs(20c), δs(30c): Deformación de la copla para el ciclo de carga N° 4, 8, 20 y 30, respectivamente.

3.1.2 Descripción y requerimientos de ensayos

3.1.2.1 Ensayo de tracción

Con respecto a este ensayo, la resolución AC133 muestra que deben ser ensayadas cada una de las barras al menos cinco (5) veces para cada uno de los tamaños que se piensa certificar.

Para usar bajo IBC y el IRC, la conexión debe desarrollar:

- 100% de la resistencia nominal en rotura de la barra (f_u)
- 125% de la resistencia nominal en fluencia de la barra (f_y)

Por otro lado, los ensayos deben corresponderse con lo que estipula la norma ASTM A 370.

En dicha norma, se estipulan distintos estándares para el ensayo de tracción:

- 8.3 Carga: Se debe buscar que las grapas o sostenedores de la barra de acero, este lo más centrada posible para que la carga transmitida sea totalmente axial, tanto al inicio como durante el ensayo. Es importante mantener la torsión y la flexión al mínimo.
- 8.4 Velocidad:
 - 8.4.1 Cualquier velocidad es conveniente usar, pero hasta el límite de fluencia especificado, cuando se alcanza este se debe ajustar la velocidad a 1/16 pulgadas por minuto por pulgadas de de sección reducida. La velocidad de separación de cabezas no puede exceder ½ pulgada por minuto. En cualquier caso, la velocidad mínima no será inferior a 1/10 de las tasas máximas especificadas para determinar el límite de fluencia.
 - 8.4.2 Se puede fijar la velocidad de prueba, siempre y cuando la velocidad de separación de las cabezas sea menor que la de los valores máximos especificados para el cruce libre.
 - 8.4.3 Como alternativa, si se tiene una maquina equipada con la velocidad de carga, esta no debe exceder los 100.000 psi/min a partir de la mitad del límite de elasticidad. No obstante, la tensión no debe ser inferior a 10.000 psi (70 Mpa) /min

[Ensayo de tracción en laboratorio](#)

3.1.2.2 Ensayo de compresión

Para poder testear el conjunto de la conexión a la compresión, es necesario seguir los protocolos de que se muestran en la norma ASTM A370 y lo que se muestra en el punto anterior.

Excepto que, en este ensayo el conector debe desarrollar solo el 125% de la tensión de fluencia nominal de la barra de acero.

3.1.2.3 Ensayo cíclico

Tal como se menciona anteriormente, los conectores NMB Splice Sleeve serán evaluados para cumplir con una certificación del tipo 2. Por lo tanto, los ensayos cíclicos según “Acceptance Criteria for Mechanics Connector System for Steel Reinforcing Bars (AC133)”, las barras a ensayar deben ser probadas correspondiendo a todos sus tamaños con un mínimo de cinco (5) ensayos, tomando el siguiente patrón como rutina de ensayo.

Tabla 6: Patrón de ensayos cíclicos. (Ref. 9)

Etapa	Tensión	Compresión	Ciclos
1	0.95 F _y	0.5 F _y	20
2	2 ε _y	0.5 F _y	4
3	5 ε _y	0.5 f _y	4
4	Carga en tensión al fallo		

Nota:

f_y es la tensión de fluencia especificada para la barra de acero.

ε_y es la deformación de la barra de refuerzo a la tensión de fluencia real.

De manera de obtener un gráfico, como se ve en la Figura siguiente:

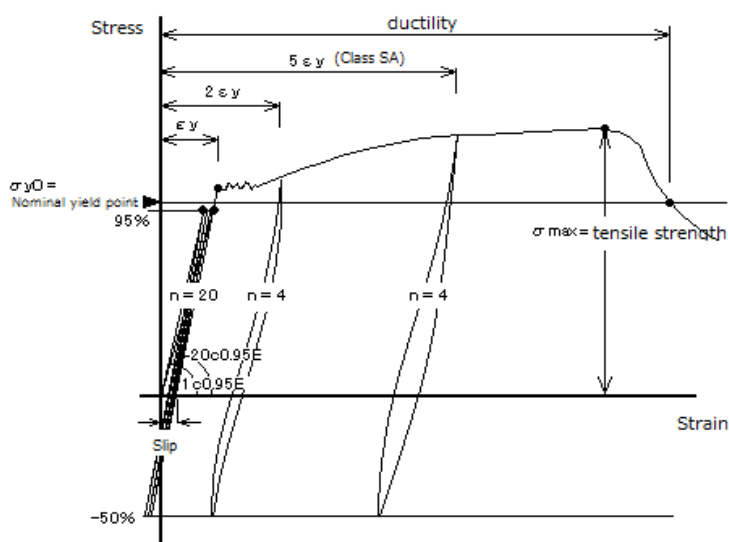


Figura 24: Diagrama para patrón de ensayo cíclico. (Ref. 6)

Tal como se muestra en la Tabla 5 y la Figura 24, el ensayo cíclico consiste en poder realizar 20 ciclos de carga y descarga del conector hasta el 95% de la tensión de fluencia nominal en tracción y hasta el 50% de la tensión de fluencia en compresión.

Como segundo tiempo de ciclo, se deben realizar 4 ciclos de carga y descarga, pero en este caso hasta 2 veces la deformación en fluencia de la barra, la cual debe ser dato de un ensayo de tracción de la misma barra que se está ensayando.

Como tercer paso, se hacen 4 ciclos de carga y descarga, hasta un límite de 5 veces la de formación de fluencia.

Finalmente, se lleva el conector a fallar, es decir, se carga hasta que la barra se quiebre o se tenga falla de arranque (“pull out”).

Pull Out: Rotura de la matriz de mortero de manera que la barra de refuerzo sale fuera de la parte final del conector.

3.1.3 Modos de falla

El procedimiento del AC133 requiere que se registre un gráfico carga-deformación para el conector completo en el ensayo cíclico. Aunque no existen criterios numéricos para la deformación, cada una de las probetas debe sobrevivir, como requisito, a la carga cíclica en las etapas 1,2 y 3 (Tabla 5) sin fallar.

Por otro lado, para que los conectores clasifiquen como Tipo 2, según el código ACI 318-14, debe cumplir con los requisitos de tensión para la etapa 4 (Tabla 5). Es decir, el empalme mecánico debe desarrollar en tracción o compresión, según se requiera, al menos 1.25fy de la barra en uso.

En la etapa 4, se pueden dar dos distintos modos de falla:

- Rompimiento de la barra: Una fractura en la barra de acero produce una falla dúctil del sistema.
- Pull out – Lado ancho: Un rompimiento de la matriz de mortero da paso a que la barra de refuerzo se desprenda del conector por su lado ancho. (Figura 25)
- Pullo out – Lado delgado: Un rompimiento de la matriz de mortero da paso a que la barra de refuerzo se desprenda del conector por su lado delgado.



Figura 25: Falla pull out - lado ancho del conector. (Ref. 5)

El tipo de falla, no se detalla en los códigos antes expuestos, sino más bien la clasificación del conector, va acorde al desempeño que este puede tener en los ensayos cíclicos y de carga monótona.

En este caso las barras usadas son del tipo A630-420H, por lo que tienen una tensión de fluencia nominal de 420 MPa. Tal como se muestra en el Anexo C, todos los conectores cumplen con este requerimiento.

3.1.4 Ensayos realizados

Para poder los realizar los ensayos tanto de tracción para las barras, como los ensayos cíclicos para el sistema completo. Se enviaron a Japón, específicamente a Nissco Technical Center (NTC), laboratorio donde se realizan distintos ensayos de fuerza, rigidez, ductilidad y otros para poder obtener distintas características del material, usando equipo avanzando.

Se enviaron nueve (9) barras de acero de cada uno de los diámetros que se ven en la Tabla 6, de las cuales, tres (3) se usaron para ensayos de tracción y cinco (5) para ensayos cíclicos como sistema completo. En la siguiente tabla se encuentra un detalle de ello. Además, se tienen [imágenes de la preparación de los conectores](#) y las barras dentro de ellos. Como también, de los [resultados](#) de los ensayos realizados.

Tabla 7: Ensayos realizados.

Ensayo	Empresa manufacturera de la barra	Acero	Diámetro de la barra	Cantidad de barras
Ensayo de tracción	GERDAU AZA S.A.	A630-420H	16mm, 18mm, 22mm, 25mm, 28mm, 32mm, 36mm	3 por cada diámetro
Tipo II (Ensayo cíclico elástico y plástico)	GERDAU AZA S.A.	A630-420H	16mm, 18mm, 22mm, 25mm, 28mm, 32mm, 36mm	5 por cada diámetro

En cuanto a la preparación de cada uno de los elementos para poder ser ensayados, siguieron la siguiente rutina:

1. Las barras son embebidas en los Splice Sleeve con el mínimo de longitud que se muestra en la Tabla 7.
2. Se ponen en posición vertical cuando se les rellena con mortero.
3. Son rellenados con el mortero SS Mortar.
4. SS Mortar (15 kg/bag) son mezcladas usando 2.2 litros de agua por bolsa (2.2 +- 0.1 litros). Se mezclan por 2 minutos.
5. Los Splice Sleeve son curados durante un día antes de remover el sostenedor.
6. Los cubos de ensayo del mortero son preparados para el ensayo de compresión con el mismo tiempo de curado de los Splice Sleeve.

Tabla 8: Detalle de mediciones de probeta.

Splice Sleeve	Diámetro de barra	Largo de la barra (mm)	Distancia entre el término de la barra y la marca		Largo de la marca (mm)	
			Entrada	Salida	Entrada	Salida
5UX	16 mm	600	90	105	30	10
6UX	18 mm	600	110	125		
7UX	22 mm	650	130	145		
8UX	25 mm	650	150	165		
9UX	28 mm	700	175	190		
10UX	32 mm	700	195	210		
11UX	36 mm	700	215	230		

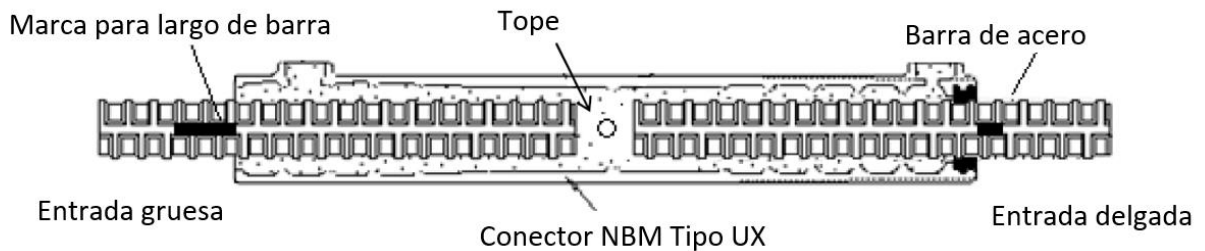


Figura 26: Esquema del conector para ensayo.

3.1.5 Diferencias entre ensayos de barras con normativa chilena y japonesas

En conformidad con la normativa japonesa, los conectores junto a barras de esa nacionalidad clasifican como SA. Para las barras con normativa chilena ensambladas con los conectores 5UX, 6UX, 7UX, 9UX, 11UX cumplen con todos los requisitos para poder clasificar como conectores SA.

Por otro lado, las coplas 8UX y 10UX solo cumplen con la clase SA para la tensión, tasa de pérdida de rigidez y deformación. Pero en cuanto a los requisitos para ductilidad, pueden clasificar como Clase A. La principal diferencia en la ductilidad de estas barras usadas con el conector es la deformación durante el ensayo y la manera de fallo de “pull out”.

La falla de “pull out” ocurre más comúnmente en las barras con normativa chilena por que la distancia de paso de los resaltes es menor que la de las con normativa japonesa. Las primeras tienen un coeficiente de área de contacto de 0.08 a 0.09, en cambio en las segundas es generalmente 0.06. Esto explica el por qué la fuerza de adherencia es mayor en las con normativa nacional.

Sin embargo, las distancias entre los resaltes son menores en las barras chilenas y eso causa un corte en la superficie de la barra.

Tabla 9: Diferencia de resaltes entre barras de acero japonesas y chilenas. (Ref. 6)

Barras de refuerzo chilenas	Diámetro [mm]	16	18	22	25	28	32	36
	Distancia entre 10 resaltes [mm]	101.3	102.0	128.8	129.4	166.4	156.5	199.6
Barras de refuerzo japonesas	Diámetro [mm]	16	18	22	25	28	32	36
	Distancia entre 10 resaltes [mm]	107.7	133.2	153.1	173.4	197.2	216.9	241.5
Diferencia entre barras		-6.4	-31.2	-24.3	-44.0	-30.8	-60.4	-41.9

Para que se pueda tener una referencia de la caracterización de los resaltes en las barras chilenas se puede ver la Tabla 9, que explicita según la Norma NCh 204, los límites a los cuales se deben ajustar:

Tabla 10: Normativa para barras de acero chilenas. (Ref. 13)

Diámetro nominal mm	Espaciamiento medio máximo Cs mm	Altura media mínima h _{media} mm	Zonas sin resaltes máximas e mm	Ancho de la base máxima A mm
16	11.2	0.64	12.6	4.0
18	12.6	0.72	14.1	4.5
22	15.4	1.10	17.3	5.5
25	17.5	1.25	19.6	6.3
28	19.6	1.40	22.0	7.0
32	22.4	1.60	25.1	8.0
36	25.2	1.80	28.3	9.0

3.1.6 Aprobación de los conectores según ICC

Los conectores NMB Super UX y Splice-Sleeve, han sido evaluados en Estados Unidos por Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc. (WJE), quienes realizaron una serie de pruebas para ambos tipos de conectores con barras que cumplen con la norma ASTM A615 Grade 60.

Según el informe emitido por la WJE, fue demostrado mediante los procedimientos usados para las pruebas de tensión que las barras usadas en esta certificación cumplen los requerimientos de la ASTM A615 Grado 60 y ASTM A706 Grado 60.

Por lo tanto, los conectores mecánicos que son ensamblados con barras ASTM A760 Grado 60, también cumplen con los requerimientos impuestos para catalogar como un conector Tipo 2.

Se usaron los criterios acordes a conectores Tipo 2, tal como se mencionó anteriormente y usando los requerimientos impuestos en AC133 “Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Bar Reinforcement”, del ICC Evaluation Service para poder realizar los ensayos.

El ICC Evaluation servicie, emitió un reporte presente en el Anexo B, que muestra la evaluación del sistema NMB con barras ASTM A615 Grado 60 y ASTM A706 Grado 60.

Los requisitos para las barras formadas con ASTM A615 Grade 60, ASTM A760 Grado 60 y NCh 204, abarcan varios puntos, como son requisitos de dimensiones, de tensiones y resultados de ensayo de doblado. A continuación, se muestra una comparación entre las tres normas, a excepción de las propiedades geométricas dado que son iguales.

Requisitos para tensión:

Tabla 11: Requerimiento de tensión.

Norma ASTM		A615	A706	NCh 204
Tipo de acero		Grado 60 [420]	Grado 60 [420]	A630-420H
Tensión de rotura [Mpa]	min	550	550	630
Tensión de fluencia [MPA]	min	420	420	420
Tensión de fluencia [MPA]	máx	-	540	580

Requisitos de elongación para una probeta de 200 mm.

Tabla 12: Requisitos de elongación de probeta.

ASTM	A615	A706	NCh 204
Barra	Grado 60 [420]	Grado 60 [420]	A630-420H
Diámetro de barra	Elongación [%] Probeta de 200 mm		
16	9	14	11.1
18	-	-	11.1
22	8	12	10.1
25	8	12	9.1
28	7	12	8.1
32	7	12	8
36	7	12	8

Requisitos para el ensayo de doblado.

Tabla 13: Requisitos de ensayo de doblado.

ASTM	A615	A706	NCh 204
Barra	Grado 60 [420]	Grado 60 [420]	A630-420H
Diámetro de barra	Ensayo de doblado		
16	3 1/2 d	3 d	4 d
18	-	-	4 d
22	5 d	4 d	5 d
25	5 d	4 d	5 d
28	7 d	6 d	6 d
32	7 d	6 d	6 d
36	7 d	6 d	6 d

Donde:

d: Diámetro nominal de la barra de acero.

3.2 SS Mortar

El mortero que llena el conector es parte esencial del sistema de conexión que se estudia. Por lo tanto, es importante que se puedan realizar los ensayos que puedan dar cuenta de la calidad del material usado. Antes de revisar todos los ensayos y resultados esperados, cabe notar que los conectores NMB Splice Sleeve, solo se pueden usar con SS Mortar, para asegurar su buen funcionamiento.

3.2.1 Requerimientos normativos

Al igual que para el conector ensamblado completamente, se necesitan ensayos de laboratorio para poder certificar o asegurarse de que el mortero usado, cumple con los requerimientos necesarios para tener un funcionamiento correcto al momento de recibir las sollicitaciones y también, cumplir con un buen comportamiento al ser usado para llenar los conectores.

Por ello, se cuenta con dos ensayos. El primero es el ensayo de resistencia mecánica del mortero (SS Mortar) y, en segundo lugar, el ensayo de fluidez. A continuación, se detallan ambos ensayos.

3.2.1.1 Resistencia

El ensayo que se ha provisto para la resistencia del molde está acorde a lo especificado en la norma ASTM C109 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens).

En cuanto a las normas chilenas, estas muestras que:

- NCh 2256/1. Of2001 Morteros – Parte 1: Requisitos generales

Según el apartado 9 Ensayos del mortero

9.1.1 Resistencia a compresión

9.1.1.3 La probeta preferida es la probeta de 40 mm x 40 mm x 160 mm. En casos especiales se puede utilizar la probeta cubica de 150 mm de arista, debiendo considerar la conversión de resultados según NCh 2261.

Nota – Dentro de los casos especiales, se puede incluir la utilización de la probeta cubica de 150 mm de arista cuando la consistencia del mortero es seca.

En cuanto a lo que muestra la norma NCh 2261 citada anteriormente, esta estipula lo siguiente en cuanto a los factores de conversión:

- NCh 2261.Of96 Morteros – Determinación de las resistencias mecánicas de probetas confeccionadas en obra

Anexo (Informativo)

A.2 Factores de conversión a probeta de 40 x 40 x 160 mm

A.2.1 Probetas cubicas $d = 50$ mm

Factor de conversión = 1,00

La resistencia requerida para el mortero en estudio se muestra en la Tabla 10. Este resultado fue determinado mediante ensayos del conector y fue confirmada por años de experiencia.

Tabla 14: Requerimiento de resistencia.

Grout	Esfuerzo de compresión (N/mm ²)
SS Mortar	77 o más

3.2.1.2 Fluides

NMB ha usado el código JASS 15 M103 [Test for quality evaluation of self-leveling materials] para la creación de un código propio siguiendo las especificaciones establecidas por la Japanese Architectural Standard Specification (JASS)

La descripción del ensayo se encuentra en el apartado siguiente y en cuanto a los resultados para el ensayo de fluides, la Tabla 11 muestra el valor dentro del cual debe estar.

Tabla 15: Requerimiento de fluides.

Grout	Ensayo de fluides (mm)
SS Mortar	195 ± 40

3.2.2 Descripción y requerimientos de ensayos

En esta sección, se muestran los elementos necesarios para poder realizar los dos ensayos requeridos para el mortero a usar. Estos deben cumplir con los estándares previstos en las normas para poder tener validez. A continuación, se muestran tanto las herramientas necesarias para poder llevar a cabo el ensayo, como el procedimiento necesario.

3.2.2.1 Resistencia

Para poder realizar el ensayo de resistencia, se necesita lo siguiente:

Herramientas necesarias:

- Molde cubico de 50 milímetros por lado.
- Compactador para morteros (Con una sección de área de 13 x 25 mm).
- Martillo de madera.
- Cuchillo para cemento.
- Paño.
- Caja de curado.



Figura 27: Molde cubico, cuchillo para cemento y compactador.

El procedimiento para realizar el ensayo es el siguiente:

1. Preparar los tres (3), cubos de 50 mm para un ensayo de compresión.
2. Se vierte el mortero en 2 capas iguales. Cada capa debe ser compactada 8 veces con el apisonador y golpeando los bordes del molde varias veces con el martillo.
3. Remover el exceso de mortero con un cuchillo para cemento.

El curado de las probetas debe ser como sigue:

1. Cubrir los moldes con un trozo de tela húmeda, de tal manera que no pierda humedad por la evaporación. Dejarlos por al menos 24 horas en una caja de curado (o 2 días si la temperatura es fría).
2. Luego de desmoldar las probetas al día siguiente, se deben marcar en la parte superior para ser identificadas a la posterioridad.
3. Curar las probetas en agua con cal, por 28 días o hasta que se prueben.

Precauciones

Para mezclar los ingredientes del mortero, se debe usar el mezclador recomendado en este documento. Nunca mezclar a mano. No agregar cemento, arena, ni otro agregado. Siempre usar la bolsa de SS Mortar completa con la cantidad de agua correspondiente.

El siguiente esquema presente en la Figura 28, muestra paso a paso, el uso de las herramientas para poder obtener las muestras necesarias para el ensayo de resistencia.

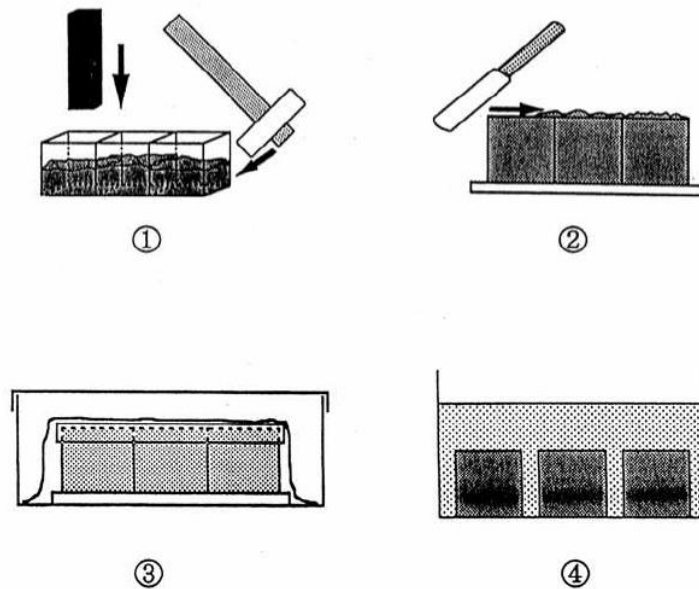


Figura 28: Esquema de proceso de toma de muestras de mortero.

3.2.2.2 Fluidiez

En este punto se toca, tanto las herramientas necesarias para el ensayo, como el procedimiento para llevarlo a cabo.

Las herramientas necesarias son:

- Cilindro PVC: Cilindro plástico de 50 mm de diámetro por 100 mm de alto.
- Tabla de fluidez: Tabla metálica de fluidez (Recomendada por NMB)
- Huincha.
- Enrasador o cuchillo.
- Paño de limpieza.
- Recipiente para mortero.

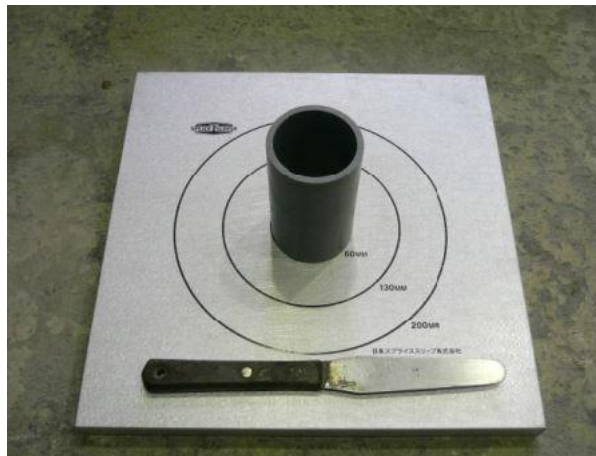


Figura 29: Herramientas esenciales para ensayo de fluidez.

El procedimiento para la realización del ensayo es el siguiente:

1. Colocar la tabla de fluidez sobre una superficie nivelada.
2. Limpiar la superficie de la tabla y el interior del cilindro PVC con un trapo húmedo.
3. Verter el mortero ya preparado en el cilindro PVC.
4. Enrasar el borde superior del tubo PVC con el cuchillo.
5. Levantar lentamente el cilindro de manera vertical.
6. Medir el diámetro en dos direcciones diferentes.

3.2.3 Ensayos realizados

Al momento de realizar los ensayos para los conectores en Japón, tal como se muestran en la sección anterior, se hicieron los ensayos para el mortero con el cual fueron llenados los conectores.

La siguiente Tabla, muestra el resultado para el ensayo de fluidez y datos necesarios que se deben registrar.

Tabla 16: Resultados de ensayo de mortero. (Ref. 6)

Grout	N° de lote	Agua de mezclado	Temperatura ambiental [°C]	Temperatura del agua [°C]	Temperatura mortero seco [°C]	Temperatura luego del mezclado [°C]	Fluidez [mm]
SS mortar	EL21	2.2	6.0	20.0	13.0	19.0	196x198
Requerimiento		2.1 - 2.3	0-60	0-40	-	5 - 45	195±40

En cuanto a los ensayos de compresión, se tienen los siguientes resultados.

Tabla 17: Resultado para ensayo de resistencia. (Ref. 6)

Curado	N°	Carga	Esfuerzo de compresión
		[kN]	[N/mm ²]
28 días	1	299	120
	2	301	120
	3	292	117
	Promedio	-	119
	Requerimiento		>77

*Con cubos de 5 cm x 5 cm x 5 cm

3.3 Validez de ensayos presentados

Es importante poder mencionar que los ensayos fueron realizados en el Nissco Technical Center (NTC) en Japón y supervisados por el profesor Juniricho Niwa de Tokyo Institute of Technology. El laboratorio fue establecido en 1993 en la prefectura de Chiba, Japón.

Además, los ensayos cíclicos y de tracción se apegan a los protocolos establecidos en la resolución AC 133 y los ensayos para el mortero, el de resistencia a la compresión y fluidez, están de acuerdo a normas internacionales ASTM C109 y el código japonés JASS 15 M103 [Test for quality evaluation of self-leveling materials]

Los ensayos fueron realizados con la siguiente maquinaria expuesta en la Tabla 17.

Tabla 18: Maquinaria usada para los ensayos. (Ref. 6)

Maquina	Modelo	Origen	Material testeado	Data obtenida
2500kN Fatigue strength testing machine	P10181	Automax	Barras y conectores completos	Carga y deformación
1000kN Compressive strength testing machine	HI-ACTIS	Marui	Grout	Carga

CAPÍTULO 4

INSTALACIÓN DEL CONECTOR

4. Instalación del conector

En el presente capítulo, existen varios puntos a destacar. El primero de ellos es el proceso de instalación del conector junto a sus barras inmersas en la pieza de hormigón prefabricado. Como segundo punto, es la instalación de la pieza prefabricada en obra, junto con el llenado del conector. Finalmente, la instalación de los Slim-Sleeve en barras de refuerzo para hormigón en sitio junto con el detalle del llenado del conector de acero.

4.1 Proceso de instalación en planta

4.1.1 Preparación del moldaje

En planta de prefabricado, al moldaje a usar, se deben hacer orificios de 18 milímetros en cada punto donde irán las barras longitudinales usando la copla. Por el lado opuesto a este último, se deben taladrar los mismos orificios, para las barras sobresalientes de la pieza.

De manera de quedar un moldaje como el que se aprecia en la Figura 30.

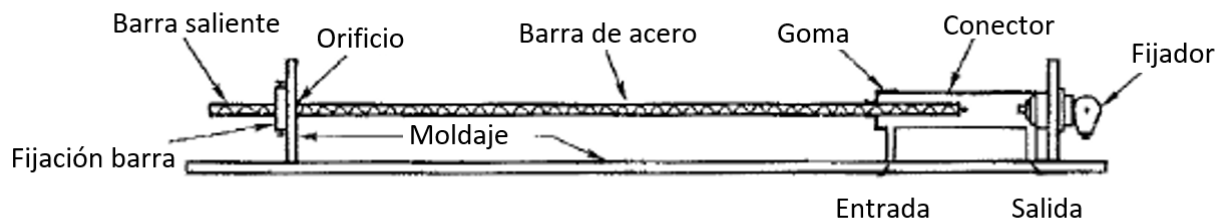


Figura 30: Esquema de conector con barra en moldaje. (Ref. 10)

4.1.2 Determinación del largo de la barra

El largo de barra de acero a calcular se compone de varias medidas. Es importante calcularlo de buena manera, considerando tanto el largo de la pieza, como el largo que debe estar embebido en el conector. Además, se debe considerar el espesor del mortero de unión y según sea el caso, un espesor de losa o sobrelosa, dependiendo de cada proyecto o uso que se le quiera dar a la pieza.

A continuación, se tienen formulas e un esquema con los factores a considerar.

En primera instancia se debe calcular el factor B, el cual queda determinado como:

$$B = A' + L_2 + L_1 + x$$

Luego, tal como se ve en la Figura 31, se calcula el factor C, siendo este el largo final de la barra

$$C = L - E + A + B + y$$

Donde:

A, A': Largo de la barra dentro de la copla.

L₂: Largo dentro de la junta de pieza.

L₁: Largo dentro de la loza.

L: Largo de la pieza prefabricada (moldaje).

En la sección 2.3 del presente documento, se encuentran los valores de x e y. Que corresponden a las tolerancias de las barras para estar dentro de la copla. Estas se manifiestan en la columna "Longitud de la barra" como la diferencia de ambos valores.

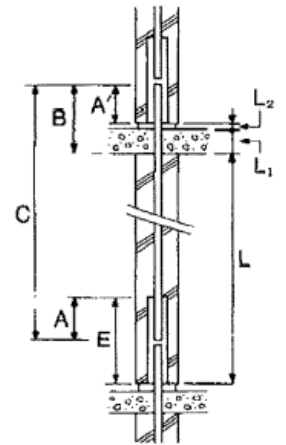


Figura 31: Esquema para cálculo de largo de barras. (Ref.10)

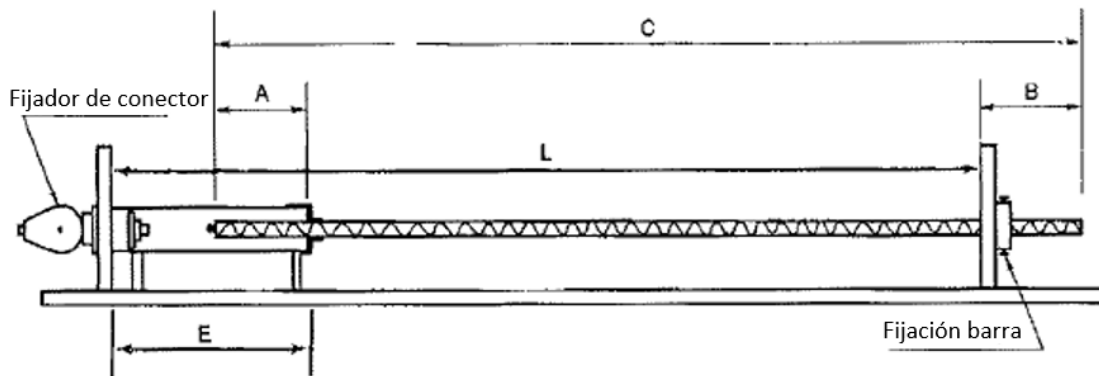


Figura 32: Largos a determinar en la fábrica. (Ref. 10)

4.1.3 Preparación del conector

El mortero debe ser bombeado dentro del conector, desde la boquilla de entrada y hasta que se vea la salida por la boquilla superior del conector.

Para ello, se necesitan tener tubos PVC de 26 milímetros de diámetro tanto para la salida como para la entrada. Además, como práctica común, es recomendable usar tubos rígidos. Como se aprecia en la Figura 33.

Es necesario cuidar el sellado del tubo, tanto en la entrada como en la salida, ya que esto va a impedir un buen llenado del conector y, además, puede haber ingreso de hormigón en los conductos.



Figura 33: Conector con tubos PVC para llenado instalados. (Ref. 10)

Existen distintas posiciones en las cuales el conector se puede encontrar dentro de la pieza.

Se nombran las distintas posiciones como (1), (2), (3) y (4).

Las posiciones (1) y (2) corresponde al acceso del mortero que queda mirando hacia la base del moldaje o en una cara vertical de este. Por lo tanto, solo debe contar con los tapones plásticos vistos en el capítulo 1 para evitar el ingreso de hormigón. En caso de que se deba sostener el conector, se debe usar una silla para el apoyo de este.

La posición (2), es la más complicada, ya que tiene las boquillas mirando hacia la cara de llenado del moldaje. En este caso, se debe usar una silla que pueda dejar el conector en una posición fija y dejar el término del tubo PVC fuera del hormigón para que este no se pierda dentro de la colada. De igual manera, se deben usar los tapones plásticos tanto en la entrada como en el fin.

Existen aplicaciones, en donde no se necesita un acabado liso de la pieza y como se aprecia en la posición (4), el tubo puede sobre pasar la altura final de la colada.

El poder nivelar los tubos, es realmente importante, dado que una vez hormigonada la pieza y fraguada, se debe tener acceso a todas las boquillas de entrada y salida de los tubos PVC. Si estos no se encuentran o se pierden, el conector pierde toda utilidad.

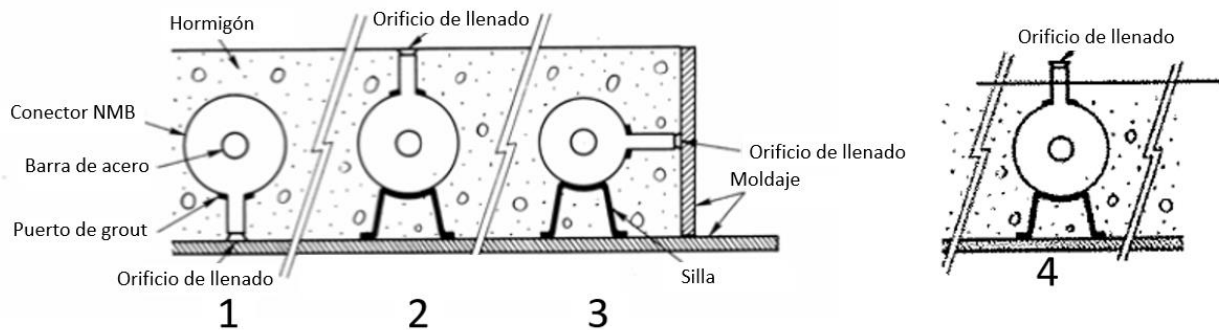


Figura 34: Posibles casos de disposición de conectores. (Ref. 10)

4.1.4 Determinación del largo del tubo PVC

Para determinar el largo del tubo PVC, se necesita saber la distancia a la superficie del hormigón.

Como dato, se tienen los datos de la Tabla 15, en la cual se puede ver para cada uno de los conectores, diferenciados por su diámetro, la distancia del centro de estos al tope del tubo PVC. Como se muestra en la Figura 35.

Tabla 19: Distancia media por conector. (Ref. 10)

Conector	Barra	Distancia B (mm)
5UX	16 mm	19
6UX	18 mm	21
7UX	22 mm	23
8UX	25 mm	25
9UX	28 mm	28
10UX	32 mm	30
11UX	36 mm	33

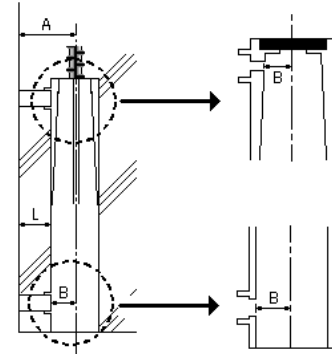


Figura 35: Diagrama de distancia B. (Ref. 10)

Por lo tanto, la manera de calcular es la siguiente:

$$L \left(\frac{\text{entrada}}{\text{salida}} \right) = A - B$$

Donde:

A: Largo desde la superficie del concreto al centro de la copla.

B: Distancia del centro de la copla a la base del tubo PVC.

Si bien, la distancia de la boca de llenado y la boca de control puede variar, en pocos milímetros, es importante llevar los tubos PVC a un plomo igualitario. De esta manera, se asegura la llegada del tubo a la superficie del concreto sin problemas.

4.1.5 Ejemplos de orden de instalación

Se tienen diferentes patrones sugeridos según la geometría de la pieza, el ordenamiento de los conectores, con la dirección de los tubos PVC, es importante para un correcto y fácil llenado. De esta manera, se exponen dos formas en las que se pueden dar el orden.

- Piezas cuadradas o rectangulares: El llenado de la copla se puede realizar de cualquier cara de la pieza.

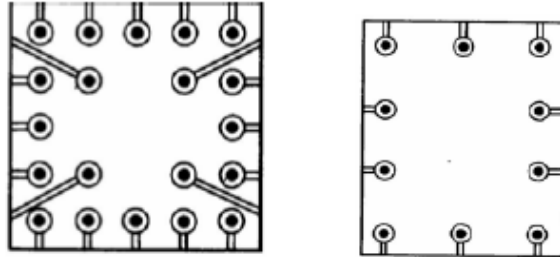


Figura 36: Distribución de conectores en piezas cuadradas. (Ref. 10)

- Casos especiales: Cuando el llenado con mortero está restringido, por razones arquitectónicas o simplemente es inaccesible. Se usan patrones como el que sigue.

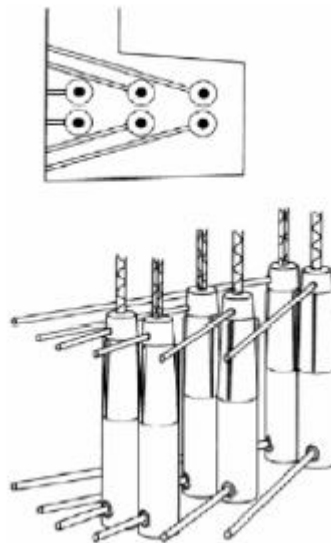


Figura 37: Distribución de conectores para casos especiales. (Ref. 10)

Tal como se muestra en la ilustración anterior, es probable que el tubo PVC quede en ángulo, por lo que el largo del tubo debe ser el suficiente, tal que permita retirar los tapones de plástico.

Es importante, asegurar los tubos mediante amarras para que estos no se pierdan.

4.1.6 Instalación de la copla con el fijador en el molde

El procedimiento para la instalación del conector al moldaje mediante fijador se compone de varios pasos. La función del fijador de conector, como su nombre lo dice, es poder dejar el manguito sin movimiento junto al moldaje. Esto se logra al momento de quedar perpendicular el fijador frente al moldaje, ya que, la goma se expande por la presión, dejándolo seguro para no moverse, tanto en el hormigonado como el vibrado de la pieza. Los pasos se describen a continuación.

1. Tal como se aprecia en la Figura 38, el fijador se compone de tuerca, golilla, goma y perno o parte principal. Como primer paso, se deben remover la tuerca la golilla y la goma. Ensamblando el perno al orificio ya realizado en el moldaje.

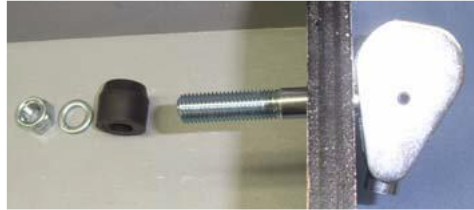


Figura 38: Fijador del conector al molde y accesorios. (Ref. 10)

2. Volver a ensamblar cada uno de los implementos anteriores.

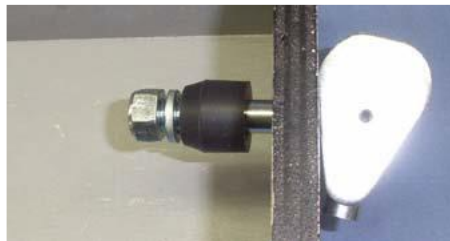


Figura 39: Fijador ensamblado. (Ref. 10)

3. Apretar la tuerca hasta que la parte inferior de la goma quede a 8 milímetros aproximadamente del moldaje.



Figura 40: Fijador en posición final con tuerca apretada. (Ref. 10)

- Coloque el extremo ancho de la copla sobre el fijador hasta quedar en contacto con el moldaje. Inserte una varilla de acero en la parte trasera del fijador para poder girarla, de manera de quedar perpendicular al moldaje.

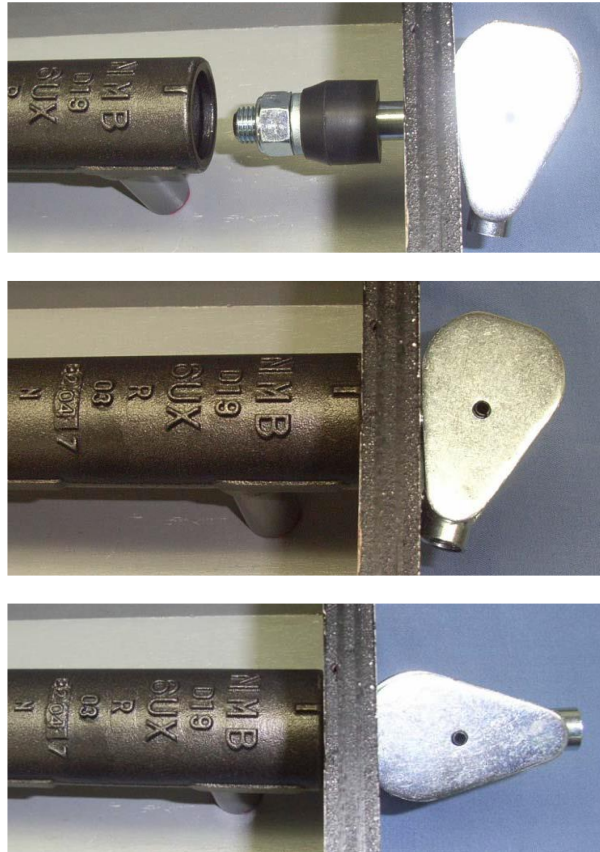


Figura 41: Proceso de posicionamiento del conector al moldaje utilizando el fijador. (Ref. 10)

- Finalmente, se debe insertar la barra de acero hasta llegar al tope del conector.

4.1.7 Aseguramiento de las barras de refuerzo

La recomendación para las barras de refuerzo dispuestas dentro de la copla, es que estas queden imposibilitadas de moverse. Sobre todo, en el proceso de colocación y vibración del hormigón en el moldaje. Ya que esto puede hacer que las barras se desplacen de forma significativa.

Existen distintas maneras de poder hacer frente a este problema. Una de ellas es poder sujetar la barra con un perfil ángulo al moldaje usado.

Otro cuidado que se debe tener es para los agujeros usados en las barras, lo que pasa comúnmente en los moldajes de madera, al tener fricción con la barra, cuando esta se inserta y retira repetidas veces.

Una solución para este problema es el uso de un trozo pequeño de tubo PVC, en el extremo donde se asoma la barra de refuerzo. Este debe ser suficiente para poder, sostener la barra del tiempo adecuado y minimizar las pérdidas.

4.1.8 Afloje y remoción del fijador de copla

Después de verter el concreto y antes de ser curado, se debe aflojar el fijador de conector. Esto ayuda a poder aumentar la vida útil del fijador.

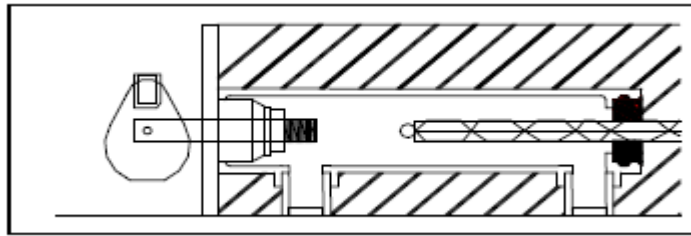


Figura 42: Afloje del fijador, pre-curado de la pieza. (Ref. 10)

Luego del curado de la pieza, remover el moldaje con los fijadores de conector.

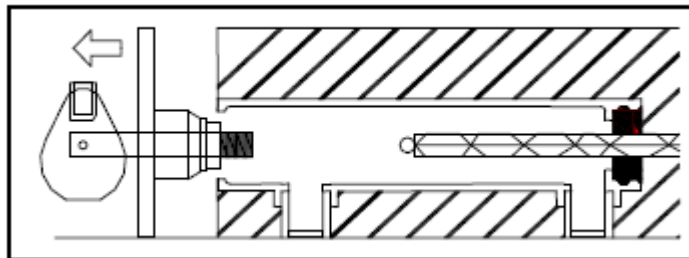


Figura 43: Retiro del moldaje finalizado el curado. (Ref. 10)

4.1.9 Precaución durante el almacenamiento y transporte de los materiales

Tanto en el almacenamiento de la pieza, como en su transporte, se deben tener los siguientes cuidados:

1. Que no entren materiales contaminantes en los conectores y los tubos de grout.
2. Las barras sobresalientes no sean contaminadas con oxido excesivo, aceite o suciedad que pueda interferir en la conexión.
3. Las barras no se dañen, ni se doblen.

4.2 Instalación de la pieza prefabricada en obra

4.2.1 Posicionamiento de la pieza

4.2.1.1 Instalación de la junta y el resorte

Dado el objetivo de las juntas y del resorte metálico a usar, es importante que estos sean del tamaño adecuado de acuerdo a la barra que se está usando.

Para evitar que el mortero de junta penetre en el conector, se usa el resorte helicoidal primeramente en cada una de las barras que sobresalen. Luego, se colocan las juntas metálicas.

Las juntas deben colocarse con el lado marcado hacia arriba, es decir, con la parte de goma hacia abajo. De esta manera, cuando el elemento prefabricado superior llegue a su posición, la argolla de junta evitara que el mortero de junta entre en el conector quitando espacio al SS Mortar, necesario para su buen comportamiento.

Los pasos a seguir, para un correcto uso son:

1. Verificar que el tamaño, el número y la posición tengan relación entre sí. Hacer cualquier corrección de ser necesario.
2. Inspeccionar visualmente cada una de las barras, que estas no estén con cemento, aceite, oxido excesivo y otros que puedan afectar la conexión. Medir los largos de las barras, para que estos sean los correctos y estén dentro de la tolerancia debida.
3. Verificar que cada una de las juntas metálicas estén correctamente colocadas.

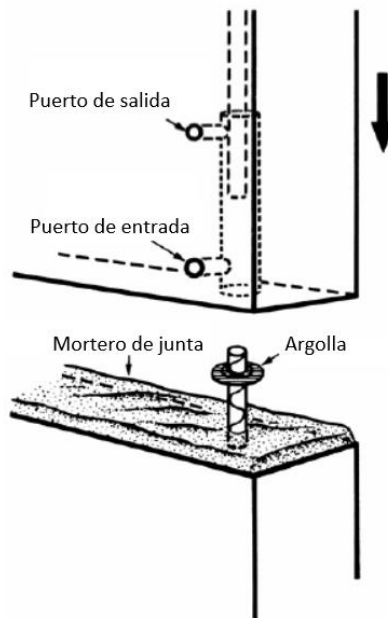


Figura 44: Posicionamiento de la pieza prefabricada. (Ref. 10)

Como nota importante, el mortero de junta a usar debe ser de alta resistencia dependiendo de las características del hormigón y sin retracción. En el mercado nacional se pueden adquirir sin mayor problema.

4.2.1.2 Mortero de junta

El mortero para la junta de las piezas debe estar conforme a las especificaciones del ingeniero. La consistencia del mortero debe ser la adecuada para la práctica elegida.

Después de unir los elementos, el mortero debe llenar todos los espacios vacíos entre los miembros. Tal como se muestra en la Figura siguiente.

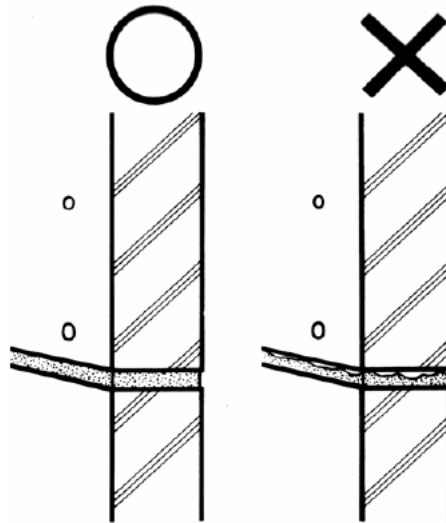


Figura 45: Correcto llenado de la junta. (Ref. 10)

Se recomienda, en gran manera, que el mortero de junta sea preparado en planta y que los materiales NO sean mezclados en terreno.

4.2.1.3 Prácticas para junta de piezas

1. Pre-Hormigonado de junta

Generalmente, se coloca una cama de mortero antes de instalar la siguiente pieza prefabricada. A continuación, se describen una serie de pasos para poder montar la pieza.

1. Colocar topes temporales (generalmente de madera), si es que fuese necesario.
2. Colocar el mortero de junta en una cantidad suficiente para llenar completamente el espacio entre piezas. Es recomendable, sobrellenar ligeramente el espacio de junta.
3. Comprobar que las argollas para grout están colocadas correctamente.
4. Montar la pieza en espera.

Topes temporales

Los topes temporales, pueden ser hechos de plástico de espuma. Estos se instalan para confinar el área de la junta. Después de colocar estas, se vierte el mortero de consistencia fluida en el espacio confinado.

Los topes cumplen varias funciones:

- a. Confinar el mortero.
- b. Dar una línea de regla, asegurando la profundidad del mortero y reduciendo la pérdida de material.
- c. Cuando se coloca el elemento prefabricado, se sobrecargará el mortero y este puede generar presión sobre la argolla, se debe asegurar que el mortero tiene el espacio suficiente para dejar escapar el exceso y de esta manera, no forzar la argolla en el conector.

En las losas, los topes pueden ser de madera de 30 x 30 milímetros, instaladas temporalmente a 1 centímetro de la dimensión inferior del elemento prefabricado.

A continuación, se pueden ver algunos ejemplos de pre-hormigonado de juntas con diferentes materiales:

- a. Muros interiores

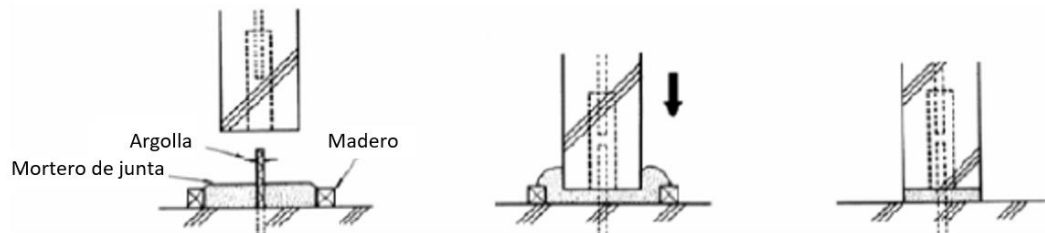


Figura 46: Ejemplo para realización de junta en muro interior. (Ref. 10)

- b. Muros exteriores

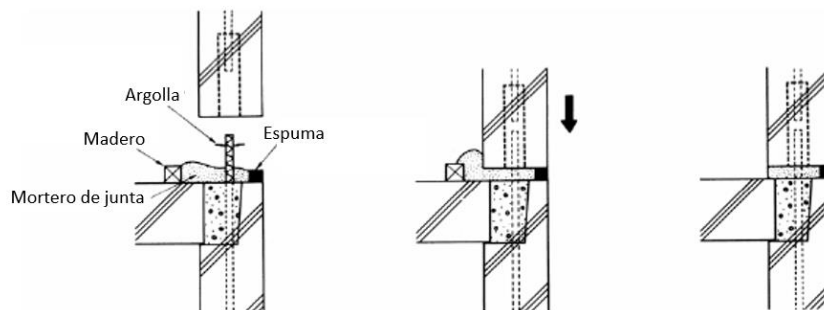


Figura 47: Ejemplo para realización de junta en muro exterior. (Ref. 10)

c. Columnas

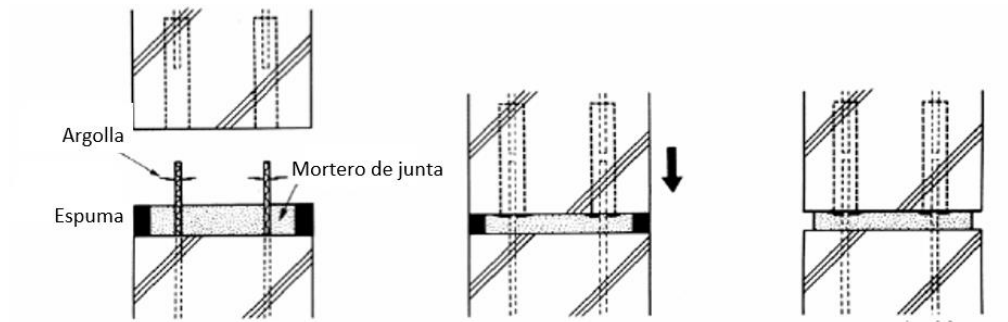


Figura 48: Ejemplo para realización de junta en columna. (Ref. 10)

Para la instalación de columnas, el video que se muestra en el [link](#) es de gran ayuda.

4.2.2 Relleno del conector con SS Mortar

4.2.2.1 Preparación

La preparación del mortero es un proceso bastante simple. Pero al querer hormigonar varios conectores, se deben seguir los pasos que se enumeran a continuación, para hacerlo de manera más eficiente y minimizando los errores. Los pasos a seguir son:

1. Preparar un esquema del trabajo a realizar en el día.
2. Determinar el número y tipo de conectores a llenar con mortero.
3. Asignar un número a cada uno de los conectores y corresponderlo con el elemento en el sitio de trabajo.
4. Establecer el procedimiento para realizar el muestreo y controles de calidad del mortero.
5. Tener electricidad y agua de mezclado. Cabe notar que, en tiempo caluroso, se debe contar con agua fría y, por el contrario, en tiempo frío, tener agua caliente.
6. Determinar y obtener la cantidad que se requiere de SS Mortar.
7. Chequear el pronóstico del clima y la temperatura ambiente en el lugar de trabajo.
8. Revisar la lista de chequeos para la persona encargada del llenado.
9. Inspeccionar y asegurarse de que en la pieza prefabricada los tubos de mortero están limpios y sin impedimento de ser llenados, antes de posicionar la pieza.

SS Mortar

El mortero que se usa para este tipo de conectores es SOLO el SS Mortar. Este está listo para su uso, viene envasado en bolsas resistentes a la humedad y el único ejercicio a realizar es el de usar la cantidad adecuada en agua, que es de 2.1 a 2.3 litros por cada bolsa de 15 kilogramos.

En la Tabla 16 se expone la cantidad de conectores que se pueden llenar con una bolsa de 15 kg para cada una de las medidas.

Tabla 20: Cantidad de conectores llenos por bolsa. (Ref. 10)

Copla	Barra	Cantidad de coplas
5UX	16 mm	29
6UX	18 mm	22
7UX	22 mm	17
8UX	25 mm	13
9UX	28 mm	10
10UX	32 mm	9
11UX	36 mm	7

Dos características importantes que muestra este mortero, que lo hacen especial para el uso en los conectores son las siguientes.

Alta resistencia temprana del material: El mortero con una consistencia fluida, podrá alcanzar una resistencia de 30 N/mm² en 24 horas bajo una temperatura de 20° Celsius.

Resistencia ultima: El mortero llegará a una resistencia a la compresión sobre los 100 N/mm² al cabo de 28 días y bajo una temperatura de 20° Celsius.

Se han realizado ensayos, que han dado como resultado lo que se aprecia en la Tabla 17, es decir, como varia el esfuerzo de compresión obtenido por el mortero, según una temperatura fija de fraguado y el tiempo que ha transcurrido.

Tabla 21: Resistencia del mortero según temperatura y tiempo.

Temperatura °C	Esfuerzo de compresión (N/mm ²)					
	12 hr	18 hr	1 día	3 días	7 días	28 días
5	-	4.0	10.1	42.2	56.5	86.3
20	5.6	20.2	30.5	55.2	71.1	100.0
30	18.5	36.0	49.0	68.5	79.1	101.0

4.2.2.2 Condiciones de grouting

Se debe guardar las bolsas de SS Mortar bajo una temperatura controlada con un mínimo 10°C y un máximo de 30° Celsius.

La preparación del mortero difiere un poco según los climas en los que nos encontramos, por ello, se han preparado instrucciones para condiciones del clima.

Condiciones de clima frio:

Durante el tiempo frio, se debe comprobar la temperatura dentro la entrada y la salida de los tubos PVC, si esta es menor a 5°C, entonces se debe elevar a más de dicha temperatura. Se deben tomar todas las medidas necesarias para poder evitar la congelación del mortero dentro de los conectores y mantener una temperatura de curado no inferior a 5° Celsius.

Condiciones de clima cálido:

Durante el tiempo caluroso, se debe usar el agua de mezclado con una temperatura bajo los 45°C. Evitar que la temperatura del mortero ya mezclado, este por encima de los 45°C, para así poder evitar un fragüe prematuro y, por ende, un difícil bombeo. Además, de generar resistencias más bajas de lo esperado.

Clima adverso:

No se debe realizar el llenado del conector, bajo las siguientes condiciones:

1. Cuando llueve o nieva en el lugar de trabajo y no existe la manera de proteger o prevenir que la lluvia o la nieve entre en el lugar seco o de mezcla del SS Mortar.
2. Cuando existe un aviso previo de que tanto las piezas, como los conectores pueden estar sometidas a vibración, impacto u otra fuerza que resulte en movimiento de las piezas.
3. Existe pronóstico de temperaturas bajo los 5°C y no existan facilidades para poder mantener la temperatura del edificio y curar el mortero a una temperatura mayor que 5° Celsius.

4.2.2.3 Listas de chequeos necesarios

Para poder realizar la operación de relleno con SS Mortar de la mejor manera posible, es necesario poder hacer una revisión del equipo y los elementos necesarios. Para ello, se debe usar la siguiente lista de chequeo:

- Revisar la sección de este documento sobre llenado de conectores.
- Notificar al laboratorio para que provea una inspección especial durante el llenado, si se requiere.
- Asegurarse de que el mortero (SS Mortar), esté en condiciones óptimas.
- Taladro eléctrico con paleta de mezclado de 13 mm o ½ pulgada, operando a una velocidad de 500 a 1.300 revoluciones por minuto.
- Balde metálico liso de 18 a 20 litros. Se deben evitar los contenedores plásticos por posibles desprendimientos al momento de revolver.
- Tabla de fluidez y tubo PVC para chequear consistencia de la muestra.
- Molde para preparación de probetas de compresión de mortero.
- Caja para curado de probetas de SS Mortar.
- Suministro de agua.
- Manguera que se adapte a la medida de los tubos para inspección previa a inyección.
- Tapones para colocarlos luego del llenado del conector.
- Recipiente con medida para poder usar la cantidad correcta de agua de mezclado. La cual será establecida en el lugar de trabajo.
- Huincha de medir, para tomar nota del diámetro de flujo del mortero.
- Termómetro.
- Pesa y cubo de agua. Para poder realizar un chequeo alternativo de la cantidad de agua de mezclado.
- Suministro eléctrico.
- Recipiente para recolectar el exceso de mortero que sale al estar lleno el conector.
- Linterna para chequeos previos de los conectores antes de ser llenados.
- Elementos para facilitar la calefacción en clima frío para permitir que el mortero gane resistencia. Ejemplo: Calefactor o radiador a gas o eléctrico.
- Espátula o cuchillo para remover el exceso de mortero.
- Esponja y agua para limpiar el área.
- Termómetro para chequear temperatura ambiente y de los materiales.
- Bomba o inyector manual.
- Para climas excepcionalmente fríos considerar mantas eléctricas y/o láminas de polietileno para cerrar el espacio vecino a la conexión.

Teniendo todos estos elementos, se procede al mezclado del mortero.

4.2.2.4 Mezclado

Los siguientes pasos son los a seguir para el mezclado:

1. Medir el agua de mezclado en un balde.
2. Agregar el SS Mortar lentamente en el balde de mezclado.
3. Teniendo todo el material dentro del balde, mezclar por dos (2) minutos.



Figura 49: Esquema de mezcla de mortero. (Ref. 10)

Notas importantes:

1. Mezclar el mortero para poder conseguir la consistencia deseada para poder bombear el mortero dentro del conector, a la temperatura deseada.
2. Usar SOLO agua potable.
La consistencia deseada dependerá de que se use la cantidad exacta de agua, la temperatura de la mezcla y el tamaño del lote mezclado. Los requerimientos de agua se establecen en un lote de prueba ajustando el agua inicial, para poder medir la fluidez requerida usando la tabla de flujo y un cilindro PVC. La consistencia recomendada en terreno es de 155 a 235 milímetros determinado usando las herramientas anteriores.
3. El mortero está diseñado para ser colocado en un diámetro de propagación especificado, mediante el uso de un tubo PVC de 50x100 milímetros y una tabla de flujo (Provista por NMB), que son las herramientas especificadas anteriormente.
El tubo PVC se llena de mortero y se levanta con cuidado, en un plano bien nivelado y sobre una superficie dura no absorbente. Se mide el diámetro con una huincha en dos diámetros. Se recomienda hacerlo en cada inyección.
4. Para mezclar el mortero, se debe utilizar el mezclador expuesto aquí. No se debe mezclar a mano, ni agregar cemento, arena o algún agregado. No utilizar más agua de la especificada. Se debe usar una bolsa completa para cada lote de coplas. No usar si la bolsa de SS Mortar está dañada. Esta tiene una vida útil de aproximadamente 12 meses almacenado en un lugar fresco y seco. El lugar de mezclado debe estar lo más cerca posible de los conectores para el llenado. No se debe dejar la mezcla al sol.
5. Es importante, que se mezclen los materiales el tiempo suficiente, pues esto tiene impacto tanto en las condiciones de fluidez y bombeo, como en el fraguado y la ganancia de resistencia de la mezcla. Esta no debe tener grumos y ser uniforme. Comprobar la fluidez tan a menudo como el ingeniero lo requiera después de que el mezclado se complete.
6. El agua caliente de mezclado puede ser usada con mortero seco, frío o cuando se coloca frío el clima. El agua de mezclado fría se puede usar con mortero caliente, seco o en clima cálido.

4.2.2.5 Llenado del conector

El llenado del conector se realiza mediante un bombeo manual o una inyección manual. Para esta acción, se requiere la mezcla del mortero, una bomba manual y tapones de goma. El llenado se realiza tal como se muestra en la Figura 50.

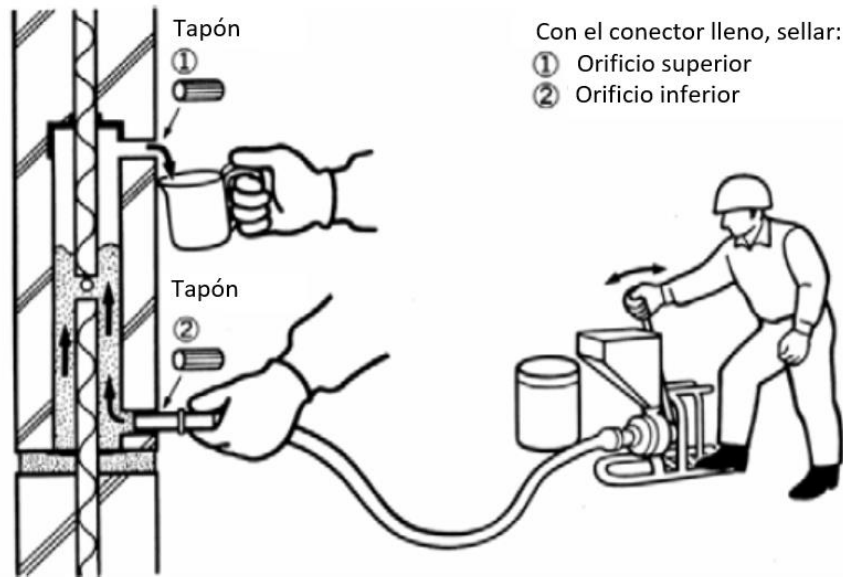


Figura 50: Esquema para llenado de conector con bomba manual. (Ref. 10).

Se debe bombear la mezcla desde el tubo PVC inferior, hasta que el mortero salga por el superior, sin burbujas de aire.

Los pasos y recomendaciones para el bombeo son las siguientes:

1. Saturar la bomba de agua.
2. Verter la mezcla en la bomba y empujar el agua (junto a la pasta). Sin usar esto en el conector.
3. Cuando se tenga una corriente continua de mortero, sin burbujas de aire, insertar la boquilla en el tubo PVC de llenado.
4. Paso 1: Mantener el paso de mortero de forma continua (a razón de un golpe por segundo en caso de bomba manual), hasta que se vea el mortero salir por el tubo de salida.
Paso 2: Tomar el mortero de salida en un tarro y sellar la salida con un tapón de goma.
Paso 3: Retirar la boquilla y sellar con un tapón de goma en el orificio de entrada.
5. Enjuagar todo el exceso de mortero que ha sido derramado en la cara de la pieza.
6. Al siguiente día, al retirar los tapones, terminar con mortero de manera que quede plano.
7. Tener el cuidado de no hacer el procedimiento cuando las temperaturas vayan a caer por debajo de los 5°C y el mortero esté protegido de la congelación. El calor debe mantenerse hasta que el mortero haya alcanzado 5 N/mm² de resistencia a la compresión, determinado según los ensayos. Se recomienda siempre mantener una temperatura de al menos 20° Celsius.

A continuación, se muestra una secuencia de llenado como ejemplo. Como se puede apreciar en el esquema, cada uno de los conectores lleva una numeración, con la cual se puede tener conocimiento de cuál es el orden a seguir en el llenado.

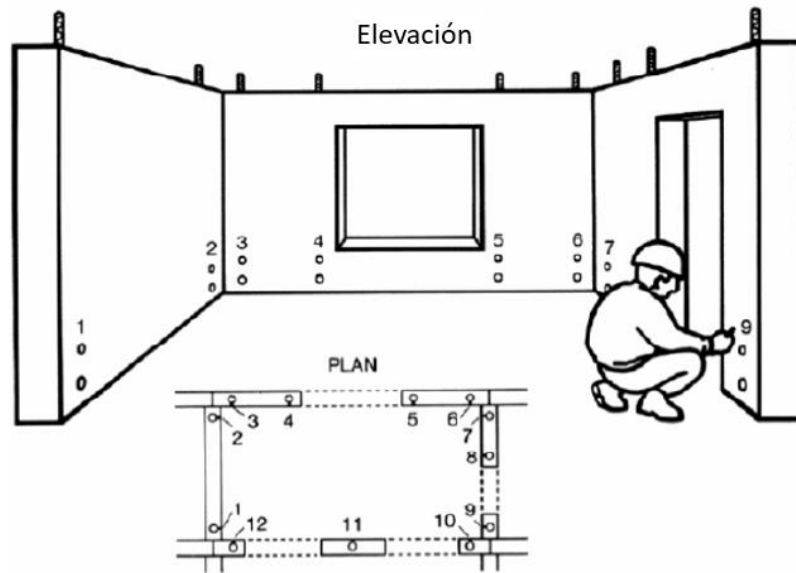


Figura 51: Ejemplo de plan de llenado de conectores. (Ref. 10).

4.2.2.6 Limpieza

Se deben chequear las uniones en los elementos prefabricados antes y después del proceso de llenado. Si el mortero se ha filtrado, se debe quitar inmediatamente, enjuagando con agua.

4.2.2.7 Curado

Las unidades prefabricadas, no deben moverse ni cargarse antes de que el mortero desarrolle una resistencia de al menos 30 [N/mm²].

En condiciones normales de tiempo de verano, en cuanto a temperatura y curado, deben ser 24 horas o más, antes de sacar los refuerzos de la pieza. A no ser, que el cubo de resistencia a la compresión muestre una resistencia adecuada para transferir la carga. La determinación del tiempo de retirada del refuerzo lateral o soporte es decisión del ingeniero a cargo.

La capacidad de las coplas para transferir las cargas es principalmente función de la resistencia del mortero, la cual depende de la consistencia y la temperatura de curado del material.

La recomendación es que el ingeniero pueda ser consultado para determinar el calendario de eliminación de soportes temporales. Bajo condiciones de clima frío, es deseable que se puedan tomar muestras de mortero que puedan ser curadas bajo las mismas condiciones de los conectores y probar su resistencia a distintas edades.

Para las pruebas, el molde debe ser almacenado utilizando los mismos medios protectores que la pieza, para simular las condiciones de curado del mortero dentro de la copla. Cuando el mortero alcanza una resistencia de 5 [N/mm²], no se tendrá influencia la congelación sobre este. Por lo tanto, en clima frío, se debe mantener la temperatura de curado sobre los 20° C hasta que se alcance dicha resistencia.

4.3 Proceso de instalación de conectores para hormigón en sitio

Para describir el proceso de instalación, se describen dos maneras de hacerlo, vertical y horizontal. Esto se separa en dos, dado que las piezas que las piezas que tiene el conector pueden funcionar de distinta manera en cada posición y sirven para elementos distintos. Por ejemplo, una viga de un edificio (horizontal) y la armadura de un pilote (vertical).

A manera de ejemplo se puede ver un [video](#), en el cual se muestra la instalación en obra para una aplicación vertical de los conectores.

4.3.1 Aplicación vertical (Columna)

El procedimiento para la instalación consta de 2 pasos, el marcaje de las barras y la instalación propiamente tal. A continuación, se describen ambos procedimientos con la descripción detallada de lo que implican.

4.3.1.1 Marcaje

Para estar seguros y luego inspeccionar el largo de las barras dentro del conector, es necesario poder marcarlas. Esto da la indicación a quien sea el encargado de poner en posición el conector y así no tener problemas con el largo que debe tener embebido la barra de acero.

Para el marcaje se deben seguir los siguientes pasos:

1. Asegurarse que la superficie a marcar en las barras este limpia y seca.
2. Usando la regla con un marcador blanco o aplicando el marcador directamente sobre la barra, hacer una marca de 30 milímetros de longitud. A la altura que según corresponda a cada copla, tal como muestra la Tabla 18.

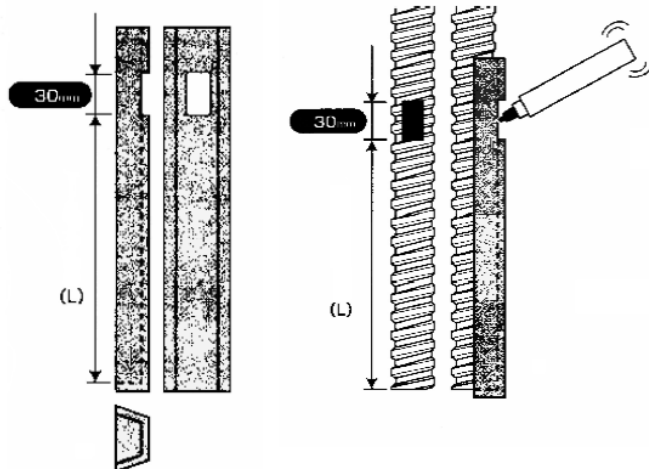


Tabla 22: Largo de marcaje. (Ref. 11).

Slim Sleeve N°	Largo a marcar [mm]
S5U	105
S6U	120
S7U	135
S8U	150
S9U	170
S10U	190
S11U	210

Figura 52: Uso de regla de marcaje. (Ref. 11).

4.3.1.2 Instalación

Para la instalación vertical, se deben seguir los siguientes pasos, enumerados del uno al cinco. Teniendo en consideración el ultimo para poder llegar a una correcta instalación del conector de manera vertical.

1. Asegurarse de que los Slim-Sleeve están limpios y libres de obstáculos por dentro. Los tornillos de fijación deben estar flojos, de manera de no bloquear el paso de las barras.
Deslizar lentamente el manguito hacia la parte inferior de la marca. Se debe tener cuidado con la goma que sella abajo, para que esta no quede dentro. Tal como se muestra en la Figura 53.

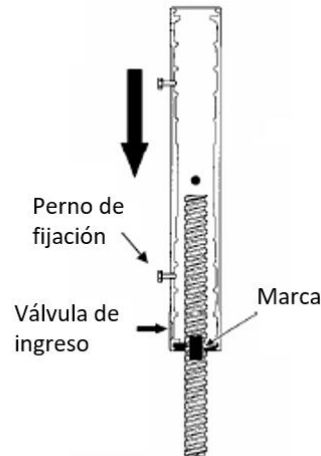


Figura 53: Primer paso de instalación. (Ref. 11).

2. Girar y ajustar el Slim-Sleeve, de manera de que la válvula para el llenado quede mirando hacia afuera. Es decir, no se tengan complicaciones para el acceso de la boquilla de la bomba de grout. Luego, fijar los pernos.
3. Insertar la barra de refuerzo superior hasta el punto de marcado. Se debe hacer con cuidado para no romper el tope de barra.
Para aplicaciones verticales con múltiples barras, no se instalan las gomas selladoras en la parte superior, por dos razones:
 - a. La barra superior tiende a hacer entrar la goma al conector.
 - b. Es fácil para confirmar que el agua y contaminante líquido ha salido de la copla.

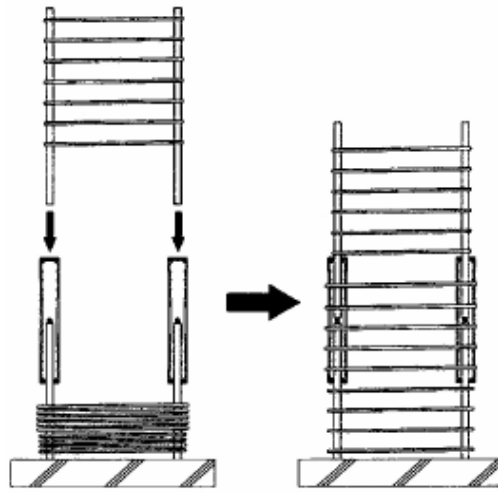


Figura 54: Ejemplo de uso de conectores verticales. (Ref. 11).

4. Asegurarse de que la marca se ve en ambos extremos y que los tornillos han sido apretados.
5. Inspección:
 - a. Las marcas se observan en ambos extremos de la copla.
 - b. Las gomas han sido instaladas apropiadamente y no han sido arrancadas por las barras.
 - c. Las válvulas y el agujero de salida han sido instaladas.
 - d. Se tiene acceso a los puertos para grout o válvulas.
 - e. Los pernos de fijación están apretados.

4.3.2 Aplicación horizontal (Viga)

Para la aplicación horizontal de los conectores, como por ejemplo en vigas, existen dos pasos a seguir igual que en la aplicación anterior. El marcaje de las barras y la instalación del conector, que se detallan a continuación.

4.3.2.1 Marcaje

Para estar seguros y luego inspeccionar el largo de las barras dentro del conector, es necesario poder marcarlas.

1. Asegurarse que la superficie a marcar en las barras este limpia y seca.
2. Usando la regleta con un marcador blanco o aplicando el marcador directamente sobre la barra, hacer una marca de 30 milímetros de longitud. A la altura que según corresponda a cada copla, tal como muestra la siguiente Tabla.

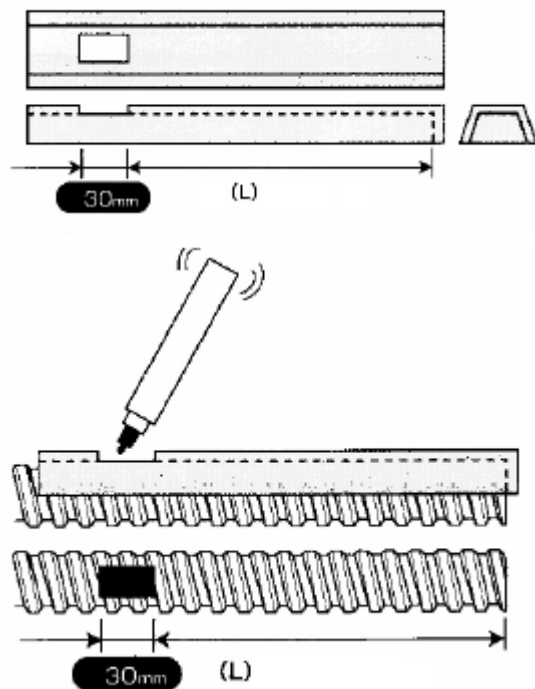


Figura 55: Marcaje de la barra. (Ref. 11).

Tabla 23: Largo de marca. (Ref. 11).

Slim Sleeve N°	Largo de marca [mm]
S5U	105
S6U	120
S7U	135
S8U	150
S9U	170
S10U	190
S11U	210

4.3.2.2 Instalación

El proceso de instalación es el siguiente:

1. Se deben aflojar los tornillos de ajuste y deslizar el Slim-Sleeve hacia el final de la barra de refuerzo. Se debe tener cuidado que las gomas no queden atrapadas en el interior de la copla.

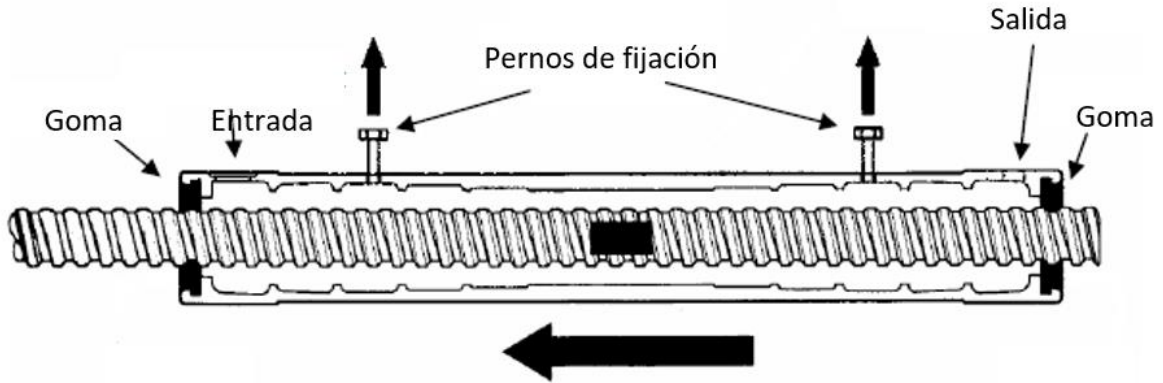


Figura 56: Afloje de tornillos. (Ref. 11).

2. Se coloca la otra barra de refuerzo a conectar. La separación entre las barras de refuerzo debe ser menor a 30 milímetros.

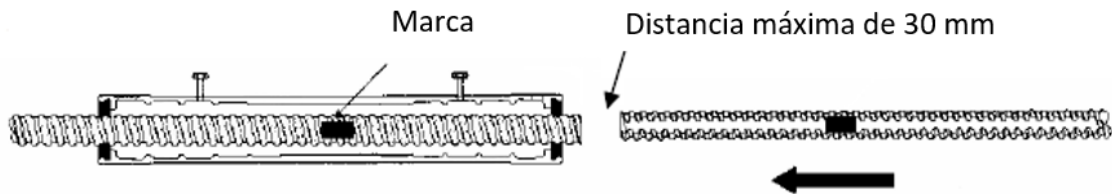


Figura 57: Colocación de segunda barra. (Ref. 11).

3. Mover lentamente la copla hacia cada una de las marcas, teniendo cuidado de que las gomas no queden dentro.
Se debe rotar la copla de manera de que los orificios para grout queden lo más verticalmente posible. Los conectores pueden estar a 45° de la vertical como límite. Luego, ajustar los pernos a mano.

4.3.3 Preparación del mortero

Los siguientes pasos son para la preparación del mortero:

1. Preparar un horario de trabajo para el día.
2. Determinar el número de conectores para llenar.
3. Asignar un número a cada uno de los conectores, correspondiente al lugar de trabajo.
4. Establecer los procedimientos para las pruebas de control de calidad y la toma de muestras.
5. Procurar tener electricidad y agua para mezclado (cambiando la temperatura del agua según sea el clima).
6. Revisar la lista de chequeos para la persona encargada del llenado de los conectores.
7. Chequear el clima y la temperatura en el lugar de trabajo.
8. Determinar y procurar tener la cantidad requerida de SS Mortar, calculado según la Tabla 20.

Tabla 24: Cantidad de conectores Slim-Sleeve llenados por bolsa. (Ref. 11).

Slim Sleeve N°	Diámetro de barra [mm]	Numero de conectores por bolsa
S5U	105	53
S6U	120	42
S7U	135	34
S8U	150	31
S9U	170	24
S10U	190	18
S11U	210	14

4.3.4 Llenado de conectores con SS Mortar

El llenado de los conectores lleva consigo un chequeo previo que se debe hacer a cada uno de los conectores, junto con las instrucciones para la inyección de mortero con una bomba manual o con un inyector manual.

4.3.4.1 Chequeos previos

Antes de llenar cada uno de los conectores, según sea el esquema diario. Se deben realizar una serie de verificaciones que se describen a continuación:

1. El conector debe estar bien posicionado en cada una de las marcas.
2. Para la aplicación horizontal. Las gomas deben estar fijas de manera firme, en cada uno de los extremos del conector.
3. Para la aplicación vertical. La goma del final debe estar fija firmemente.
4. Para la aplicación vertical. Los orificios de entrada y salida del mortero deben estar hacia afuera de la pieza.
5. Para la aplicación horizontal. Los orificios deben estar verticales.
6. La válvula de entrada y de salida deben estar firmes en el conector, para el uso vertical del conector. En el caso horizontal, se debe retirar el sello de salida.

4.3.4.2 Llenado de conector con bomba de inyección

Para el llenado del conector con bomba de inyección, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Primero, saturar la bomba con agua.
2. Verter el mortero (SS Mortar) en la bomba y operar hasta que salga el agua junto con un poco de mortero. NO usar este mortero en el conector.
3. Después de verificar que sale una corriente de mortero sólida (sin burbujas de aire), dejar de bombear e insertar la boquilla en la válvula de entrada del mortero.
4. Luego, bombear el mortero continuamente, a una velocidad de un golpe por segundo hasta que se pueda observar el mortero en el extremo superior para la disposición vertical o desde el orificio de salida para el caso horizontal.
5. **Precaución: El tiempo aproximado de trabajo del mortero mezclado es de 40 minutos, dependiendo de la temperatura ambiente y mortero mezclado. Mientras se bombea nunca dejar que la tolva quede vacía. Nunca bombear aire a los conectores. Se deben preparar suficientes bolsas de mortero que garanticen un bombeo continuo.**
6. Si se interrumpe el bombeo, se debe mantener circulando el mortero bombeando desde la boquilla dentro de la tolva. Si el tiempo de espera excede los 40 minutos, se debe descartar. Se debe asegurar el lavado de la bomba después de cada sesión o antes de la hora de colación.

4.3.4.3 Llenado de conector con inyector manual

El proceso de llenado con un inyector manual se debe realizar de la siguiente manera:

1. Usar un inyector apropiado, tal y como se recomienda.
2. Colocar la punta del inyector dentro de la mezcla de SS Mortar, ya realizada. Jalar lentamente el pistón hasta el tope.
3. Colocar el inyector con la punta hacia arriba. Dar 3 o 4 toques del inyector en el suelo. Presionar lentamente el pistón contra el suelo, hasta que ya no salgan burbujas de aire.
4. Insertar la punta del inyector en el orificio de entrada y empujar el pistón lentamente hasta que el mortero salga por el extremo superior (aplicación vertical) o por el orificio de salida (aplicación horizontal).
5. **Precaución: El tiempo aproximado de trabajo del mortero mezclado es de 40 minutos, dependiendo de la temperatura ambiente y mortero mezclado. NO usar si es difícil tirar del pistón para llenar el inyector.**

Es importante destacar que, en la cotización para la adquisición de los conectores, están incluidos los siguientes puntos:

- Inyector manual
- Regla de marcaje para cada medida
- Paleta de mezclado
- Tabla de fluidez
- Moldes cúbicos

CAPÍTULO 5

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

5. Aseguramiento de la calidad

5.1 Control de etapas

Es de vital importancia ir controlando cada una de las etapas que componen el ciclo de instalación en obra de los conectores, ya sea en el campo del hormigón prefabricado o para el hormigón en sitio.

Una correcta instalación de los conectores da como resultado un buen comportamiento de estos. Dicho comportamiento tiene gran importancia, pues recae en las estructuras que tienen estos conectores como método de traspaso de fuerzas entre las barras de acero.

A continuación, se muestran distintos puntos para poder realizar el aseguramiento de la calidad de los conectores.

5.1.1 Inspección antes de hormigonar la pieza

- Chequeo en la instalación del conector en la fábrica

Seguir las siguientes instrucciones antes de hormigonar:

1. Chequear que los conectores se corresponden a lo expuesto en los planos, según su posición y diámetro. Además, de verificar, mediante aire comprimido que estas estén libres de polvo.
2. Los conectores estén fijos apropiada y firmemente en el molde.
3. Las barras están puestas hasta el tope dispuesto para ello.
4. Luego, verificar que la longitud sobresaliente de las barras de refuerzo esté dentro de las tolerancias permitidas. Si estas son más cortas deben reemplazarse y si son más largas, se pueden cortar después de hormigonar.
5. Chequear que las barras estén en la posición adecuada y puedan mantenerla, además de que los conectores se sostengan de buena manera en las sillas dispuestas.
6. Los tubos de grout estén fijos firmemente en el conector y sellados de forma adecuada.
7. Los tubos de grout son lo suficientemente largos como para llegar a ser llenados después.

Antes de llenar el moldaje, se deben inspeccionar los siguientes puntos donde puede entrar el hormigón a la copla:

Punto de posible fuga	Solución
A) Entre el sello de goma y la barra	Aplicar adhesivo
B) Entre el tubo PVC de grout y el puerto	Aplicar adhesivo o sellar con cinta
C) En el término del tubo PVC	Sellar con el tapón
D) Entre el fijador de conector y la copla	Apretar el fijador

5.1.2 Precauciones en la faena de hormigonado

Al momento vibrar el hormigón se debe tener especial para no mover tanto las coplas, como las barras de refuerzo y los accesorios instalados ya en su posición final.

5.1.3 Inspección de la pieza prefabricada

- Inspección de la pieza prefabricada

Se deben seguir 5 pasos, luego de remover la pieza del moldaje:

1. Chequear que no existan sustancias extrañas presentes en cada una de los conectores, como en los tubos de grout mediante el uso de una linterna. En caso de existir, debe limpiarse y enjuagar los materiales contaminantes con aire comprimido o agua.
2. Con una huincha de medir, chequear que la longitud de las barras está dentro de la tolerancia permitida.
3. Con una linterna, inspeccionar el largo de la barra embebida en el conector, para asegurarse de que quedó cerca del tope.
4. Inspeccionar visualmente las barras sobresalientes y asegurarse que estén libres de sustancias que puedan afectar la unión, como aceite, oxido, suciedad y otros.
5. Chequear la cantidad de conectores, medida de barras, posición para poder correlacionarlo con lo proyectado.
6. Verificar que los orificios para ingreso del mortero están bien logrados de dos maneras:
 - a. Están en la posición correcta y no tapados con hormigón.
 - b. Tienen paso libre para el mortero.

Precaución: En el punto dos, puede que se tenga una barra más corta que la longitud mínima especificada, en ese caso se debe hacer llegar el problema al ingeniero, para poder dar una solución. En el caso de que la barra sea más larga, esta debe ser cortada al largo requerido.



5.1.4 Verificaciones necesarias para el SS Mortar

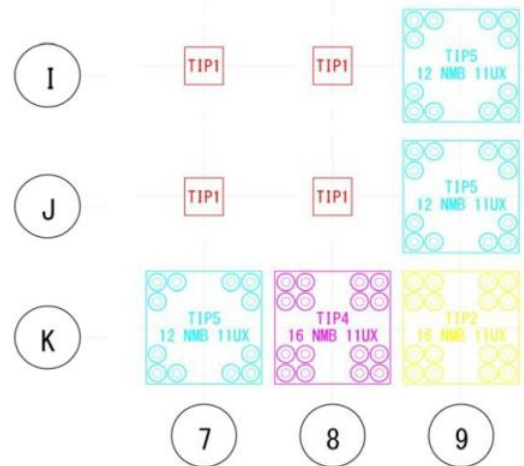
Las verificaciones en terreno deben cubrir los siguientes puntos:

- a. Comprobar las barras para poder tener una longitud adecuada dentro del conector.
- b. Observar el mezclado del SS Mortar
 - i. Verificar que la temperatura de la mezcla está en el rango aceptado.
 - ii. Verificar que la cantidad de agua de mezclado no excede el máximo.
 - iii. Registrar el número de serie de la bolsa que se está usando.
- c. Verificar después de llenar cada conector:
 - i. Que el mortero sale por el puerto de salida.
 - ii. Verificar el correcto sellado de todos los puertos.
- d. Tomar las cubetas de 50x50 milímetros para las pruebas de compresión en el laboratorio
 - i. Tomar tres (3) cubos para ensayos, removiéndolos a las 24 horas.
 - ii. El set ensayarlo a los 28 días.
 - iii. Tomar otro set de tres (3) cubos para reserva, en caso de ser necesario.

En el caso del llenado de conectores para elementos de hormigón prefabricado, se puede usar la siguiente ficha de aseguramiento de la calidad del trabajo realizado.

Tabla 25: Ficha de aseguramiento de calidad. (Ref. 10).

Contratista:			Trabajo realizado		Resultados	
Proyecto:	Cantidad de conectores llenos		N° Lote		-	
Fecha:			T° Ambiente	°C	-	
Área de trabajo:	Bolsas de SS Mortar		T° Agua	°C	≤40°C	
			T° Mortero (seco)	°C	-	
Nota:  Listo  Lleno	Contratista	Supervisor	Trabajador	Agua		2.2±0.1 L/bolsa
				T° Mezcla	°C	5-45°C
				Fluidez	mm	195±40 mm



The diagram illustrates a grid of connection points for precast concrete elements. The points are labeled with letters I, J, K and numbers 7, 8, 9. Each point contains a specific type of connector bag (TIP1, TIP2, TIP4, TIP5) with a grid of circles representing the connection layout.

- Point I: TIP1 (red) and TIP1 (red) bags.
- Point J: TIP1 (red) and TIP1 (red) bags.
- Point K: TIP5 (cyan) bag, TIP4 (purple) bag, and TIP2 (yellow) bag.

Para el llenado se puede usar una siguiente ficha como ejemplo:

Tabla 26: Ejemplo de plantilla de llenado de conectores. (Ref. 11).

Reporte de llenado NMB			Proyecto		
Fecha del trabajo / /			Nivel		
			Hecho por		
Lote del saco		-	Aprobado por		
Cubos de 50 mm		-			
Temperatura					
Ambiente		°C			
SS Mortar (Seco)		°C			
Agua de mezclado		°C			
Mezcla		°C			
Agua de mezclado por bolsa		Litros			
Fluidez	AxB mm				
	Promedio				
Bolsas de SS Mortar		Bolsas			
Tipo	Medida	Plan	Grout	Balance	MEMO
Slim-Sleeve	S8U	10	10	0	OK
	S9U	12	12	0	OK

5.2 Ensayos

Al momento de llenar los conectores con SS Mortar, se debe tener especial cuidado con la realización correcta de los ensayos que se requieren. Además, se deben llenar fichas con los siguientes parámetros o datos:

1. Temperaturas: Ambiente, del agua de mezclado, del mortero seco y la mezcla realizada.
2. Número de lote del mortero utilizado.
3. Cantidad de agua utilizada.
4. Resultado del ensayo de fluidez.
5. Tamaño y número de conectores llenados.
6. Cantidad de mezcla utilizada para el punto 5.
7. Fecha.

La ficha para resultado del ensayo de fluidez es como sigue:

Tabla 27: Ficha para toma de muestras. (Ref. 10).

Resultados del ensayo de fluidez					
Nombre del proyecto					
Temperatura ambiente		°C	Lote de SS Mortar		
Temperatura del agua		°C	Cantidad de agua por bolsa		/bolsa
SS Mortar (Seco)		°C	Ensayo de fluidez		mm
SS Mortar (Mezcla)		°C		mm x	mm
Revisado por			Fluidez requerida	155 mm a 235 mm	
Fecha	/	/	Clima		

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO

6. Análisis económico

Tal como se ha hecho alusión en el capítulo 1, los conectores mecánicos reemplazan la solución del traspaso de esfuerzos en una estructura mediante traslapes de barras de acero.

Existen distintas condiciones de las estructuras para poder evaluar el uso de conectores mecánicos en ella, por ejemplo, una de las condiciones es cuando se necesitan de manera obligatoria, se ven como la única solución. En este caso, la variable económica tiene poca relevancia para toma de decisiones.

Si se toma como alternativa para el traslapo de las barras, se deben analizar varias variables. Como la economía del uso de los conectores y la factibilidad para el uso de estos.

6.1 Análisis estructural

Todo lo que muestra está condicionado al ámbito estructural, es decir, las ventajas de los conectores mecánicos en cuanto a geometría de la estructura, disposiciones constructivas, como es la congestión de armadura que se genera con los traslapes de barra.

Existen situaciones donde el traslapo de barras de acero no es aconsejable, bajo ninguna circunstancia, por ejemplo, al tener elementos esbeltos, esto puede producir dificultades constructivas y mal comportamiento de los elementos sometidos a sismo, y que se generan nidos de piedras por el poco espacio que existe para el hormigón y su vibrado. En este aspecto los conectores mecánicos son una opción muy ventajosa.

El punto anterior de la congestión de armadura, es muy común en el ámbito de la construcción, esto hace que los conectores mecánicos sean una opción para resolver el problema. El tener congestión de armadura en las piezas de hormigón, genera problemas en el vibrado del hormigón aumentando las probabilidades de tener nidos de piedra. Por otro lado, los conectores generan una conexión de barras concéntrica, evitando así un exceso de armadura.

El evitar los nidos de piedra, juega un rol importante en la economía que se generará en un futuro por el ahorro en posibles reparaciones.

6.2 Análisis en la construcción

En el rubro de la construcción, existen variables importantes que se consideran al evaluar nuevas tecnologías. Estas tienen completa relación con los costos del proyecto, pues la finalidad de este es poder organizar de la mejor manera posible los recursos a utilizar para poder optimizar las ganancias, reduciendo los gastos.

Una variable de gran importancia es el precio del traslape de la barra de acero, este debe ser comparado con el de poder tener un conector uniendo ambas barras de acero, sin generar ningún gasto en el fierro extra al generar el empalme.

Se deben calcular los largos de empalmes en tracción para cada diámetro de barra, de manera de comparar los valores con el precio de los conectores para cada empalme. Esto según el código ACI 318-14, que ha sido usado a lo largo del trabajo, da como resultado lo siguiente.

Tabla 28: Traslapos para cada barra con distinta calidad de hormigón.

Copla	Barra [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]
		H20		H30		H40	
S5U	16	930	1209	760	987	658	855
S6U	18	1046	1360	854	1111	740	962
S7U	22	1436	1867	1173	1525	1016	1320
S8U	25	1795	2334	1466	1906	1270	1650
S9U	28	2011	2614	1642	2134	1422	1848
S10U	32	2298	2988	1876	2439	1625	2113
S11U	36	2585	3361	2111	2744	1828	2377

Con los largos de los fierros para el traslapo, se obtienen la siguiente tabla con kilos de fierro.

Tabla 29: Kilos de fierro por diámetro de barra y calidad de hormigón.

Copla	Barra [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]
		H20		H30		H40	
S5U	16	1,13	1,47	0,92	1,20	0,80	1,04
S6U	18	1,61	2,09	1,31	1,71	1,14	1,48
S7U	22	3,63	4,71	2,96	3,85	2,56	3,33
S8U	25	5,32	6,92	4,35	5,65	3,76	4,89
S9U	28	7,48	9,72	6,10	7,94	5,29	6,87
S10U	32	11,16	14,51	9,11	11,85	7,89	10,26
S11U	36	15,89	20,66	12,97	16,87	11,24	14,61

Tomando el kilo de fierro colocado en 0.055 [UF/kilo], se tiene la Tabla 26, que muestra el valor de los traslapos en UF.

Tabla 30: Valor del traslapo en UF.

Copla	Barra [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]	1.0 Ld [mm]	1.3 Ld [mm]
		H20		H30		H40	
S5U	16	0,062	0,081	0,051	0,066	0,044	0,057
S6U	18	0,088	0,115	0,072	0,094	0,063	0,081
S7U	22	0,199	0,259	0,163	0,212	0,141	0,183
S8U	25	0,293	0,381	0,239	0,311	0,207	0,269
S9U	28	0,411	0,535	0,336	0,436	0,291	0,378
S10U	32	0,614	0,798	0,501	0,652	0,434	0,564
S11U	36	0,874	1,136	0,714	0,928	0,618	0,803

Tomando como referencia los valores para 1.3Ld para un hormigón de calidad H30. Se comparan los valores de los conectores con los traslajos y se obtiene lo mostrado por la Tabla 27.

Tabla 31: Comparación de precios del conector con el traslajo en UF.

Conector	Barra [mm]	Precio conector [UF]	Traslajo [UF]	Conector/Traslajo [-]
S5U	16	0,26	0,05	5,06
S6U	18	0,30	0,07	4,11
S7U	22	0,35	0,16	2,16
S8U	25	0,51	0,24	2,15
S9U	28	0,59	0,34	1,77
S10U	32	0,78	0,50	1,56
S11U	36	0,88	0,71	1,23

Otros beneficios

Otros beneficios que llevan consigo el uso de los conectores, son ventajas en la construcción, dando la facilidad de cambiar las secuencias constructivas en la obra, así se puede programar de manera más óptima las etapas de construcción.

Por otro lado, el uso de conectores permite, ya no de manera convencional, construir grandes estructuras con mayor velocidad, dado que estos llevan consigo el uso de elementos de hormigón prefabricado, que desde que un proyecto se está generando se puede adelantar la fabricación de estos. Por lo tanto, se ve un aumento en la velocidad y reducción de costos directos.

Otro punto relevante, es que, al usar conectores mecánicos, se puede evitar en diferentes etapas el uso del moldaje, algo tan común para las obras con hormigón en sitio en Chile. Esto lleva consigo, adicional al gasto en el moldaje, un tiempo de espera bastante valioso para el avance de la obra, ya que los elementos hormigonados deben alcanzar la resistencia necesaria, para poder soportar las cargas que vienen con los siguientes pisos. De esta manera, el uso de conectores afecta en la velocidad de construcción.

Un beneficio importante se puede lograr en el ámbito de la industria del prefabricado con el uso de los conectores mecánicos. Aunque este conlleva un precio inicial a pagar, más alto que la solución de construcción con hormigón en sitio, el valor real de la obra se debe calcular considerando la suma de cuatro componentes: Calidad, servicio, despacho y precio.

El precio del hormigón prefabricado puede llegar a ser un 75% mayor a un elemento hecho en sitio, pero el costo total de puesta en obra llega a un 45% menor. Siendo una clara muestra del menor costo que esto implica (Ref. 20)

Estos valores son considerando el mejor escenario para el hormigón en sitio. Existen problemas como, por ejemplo, juntas frías para grandes volúmenes de hormigón, tiempos de inactividad donde es necesario reacomodar a los carpinteros, gente necesaria para verte el hormigón. Otros problemas se generan en el control de calidad, como en el agua adicional, problemas de colocación, problemas que son eliminados en la opción prefabricada.

CAPÍTULO 7

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

7. Comentarios y conclusiones

Una vez concluido el análisis y la revisión bibliográfica realizada, lo expuesto en las normas, tanto las chilenas como las internacionales, y la información facilitada por NMB Splice Sleeve Ltd. Es posible hacer los siguientes comentarios:

En cuanto a la validación del sistema:

Los ensayos cíclicos realizados en el extranjero fueron ejecutados según el código AC133 dependiente de la ICC y los procedimientos estipulados en las normas ASTM. Las barras usadas fueron fabricadas acorde a la norma NCh 204-2006. Los resultados cumplen con todo lo estipulado en NCh 2369Of.2003, la versión revisada de esta y la NCh 430Of.2008.

Los conectores mecánicos NMB, tanto el Super UX como el Slim-Sleeve, fueron ensayados y certificados como Tipo 2 según reporte de la ICC (Anexo B), esta certificación fue realizada con barras que cumplen con la clasificación ASTM A615 Grado 60 y ASTM A706 Grado 60. Cabe mencionar que la certificación del ICC se ha renovado cada 2 años para este sistema.

Dado lo anteriormente dicho, todas las barras que obedezcan los requisitos de las normas NCh 204-2006 barra A630-420H, ASTM A615 Grado 60 y ASTM A706 Grado 60 cumplen con las condiciones impuestas, tal como menciona el protocolo AC133, el sistema debe resistir las 3 primeras etapas de ciclado y para la etapa 4, desarrollar una tensión de rotura al menos 1.25 veces f_y , según la ACI. Además, se debe tomar en consideración lo que muestra la norma NCh 430Of.2008. y el D.S. 60, es decir, que debe desarrollar 1.4 f_y nominal o un 1.15 f_y real característico de las barras de refuerzo usadas. Cumpliendo con estos requisitos las barras son aptas para poder ser usadas con los conectores en construcciones chilenas.

Es importante mencionar que, cualquier otro sistema de conectores mecánicos que cuente con los ensayos exigidos por las normas chilenas y los códigos internacionales, que muestren resultados igual o sobre los requeridos, normas y estándares que se muestran en el párrafo anterior. Con ello, pueden ser usados en Chile.

En relación a los modos de falla obtenidos en los ensayos cíclicos, estos no están normados por algún código internacional o nacional. No inciden en la clasificación de los conectores, ya que los requisitos para cumplir con alguna clasificación son de desempeño y resistencia a las sollicitaciones.

Existen 2 modos de falla posibles, como se detallan en el trabajo. El primero corresponde a la ruptura de la barra y el segundo a un arrancamiento de ella por rompimiento de la matriz de mortero.

El modo de falla obtenido del ensayo cíclico para las barras de GERDAU AZA S.A. de 25 y 32 milímetros de diámetro fue solo de arrancamiento. Por otro lado, las barras ASTM A615 Grado 60 y ASTM A706 Grado 60, ensayadas junto con los conectores en EE.UU, presentaron como modo de falla la ruptura de la barra y en menor cantidad el arrancamiento. Esto se debe a una diferencia significativa en la distancia de los resaltes de las barras, tal como se muestra en la Tabla 8. Si bien, el modo de falla “pull out” es aceptado, lo esperado es una falla por ruptura de la barra. Es importante mencionar que, aunque se dan ambos modos de falla, todas las barras superan los requisitos impuestos para su certificación, requisitos detallados en comentarios anteriores.

Sobre las ventajas del sistema de conectores mecánicos se puede comentar lo siguiente:

El uso de conectores mecánicos rellenos con mortero cementicio, es de gran utilidad en estructuras con elementos de hormigón prefabricado, puesto que pueden disminuir el tiempo de trabajo, lo cual se relaciona con los costos directos del proyecto.

Los conectores mecánicos son una alternativa que genera grandes beneficios, tanto a nivel constructivo como del punto de vista estructural, pues su instalación es simple y en elementos pequeños facilita el buen uso del hormigón y los vibradores evitando una agrupación localizada de barras. En cambio, el empalme por traslapeo puede generar la situación anterior, lo que lleva a posibles problemas de comportamiento frente a sismos.

Aunque el costo de los conectores mecánicos es mayor al de un empalme mediante traslapeo, tal como se muestra en la Tabla 26, la evaluación económica para el uso de ellos debe realizarse considerando los aspectos como rendimiento, control de calidad y desempeño, ventajas que pueden hacer de esta herramienta una opción viable en la construcción.

Los elementos de hormigón unidos mediante el uso de barras junto con los conectores mecánicos NMB Splice Sleeve, tienen un comportamiento que emula al hormigón armado monolítico, puesto que tienen un desempeño igual o mejor que el hormigón en sitio, como se expone en el apartado 2.6.

En cuanto a la ejecución es importante mencionar que el uso de los conectores NMB Splice Sleeve deben obedecer a los procedimientos de instalación y verificación que se muestran en el presente documento y toda otra indicación que provenga de la empresa fabricante. Y que el uso exclusivo del SS Mortar, es de vital importancia para el desempeño correcto de los conectores en la pieza de hormigón.

Por el lado del análisis económico, cabe destacar que el uso de los conectores mecánicos lleva consigo un aumento en el control de calidad de los productos, el poder evitar problemas comunes de faena, ahorro en el costo final de la obra, y otros beneficios. Esto muestra que son un aporte para un crecimiento en la industria de la construcción prefabricada.

En conclusiones se puede llegar a lo siguiente:

El sistema de conectores NMB Splice Sleeve está certificados por el ICC, reporte presente en el anexo B. La certificación aplica para las barras ASTM A615 Grado 60 y ASTM A706 Grado. Las barras que cumplen con la norma NCh 204-2006 tienen características similares a estas, por lo tanto, toda barra que cumpla con lo estipulado en esta norma esta apta para ser usada con los conectores NMB Super UX (SA) para hormigón prefabricado y NMB Slim-Sleeve para hormigón en sitio en Chile.

Para las barras manufacturadas por GERDAU AZA S.A., se realizaron ensayos en Nissco Technical Center, un laboratorio privado que se encuentra en Japón. Los resultados de estos ensayos, presentes en el Anexo C, se encuentran dentro de los requerimientos impuestos por las normativas antes mencionadas.

Finalmente, si se cumplen a cabalidad con los requisitos del manual desarrollado en el capítulo 4 para la instalación de los conectores, se puede asegurar el comportamiento dúctil de los conectores para solicitaciones estáticas y sísmicas. Y es de vital importancia seguir los procedimientos del capítulo 5 – Aseguramiento de la calidad, para que, en la instalación de los conectores, tanto en el área de los prefabricados como en obra, no ocurran errores que puedan perjudicar el desempeño de los conectores frente a las solicitaciones.

Finalmente, los conectores cumplen con los requisitos de las normas chilenas e internacionales, es decir, obedecen a los estándares impuestos en cuanto a resistencia y desempeño pedidos.

8. Bibliografía

- [1] INN (2003). NCh2369.Of2003, “Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales”.
- [2] 2017. Convenio MINVU – IC. Revisión de la NCh 2369.
- [3] American Concrete Institute, ACI. ACI 318-14 “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”.
- [4] Splice Sleeve Japan, Ltd. (2003). “Basic Performance of NMB Splice Sleeve System – Test Results”.
- [5] Sakuda, Asao (2013). “AC133 Testing of SSJ UX(SA) Grouted Splice Sleeve”.
- [6] Niwa, Junichiro (2016). “Evaluation of the Performance of Grouted Couplers When Used For Connections of Reinforcing Bars Produced in Chile”.
- [7] Publins Canessa, D. (2008). “Conexiones Sismoresistentes Viga-Columna en Elementos Prefabricados de Hormigón”.
- [8] Nisso Master Builder Co., Ltd. “Experiments of Fire-Resisting Properties of Reinforcing Bar Splice Made With NMB Splice Sleeve”.
- [9] ICC Evaluation Service. (2010) AC133 “Acceptance Criteria for Mechanical Connector Systems for Steel Reinforcing Bars”.
- [10] Splice Sleeve Japan, Ltd. (2016). “User’s Manual for UX(SA) Sleeve”
- [11] Splice Sleeve Japan, Ltd. (2012). “User’s Manual for Slim-Sleeve”
- [12] Splice Sleeve Japan. Ltd. “NMB Splice Sleeve Systems”
- [13] INN (2006). NCh 204-2006. “Acero-Barras laminadas en caliente para hormigón armado”.
- [14] Ericson C. Alvin (2005). “Emulative Connections for Precast Concrete”.
- [15] S. K. Ghosh (2001). “Seismic Design Provisions for Precast Concrete Structures”.
- [16] Hevia Retamal, E. (2002). “Uso de conectores mecánicos en estructuras sismo resistentes”.
- [17] ASTM (2016). A706/A706M. “Standard Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement.
- [18] ICC Evaluation Service (2015). “Evaluation subject: NMB Splice Sleeve UX (SA), NMB Slim-Sleeve and NMB Splice Sleeve Systems for Connecting Steel Reinforcing Bars”.

- [19] Aida, Hironobu (2005. “Reversed Cyclic Loading of Precast Concrete Rigid-frame Railway Viaduct Model Using Grout-filled Coupling Sleeves”.
- [20] <https://precast.org/2010/05/why-precast-costs-less/>
- [21] www.splicesleeve.com

ANEXO A



ICC Evaluation Service, Inc.
Birmingham Regional Office
900 Montclair Road, Suite A
Birmingham, AL 35213
tel: 205.599.9800
fax: 205.599.9850
www.icc-es.org

January 14, 2010

TO: PARTIES INTERESTED IN EVALUATION REPORTS ON MECHANICAL CONNECTOR SYSTEMS FOR STEEL REINFORCING BARS

SUBJECT: Revisions to the Acceptance Criteria for Mechanical Connector Systems for Steel Reinforcing Bars, Subject AC133-1209-R1 (RK/BG)

Dear Madam or Sir:

In December 2009, proposed revisions to the subject acceptance criteria were posted on the ICC-ES web site for public comment, under the alternative criteria process. The revised criteria was concurrently balloted to the ICC-ES Evaluation Committee, which approved the criteria with an effective date of July 2010, with the following additional changes to what was proposed:

1. Delete Section 1.3.2 listing ASTM E 8, since this standard is not referenced in the remainder of the acceptance criteria.
2. Delete Section 1.3.3 listing ASTM E 9, since this standard is not referenced in the remainder of the acceptance criteria.

As noted in the December 1, 2009, cover letter to the proposed revisions, if evaluation of products under the *Uniform Building Code*, the *BOCA National Building Code* and the *Standard Building Code* are to be considered, the May 2008 version of AC133 is to be used for the evaluation. Please note that the May 2008 version of AC133 is also applicable to evaluating products under the 2006 *International Building Code*.

The December 1, 2009, cover letter to the proposed revisions also contained a note regarding evaluation of steel reinforcing products typically referred to as "half-couplers" under AC133 or under a new acceptance criteria to be developed. The response from industry is that the industry is not supportive of the development of a new acceptance criteria for this product. The industry indicates that while the half-couplers are not necessarily used to splice rebar, the couplers have other uses, such as a means to connect concrete members of a structure to steel members. The industry seeks recognition of the half-couplers in the evaluation report for the rebar to half-coupler connection's compliance with the code requirements for mechanical connectors of rebar under AC133.

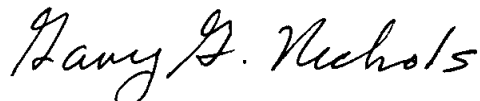
If the evaluation reports continue to include recognition of half-couplers, without the specific end use identified in the report, code requirements applicable to the actual end use will not have been considered in the evaluation of the half-coupler. Therefore, it is proposed that consideration be given to including statements in the evaluation reports that the half-couplers'

connection of the half-coupler to the rebar complies with the code requirements for mechanical connectors of rebar, but the end-use is outside the scope of the report; and compliance with code requirements for the actual end use needs to be demonstrated to the satisfaction of the code official. An example is where the half-coupler is welded to a base plate of a steel column, and the half-coupler/rebar assembly with the rebar embedded in the concrete is used to anchor the steel column to the concrete. In this case, the rebar in the concrete used as an anchor would need to be designed and substantiated to the satisfaction of the code official. Industry comment on this is requested. Industry response is also requested as to whether welding of the half-couplers to steel elements will have an adverse effect on the rebar to half-coupler connection performance and whether this should be considered in the evaluation of the half-couplers.

A copy of the revised acceptance criteria is enclosed. Evaluation reports issued on or after the effective date noted above, and falling within the scope of this criteria, will be required to comply with the enclosed edition of the criteria. Evaluation reports issued prior to the effective date may be in compliance either with the enclosed criteria or with the previous edition. Evaluation reports based on a superseded version of an acceptance criteria must be brought into compliance with the most recent edition at the time the reports are reissued. Therefore, affected report holders should submit data verifying compliance at the time they apply for re-examination.

A copy of the new acceptance criteria is enclosed. If you have any questions, please contact Russ Krivchuk, Senior Staff Engineer at (800) 423-6587, extension 3275 . You may also reach us by e-mail at es@icc-es.org.

Yours very truly,



Gary G. Nichols, P.E., SECB
Vice President

GN:RK/raf

Enclosure

cc: Evaluation Committee

ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTOR SYSTEMS FOR STEEL REINFORCING BARS

AC133

Approved January 2010

Effective July 1, 2010

Previously approved May 2008, June 2007, October 2004, April 2002,
January 2001, January 1998

PREFACE

Evaluation reports issued by ICC Evaluation Service, Inc. (ICC-ES), are based upon performance features of the International family of codes and other widely adopted code families, including the Uniform Codes, the BOCA National Codes, and the SBCCI Standard Codes. Section 104.11 of the *International Building Code*® reads as follows:

The provisions of this code are not intended to prevent the installation of any materials or to prohibit any design or method of construction not specifically prescribed by this code, provided that any such alternative has been approved. An alternative material, design or method of construction shall be approved where the building official finds that the proposed design is satisfactory and complies with the intent of the provisions of this code, and that the material, method or work offered is, for the purpose intended, at least the equivalent of that prescribed in this code in quality, strength, effectiveness, fire resistance, durability and safety.

Similar provisions are contained in the Uniform Codes, the National Codes, and the Standard Codes.

This acceptance criteria has been issued to provide all interested parties with guidelines for demonstrating compliance with performance features of the applicable code(s) referenced in the acceptance criteria. The criteria was developed and adopted following public hearings conducted by the ICC-ES Evaluation Committee, and is effective on the date shown above. All reports issued or reissued on or after the effective date must comply with this criteria, while reports issued prior to this date may be in compliance with this criteria or with the previous edition. If the criteria is an updated version from the previous edition, a solid vertical line (|) in the margin within the criteria indicates a technical change, addition, or deletion from the previous edition. A deletion indicator (→) is provided in the margin where a paragraph has been deleted if the deletion involved a technical change. This criteria may be further revised as the need dictates.

ICC-ES may consider alternate criteria, provided the report applicant submits valid data demonstrating that the alternate criteria are at least equivalent to the criteria set forth in this document, and otherwise demonstrate compliance with the performance features of the codes. Notwithstanding that a product, material, or type or method of construction meets the requirements of the criteria set forth in this document, or that it can be demonstrated that valid alternate criteria are equivalent to the criteria in this document and otherwise demonstrate compliance with the performance features of the codes, ICC-ES retains the right to refuse to issue or renew an evaluation report, if the product, material, or type or method of construction is such that either unusual care with its installation or use must be exercised for satisfactory performance, or if malfunctioning is apt to cause unreasonable property damage or personal injury or sickness relative to the benefits to be achieved by the use of the product, material, or type or method of construction.

Acceptance criteria are developed for use solely by ICC-ES for purposes of issuing ICC-ES evaluation reports.

ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTOR SYSTEMS FOR STEEL REINFORCING BARS (AC133)

1.0 INTRODUCTION

1.1 Purpose: The purpose of this acceptance criteria is to establish requirements for mechanical connector systems for steel reinforcing bars to be recognized in an ICC Evaluation Service, Inc. (ICC-ES), evaluation report under Sections 12.14.3, 12.15.4, 12.16.3, 21.1.6, 21.5.2.4, 21.6.3.2, 21.8.2(b), 21.9.2.3(d), 21.11.7.4 and 21.13.4.1 of ACI 318- 08, referenced in Section 1901.2 of the 2009 *International Building Code*[®] (IBC) and Sections R301.2.2.2.4, R301.2.2.3.4, R404.1.2, R404.1.2.4, R404.1.4.2, R404.5.1, R611.1, R611.1.1, R611.1.1, R611.1.2, R611.2, and R611.8.2 of the 2009 *International Residential Code*[®] (IRC). The bases of recognition are IBC Section 104.11 and IRC Section R104.11.

The reason for development of this criteria is to establish guidelines for the evaluation of mechanical connector systems for steel reinforcing bars and to provide additional information to clarify the requirements of the IBC, and IRC, and documents referenced by those codes.

1.2 Scope: The scope of this criteria is mechanical connector systems used to connect uncoated, deformed steel reinforcing bars installed in concrete. The criteria is applicable to reinforcing bar connectors that are field-assembled onto the ends of reinforcing bars that have been prepared at a factory or the jobsite. The criteria is also applicable to reinforcing bar connectors that include components that are factory-attached to the reinforcing bars, for final assembly of the connection at the jobsite. Additional requirements, for cementitious grouted sleeve steel reinforcing bar connectors, are described in Annex A.

1.3 Reference Standards:

1.3.1 ASTM A 370-97, Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products, ASTM International.

1.3.2 ACI 318-08, Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute.

1.3.3 ACI 439.3R-91, ACI Manual of Concrete Practice, Part 3, American Concrete Institute.

1.3.4 JCI-CIOE, Volume 2, October 27-31, 1986, Standard for Performance Evaluation of Rebar Joints, Seminar on Precast Concrete Construction in Seismic Zones, Japan Concrete Institute.

1.4 Definitions:

1.4.1 Connector Systems: Connector systems consist of all components utilized to facilitate coupling of steel reinforcing bars. For example, for coupler systems where a coupler is solely swaged onto the bars, the coupler system component is the coupler. For sleeve-type systems installed with grout, the coupler system typically is the steel sleeve and grout. For systems utilizing a coupler installed onto bars that have specially prepared ends, such as bars with threaded ends, the connector system components are the coupler and the bars.

1.4.2 Jobsite: The construction site where the structure is being constructed.

1.4.3 Test Specimen: Unless noted otherwise, the mechanical connection test specimen consists of an

assembly of the coupler, or coupler system, connecting two sections of steel reinforcing bars.

2.0 BASIC INFORMATION

2.1 General: The following information regarding the steel reinforcing bar connector system shall be submitted:

2.1.1 Product Description: Description of each component of the system shall include dimensions, designations and material specifications.

2.1.2 Packaging and Identification: The method of packaging and field identification of each component of the system shall be described. The packaging information of each component of the system supplied by the evaluation report applicant shall include the name and address of the evaluation report applicant, product model (style) and size, the applicable ICC-ES evaluation report number and the name or logo of the inspection agency, as applicable for products required by Section 5.2 to include inspection agency monitoring of manufacturing.

Each connector and connector component supplied by the evaluation report applicant shall also be identified by the manufacturer's mark or logo, and indicate whether the connector is intended for a Type 1 or Type 2 splice connection. The Type 1 or Type 2 identification shall be spelled out or indicated by a symbol to be identified in the evaluation report.

2.1.3 Installation Instructions: Instructions shall include requirements and limitations regarding installation of the product and description of the methods of field preparation and assembly.

2.2 Testing Laboratories: Testing laboratories shall comply with Section 2.0 of the ICC-ES Acceptance Criteria for Test Reports (AC85) and Section 4.2 of the ICC-ES Rules of Procedure for Evaluation Reports.

2.3 Test Reports: Test reports shall comply with AC85 and describe the process used to assemble and prepare the test specimens.

2.4 Product Sampling: For the tests specified in this criteria, systems with components that are factory-attached to reinforcing bar ends by mechanical or welding processes shall be sampled in accordance with Section 3.1 of AC85. Reinforcing bars that are factory-prepared to receive field-installed couplers shall also be sampled in accordance with Section 3.1 of AC85. All other products subjected to tests required by this criteria are permitted to be sampled in accordance with Section 3.2 of AC85. The testing laboratory shall witness the portion of the preparation and assembly of the test specimens that reflects the field preparation and assembly procedures.

3.0 TEST PERFORMANCE AND PRODUCT REQUIREMENTS

3.1 General: Reports of tests specified by Section 3.2 and any applicable annex to this criteria shall be submitted.

3.2 Structural Performance:

3.2.1 The manufacturer has the option of qualifying the connector systems for use in either Type 1 or Type 2 mechanical connection splices. Section 21.1.6.2, 21.8.2(b)

ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTOR SYSTEMS FOR STEEL REINFORCING BARS (AC133)

and 21.11.7.4 of ACI 318 describes permitted uses for each type of splice under the IBC and IRC.

3.2.2 For all mechanical connection testing done in accordance with Section 4.1 of this criteria, an unspliced control reinforcing bar of each bar size to be recognized is to be tested in tension in accordance with ASTM A 370 to establish the actual yield and actual ultimate stress values, and strain in the bar at actual yield stress. For any bar group, the control bars and bars tested with connectors shall be from the same heat.

3.2.3 For all mechanical connection testing conducted in accordance with Section 4.1 of this criteria, elongation across the connection shall be recorded and load-elongation plots provided in the test report. Elongation is to be measured between two gage points located on the reinforcing bars, one gage point beyond either end of the mechanical connector. A gage point shall not be located on the connection itself, nor within the affected zone (see Section 3.2.5) of the reinforcing bar. Each gage point shall be located not more than one bar diameter away from an end of the mechanical connector or end of the affected zone. Alternatively, for specimens tested in monotonic compression, the specimens can be gripped at the gage point with the test machine crosshead or piston movement monitored as the elongation measurement.

3.2.4 For all tension and cyclic testing conducted in accordance with Section 4.1 of this criteria, a reference strain shall be recorded and load-strain plots provided. The reference strain is to be measured at a reference point on the reinforcing bar, remote from the splice and outside of the affected zone. The reference strain shall be used in the first cycle of both stages 2 and 3 to determine the tensile loads to be applied in the second through fourth cycles of Stages 2 and 3. The tensile loads in Stages 2 and 3 of the cyclic testing shall be based on the first cycle load that results in a $2\epsilon_y$ and $5\epsilon_y$ strain in the bar, respectively. The zero strain, baseline strain, reading shall be taken at zero applied load prior to the start of the load test on a specimen and shall not be rezeroed during the test. The reference strain shall be recorded throughout Stages 1, 2 and 3, and as far into Stage 4 as practicable.

3.2.5 The affected zone is defined as that portion of the reinforcing bar where any property of the bar, including physical, metallurgical or material characteristics, has been altered by manufacture, fabrication and/or installation of the splice. Examples include, but are not limited to, heat affected zones, bar upset zones, sections of the bar affected by threading or other machining, and significant sharp marks or notches left in the bar by gripping during manufacture, fabrication or installation of the mechanical connector.

3.3 Steel Reinforcing Bars: For use as reinforcement resisting earthquake-induced flexural and axial forces in frame members, structural walls and coupling beams, the reinforcing bars of the mechanical coupling systems shall comply with ACI 318 Section 21.1.5.2.

4.0 TEST METHODS

4.1 Structural Performance Tests:

4.1.1 Type 1 Splice:

4.1.1.1 Static Tension and Compression Tests: Mechanical connector systems shall be tested in all

reinforcing bar sizes for which recognition is sought. All reinforcing bar transition connectors shall be tested. For each size, a minimum of three connections in each load direction shall be tested in accordance with ASTM A 370. Each connection shall develop, in tension and compression, at least 125 percent of the specified yield strength of the reinforcing bar.

4.1.1.2 Cyclic Tension and Compression Tests:

Mechanical connector systems shall be tested in all reinforcing bar sizes for which recognition is sought. All reinforcing bar transition connectors shall be tested. For each reinforcing bar size, a minimum of three connections shall be tested. The cyclic testing procedure is as noted in Table 1.

4.1.1.3 Each connector shall sustain Stages 1 through 3 without failure. If the load at failure of each connector under Stage 4 testing complies with the conditions of acceptance of Section 4.1.1.1, the static tension testing of Section 4.1.1.1 may be omitted.

4.1.2 Type 2 Splice:

4.1.2.1 Static Tension and Compression Tests:

4.1.2.1.1 Static Tension Test: Mechanical connector systems shall be tested in all reinforcing bar sizes for which recognition is sought. All reinforcing bar transition connectors shall be tested. For each reinforcing bar size, a minimum of five connections shall be tested in accordance with ASTM A 370. For use under the IBC and IRC, each connection, in tension, shall develop 100 percent of the specified tensile strength, f_u , of the reinforcing bar, and 125 percent of the specified yield strength, f_y , of the reinforcing bar.

4.1.2.1.2 Static Compression Test: All requirements noted in Section 4.1.2.1.1 of this criteria apply to compression tests, except that each connection in compression need only develop at least 125 percent of the specified yield strength, f_y , of the reinforcing bar.

4.1.2.2 Cyclic Tension and Compression Tests:

Mechanical connector systems shall be tested in all reinforcing bar sizes for which recognition is sought. All reinforcing bar transition connectors shall be tested. For each reinforcing bar size, a minimum of five connections shall be tested. The cyclic testing procedure is as noted in Table 1.

4.1.2.3 Each connector shall sustain Stages 1 through 3 without failure. If the load at failure of each connector under Stage 4 testing complies with the conditions of acceptance of Section 4.1.2.1.1, the static tension tests of Section 4.1.2.1.1 may be omitted.

5.0 QUALITY CONTROL

5.1 Each component of the connector system supplied by the evaluation report applicant shall be manufactured under an approved quality control program with quality documentation, complying with the ICC-ES Acceptance Criteria for Quality Documentation (AC10), submitted for each manufacturing facility.

The quality documentation, as it relates to manufacturing of steel components of the connectors, shall include the tolerance for physical and chemical properties, acceptance test standards, fabrication geometric tolerance and other aspects of the controls on the production.

ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTOR SYSTEMS FOR STEEL REINFORCING BARS (AC133)

5.2 The quality control program shall include inspections by an inspection agency accredited by the International Accreditation Service (IAS) or otherwise acceptable to ICC-ES, for connector systems that include components of the connector system that are factory-attached to reinforcing bars.

6.0 EVALUATION REPORT RECOGNITION

6.1 The evaluation report shall indicate whether the mechanical connector system is classified as a Type 1 or Type 2 splice of reinforcing bars used in reinforced concrete, and describe the labeling of each connector that identifies whether the connector is for Type 1 or Type 2 splices. (See Section 2.1.2.)

6.2 The evaluation report shall indicate that special inspection shall be provided at the jobsite as required by IBC Section 1704 and UBC Section 1701, as applicable. The evaluation report shall include statements that in addition to verifying placement of reinforcing bar splices, the special inspector shall verify field preparation of components (including field preparation of reinforcing bar ends) and assembly of the components resulting in spliced reinforcing bars. See Annex A of this criteria for additional requirements, if any.

6.3 The evaluation report shall include product description, installation instructions, and packaging and labeling information based on requirements in Section 2.1 of this criteria.

6.4 The evaluation report shall include a condition of use that the minimum concrete cover shall be in accordance with the applicable code and shall be measured from the outer surface of the connecting device.

6.5 For connector systems consisting of steel reinforcing bars with specially prepared ends supplied by fabricators' facilities not identified in the evaluation report, the evaluation report shall include statements that address the following items:

a. The fabricator must be a fabricator approved by the code official in accordance with IBC Section 1704.2.

b. The fabricator must be approved by the evaluation report applicant.

c. The fabricator must demonstrate the following items to the satisfaction of the code official for each coupler model type and steel reinforcing bar size:

(i) The fabricator prepares the ends of the steel reinforcing bar as required by the evaluation report applicant in a manner consistent with the qualifying test specimens. The evaluation report will need to include a sufficiently detailed description of the method of preparing the reinforcing bars and specifications, or refer to specific documents that contain this information.

(ii) For Type 2 splices, connections of each steel reinforcing bar using the fabricator-prepared steel reinforcing bars, tested in static tension, develop 100 percent of the specified tensile strength of the steel reinforcing bar and 125 percent of the specified yield strength of the reinforcing bar for use under the IBC and IRC. This may be demonstrated in test report(s) submitted to the code official.

(iii) For Type 1 splices, connections of each steel reinforcing bar using fabricator-prepared steel reinforcing bars, tested in static tension, develop at least 125 percent

of the specified yield strength of the steel reinforcing bars. This may be demonstrated in test report(s) submitted to the code official.

6.6 For connector systems consisting of steel reinforcing bars with specially prepared ends, where the steel reinforcing bars are prepared at the jobsite, the evaluation report shall include statements that address the following items:

a. The jobsite fabricator must be approved by the evaluation report applicant.

b. The jobsite fabricator must demonstrate the following items to the satisfaction of the special inspector for each coupler model type and steel reinforcing bar size:

(i) The fabricator prepares the ends of the steel reinforcing bar as required by the evaluation report applicant in a manner consistent with the qualifying test specimens. The evaluation report will need to include a sufficiently detailed description of the method of preparing the reinforcing bars and specifications, or refer to specific documents that contain this information.

(ii) For Type 2 splices, connections of each steel reinforcing bar using the fabricator-prepared steel reinforcing bars, tested in static tension, develop 100 percent of the specified tensile strength of the steel reinforcing bar and 125 percent of the specified yield strength of the reinforcing bar for use under the IBC or IRC. This may be demonstrated in test report(s) submitted to the code official. These tests should be conducted prior to commencement, and periodically throughout the duration, of the jobsite preparation of the ends of the steel reinforcing bars. The frequency of the tensile tests shall be acceptable to the registered design professional for the building project, and to the applicable code official.

(iii) For Type 1 splices, connections of each steel reinforcing bar using the fabricator-prepared steel reinforcing bars, tested in static tension, develop 125 percent of the specified yield strength of the steel reinforcing bar. This may be demonstrated in test report(s) submitted to the code official. These tests shall be conducted prior to commencement, and periodically throughout the duration, of the jobsite preparation of the ends of the steel reinforcing bars. The frequency of the tensile tests shall be acceptable to the registered design professional for the building project, and to the applicable code official.

6.7 For connector systems consisting of couplers that are swaged or otherwise pressed onto the steel reinforcing bars by fabricators at the jobsite, the evaluation report shall include statements that address the following items:

a. The jobsite fabricator must be approved by the evaluation report applicant.

b. The jobsite fabricator must demonstrate the following items to the satisfaction of the special inspector for each coupler model type and steel reinforcing bar size:

(i) The fabricator assembles the couplers onto the ends of the steel reinforcing bar as required by the evaluation report applicant in a manner consistent with the qualifying test specimens. The evaluation report will need to include a sufficiently detailed description of the method of installing the couplers onto the reinforcing bars and specifications, or refer to specific documents that contain this information.

ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTOR SYSTEMS FOR STEEL REINFORCING BARS (AC133)

(ii) For Type 2 splices, connections using the fabricator-prepared assemblies of couplers and steel reinforcing bars, tested in static tension, develop 100 percent of the specified tensile strength of the steel reinforcing bar and 125 percent of the specified yield strength of the reinforcing bar for use under the IBC or IRC. This may be demonstrated in test report(s) submitted to the code official. These tests should be conducted prior to commencement, and periodically throughout the duration, of the jobsite assembly of the couplers onto the ends of the steel reinforcing bars. The frequency of the tensile tests shall be acceptable to the registered design professional for the building project, and to the applicable code official.

(iii) For Type 1 splices, connections using the fabricator-prepared couplers and steel reinforcing bars, tested in static tension, develop 125 percent of the specified yield strength of the steel reinforcing bar. This may be demonstrated in test report(s) submitted to the code official. These tests shall be conducted prior to commencement, and periodically throughout the duration, of the jobsite assembly of the couplers on the ends of the steel reinforcing bars. The frequency of the tensile tests shall be acceptable to the registered design professional for the building project, and to the applicable code official.

6.8 For connector systems consisting of couplers that are swaged or otherwise pressed onto the steel reinforcing bars at facilities of fabricators not identified in the evaluation report, the evaluation report shall include statements that address the following items:

a. The fabricator must be approved by the code official in accordance with IBC Section 1704.2.

b. The fabricator must be approved by the evaluation report applicant.

c. The fabricator must assemble the couplers onto the ends of the steel reinforcing bar as required by the evaluation report applicant in a manner consistent with the qualifying test specimens. The evaluation report must include a sufficiently detailed description of the method of installing the couplers onto the reinforcing bars and specifications, or refer to specific documents that contain this information.

d. For Type 2 splices, connections using the fabricator-prepared assemblies of couplers and steel reinforcing bars, tested in static tension, must develop 100 percent of the specified tensile strength of the steel reinforcing bar and 125 percent of the specified yield strength of the reinforcing bar for use under the IBC or IRC. This may be demonstrated in test report(s) submitted to the code official.

e. For Type 1 splices, connections using the fabricator-prepared assemblies of couplers and steel reinforcing bars, tested in static tension, must develop 125 percent of the specified yield strength of the steel reinforcing bar. This may be demonstrated in test report(s) submitted to the code official. ■

TABLE 1—DESCRIPTION OF CYCLIC TENSION AND COMPRESSION TESTS

STAGE	TENSION	COMPRESSION	CYCLES
1	$0.95f_y$	$0.5f_y$	20
2	$2\epsilon_y$	$0.5f_y$	4
3	$5\epsilon_y$	$0.5f_y$	4
4	Load in tension to failure		

Note:

f_y is the specified yield strength of the steel reinforcing bar.

ϵ_y is the strain of steel reinforcing bar at actual yield stress.

ANNEX A

CEMENTITIOUS GROUTED SLEEVE REINFORCING BAR CONNECTOR SYSTEMS

A1.0 INTRODUCTION

A1.1 Purpose: The purpose of this annex to the Acceptance Criteria for Mechanical Connector Systems for Steel Bar Reinforcement is to establish additional requirements for grouted sleeve reinforcing bar connectors due to the unique aspects of this type of connector.

A1.2 Scope: The scope of this annex is reinforcing bar connectors that consist of a sleeve and a cementitious grout, where the reinforcing bars are inserted into the core of the sleeve prior to installation of the grout into the core of the sleeve. This annex is applicable to grouted sleeve reinforcing bar connectors that are field-installed or installed at a fabricator of concrete building components. This annex is applicable to grouted sleeve reinforcing bar connectors limited to use in nonfire-resistance-rated construction.

A1.3 Reference Standards:

A1.3.1 ASTM C 666-97, Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing, ASTM International.

A1.4 Definitions

A1.4.1 Angular Misalignment. Angular misalignment is the misalignment of the longitudinal axis of the reinforcing bar inserted into the sleeve with respect to the longitudinal axis of the sleeve, such that the two axes are not parallel.

A2.0 BASIC INFORMATION

A2.1 General: In addition to the information required under Section 2.1 of this criteria, the following information concerning the grouted sleeve reinforcing bar connectors shall also be submitted:

A2.1.1 Description: Both the sleeves and the grout material shall be described.

A2.1.2 Packaging and Identification: The method of packaging and identification of both the sleeves and the grout shall be described. If the grout is a proprietary material supplied under the evaluation report applicant's name, the packaging of the grout shall include the company name of the evaluation report applicant, product name, and the evaluation report number. If the grout is a proprietary material supplied by a company other than the evaluation report applicant's company, the evaluation report applicant shall describe the product labeling.

A2.1.3 Installation Instructions: Installation, mixing, and curing instructions for the grout shall be submitted. The instructions need to include methods of verifying the compressive strength of the mixed and cured grout.

A2.2 Test Reports: Test reports shall comply with Section 2.3 of this criteria and describe the preparation of grout, grouting operation and curing of the test specimens.

A2.3 Product Sampling: The sleeves used in the tests shall be sampled in accordance with Section 2.4 of this criteria. The grout shall be sampled in accordance with Section 3.2 of AC85. The testing laboratory shall witness the preparation of the load test specimens, including mixing of the grout, embedment of reinforcing bar into the sleeve, the grouting of the sleeve and the curing of the test specimen assembly.

A3.0 TEST PERFORMANCE AND PRODUCT REQUIREMENTS

A3.1 General: Due to the unique aspects of grouted sleeve reinforcing bar connectors, the additional tests specified in the following sections of this annex are required. Also, the structural performance tests under Section 3.2 of this criteria need to address the additional considerations described in the following sections of this annex.

A3.2 Structural Performance:

A3.2.1 General: The grouted sleeve reinforcing bar connector shall be classified as a Type 1 or Type 2 splice, with the structural performance demonstrated by tests in accordance with Section 3.2 of the criteria, modified in accordance with this section of this annex (Section A3.2).

A3.2.2 Grout: The grout placed into the sleeve of the reinforcing bar connector and reinforcing bar assemblies subjected to the structural performance tests shall be prepared in accordance with the installation instructions (see Section A2.1.3). The ratio of all ingredients shall be consistent in all test specimens.

The compressive strength of the grout of the structural performance test specimens shall be determined by preparing grout compression test specimens using the same grout placed into the structural performance test specimens. The grout compressive strength test specimens shall be prepared in accordance with the published instructions, and stored and cured under the same conditions as the structural performance test specimens. Grout compression tests shall be conducted on a minimum of two compressive strength test specimens at both the beginning and ending of the structural performance tests. The beginning tests shall be concurrent with the initiation of the structural performance tests within 24 hours of the structural tests. To establish the grout strength of the structural performance tested assemblies, the results of the four grout compressive strength tests shall be averaged. The established grout strength will be expressed in the evaluation report as the minimum grout strength.

A3.2.3 Reinforcing Bar Deformation Patterns: Reinforcing bars are available with numerous deformation patterns, such as spiral, diagonal, diamond or bamboo. As a result, unless the evaluation report limits the use of the grouted sleeve

ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTOR SYSTEMS FOR STEEL REINFORCING BARS (AC133)

reinforcing bar connectors to the specific deformation pattern of the reinforcing bars used in the structural performance tests, the effects of various reinforcing bar deformation patterns shall be addressed. Comparison tests, in the form of tension tests in accordance with Section 4.1.1.1 or Section 4.1.2.1.1, as applicable, shall be conducted on assemblies of reinforcing bars and reinforcing bar connector with at least three different patterns of reinforcing bar deformations. A minimum of five assemblies for each reinforcing bar deformation pattern with the same size reinforcing bar connector shall be tested. Where numerous sizes of reinforcing bar connectors are to be recognized, all sizes of the reinforcing bar connectors shall be tested, unless a T-test at 95 percent confidence is done with the smallest and largest sizes of the reference deformation pattern. Unless the results of the comparison tests indicate that the ultimate tension strength of the reinforcing bar connector is not affected by the type of reinforcing bar deformation pattern, all of the other structural performance tests required by Section A3.2.1 of this annex shall be conducted on assemblies with reinforcing bar having the deformation pattern with the lowest ultimate load tensile strength of the comparison tests.

A3.2.4 Angular Misalignment: Comparison tests, in the form of tension tests in accordance with Section 4.1.1.1 or Section 4.1.2.1.1, as applicable, shall be conducted on assemblies of reinforcing bars and reinforcing bar connector at the maximum angular displacement, and conducted also on assemblies with the longitudinal axis of the reinforcing bars and sleeve aligned and parallel. Where numerous sizes of reinforcing bar connectors are to be recognized, unless all sizes are tested, the evaluation report applicant shall provide an analysis of the reinforcing bar connectors to establish which size, or sizes, of reinforcing bar connections shall be subjected to the angular misalignment tests.

The results of these comparison tension tests shall demonstrate that the ultimate tensile strength of the assembly is not reduced as a result of angular misalignment.

A3.3 Grout Durability: To address the durability of the grout, reports of freeze-thaw tests in compliance with Section A4.1 of this criteria shall be required.

A4.0 TEST METHODS

A4.1 Freezing and Thawing Tests: Freezing and thawing tests of the grout shall be conducted in accordance with ASTM C 666, using Procedure A for a minimum of 300 cycles. The grout shall be prepared in accordance with Section A3.2.2 of this annex and as specified in ASTM C 666. The specimens shall be cured as specified in ASTM C 666 for 14 days prior to testing.

The conditions of acceptance are that the relative dynamic modulus of elasticity (RDME) of the specimens after 300 cycles of freezing and thawing exposure shall be a minimum of 90 percent.

A5.0 QUALITY CONTROL

A5.1 Sleeve: The quality control requirements for the sleeve are as specified in Section 5.0 of the criteria.

A5.2 Grout:

A5.2.1 Quality documentation complying with the ICC-ES Acceptance Criteria for Quality Documentation (AC10) shall be submitted.

A5.2.2 Third-party follow-up inspections are not required for the grout under the annex to this criteria.

A6.0 EVALUATION REPORT RECOGNITION

A6.1 Sections 6.1 and 6.2 are applicable to grouted sleeve reinforcing bar connectors and shall be addressed in the evaluation report.

A6.2 The evaluation report shall specify the water-to-cement ratio and compressive strength of the grout consistent with the test specimens as a minimum value.

A6.3 The evaluation report shall limit the use of the grouted sleeve reinforcing bar connectors to structures not required to be of fire-resistance-rated construction.

ANEXO B



Most Widely Accepted and Trusted

ICC-ES Report

ESR-3141

ICC-ES | (800) 423-6587 | (562) 699-0543 | www.icc-es.org

Reissued 11/2015
This report is subject to renewal 11/2017.

DIVISION: 03 00 00—CONCRETE
SECTION: 03 21 00—REINFORCING STEEL

REPORT HOLDER:

SPLICE SLEEVE JAPAN, LTD.

**17-1 NIHONBASHI
HAKOZAKI-CHO 103-0015
CHUO-KU TOKYO**

EVALUATION SUBJECT:

NMB SPLICE SLEEVE® UX (SA), NMB SLIM-SLEEVE™ AND NMB SPLICE SLEEVE® UX (SA) SD590 SYSTEMS FOR CONNECTING STEEL REINFORCING BARS



Look for the trusted marks of Conformity!

“2014 Recipient of Prestigious Western States Seismic Policy Council (WSSPC) Award in Excellence”



ICC-ES Evaluation Reports are not to be construed as representing aesthetics or any other attributes not specifically addressed, nor are they to be construed as an endorsement of the subject of the report or a recommendation for its use. There is no warranty by ICC Evaluation Service, LLC, express or implied, as to any finding or other matter in this report, or as to any product covered by the report.



ICC-ES Evaluation Report

ESR-3141

Reissued November 2015

This report is subject to renewal November 2017.

www.icc-es.org | (800) 423-6587 | (562) 699-0543

A Subsidiary of the International Code Council®

DIVISION: 03 00 00—CONCRETE
Section: 03 21 00—Reinforcing Steel
REPORT HOLDER:
SPLICE SLEEVE JAPAN, LTD.
17-1 NIHONBASHI HAKOZAKI-CHO
CHUO-KU, TOKYO 103-0015
JAPAN
+81-3-5642-6120
www.splice.co.jp
EVALUATION SUBJECT:
**NMB SPLICE SLEEVE® UX (SA), NMB SLIM-SLEEVE™
AND NMB SPLICE SLEEVE® UX (SA) SD590 SYSTEMS
FOR CONNECTING STEEL REINFORCING BARS**
1.0 EVALUATION SCOPE
Compliance with the following codes:

 2012 and 2009 *International Building Code* (IBC)

Properties evaluated:

Structural

2.0 USES

The Splice Sleeve Japan, Ltd. (SSJL), NMB Splice Sleeve® UX (SA), NMB Slim-Sleeve™ and NMB Splice Sleeve® UX (SA) SD590 systems are used as mechanical splices of deformed steel reinforcing bars in reinforced concrete construction. The NMB Splice Sleeve UX (SA), NMB Slim-Sleeve and NMB Splice Sleeve UX (SA) SD590 systems comply with Section 12.14.3.2 of ACI 318-11 for the 2012 IBC (ACI 318-08 for the 2009 IBC) (ACI 318 as referenced in Section 1901.2 of the IBC) for use as tension and compression mechanical connections of deformed steel reinforcing bars. The NMB Splice Sleeve UX (SA) and NMB Slim-Sleeve connectors are used with SS Mortar® to splice ASTM A615 Grade 60, or ASTM A706 Grade 60, deformed bars, forming NMB Splice Sleeve UX (SA) and NMB Slim-Sleeve systems, respectively. The NMB Splice Sleeve UX (SA) and NMB Slim-Sleeve systems also comply with the Type 2 mechanical splice requirements of Section 21.1.6.1 of ACI 318-11 for the 2012 IBC (ACI 318-08 for the 2009 IBC), and are for use where Type 1 or Type 2 mechanical splices are specified by the IBC and ACI 318. The NMB Splice Sleeve 9UX (SA) SD590 connector is used with SS Mortar 120N™ to splice No. 9 Grade 80 deformed steel reinforcing bars complying with ASTM A615-09b or ASTM A706-09b, forming the

NMB Splice Sleeve 9UX (SA) SD590 system, which complies with the performance requirements in Sections 12.14.3.2 and 21.1.6.1(b) of ACI 318 for Type 1 and Type 2 splices, respectively, except that use of the system to splice Grade 80 bars under ACI 318 Section 21.1.6 is outside the scope of this evaluation report since Section 21.1.5.2 of ACI 318 specifies a maximum steel grade of 60 for reinforcing bars used for high seismic applications.

3.0 DESCRIPTION
3.1 NMB Splice Sleeve® UX (SA) Connectors:

The Type UX (SA) NMB Splice-Sleeve connectors consist of straight and half-tapered steel cylinders. A Type UX (SA) NMB Splice-Sleeve has a narrow end and a wide end, and is used to splice two, equal-diameter, deformed steel reinforcing bars. The midsection of the interior of the sleeve is provided with a rebar stop that establishes the proper embedment of the reinforcing bars. The sleeves are iron castings manufactured in accordance with JIS G5502, Grade FCD700-2 [minimum yield and tensile strengths of 60,900 and 101,500 psi (420 and 700 MPa), respectively] for all sleeve sizes except 5UX (SA) and 6UX (SA), and Grade FCD450-10 [minimum yield and tensile strengths of 40,600 and 65,200 psi (280 and 450 MPa), respectively] for 5UX (SA) and 6UX (SA) sleeves. The NMB Splice-Sleeve UX (SA) connector configuration and dimensions, and the required rebar embedment lengths, are provided in Figure 1 and Tables 1 and 2.

3.2 NMB Slim-Sleeve™ Connectors:

The NMB Slim-Sleeve connectors are similar in shape and dimensions to the NMB Splice-Sleeve UX (SA) connectors except that the two ends of the NMB Slim-Sleeve are symmetrical and NMB Slim-Sleeve connectors are used to splice two equal-diameter, deformed reinforcing bars. The sleeves are iron castings manufactured in accordance with JIS G5502, Grade FCD700-2 [minimum yield and tensile strengths of 60,900 and 101,500 psi (420 and 700 MPa), respectively] for all sleeve sizes. The NMB Slim-Sleeve connector configuration and dimensions, and the required rebar embedment lengths, are provided in Figure 2 and Tables 3 and 4.

3.3 NMB Splice Sleeve® 9UX (SA) SD590 Connector:

NMB Splice Sleeve 9UX (SA) SD590 Connector is produced with the same shape and dimensions, and using the same manufacturing process, as for the NMB Splice Sleeve 9UX (SA) Connector, except the sleeve is an iron casting manufactured in accordance with JIS G5502, Grade FCD800-2 [minimum yield and tensile strengths of 85,600 and 116,000 psi (590 and 800 MPa), respectively],

and is used to splice two No. 9, Grade 80, deformed steel reinforcing bars. The NMB Splice-Sleeve 9UX (SA) SD590 connector configuration and dimensions, and the required rebar embedment lengths, are provided in Figure 1 and Tables 1 and 2.

3.4 SS Mortar® and SS Mortar 120N™:

SS Mortar and SS Mortar 120N are non-shrink, high-early-strength, pre-dry-mixed, cement grouts manufactured by Splice Sleeve Japan, Ltd., in Itoigawa-shi, Niigata, Japan. The mortar is packaged in 33-pound (15 kg) and 55-pound (25 kg) moisture-resistant bags for SS Mortar, and 55-pound (25 kg) moisture-resistant bags for SS Mortar 120N. The SS Mortar is to be used with the NMB Splice Sleeve UX (SA) and NMB Slim-Sleeve connectors. The SS Mortar 120N is to be used with the NMB Splice Sleeve UX (SA) SD590 connector. The material has a shelf life of 12 months when stored in a cool, dry environment.

3.5 Reinforcing Steel Bars:

The reinforcing steel bars must be uncoated deformed bars complying with ASTM A615 Grade 60 or ASTM A706 Grade 60, for use with the NMB Splice Sleeve UX (SA) and NMB Slim-Sleeve connectors, and must be No. 9, ASTM A615 Grade 80 or ASTM A706 Grade 80, uncoated deformed bars for use with the NMB Splice Sleeve 9UX (SA) SD590 connector.

4.0 DESIGN AND INSTALLATION

4.1 General:

The NMB Splice Sleeve UX (SA), NMB Slim-Sleeve and NMB Splice Sleeve UX (SA) SD590 systems must be designed and installed in accordance with the IBC and this evaluation report. The splice locations must be detailed on plans approved by the code official. All required spacing and concrete protection (cover) described in IBC Table 721.1(1) and Sections 7.6 and 7.7 of ACI 318 must be measured from the outside of the splice systems.

4.2 Installation:

4.2.1 NMB Splice Sleeve® UX (SA) and 9UX (SA) SD590 Systems:

4.2.1.1 Preparation and Installation: All reinforcement must be clean and free from loose rust, oils, dust and other foreign material. All foreign matter and water must be removed from the sleeves.

The sleeves must be prepared and installed in accordance with the applicable code, the approved construction documents, and the recommendations noted in the "NMB Splice Sleeve System User's Manual for UX(SA), 18U and NXII Sleeve" for model UX(SA), and the "User's Manual for NMB Splice Sleeve UX(SA) SD590" for model UX(SA) SD590.

Sleeves must be prepared by installations of elastomer plug (EP), PVC grout tubes and pipe seals (PS) in accordance with the manufacturer's installation instructions.

The prepared sleeve must be installed on the first rebar so that the bar end is in contact with the rebar stop inside the sleeve, to assure the specified embedment length. The minimum embedment length of connected bars must be as shown in Tables 1 and 2.

4.2.1.2 Grouting: Sleeves must be grouted with SS Mortar [for model UX (SA)] or SS Mortar 120N [for model UX (SA) SD590], which are mixed with clean water according to the grout manufacturer's recommendations. Grout must be proportioned so that the stable splice strength can be attained by achieving a minimum strength

of not less than 13,000 psi (89.6 MPa) for SS Mortar or 15,500 psi (106.9MPa) for SS Mortar 120N in 28 days, as determined by testing specimens made according to ASTM C109 and recommendations of Splice Sleeve Japan, Ltd. Grout must be pumped into the sleeves from the inlet grout tube until it flows freely from the outlet tube. Immediately after grout outflow is observed, and before the pump nozzle is removed, a rubber stopper must be inserted into the outlet grout tube. Immediately upon removal of the nozzle from the inlet grout tube, a rubber stopper must be inserted into the inlet grout tube in such a manner as to prevent leakage of grout from the sleeve. All spaces within the sleeve must be fully penetrated with the approved grout, and excess grout must be removed.

4.2.2 NMB Slim-Sleeve™ Systems:

4.2.2.1 General: The NMB Slim-Sleeve system must be prepared and installed in accordance with the applicable code, the approved construction documents, and the recommendations noted in the "NMB Splice Sleeve System User's Manual for NMB Slim-Sleeve."

4.2.2.2 Preparation: All reinforcements must be clean and free from loose rust, oils, dust and other foreign material. All foreign matter and water must be removed from the sleeve.

4.2.2.3 Installations for Vertical (Columns) and Horizontal (Beam) Applications: Refer to manufacturer's installation instructions for detailed requirements, including, but not limited to, required accessories, installation sequences, means to ensure that the minimum embedment lengths of reinforcing bars are achieved, and required visual inspections prior to grouting SS Mortar.

4.2.2.4 Grouting: The NMB Slim-Sleeve must be grouted with SS Mortar, which is mixed with clean water according to the grout manufacturer's recommendations. Grout must be proportioned so that the stable splice strength can be attained by achieving a minimum strength of not less than 13,000 psi (89.6MPa) in 28 days, as determined by testing specimens made according to ASTM C109 and recommendations of Splice Sleeve Japan, Ltd. Grout must be poured or pumped into the sleeves with an appropriate hand-operated pump or handy injector as recommended by the sleeve manufacturer, depending upon the location of the sleeves. For both vertical and horizontal applications, grout must be pumped into the slim valve (inlet port) until it flows freely from the outlet port. All spaces within the sleeve must be fully penetrated with the approved grout, and excess grout must be removed.

4.2.3 Grout Testing:

Measurement of consistency of the grout is necessary in order to determine and maintain the proper amount of mixing water to assure a smooth, pumpable grout matrix. Consistency flow tests must be run by using a flow table to test the flow of batches of grout mixture in accordance with the Japanese Architectural Standard Specification (JASS) standard 15 M103, entitled "Tests for quality evaluation of self-leveling materials." The grout must flow to a diameter of 6 inches to 9¹/₄ inches (152 to 235 mm) for SS Mortar, and a diameter of 7.28 inches to 11.22 inches (185 to 285 mm) for SS Mortar 120N. Grout strength must be determined by testing of 2-inch (51 mm) cube specimens in accordance with ASTM C109 and ASTM C942, and the recommendations of Splice Sleeve Japan, Ltd. The grout cubes must be kept in a curing box for 24 hours. During the following day, the grout cubes must be stripped from the curing box and be submerged in a container with water, which must be kept under the same condition as the jobsite until the compressive strength testing.

4.3 Special Inspection:

Special inspection is required in accordance with Section 1705 of the 2012 IBC (Section 1704 of the 2009 IBC). In addition to verifying installation of steel reinforcing bar splices in accordance with this report, the special inspector must verify the grade and size of reinforcing bars; reinforcing bar embedment; coupler identification; grout identification; field preparation of components; grout mixing, grouting, curing and testing; and assembly of the components resulting in spliced bars.

5.0 CONDITIONS OF USE

The NMB Splice Sleeve® UX (SA), NMB Slim-Sleeve™ and NMB Splice Sleeve® UX (SA) SD590 systems described in this report comply with, or are suitable alternatives to what is specified in, those codes listed in Section 1.0 of this report, subject to the following conditions:

- 5.1 The splices must be identified and installed in accordance with the applicable code, the manufacturer's instructions and this report. In the event of conflict between this report and the manufacturer's instructions, this report governs.
- 5.2 Special inspection must be provided in accordance with Section 4.3 of this report.
- 5.3 The minimum concrete cover must be in accordance with the IBC and must be measured from the outer surface of the coupler.
- 5.4 Splice locations must comply with applicable IBC requirements and be noted on plans approved by the code official.
- 5.5 Under the 2012 IBC, for structures regulated by Chapter 21 of ACI 318-11 (as required by 2012 IBC Section 1905.1), to splice uncoated, deformed reinforcing bars resisting earthquake-induced flexure, axial force, or both, in special moment frames, special structural walls, and all components of special structural walls including coupling beams and wall piers, with the NMB Splice Sleeve systems, mill certificates of reinforcing bars must be submitted to the code official as evidence that the steel reinforcing bars comply with ACI 318-11 Section 21.1.5.2.
- 5.6 Under the 2009 IBC, for structures regulated by Chapter 21 of ACI 318-08 (as required by 2009 IBC Section 1908.1), to splice uncoated, deformed reinforcing bars resisting earthquake-induced flexural

and axial forces in frames members, structural walls and coupling beams, with the NMB Splice Sleeve systems, mill certificates of reinforcing bars must be submitted to the code official as evidence that the steel reinforcing bars comply with ACI 318-08 Section 21.1.5.2.

- 5.7 The NMB Splice Sleeve UX (SA) and NMB Slim-Sleeve connectors must be used with SS Mortar, and the NMB Splice Sleeve UX (SA) SD590 connector must be used with SS Mortar 120N, which must be manufactured by Splice Sleeve Japan, Ltd., in accordance with the approved quality documentation.
- 5.8 The use of NMB Splice Sleeve UX (SA) SD590 connector and the SS Mortar 120N mechanical splice system to splice Grade 80 bars under ACI 318 Section 21.1.6 is outside of the scope of this evaluation report.
- 5.9 The use of NMB Splice Sleeve UX (SA), NMB Slim-Sleeve and NMB Splice Sleeve UX (SA) SD590 systems in fire-resistance-rated construction, is outside the scope of this evaluation report.

6.0 EVIDENCE SUBMITTED

Data in accordance with the ICC-ES Acceptance Criteria for Mechanical Connector Systems for Steel Reinforcing Bars (AC133), dated December 2012.

7.0 IDENTIFICATION

Each NMB Splice Sleeve is marked with the company logo (NMB), the sleeve model and size [such as 9UX for both NMB Splice Sleeve UX (SA) and NMB Splice Sleeve UX (SA) SD590 connectors, and S9U for NMB Slim-Sleeve connector], the lot number, and "T2" indicating a Type 2 mechanical splice. Each NMB Splice Sleeve UX (SA) SD590 connector is also marked with "SD590." Each container (canvas bag) of sleeves is identified with a product label which, at a minimum, includes the report holder's name (Splice Sleeve Japan, Ltd.) and address, the product model and size, and the ICC-ES evaluation report number (ICC ESR-3141). Each bag of SS Mortar and SS Mortar 120N is marked with report holder's name (Splice Sleeve Japan, Ltd.) and address, the product description (NMB Splice Sleeve System), the ICC-ES evaluation report number (ESR-3141), and mixing instructions. Additionally, a lot number is printed on each bag of SS Mortar and SS Mortar 120N which identifies the production date and manufacturing facility.

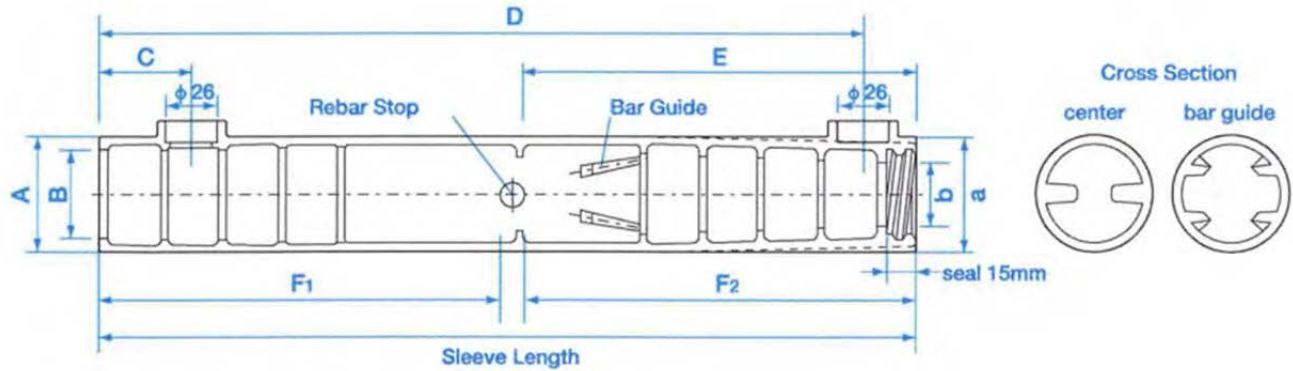


FIGURE 1—NMB SPLICE SLEEVE UX (SA) AND UX (SA) SD590

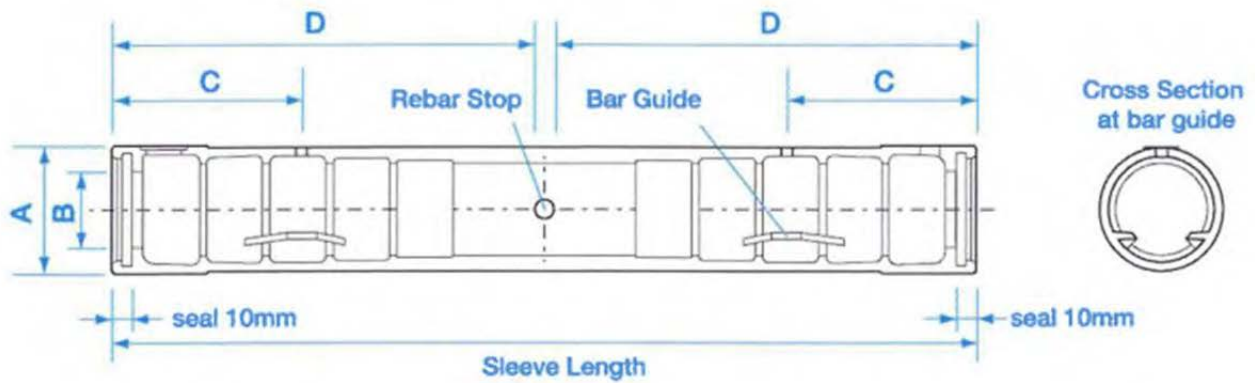


FIGURE 2—NMB SLIM-SLEEVE

TABLE 1—DIMENSIONS OF NMB UX (SA) AND UX (SA) SD590 SLEEVES¹

DIMENSIONS OF NMB UX (SA) SLEEVES											REQUIRED REBAR EMBEDMENT LENGTH			
Sleeve No.	Bar Diameter (in.)	Bar Size		Sleeve Length (in.)	Sleeve Diameter (in.)			Inlet Position (C) (in.)	Outlet Position (D) (in.)	Rebar Stop (E) (in.)	Wide End (F1) (in.)		Narrow End (F2) (in.)	
		ASTM	JIS		O.D. (A,a)	I.D.					Min.	Max.	Min.	Max.
						Wide End (B)	Narrow End (b)							
5UX(SA)	0.625	#5	D16	9.65	1.77	1.26	0.87	1.85	8.58	4.53	3.54	4.72	4.13	4.53
6UX(SA)	0.750	#6	D19	11.22	1.93	1.42	0.98	1.85	10.16	5.31	4.33	5.51	4.92	5.31
7UX(SA)	0.875	#7	D22	12.80	2.09	1.57	1.14	1.85	11.73	6.10	5.12	6.30	5.71	6.10
8UX(SA)	1.000	#8	D25	14.57	2.28	1.73	1.22	1.85	13.50	6.89	5.91	7.28	6.50	6.89
9UX(SA)	1.128	#9	D29	16.34	2.48	1.89	1.38	1.85	15.28	7.87	6.89	8.07	7.48	7.87
10UX(SA)	1.270	#10	D32	17.91	2.60	2.01	1.54	1.85	16.85	8.66	7.68	8.86	8.27	8.66
11UX(SA)	1.410	#11	D36	19.49	2.80	2.17	1.73	1.85	18.43	9.45	8.46	9.65	9.06	9.45
14UX(SA)	1.693	#14	D43	24.41	3.23	2.44	2.01	1.85	23.35	11.81	10.83	12.20	11.42	11.81

For SI: 1 inch = 25.4 mm.

¹9UX (SA) SD590 sleeve has the same dimensions as those of 9UX (SA) sleeve.

TABLE 2—DIMENSIONS OF NMB UX (SA) AND UX (SA) SD590 SLEEVES (Metric Units)¹

DIMENSIONS OF NMB UX (SA) SLEEVES											REQUIRED REBAR EMBEDMENT LENGTH			
Sleeve No.	Bar Diameter (in.)	Bar Size		Sleeve Length (mm)	Sleeve Diameter (mm)			Inlet Position (C) (mm)	Outlet Position (D) (mm)	Rebar Stop (E) (mm)	Wide End (F1) (mm)		Narrow End (F2) (mm)	
		ASTM	JIS		O.D. (A,a)	I.D.					Min.	Max.	Min.	Max.
						Wide End (B)	Narrow End (b)							
5UX(SA)	0.625	#5	D16	245	45	32	22	47	218	115	90	120	105	115
6UX(SA)	0.750	#6	D19	285	49	36	25	47	258	135	110	140	125	135
7UX(SA)	0.875	#7	D22	325	53	40	29	47	298	155	130	160	145	155
8UX(SA)	1.000	#8	D25	370	58	44	31	47	343	175	150	185	165	175
9UX(SA)	1.128	#9	D29	415	63	48	35	47	388	200	175	205	190	200
10UX(SA)	1.270	#10	D32	455	66	51	39	47	428	220	195	225	210	220
11UX(SA)	1.410	#11	D36	495	71	55	44	47	468	240	215	245	230	240
14UX(SA)	1.693	#14	D43	620	82	62	51	47	593	300	275	310	290	300

¹9UX (SA) SD590 sleeve has the same dimensions as those of 9UX (SA) sleeve.

TABLE 3—DIMENSIONS OF NMB SLIM-SLEEVES

DIMENSIONS OF NMB SLIM-SLEEVES									REQUIRED REBAR EMBEDMENT LENGTH (in.)	
Sleeve No.	Bar Diameter (in.)	Bar Size		Sleeve Length (in.)	Sleeve Diameter (in.)		Set Screw Position (C) (in.)	Rebar Stop (D) (in.)	Min	Max
		ASTM	JIS		O.D. (A)	I.D. (B)				
S6U	0.750	#6	D19	10.63	1.57	0.98	2.13	5.12	4.72	5.31
S8U	1.000	#8	D25	12.99	1.89	1.22	2.76	6.30	5.91	6.50
S9U	1.128	#9	D29	14.57	2.13	1.38	2.95	7.09	6.69	7.28
S11U	1.410	#11	D36	17.72	2.56	1.69	3.94	8.66	8.27	8.86

For SI: 1 inch = 25.4 mm.

TABLE 4—DIMENSIONS OF NMB SLIM-SLEEVES (Metric Units)

DIMENSIONS OF NMB SLIM-SLEEVES									REQUIRED REBAR EMBEDMENT LENGTH (mm)	
Sleeve No.	Bar Diameter (in.)	Bar Size		Sleeve Length (mm)	Sleeve Diameter (mm)		Set Screw Position (C) (mm)	Rebar Stop (D) (mm)	Min	Max
		ASTM	JIS		O.D. (A)	I.D. (B)				
S6U	0.750	#6	D19	270	40	25	54	130	120	135
S8U	1.000	#8	D25	330	48	31	70	160	150	165
S9U	1.128	#9	D29	370	54	35	75	180	170	185
S11U	1.410	#11	D36	450	65	43	100	220	210	225

ANEXO C

Table - 13 Reinforcing bar samples test results

Reinforcing bar size	No.	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation	Tensile strength/Yield strength
		(N/mm ²)	(N/mm ²)	(%)	
A630-420H 16mm	1	492	679	16.0	1.38
	2	517	702	10.5	1.36
	3	509	699	12.8	1.37
	Average	506	693	13.1	1.37
A630-420H 18mm	1	508	712	13.9	1.4
	2	508	706	13.8	1.39
	3	507	710	15.9	1.4
	Average	508	709	14.5	1.4
A630-420H 22mm	1	449	665	15.8	1.48
	2	451	668	15.8	1.48
	3	454	666	16.6	1.47
	Average	451	666	16.1	1.48
A630-420H 25mm	1	487	696	17.0	1.43
	2	482	691	19.1	1.43
	3	484	694	13.3	1.43
	Average	484	694	16.5	1.43
A630-420H 28mm	1	518	738	18.9	1.42
	2	517	736	17.1	1.42
	3	516	735	18.1	1.42
	Average	517	736	18.0	1.42
A630-420H 32mm	1	499	727	14.8	1.46
	2	500	724	16.3	1.45
	3	500	726	15.3	1.45
	Average	500	726	15.4	1.45
A630-420H 36mm	1	481	703	18.2	1.46
	2	483	699	20.3	1.45
	3	487	703	19.1	1.44
	Average	484	702	19.2	1.45
Requirement		≥ 420 ≤ 580	≥ 630	≥ 8 and ≥ (7,000-tensile strength -K)	≥ 1.25

Table - 14 Coupler's test results (5UX、6UX、7UX、8UX)

Reinforcing bar	Coupler	No.	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	σ_{max} / f_u	σ_{max} / f_{y0}	σ_{max} / f_y	Rigidity ($\times 10^5$ N/mm ²)		Rigidity Loss Rate (20C/1C)	Slip (mm)				Ductility (%)		Failure mode	Performance
								0.95 σ_{y0E} / 1c	0.95 σ_{y0E} / 20c		1c δ s	20c δ s	4c δ s (2.5 ϵ y)	8c δ s (5.5 ϵ y)	%	ϵ_u / ϵ_y		
A630-420H 16mm	5UX	1	488	669	0.97	1.59	1.32	2.63	2.31	0.88	0.06	0.08	0.09	0.19	4.3	24.1	pull out - wide end	NCh430 Class A
		2	513	696	1.00	1.66	1.38	2.51	2.12	0.84	0.06	0.10	0.16	0.31	4.7	24.1	pull out - wide end	
		3	510	690	1.00	1.64	1.36	2.65	2.34	0.88	0.05	0.06	0.11	0.22	4.6	24.9	pull out - wide end	
		4	511	695	1.00	1.66	1.37	2.88	2.62	0.91	0.01	0.01	0.12	0.20	4.5	26.6	pull out - wide end	
		5	515	700	1.01	1.67	1.38	2.78	2.57	0.93	0.03	0.03	0.09	0.19	4.6	25.7	pull out - wide end	
		Average	507	690	1.00	1.64	1.36	2.69	2.39	0.89	0.04	0.06	0.11	4.5	25.1	—		
A630-420H 18mm	6UX	1	515	717	1.01	1.71	1.41	2.72	2.47	0.91	0.05	0.05	0.08	0.23	5.4	29.0	bar break	NCh430 Class A
		2	511	711	1.00	1.69	1.40	2.66	2.45	0.92	0.04	0.04	0.09	0.24	5.3	28.1	pull out - wide end	
		3	476	697	0.98	1.66	1.37	2.53	2.16	0.85	0.08	0.11	0.09	0.24	5.1	28.4	bar break	
		4	503	707	1.00	1.68	1.39	2.70	2.49	0.92	0.05	0.05	0.09	0.24	5.6	30.7	bar break	
		5	507	712	1.00	1.70	1.40	2.57	2.32	0.90	0.06	0.06	0.13	0.29	5.5	29.0	pull out - wide end	
		Average	502	709	1.00	1.69	1.40	2.64	2.38	0.90	0.06	0.10	0.25	5.4	29.0	—		
A630-420H 22mm	7UX	1	431	647	0.97	1.54	1.43	2.50	2.10	0.84	0.08	0.13	0.08	0.23	4.1	24.5	pull out - wide end	NCh430 Class A
		2	451	673	1.01	1.60	1.49	2.43	1.90	0.78	0.15	0.23	0.08	0.18	5.2	31.8	pull out - wide end	
		3	455	660	0.99	1.57	1.46	2.74	2.51	0.92	0.05	0.05	0.09	0.23	3.8	23.4	pull out - wide end	
		4	447	666	1.00	1.59	1.48	2.49	2.04	0.82	0.11	0.16	0.11	0.24	5.6	35.1	bar break	
		5	453	658	0.99	1.57	1.46	2.68	2.45	0.92	0.05	0.06	0.08	0.23	3.9	23.6	pull out - wide end	
		Average	447	661	0.99	1.57	1.47	2.57	2.20	0.86	0.09	0.13	0.09	4.5	27.7	—		
A630-420H 25mm	8UX	1	465	668	0.96	1.59	1.38	2.48	2.23	0.90	0.07	0.09	0.13	0.33	3.5	18.9	pull out - wide end	NCh430 Class A
		2	466	666	0.96	1.59	1.38	2.49	2.28	0.91	0.06	0.07	0.12	0.33	3.5	19.2	pull out - wide end	
		3	464	672	0.97	1.60	1.39	2.49	2.27	0.91	0.07	0.07	0.13	0.34	4.1	22.5	pull out - wide end	
		4	467	658	0.95	1.57	1.36	2.52	2.28	0.91	0.07	0.07	0.13	0.33	3.1	16.9	pull out - wide end	
		5	475	658	0.95	1.57	1.36	2.57	2.36	0.92	0.05	0.06	0.12	0.30	3.1	17.5	pull out - wide end	
		Average	467	664	0.96	1.58	1.37	2.51	2.28	0.91	0.06	0.07	0.13	3.5	19.0	—		
Required Performance	Chile				≥ 1.40					—					—			
	D.C.(2011)				≥ 0.9					≥ 0.85								
Required Performance	Japan				≥ 1.35					≥ 0.5								
	Class SA				≥ 1.35			$\geq 0.9E_b$		≥ 0.3				≤ 0.3	≥ 4.0		bar break	
	Class A				≥ 1.35			$\geq 0.7E_b$		≥ 0.3				≤ 0.6	≥ 2.0			

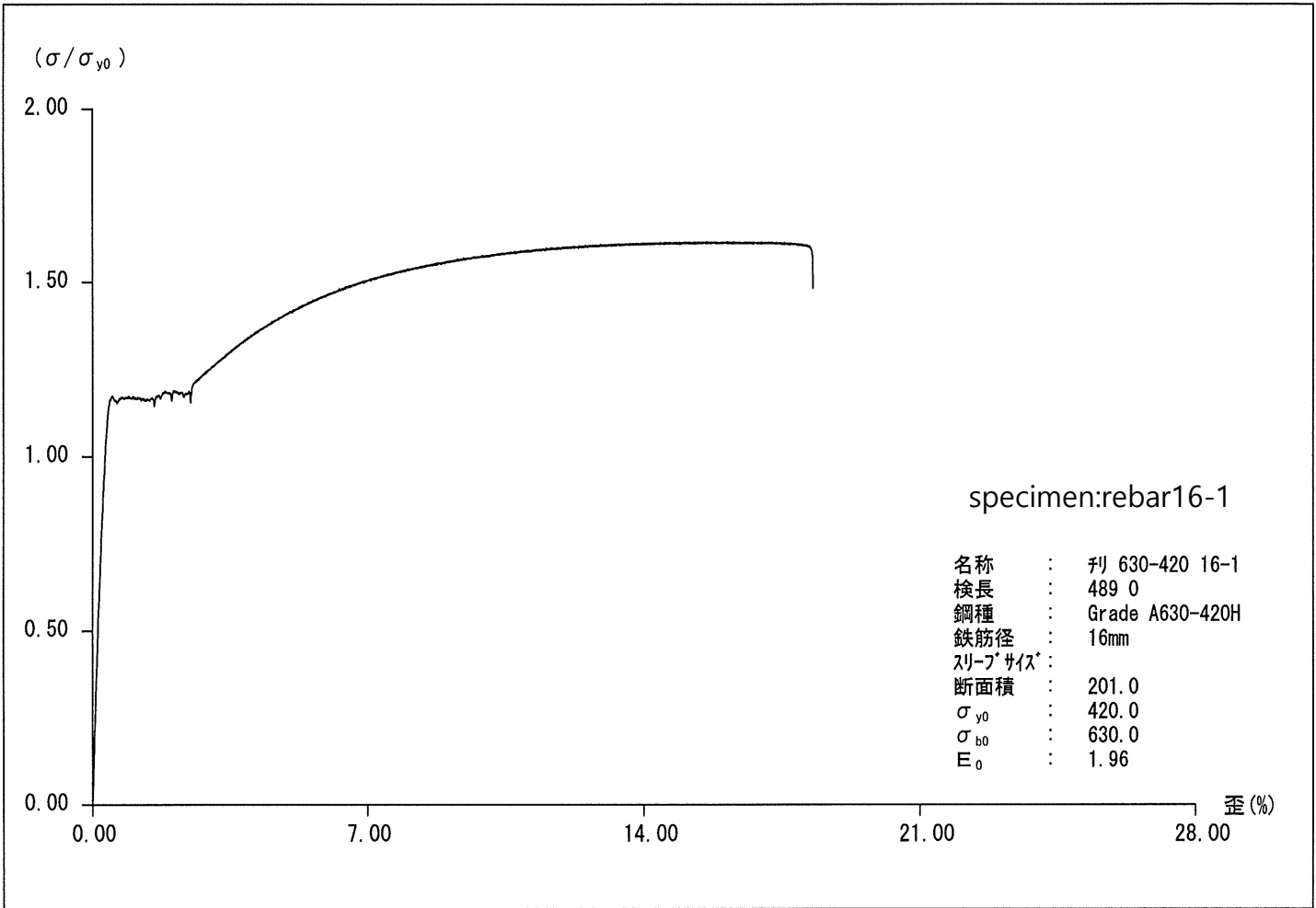
Table - 15 Coupler's test results (9UX, 10UX, 11UX)

Reinforcing bar	Coupler	No.	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	σ_{max} / f_u	σ_{max} / f_{y0}	σ_{max} / f_y	Rigidity ($\times 10^5$ N/mm ²)			Rigidity Loss Rate (20C/1C)	Slip (mm)				Ductility (%)		Failure mode	Performance
								0.95 σ_{y0E}	0.95 σ_{y0E} / 20c	1c		1c δs	20c δs	4c δs (2.E.y)	8c δs (5.E.y)	%	$\epsilon_{u} / \epsilon_y$		
A630-420H 28mm	9UX	1	514	729	0.99	1.74	1.41	2.73	2.53	0.93	0.07	0.07	0.11	0.27	4.9	26.6	bar break	NCh430 Class A	
		2	525	743	1.01	1.77	1.44	2.75	2.58	0.94	0.05	0.05	0.11	0.27	5.1	27.4	bar break		
		3	526	740	1.01	1.76	1.43	2.82	2.63	0.93	0.05	0.05	0.10	0.26	4.7	26.0	bar break		
		4	517	738	1.00	1.76	1.43	2.71	2.52	0.93	0.06	0.06	0.12	0.28	4.6	24.7	bar break		
		5	524	744	1.01	1.77	1.44	2.76	2.56	0.93	0.06	0.05	0.12	0.28	5.2	28.3	bar break		
		Average	521	739	1.00	1.76	1.43	2.75	2.56	0.93	0.06	0.06	0.11	4.9	26.6	—	—		
A630-420H 32mm	10UX	1	500	704	0.97	1.68	1.41	2.57	2.36	0.92	0.07	0.07	0.17	0.44	3.3	17.4	pull out - wide end	NCh430 Class A	
		2	497	701	0.97	1.67	1.40	2.58	2.36	0.91	0.06	0.07	0.15	0.42	3.3	17.6	pull out - wide end		
		3	492	708	0.98	1.69	1.42	2.55	2.40	0.94	0.06	0.07	0.12	0.29	3.2	16.8	pull out - wide end		
		4	491	702	0.97	1.67	1.40	2.54	2.32	0.91	0.06	0.08	0.14	0.38	3.1	16.7	pull out - wide end		
		5	488	695	0.96	1.65	1.39	2.57	2.30	0.89	0.06	0.08	0.17	0.43	2.9	15.3	pull out - wide end		
		Average	496	702	0.97	1.67	1.40	2.56	2.35	0.91	0.06	0.07	0.15	3.2	16.8	—	—		
A630-420H 36mm	11UX	1	476	697	0.99	1.66	1.44	2.48	2.31	0.93	0.08	0.08	0.12	0.32	5.1	27.6	pull out - wide end	NCh430 Class A	
		2	480	686	0.98	1.63	1.42	2.23	1.90	0.85	0.13	0.16	0.31	0.63	4.0	19.7	pull out - wide end		
		3	476	691	0.98	1.65	1.43	2.34	2.02	0.86	0.10	0.14	0.25	0.57	4.5	23.1	pull out - wide end		
		4	483	696	0.99	1.66	1.44	2.42	2.22	0.92	0.08	0.09	0.15	0.42	5.2	26.8	pull out - wide end		
		5	478	695	0.99	1.65	1.44	2.41	2.13	0.89	0.10	0.11	0.23	0.51	5.0	26.3	bar break		
		Average	479	693	0.99	1.65	1.43	2.38	2.12	0.89	0.10	0.12	0.21	4.8	24.7	—	—		
Required Performance	Chile				≥ 1.40	≥ 1.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	D.C.(2011)			≥ 630	≥ 0.9	—	—	—	—	≥ 0.85	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	bar break	—	
	Class SA Class A				≥ 1.35	—	—	$\geq 0.9E_0$	—	≥ 0.85	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	—	

ANEXO D

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

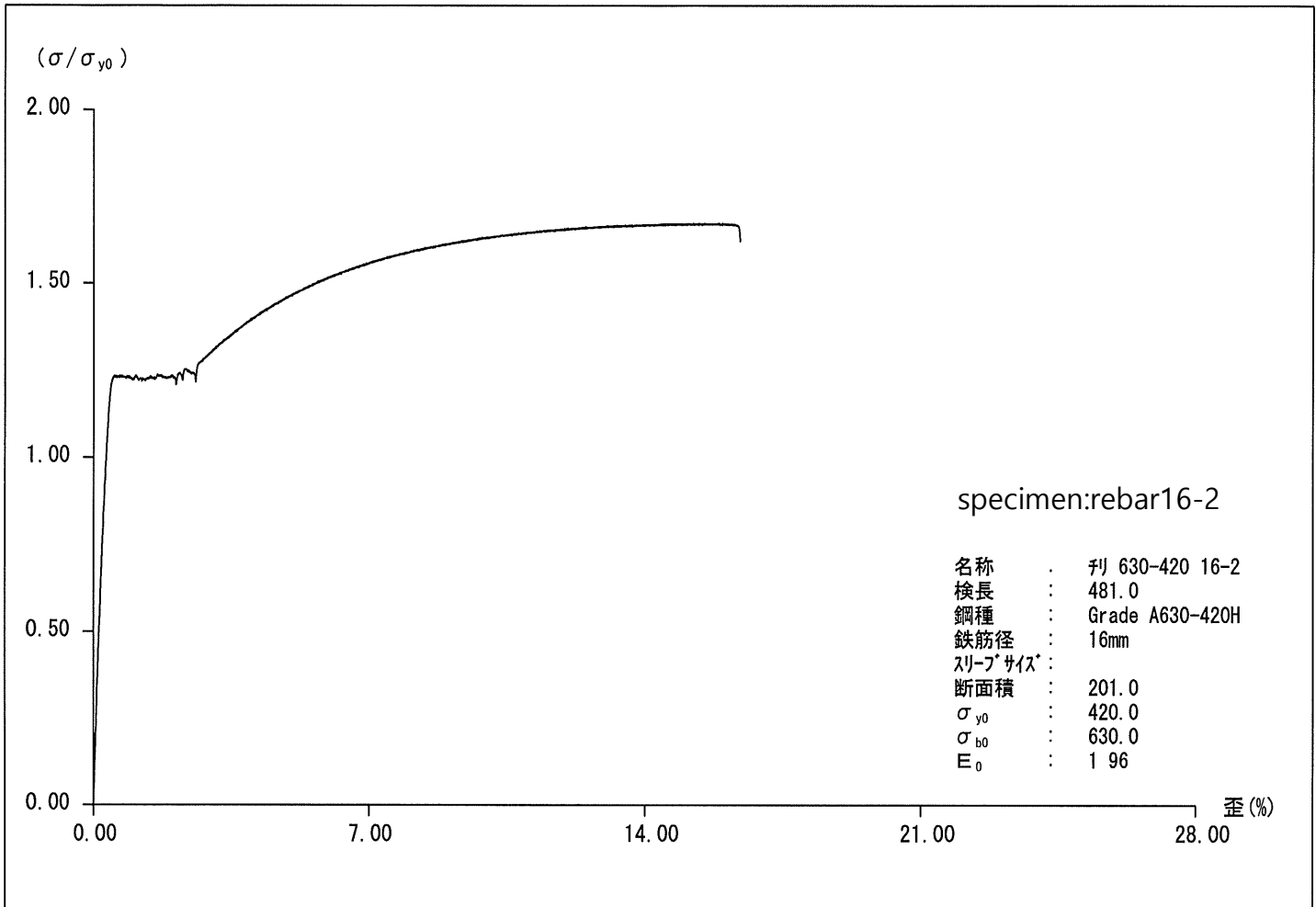


ファイル名	判 630-420 16-1
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	16mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
492	679	18.3	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

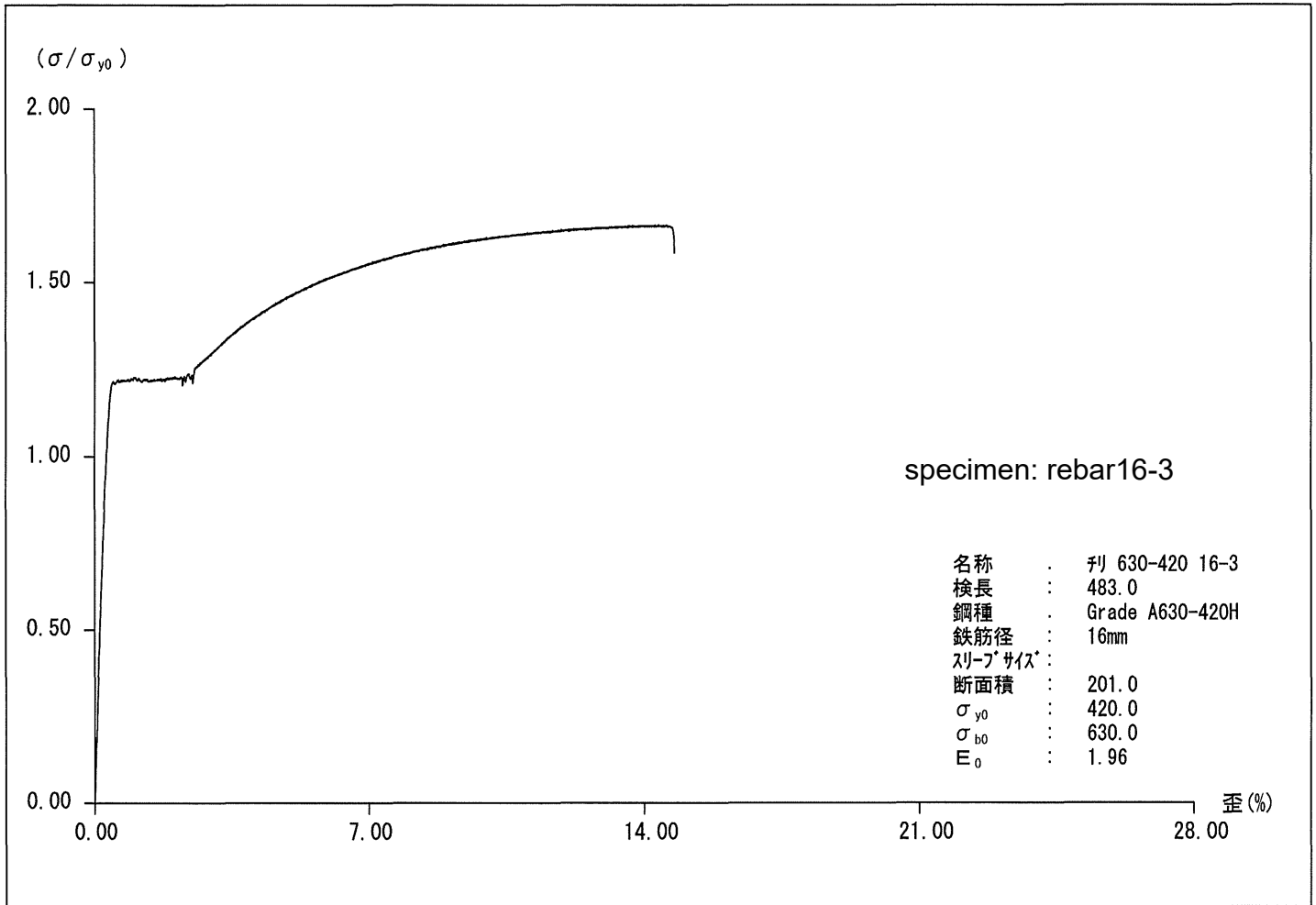


ファイル名	判 630-420 16-2
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	16mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
517	702	16.4	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

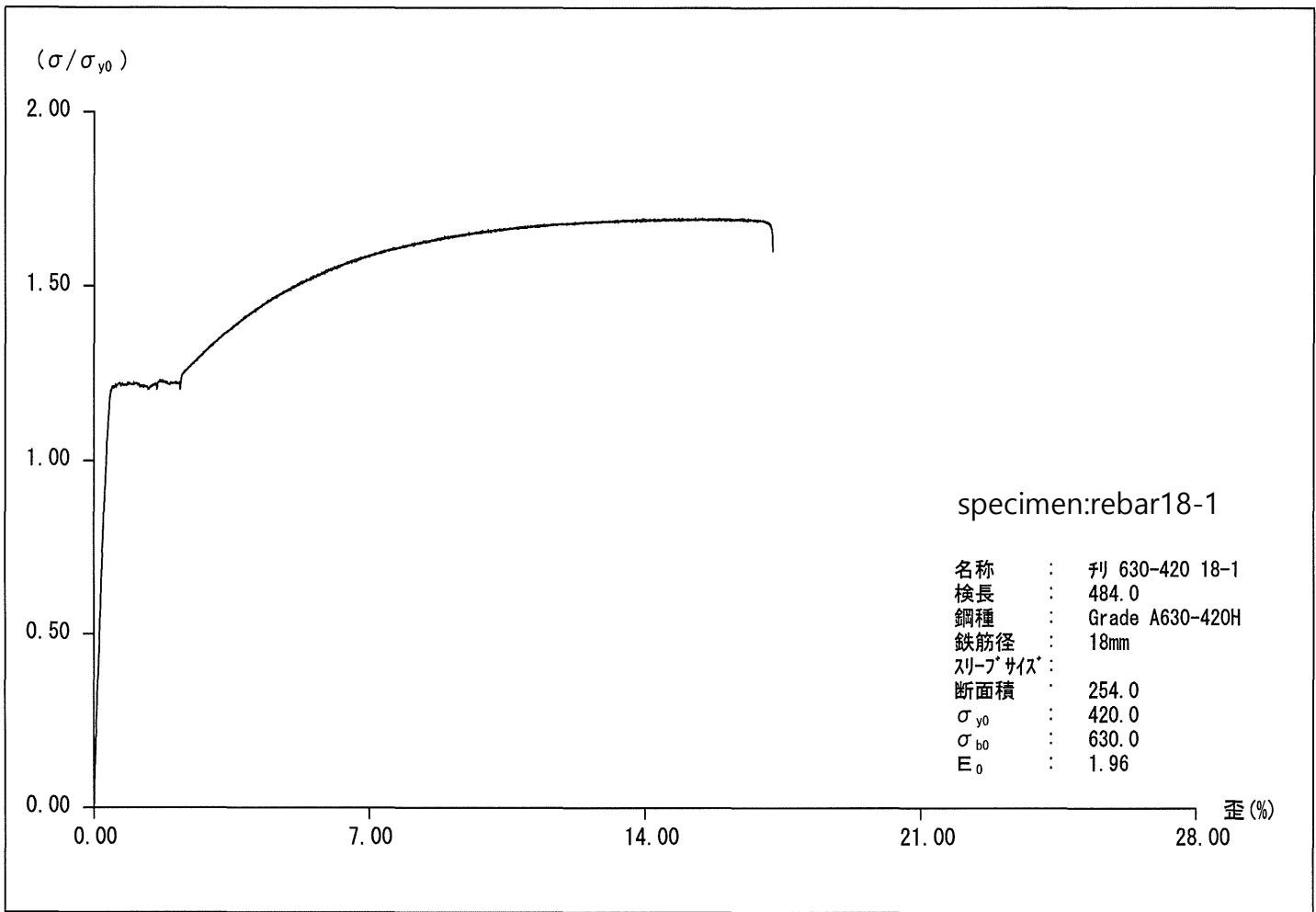


ファイル名	判 630-420 16-3
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	16mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
509	699	14.8	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

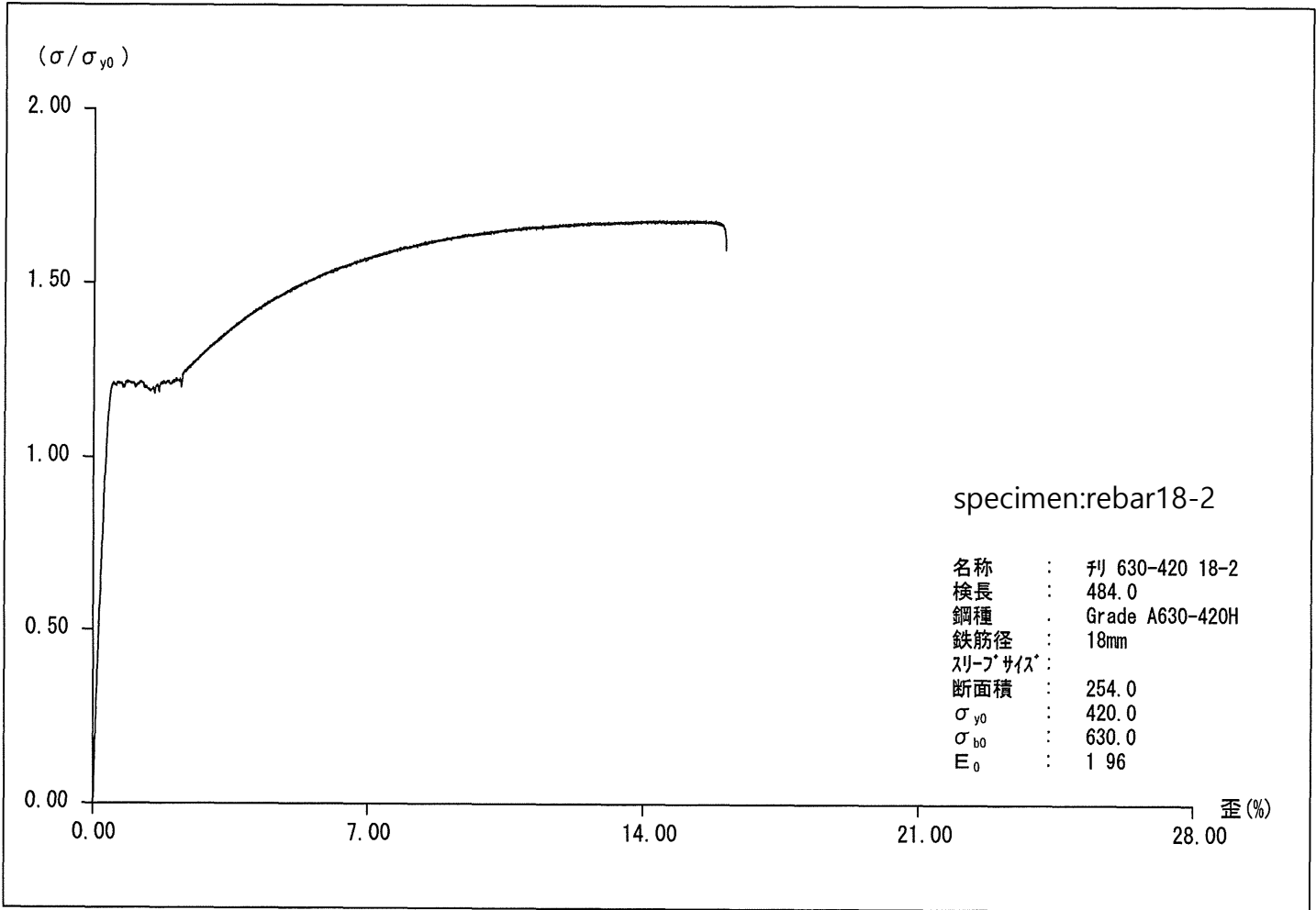


ファイル名	判 630-420 18-1
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	18mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
508	712	17.2	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

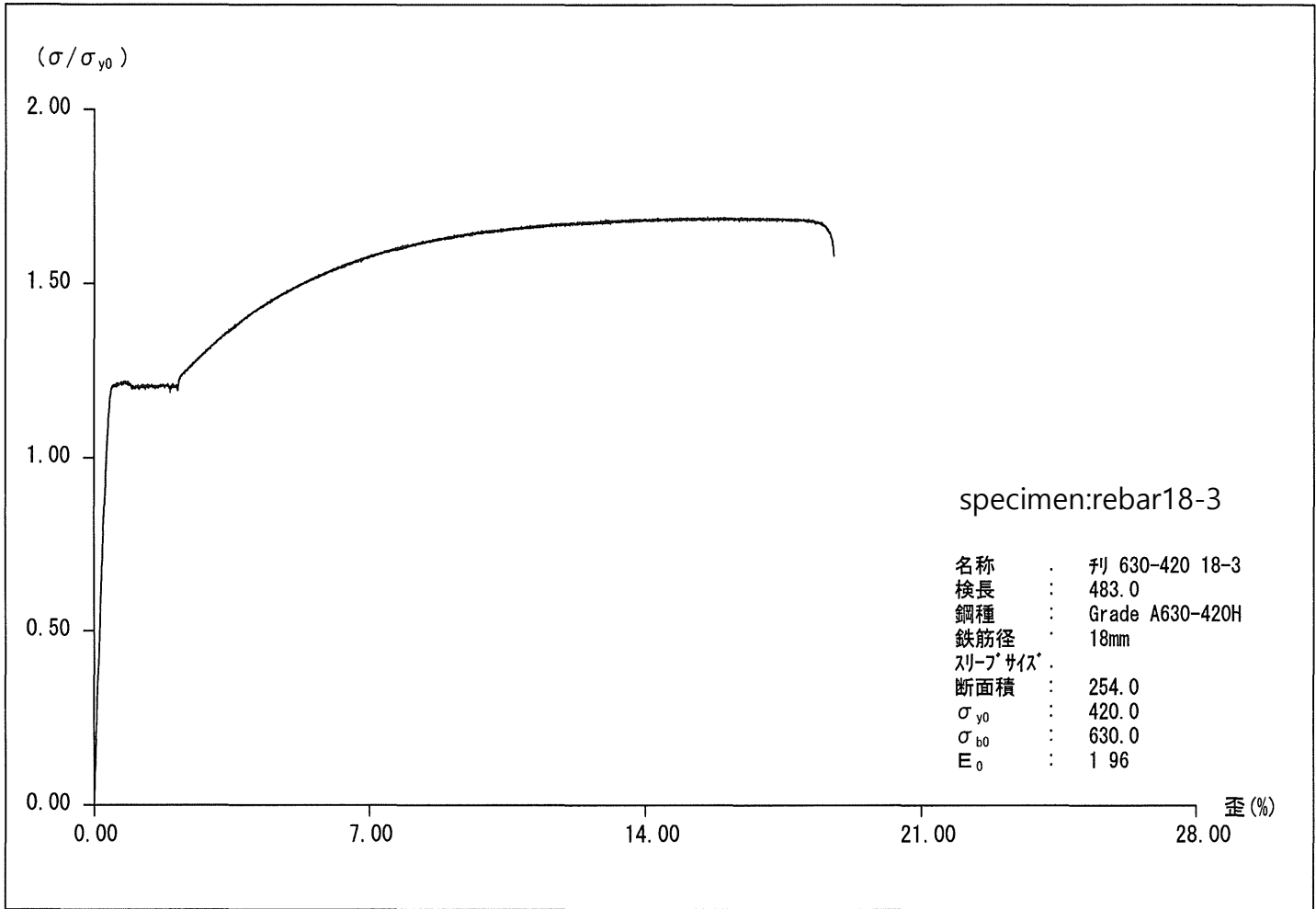


ファイル名	判 630-420 18-2
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	18mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
508	706	16.1	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

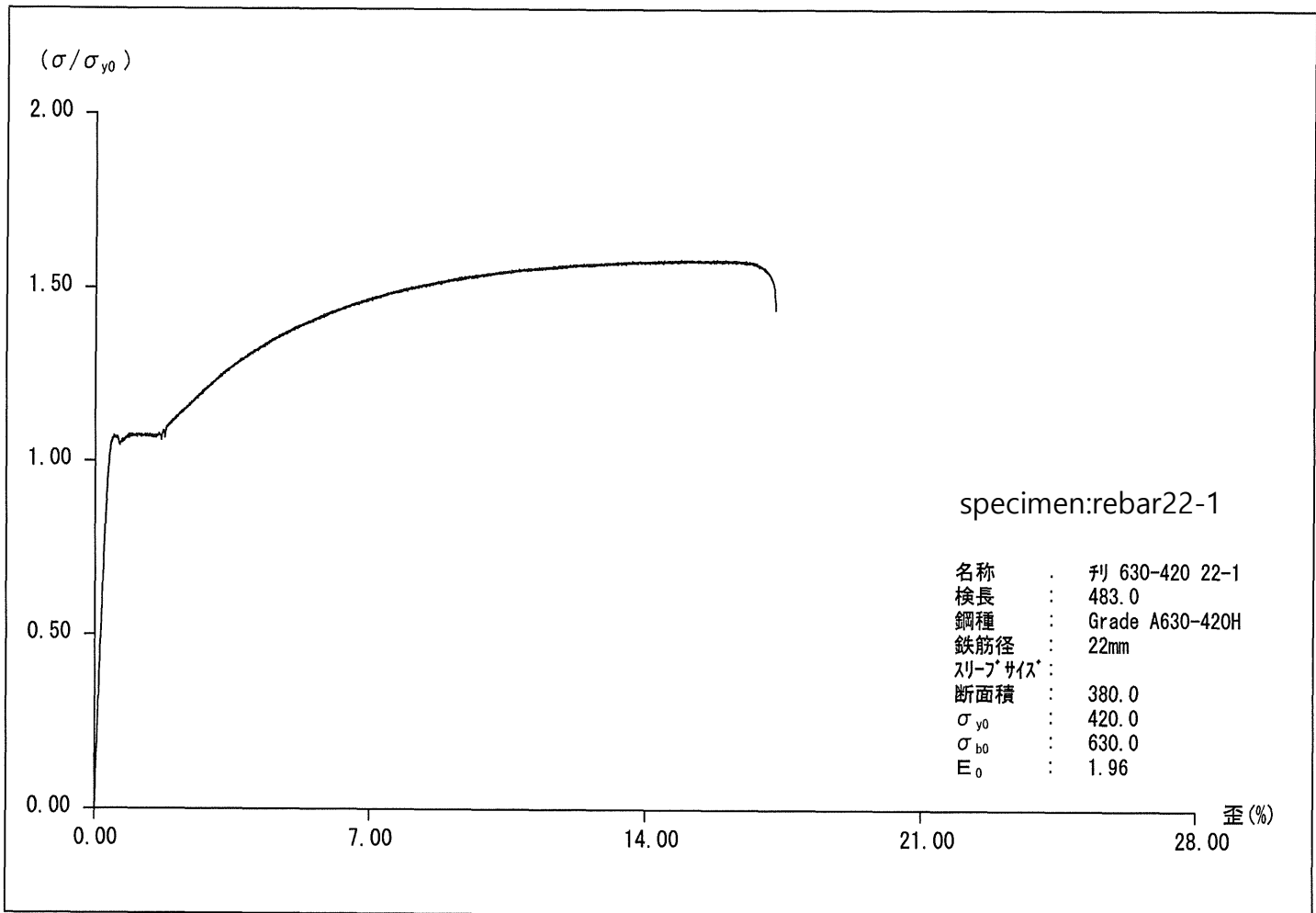


ファイル名	刊 630-420 18-3
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	18mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
507	710	18.8	bar break 母材破断

引張試験結果

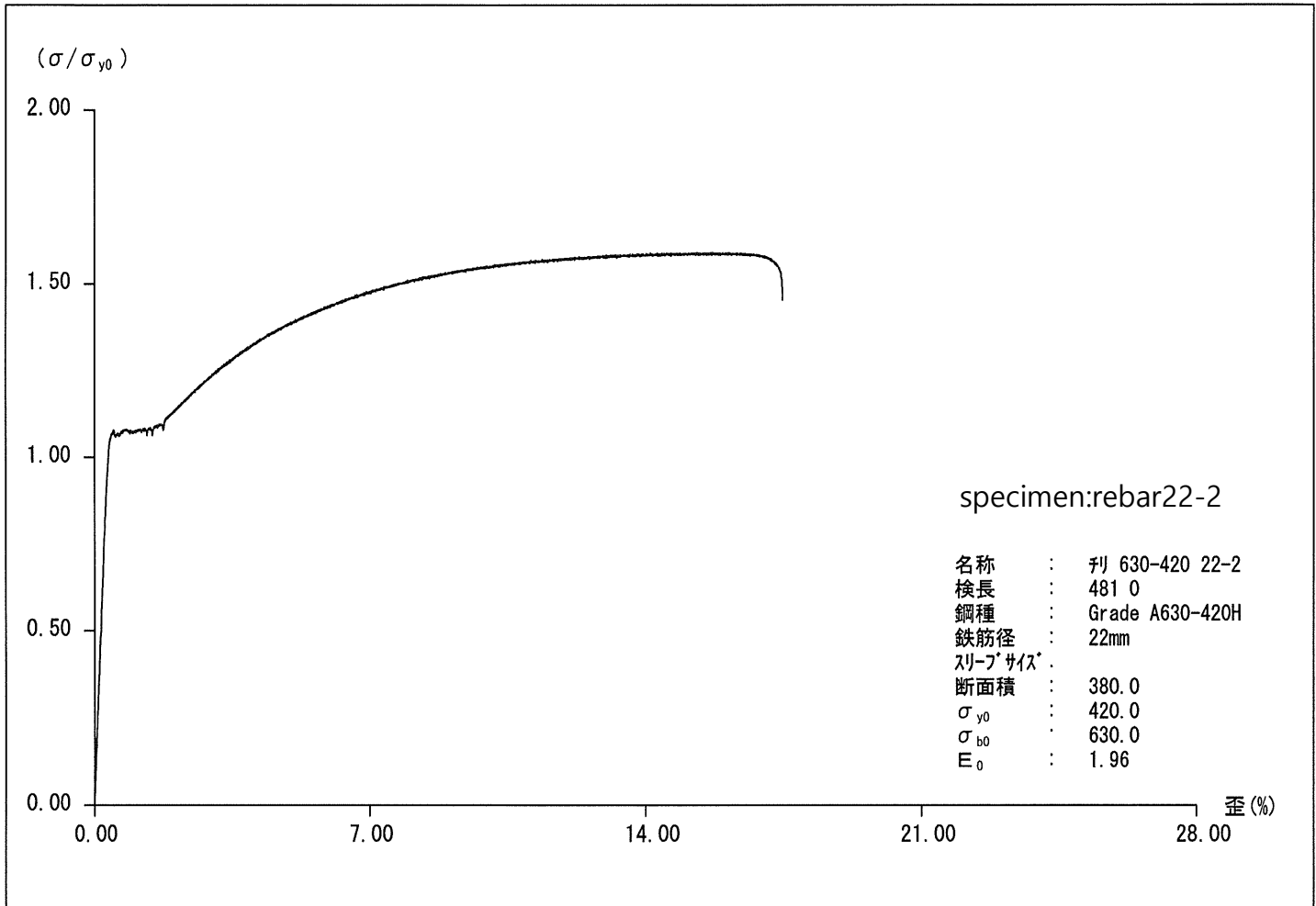
Tensile Strength Test Results



ファイル名	刊 630-420 22-1
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	22mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
449	665	17.3	bar break 母材破断

引張試験結果
Tensile Strength Test Results

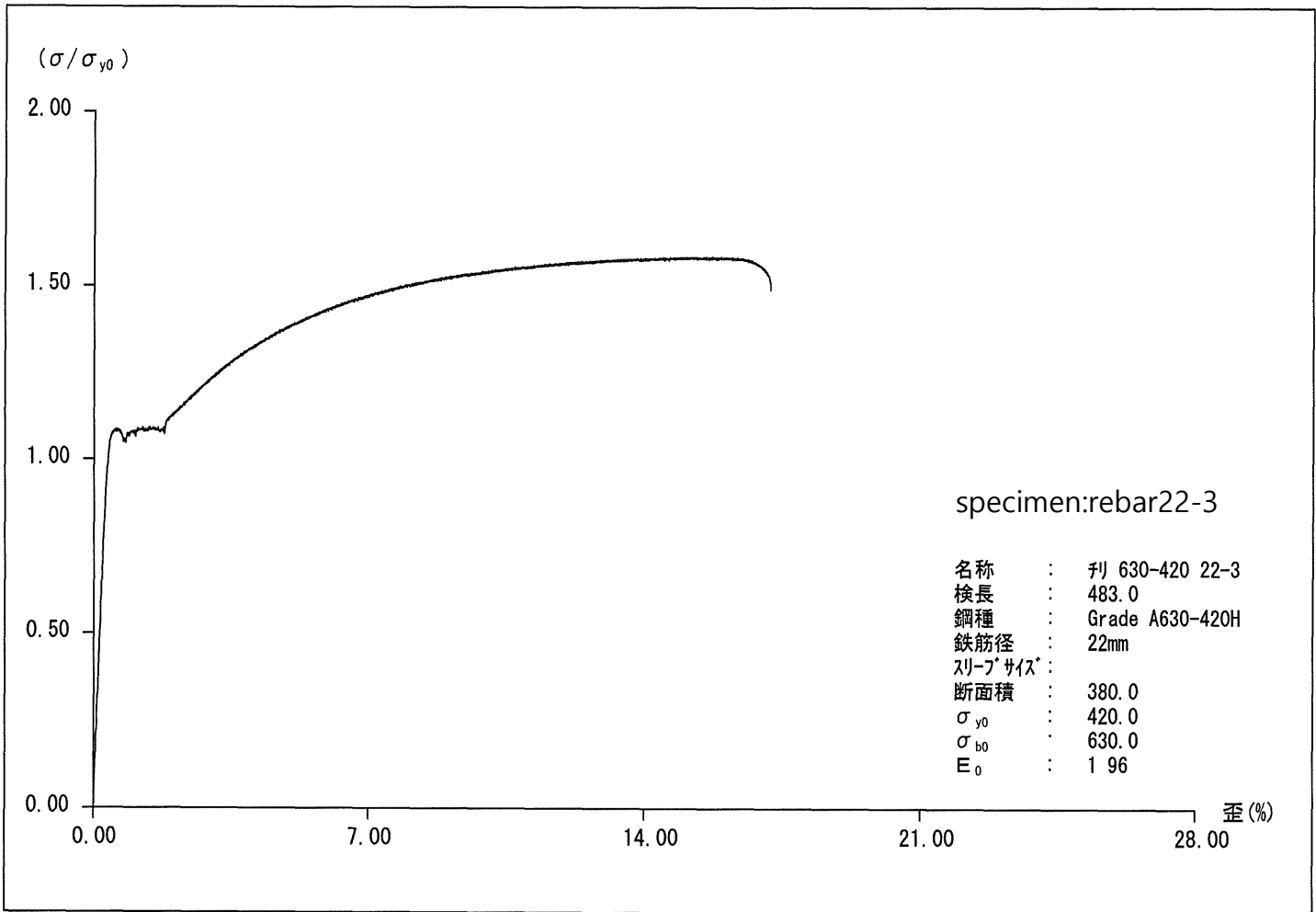


ファイル名	刊 630-420 22-2
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	22mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
451	668	17.5	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

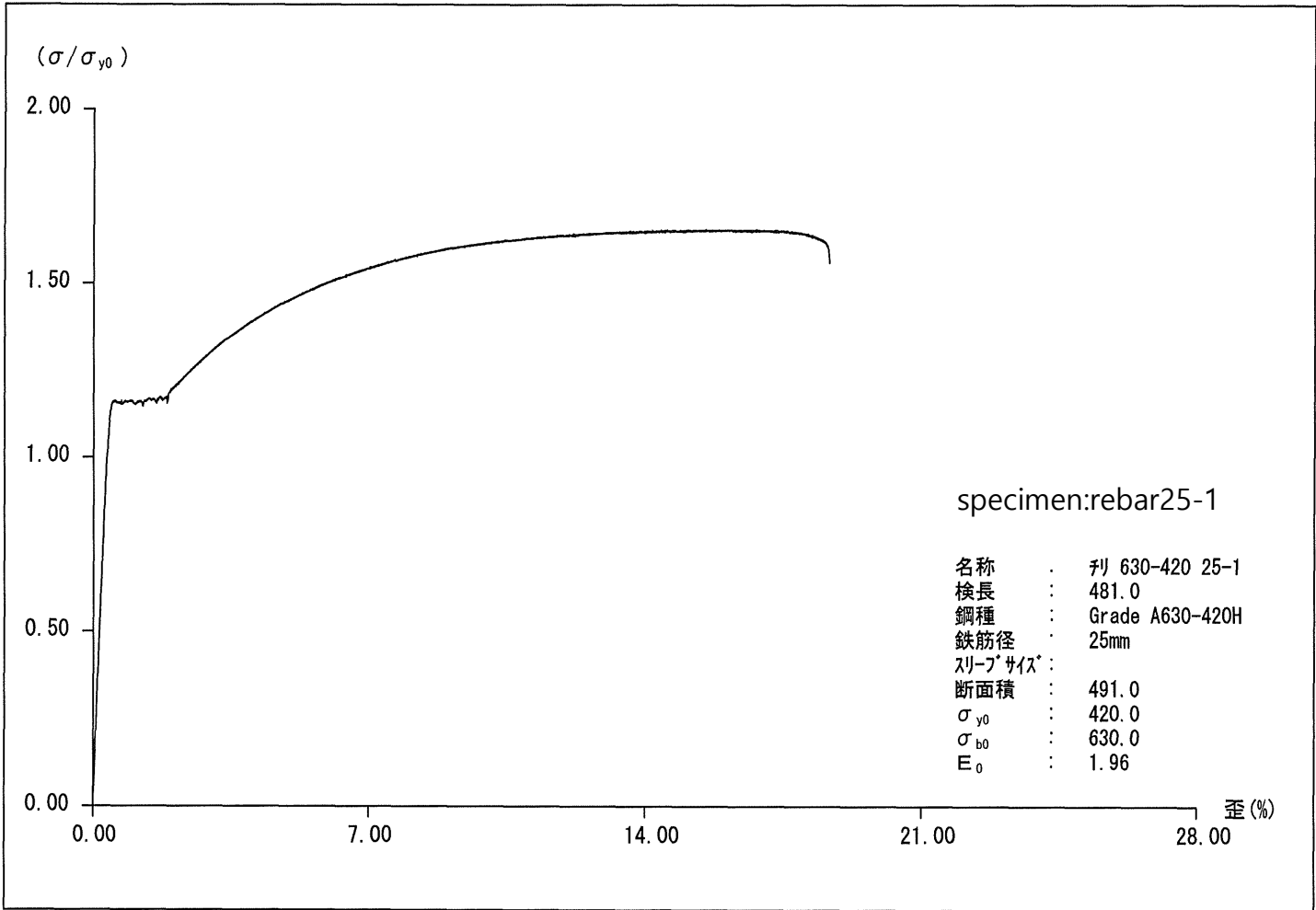


ファイル名	判 630-420 22-3
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	22mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
454	666	17.2	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

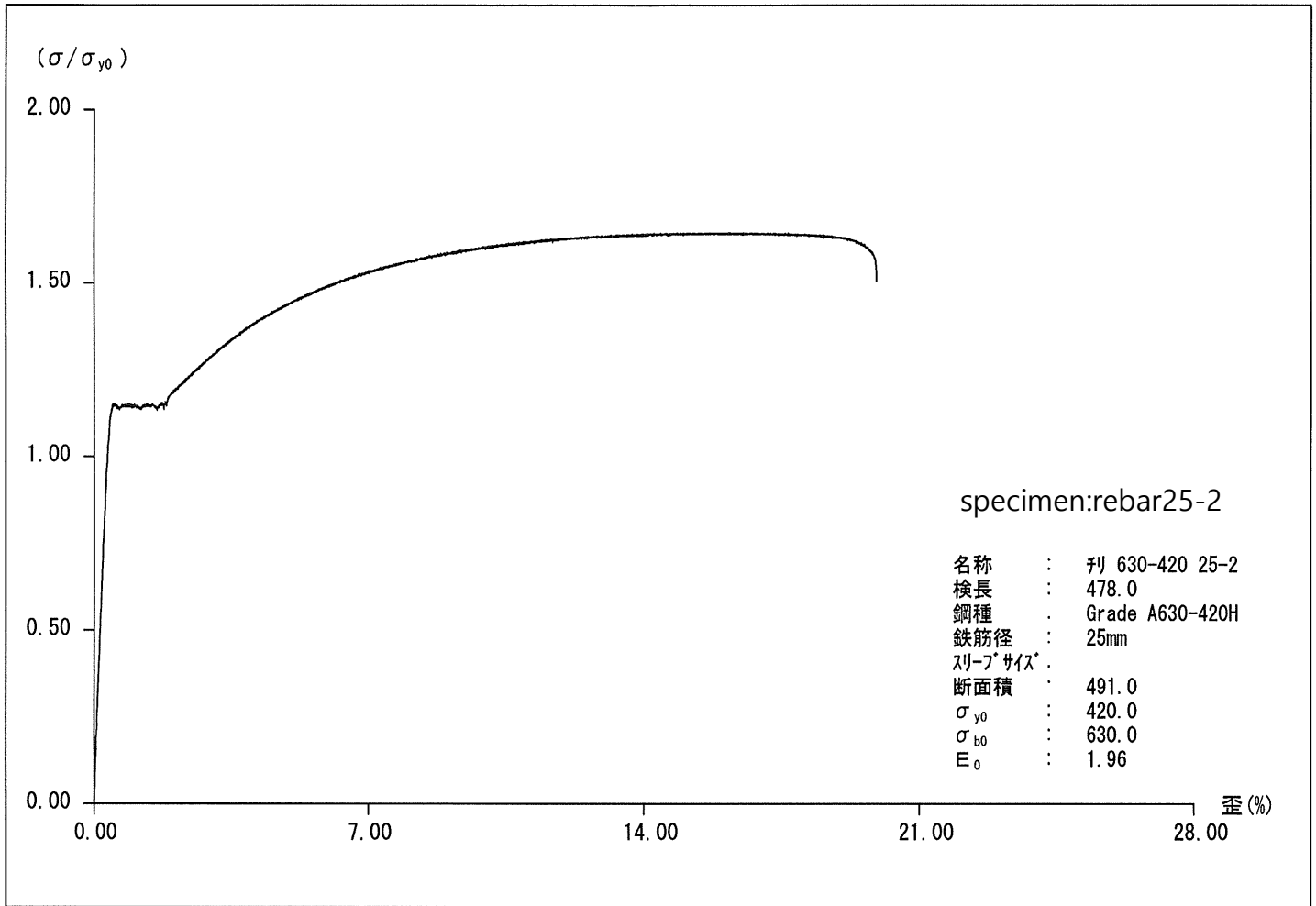


ファイル名	判 630-420 25-1
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	25mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
487	696	18.7	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

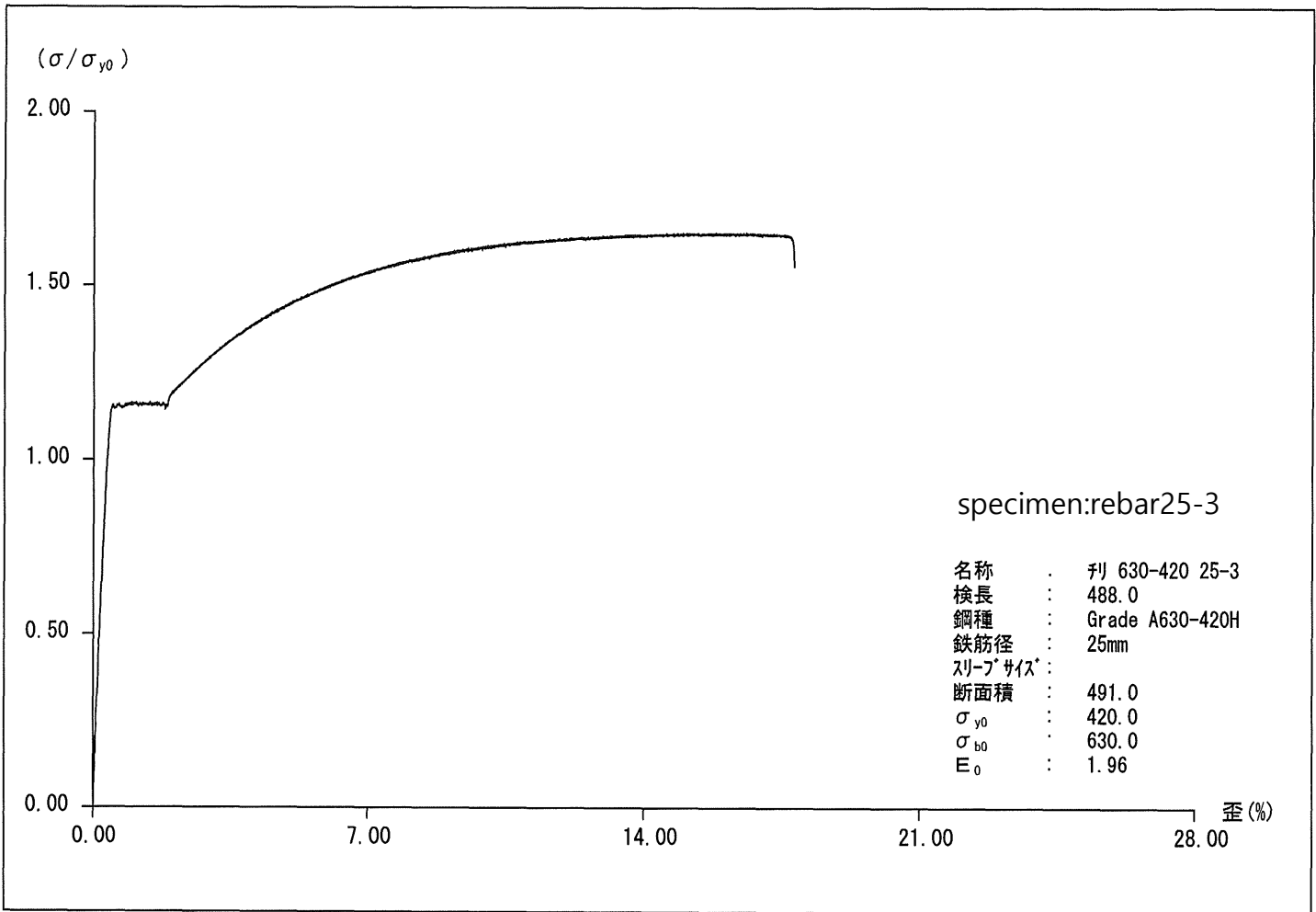


ファイル名	刊 630-420 25-2
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	25mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
482	691	19.9	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

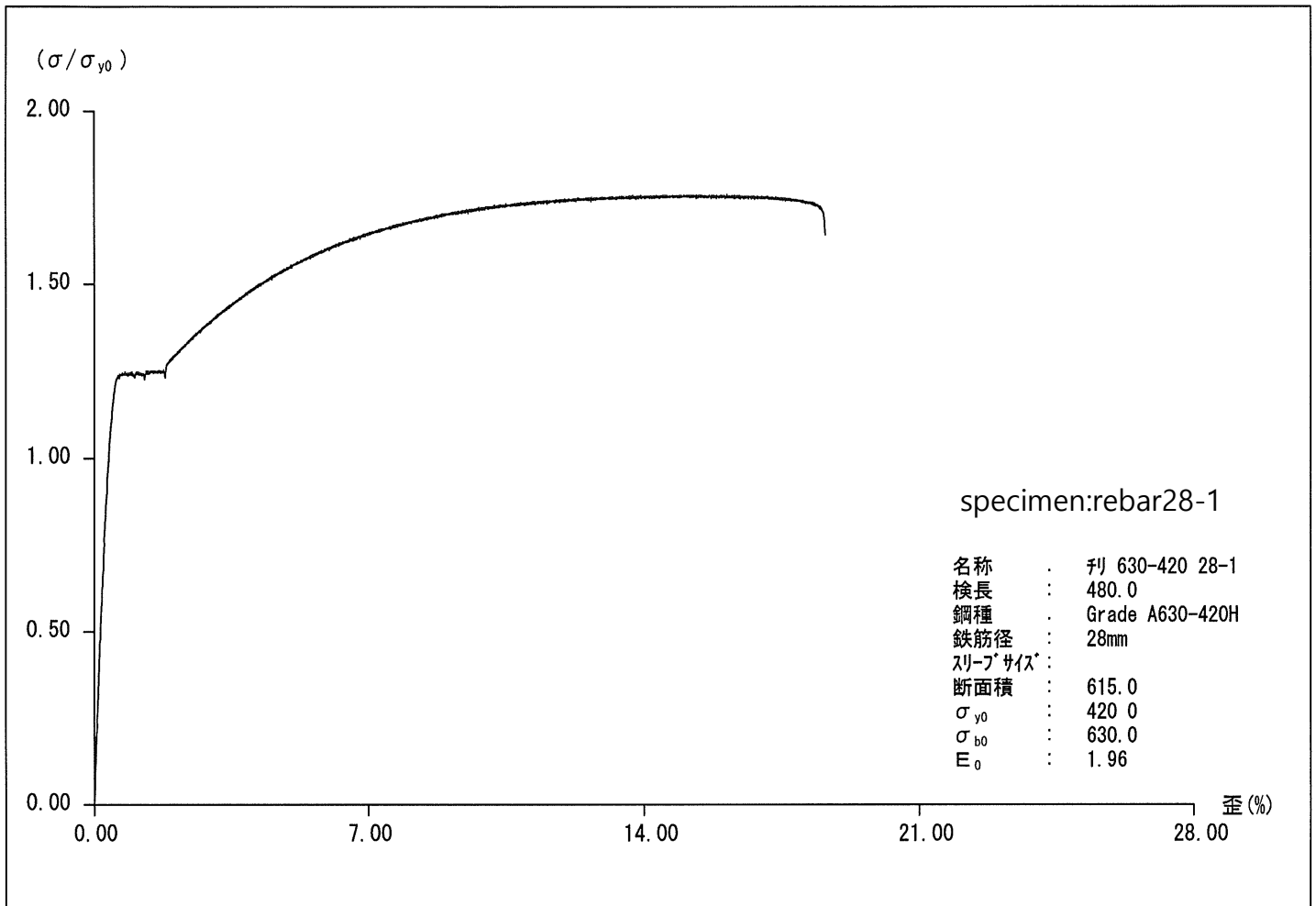


ファイル名	判 630-420 25-3
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	25mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
484	694	17.8	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

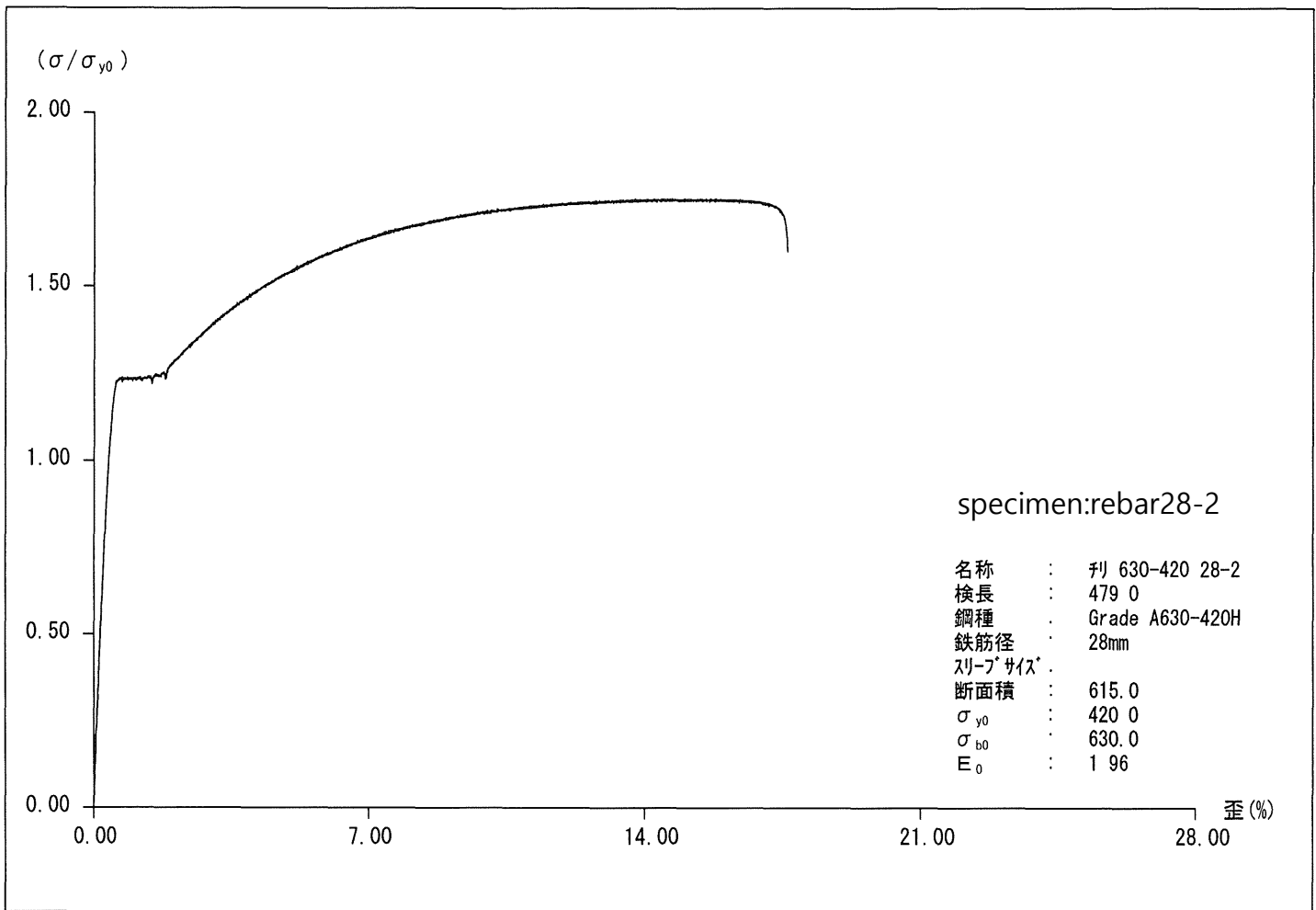


ファイル名	判 630-420 28-1
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	28mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
518	738	18.6	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

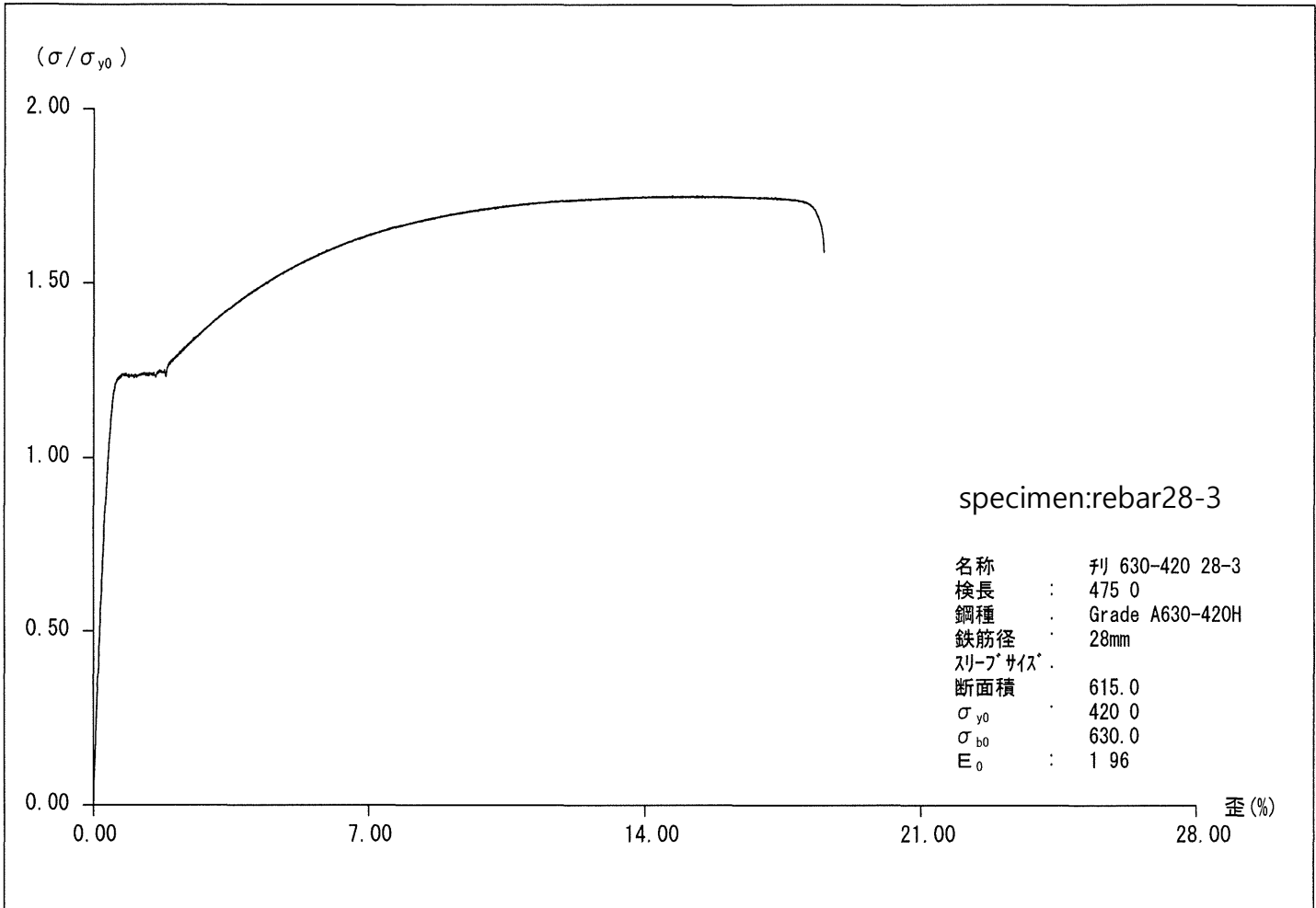


ファイル名	判 630-420 28-2
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	28mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
517	736	17.6	bar break 母材破断

引張試験結果

Tensile Strength Test Results

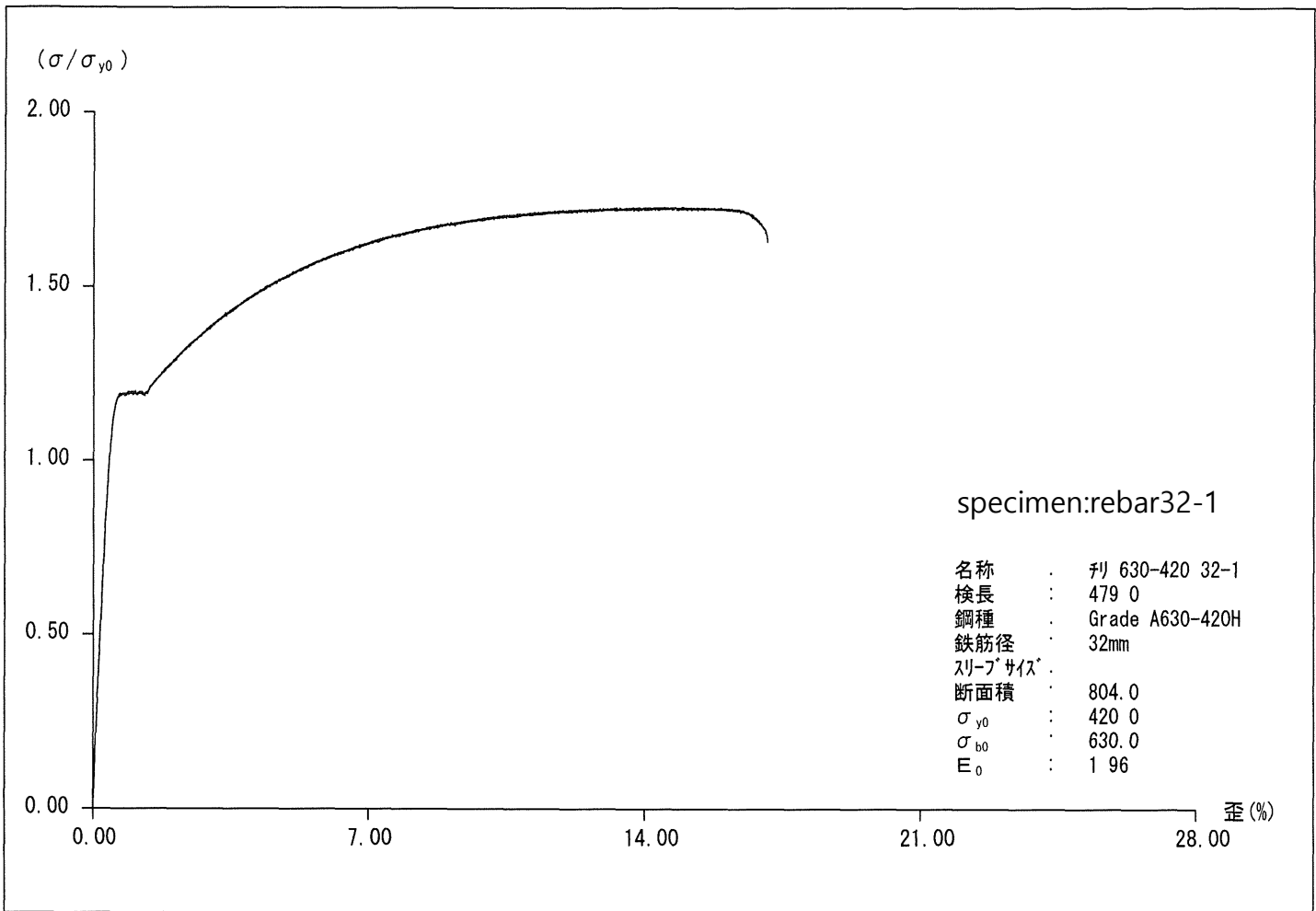


ファイル名	刊 630-420 28-3
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	28mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
516	735	18.5	bar break 母材破断

引張試験結果

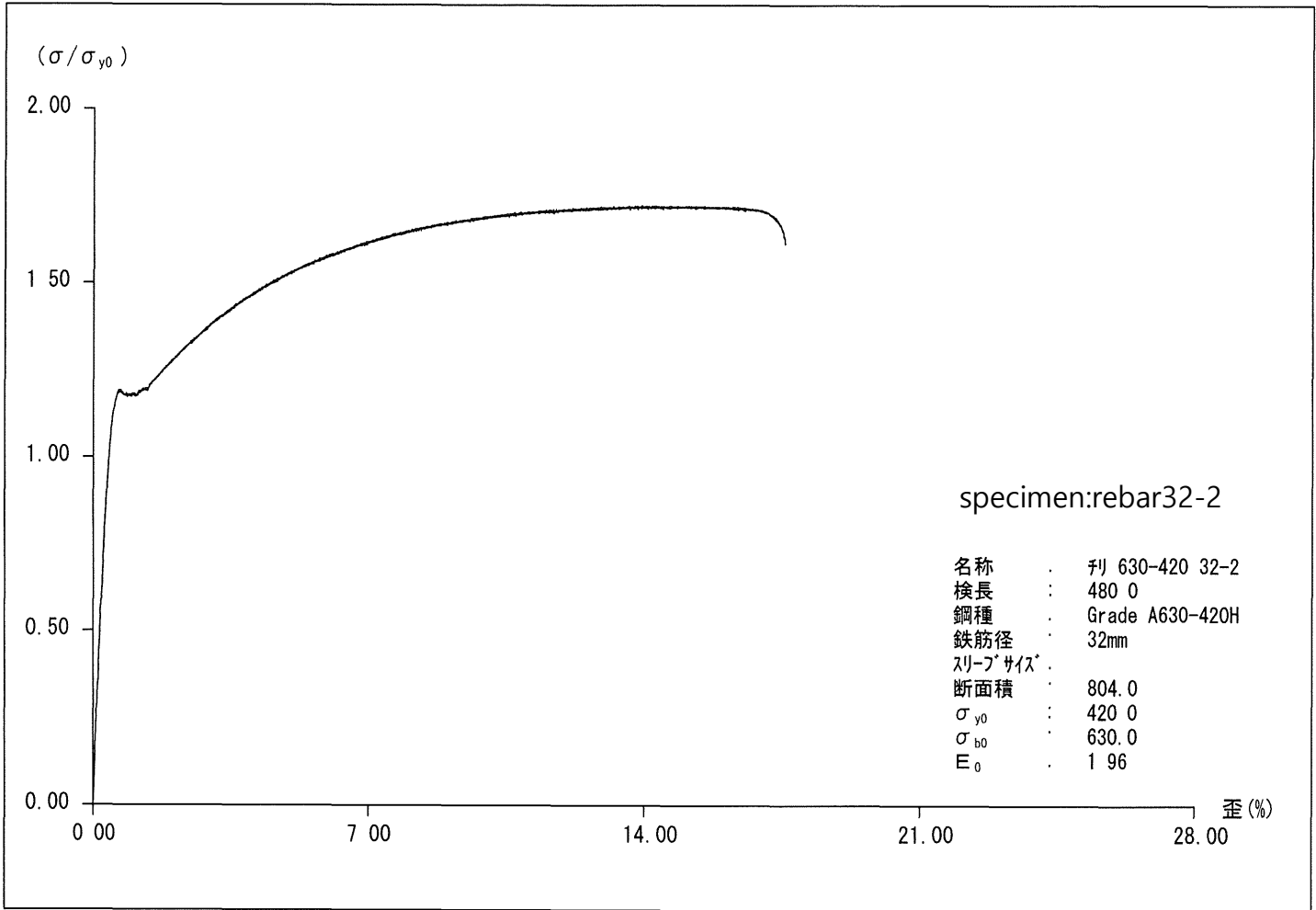
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 630-420 32-1
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	32mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
499	727	17.1	bar break 母材破断

引張試験結果
Tensile Strength Test Results

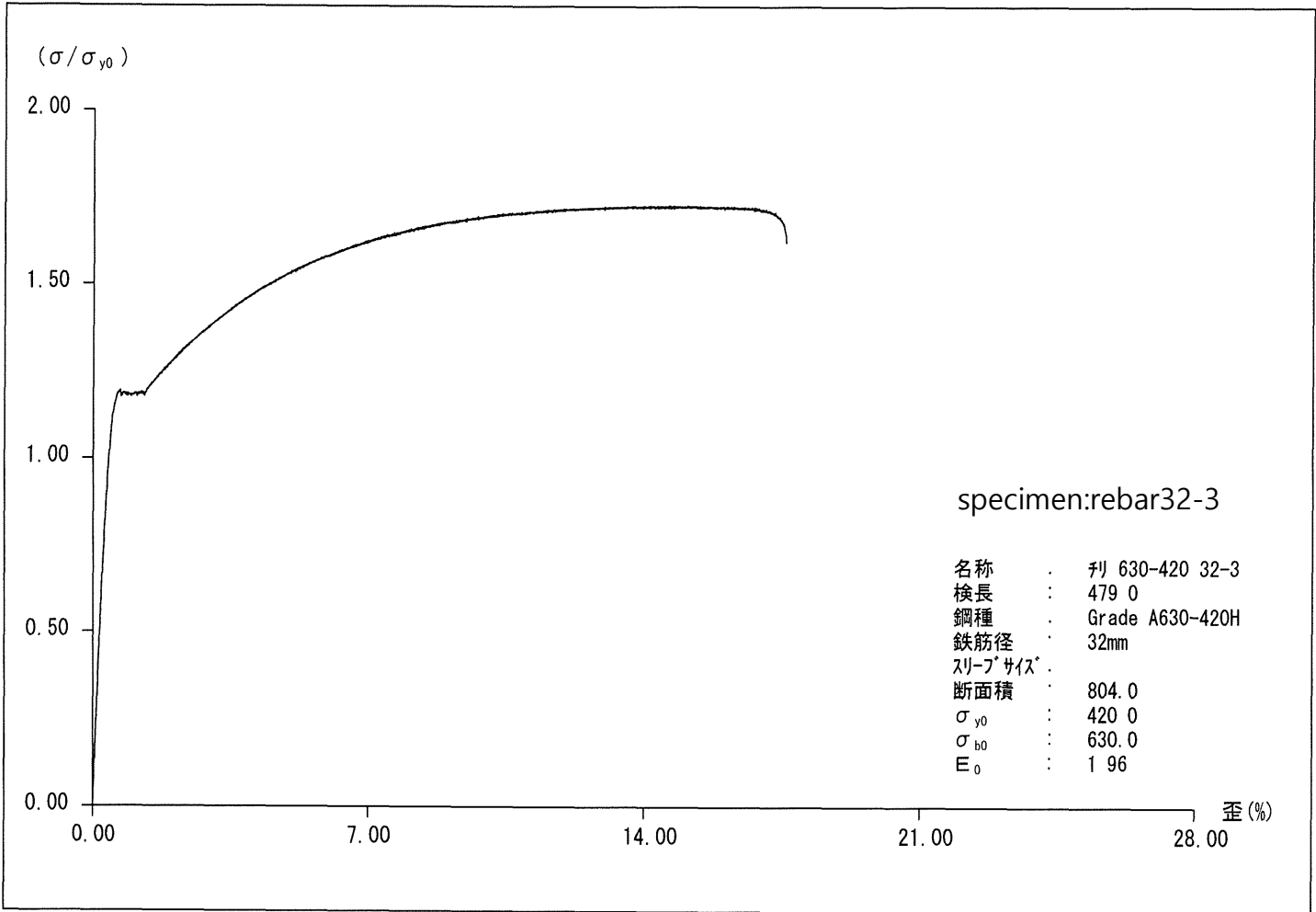


ファイル名	判 630-420 32-2
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	32mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
500	724	17.6	bar break 母材破断

引張試験結果

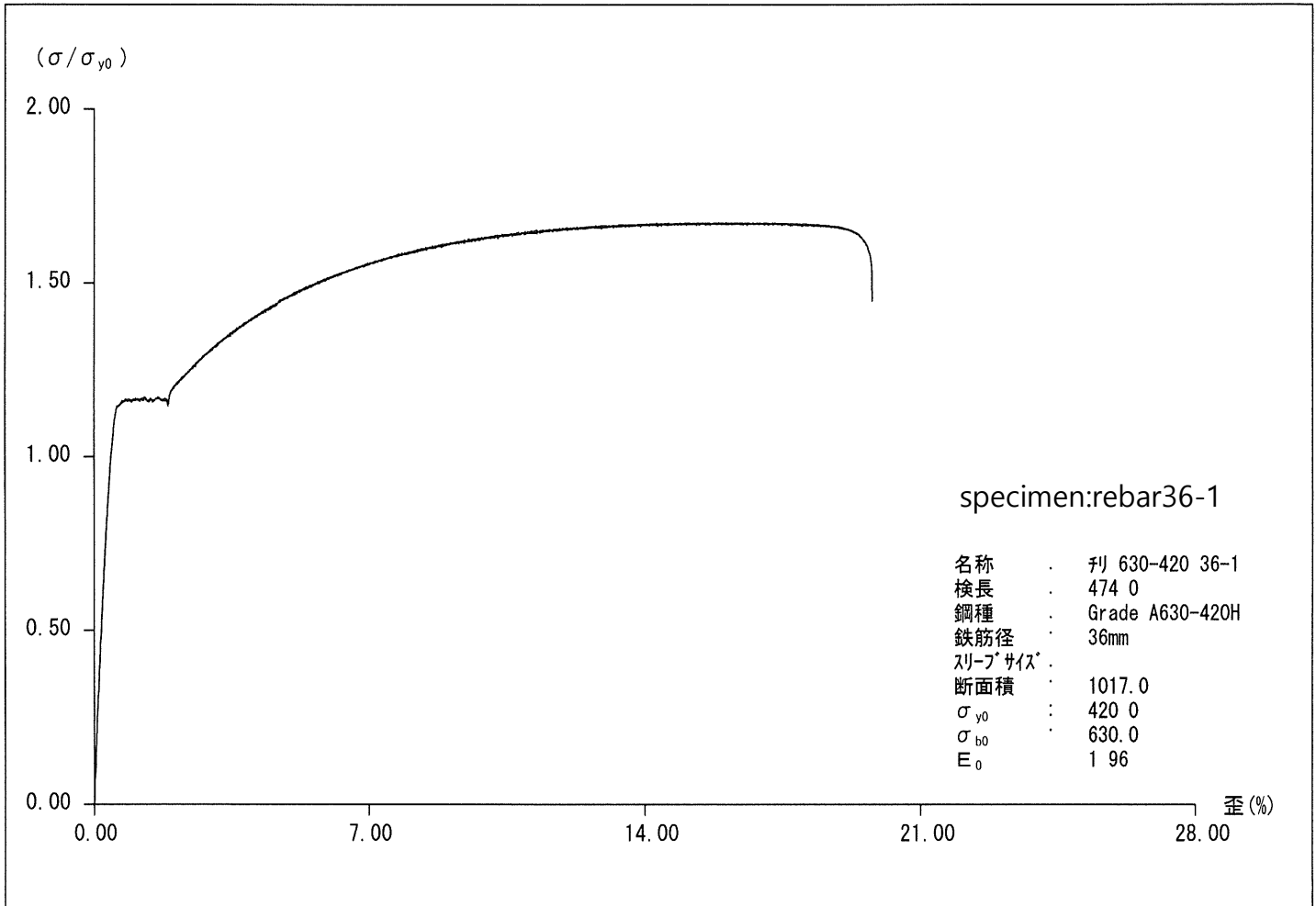
Tensile Strength Test Results



ファイル名	刊 630-420 32-3
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	32mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
500	726	17.6	bar break 母材破断

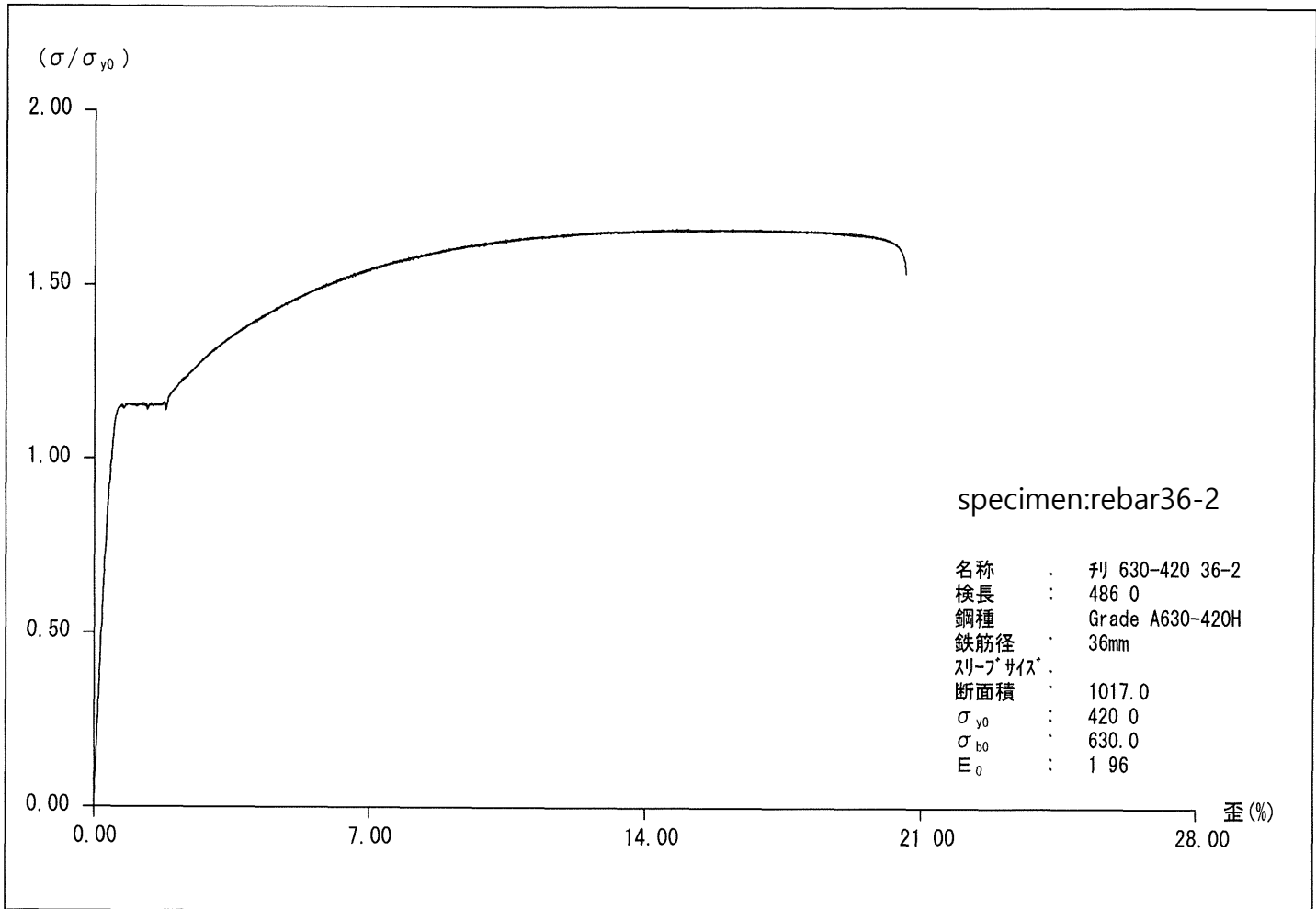
引張試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	刊 630-420 36-1
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	36mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
481	703	19.8	bar break 母材破断

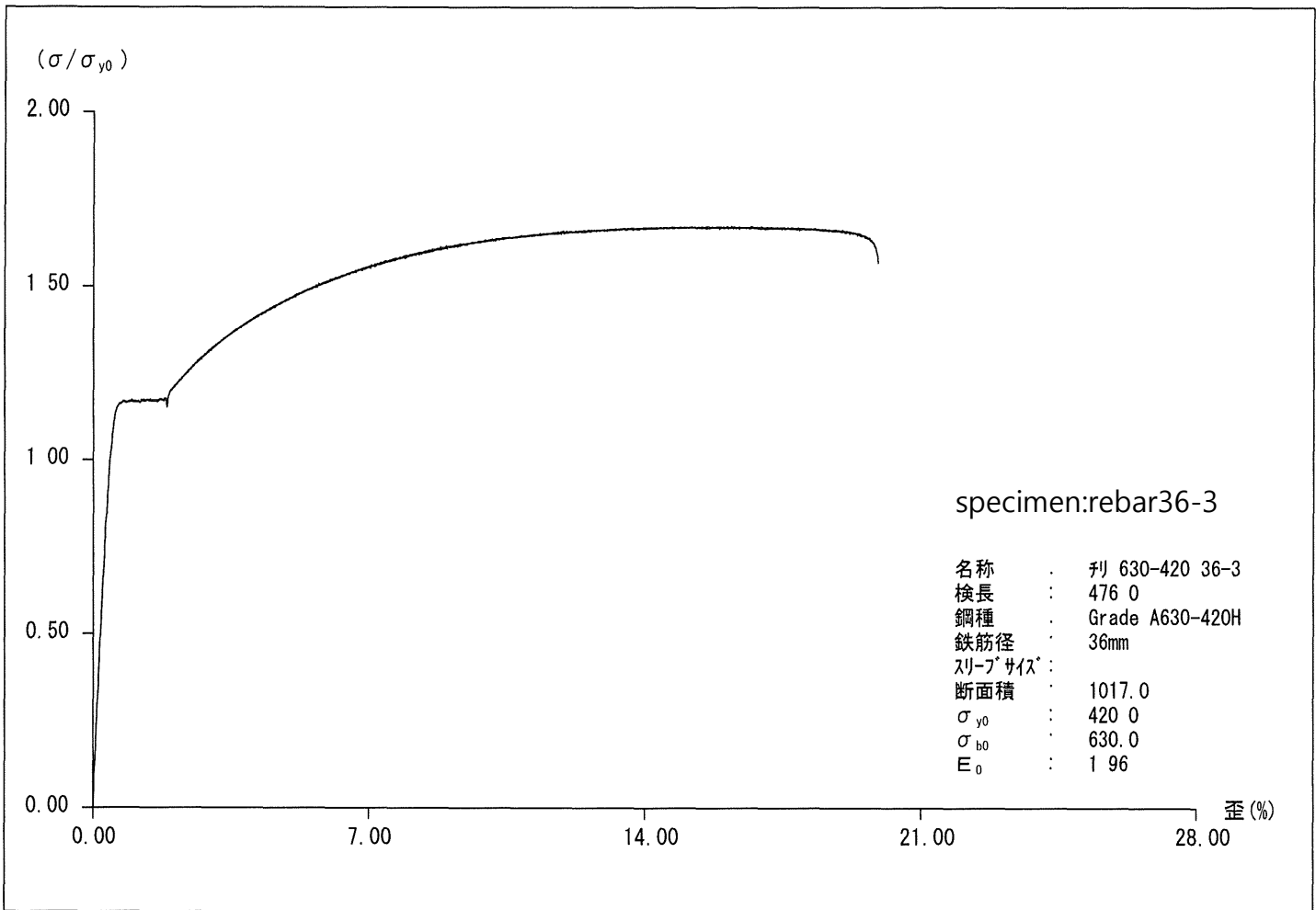
引張試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	刊 630-420 36-2
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	36mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
483	699	20.6	bar break 母材破断

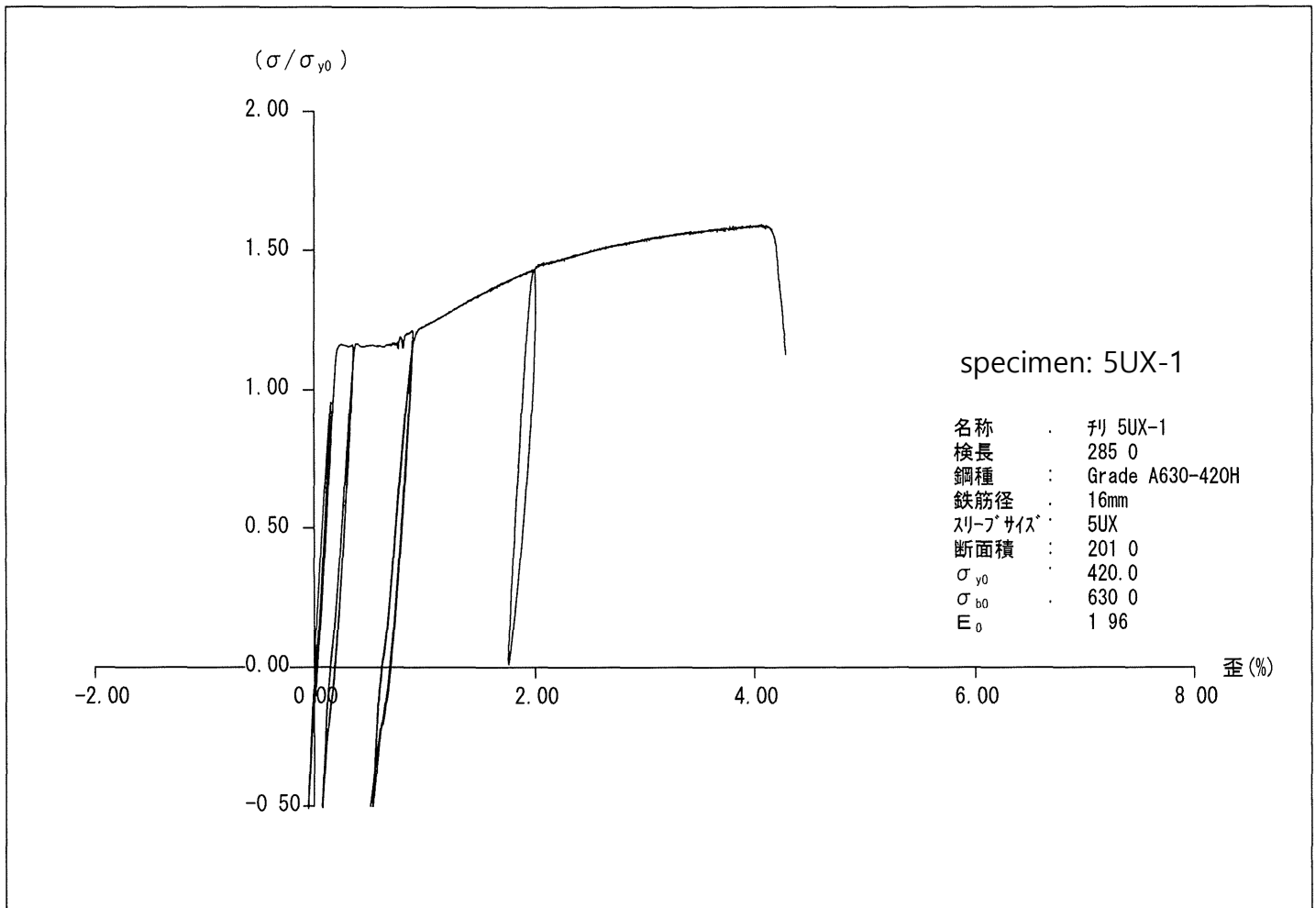
引張試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 630-420 36-3
日付	2016/03/09
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	36mm
スリーブサイズ	

yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	ductility じん性 %	failure mode 破壊 状況
487	703	19.9	bar break 母材破断

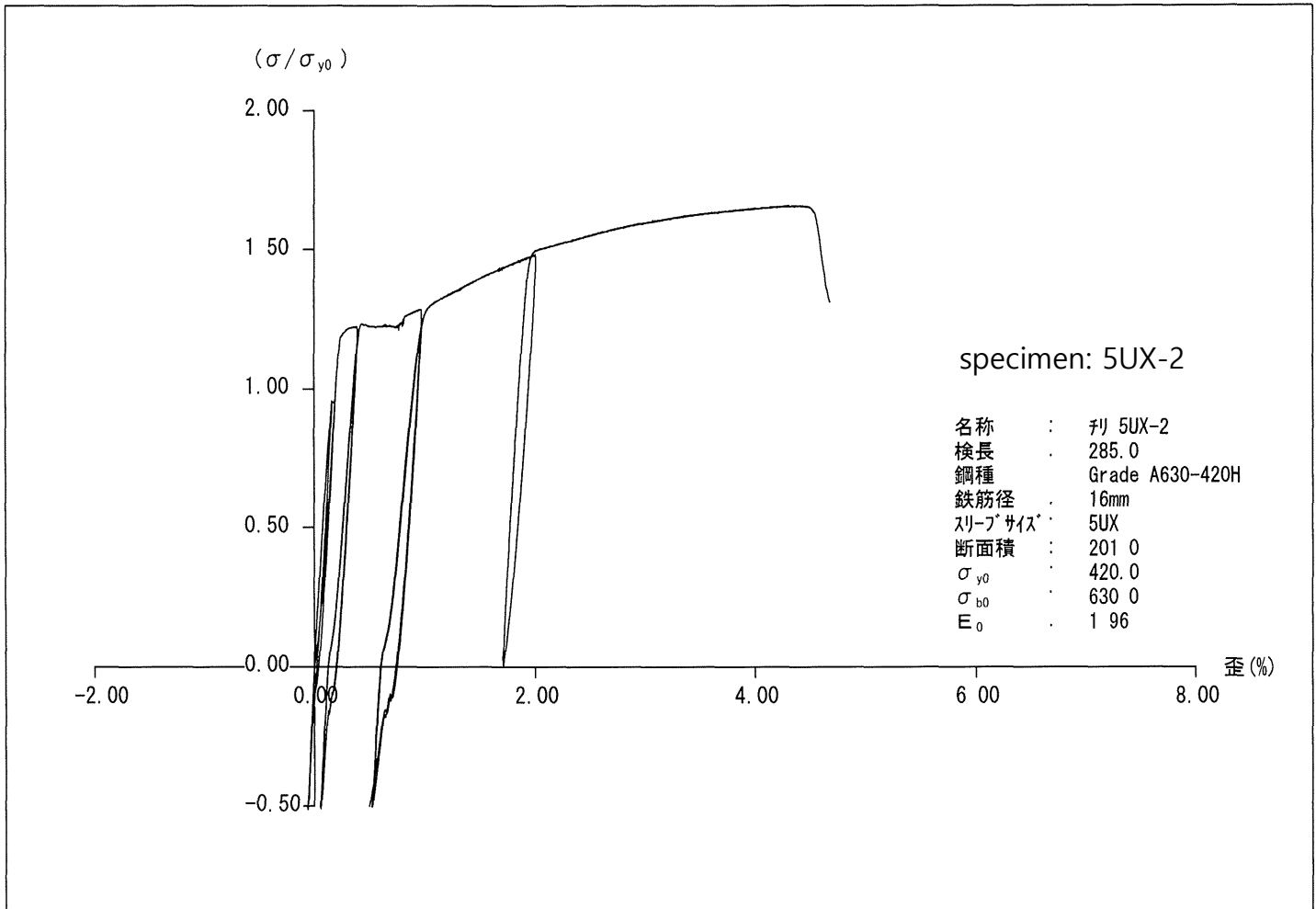
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 5UX-1
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	16mm
スリーブサイズ	5UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² × 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2εy	5εy	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	488	669	1.59	2.74	2.63	2.31	0.88	0.06	0.08	0.09	0.19	4.3	24.1	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—	≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

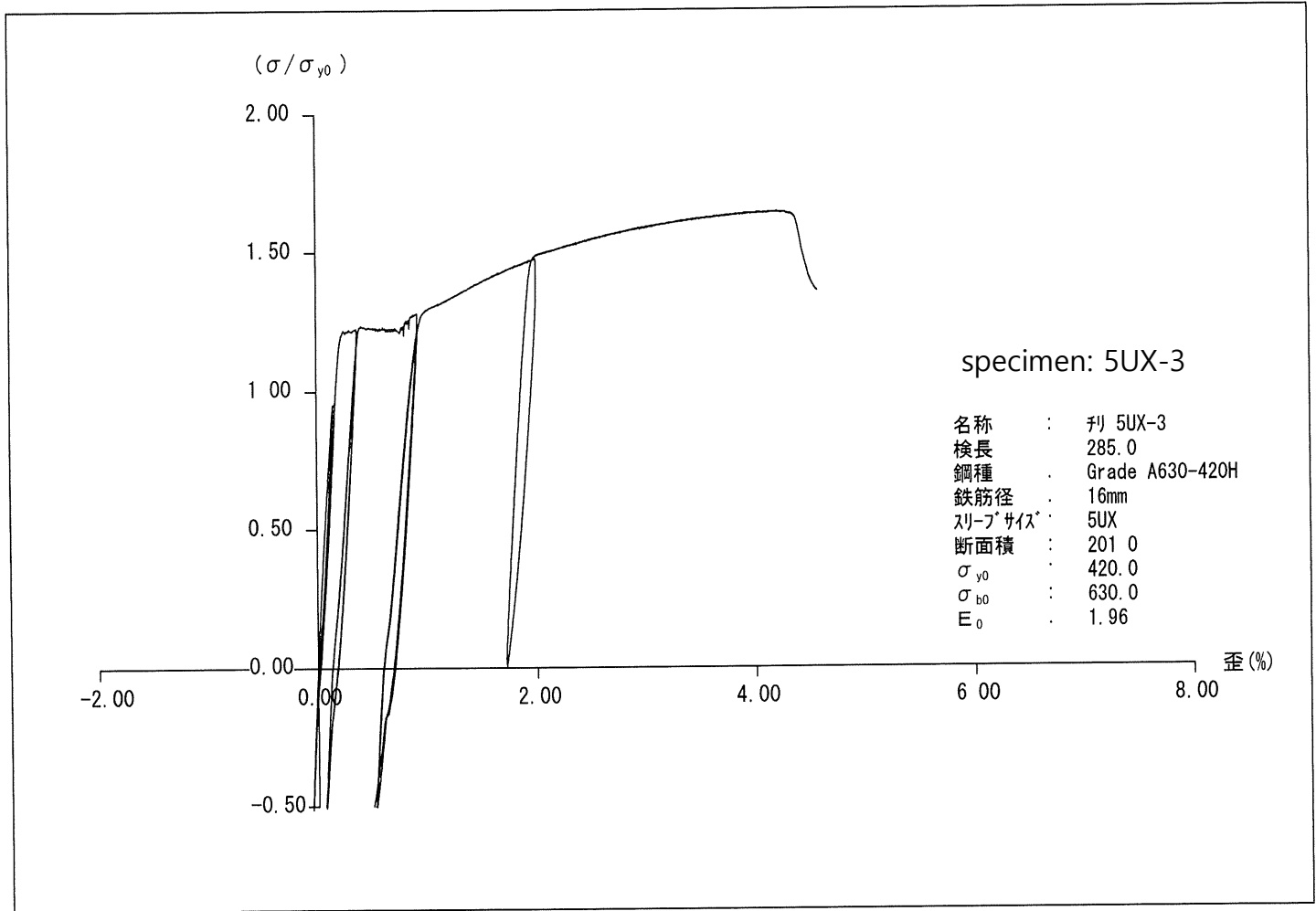
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 5UX-2
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	16mm
スリーブサイズ	5UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E 1C	0.95E 1C	0.95E 20C	20C / 1C	0.95 σ_{y0} 1C	0.95 σ_{y0} 20C	2 ϵ_y 4C	5 ϵ_y 4C	%	ϵ_u / ϵ_y	
				2.64	2.51	2.12	0.84	0.06	0.10	0.16	0.31	4.7	24.1	
規格	513	696	1.66	2.64	2.51	2.12	0.84	0.06	0.10	0.16	0.31	4.7	24.1	広口拔出 pull out
SA級	—	≥ 1.35 又は $\geq \sigma_{b0}$	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

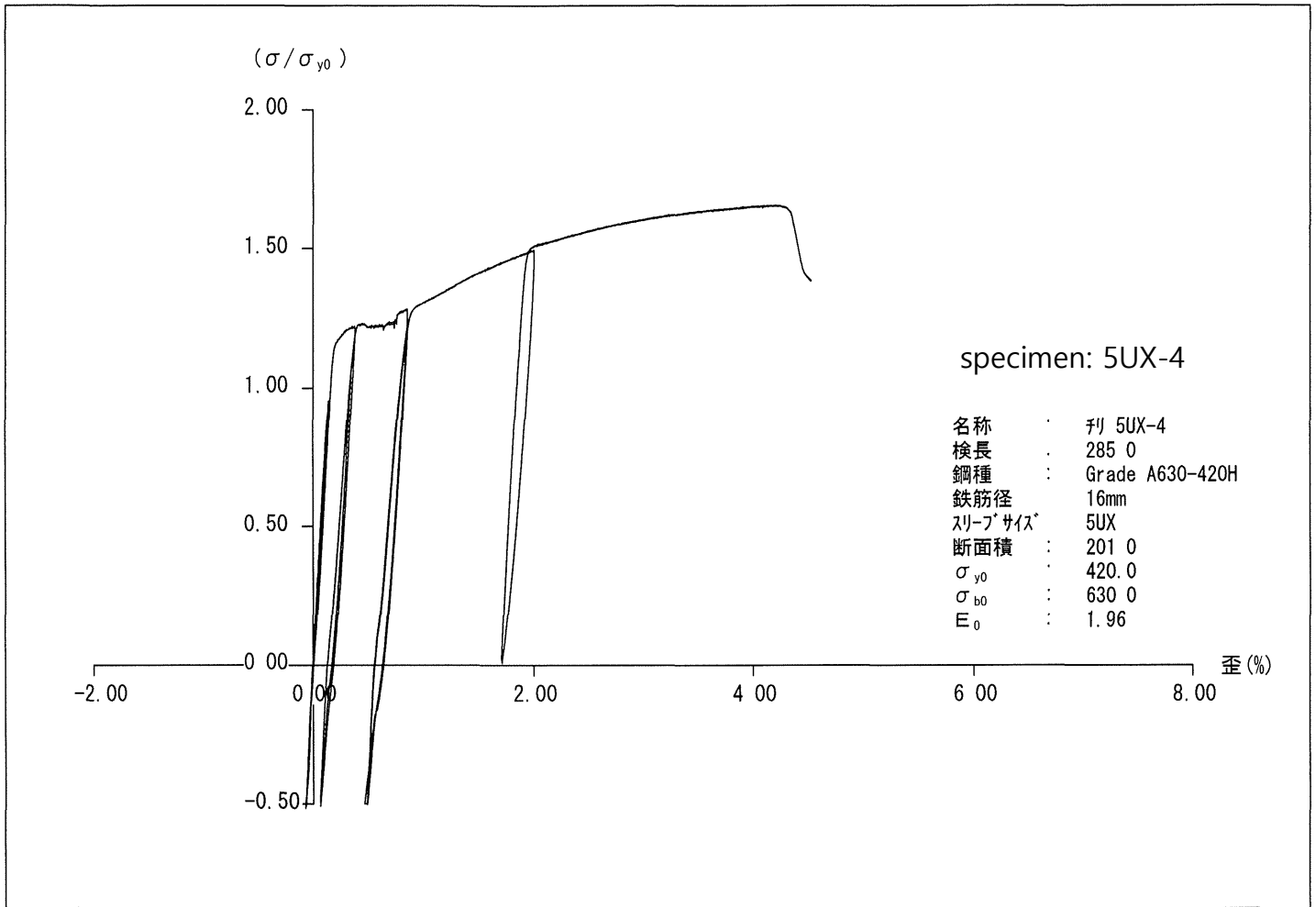
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 5UX-3
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	16mm
スリーブサイズ	5UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E 1C	0.95E 1C	0.95E 20C	20C / 1C	0.95 σ_{y0} 1C	0.95 σ_{y0} 20C	2E y 4C	5E y 4C	%	ϵ_u / ϵ_y	
	510	690	1.64	2.77	2.65	2.34	0.88	0.05	0.06	0.11	0.22	4.6	24.9	広口抜出 pull out
SA級	—	≥ 1.35 又は $\geq \sigma_{b0}$	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

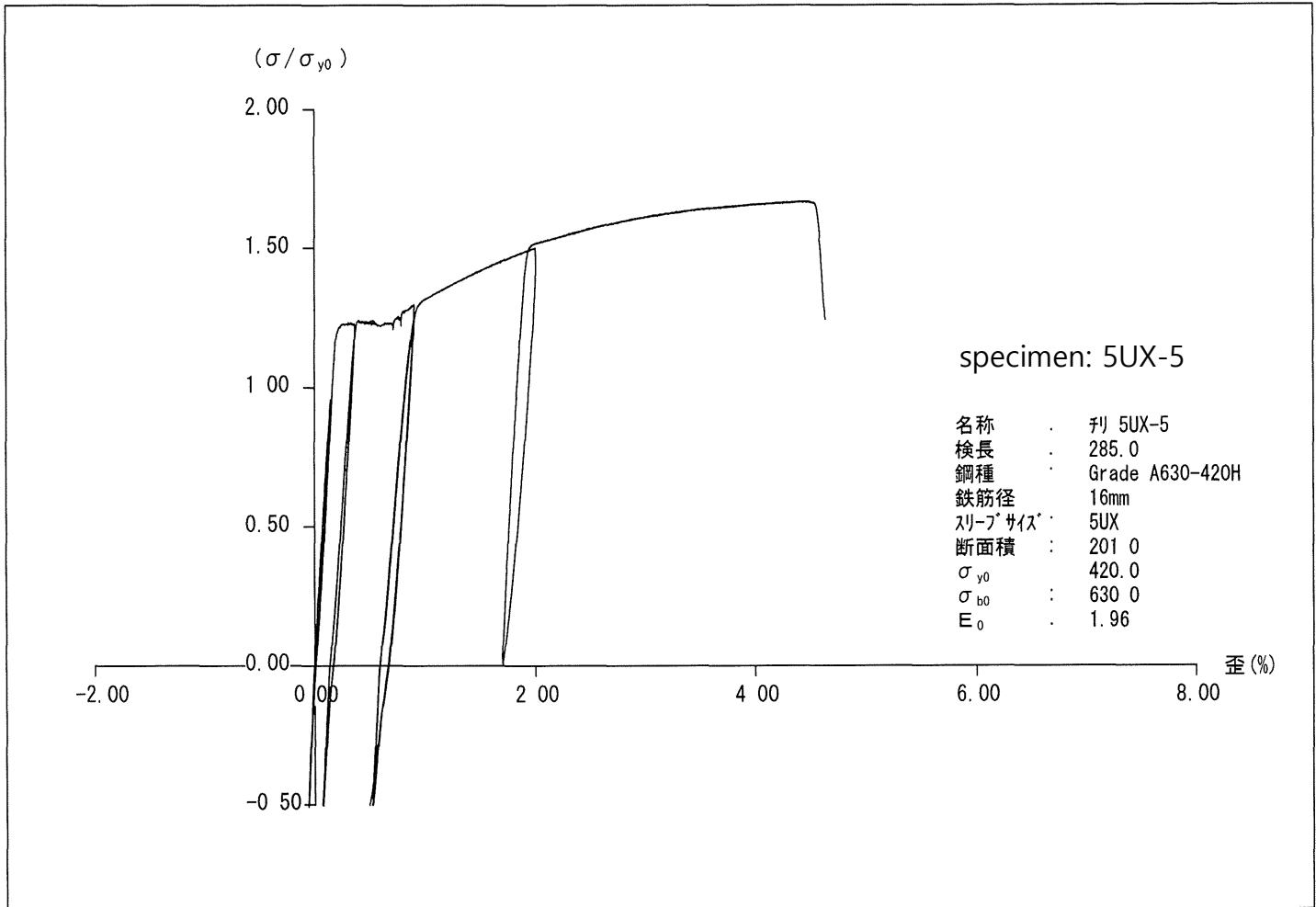
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 5UX-4
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	16mm
スリーブサイズ	5UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ϵ_u / ϵ_y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	511	695	1.66	3.00	2.88	2.62	0.91	0.01	0.01	0.12	0.20	4 5	26.6	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

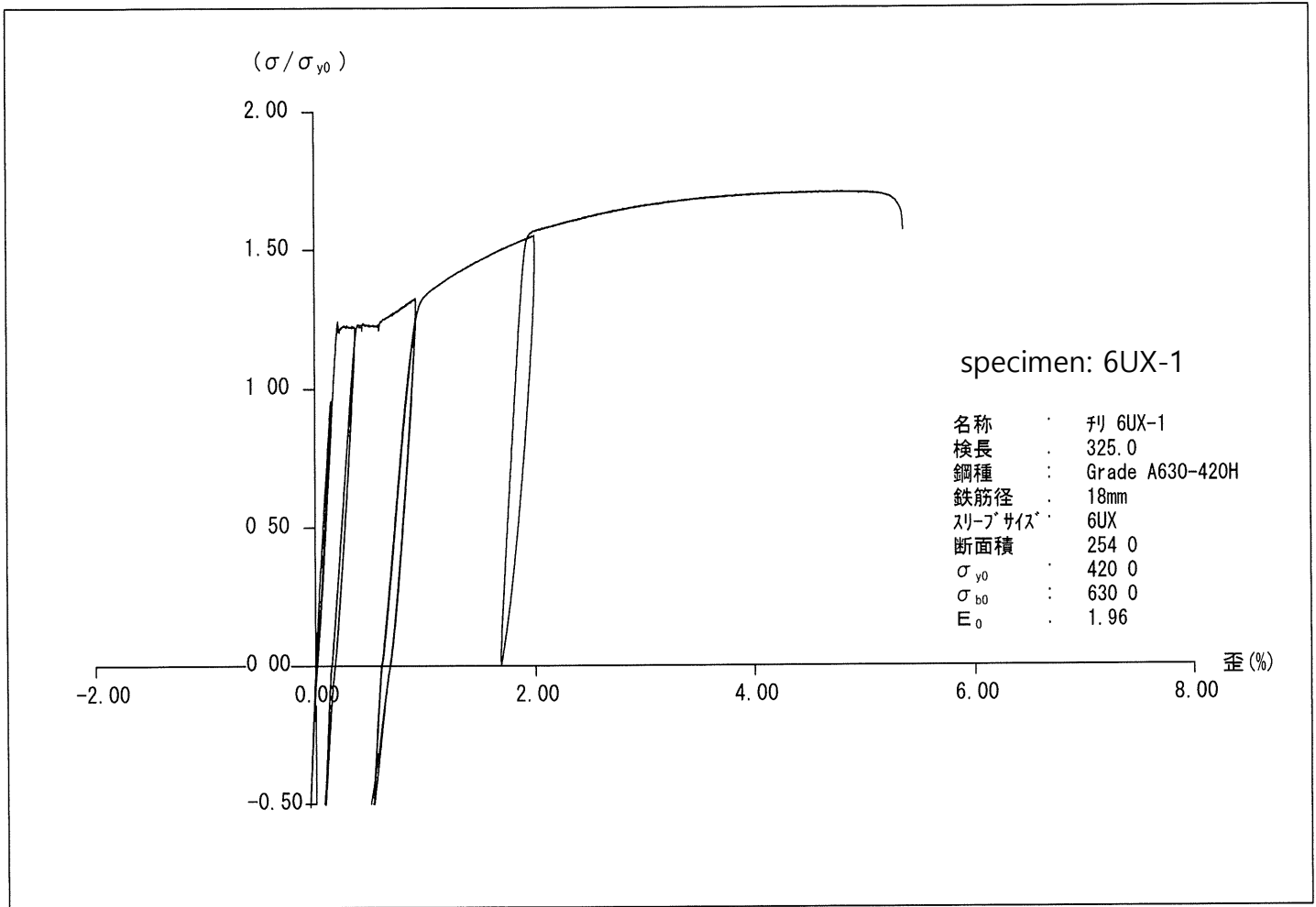
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 5UX-5
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	16mm
スリーブサイズ	5UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
	515	700	1.67	2.86	2.78	2.57	0.93	0.03	0.03	0.09	0.19	4.6	25.7	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

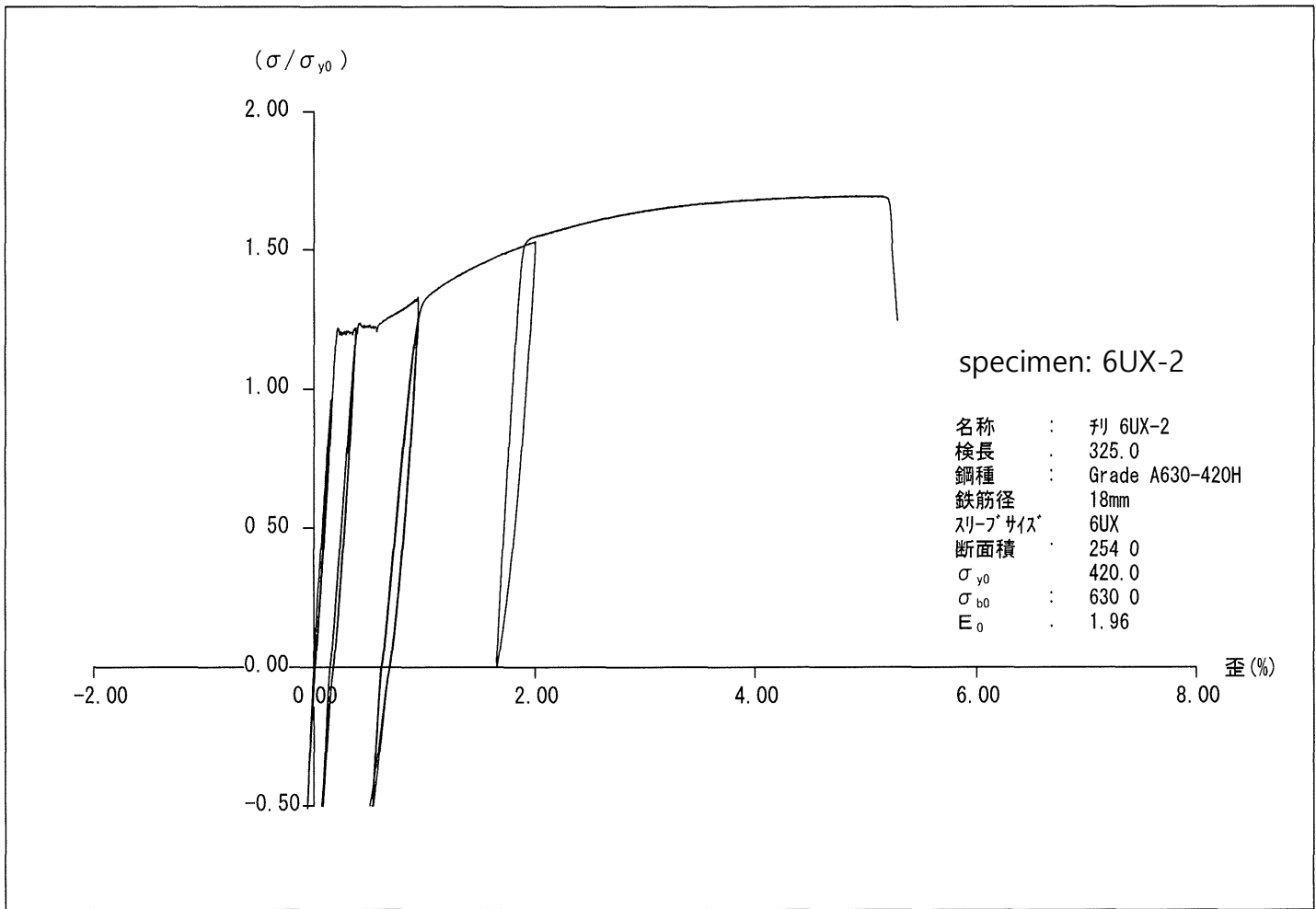
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 6UX-1
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	18mm
スリーブサイズ	6UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	2.0C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	515	717	1.71	2.79	2.72	2.47	0.91	0.05	0.05	0.08	0.23	5.4	29.0	母材破断 bar break
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

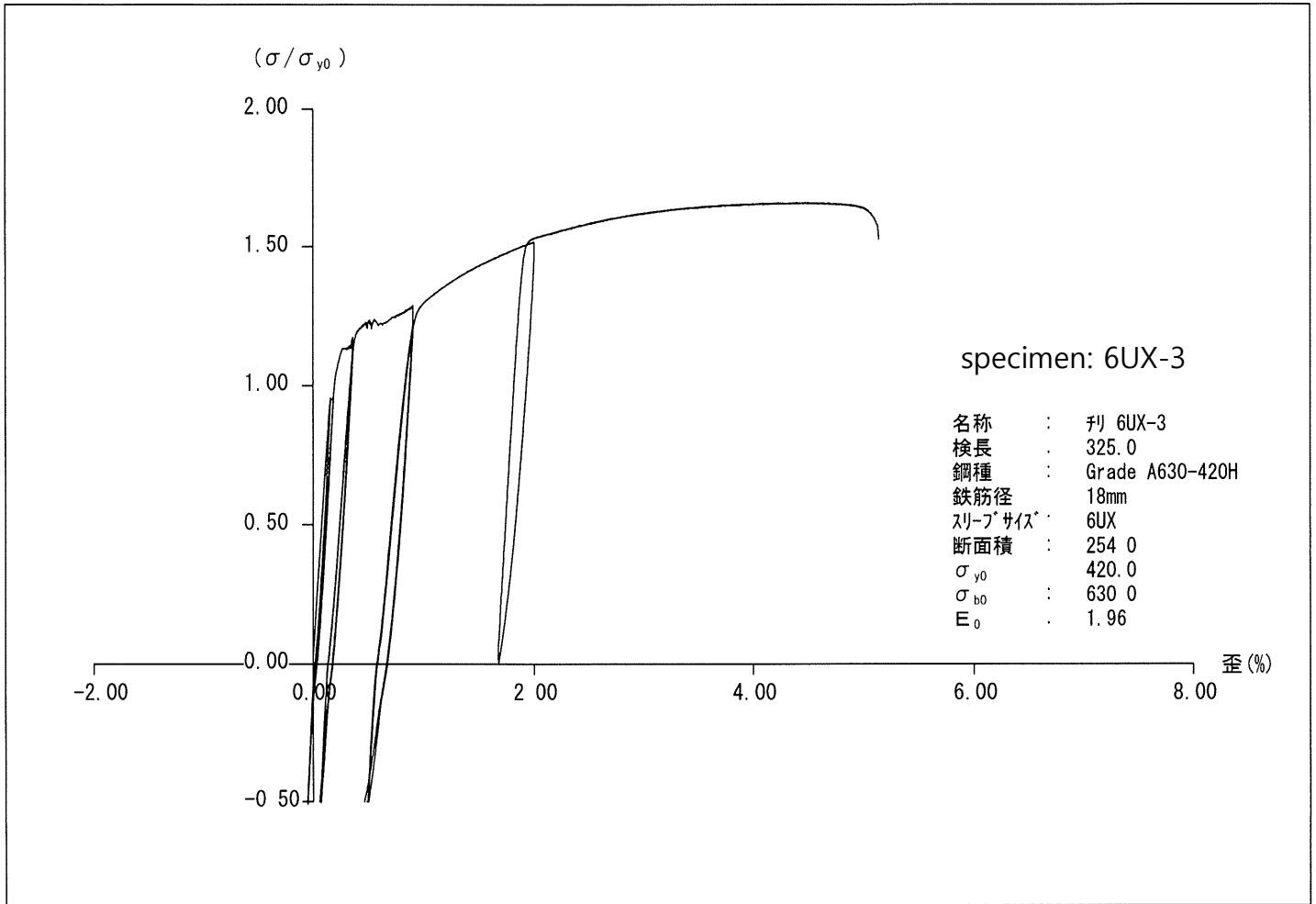
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 6UX-2
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	18mm
スリーブサイズ	6UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況		
				0.7E		0.95E		0.95E		2ε _y		5ε _y			%	ε _u / ε _y
				1C	1C	20C	1C	0.95 σ _{y0} 1C	0.95 σ _{y0} 20C	4C	4C					
規格	511	711	1.69	2.71	2.66	2.45	0.92	0.04	0.04	0.09	0.24	5.3	28.1	広口拔出 pull out		
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end			
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—			

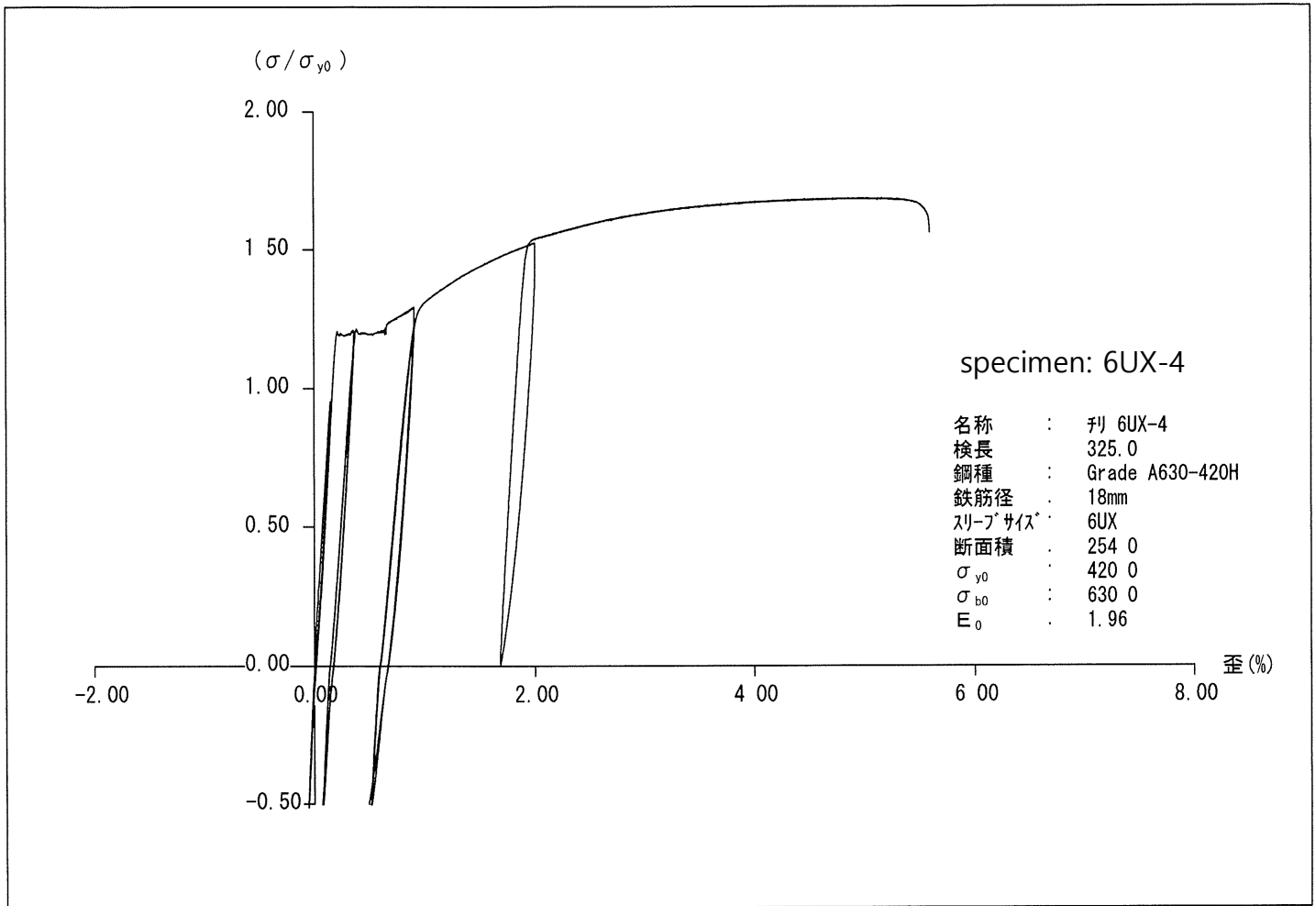
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 6UX-3
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	18mm
スリーブサイズ	6UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	476	697	1.66	2.63	2.53	2.16	0.85	0.08	0.11	0.09	0.24	5.1	28.4	母材破断 bar break
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

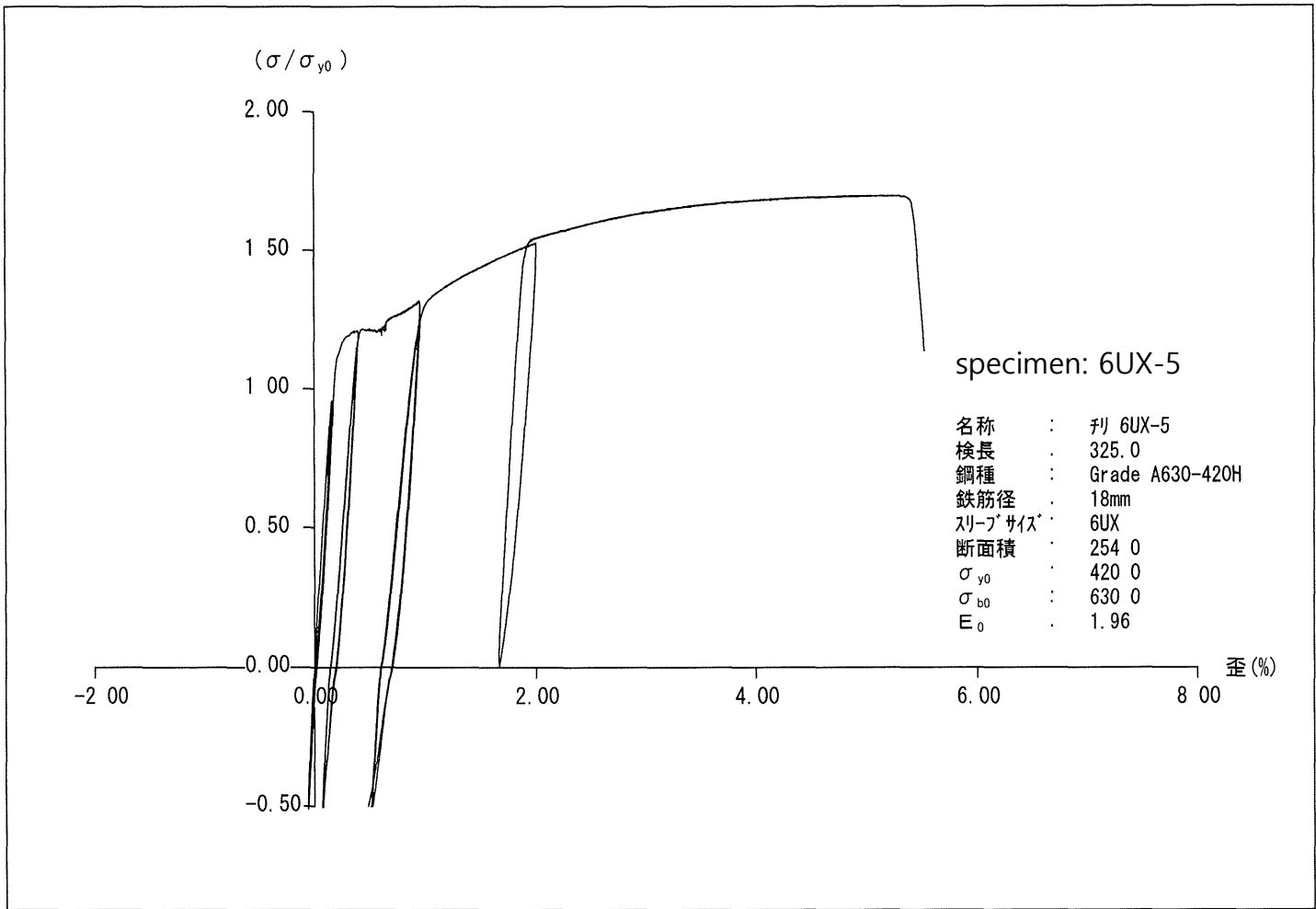
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 6UX-4
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	18mm
スリーブサイズ	6UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	1C	20C	4C	4C			
規格	503	707	1.68	2.76	2.70	2.49	0.92	0.05	0.05	0.09	0.24	5.6	30.7	母材破断 bar break
SA級	—	≥ 1.35 又は ≥ σ _{b0}	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	—	
A級	—		—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

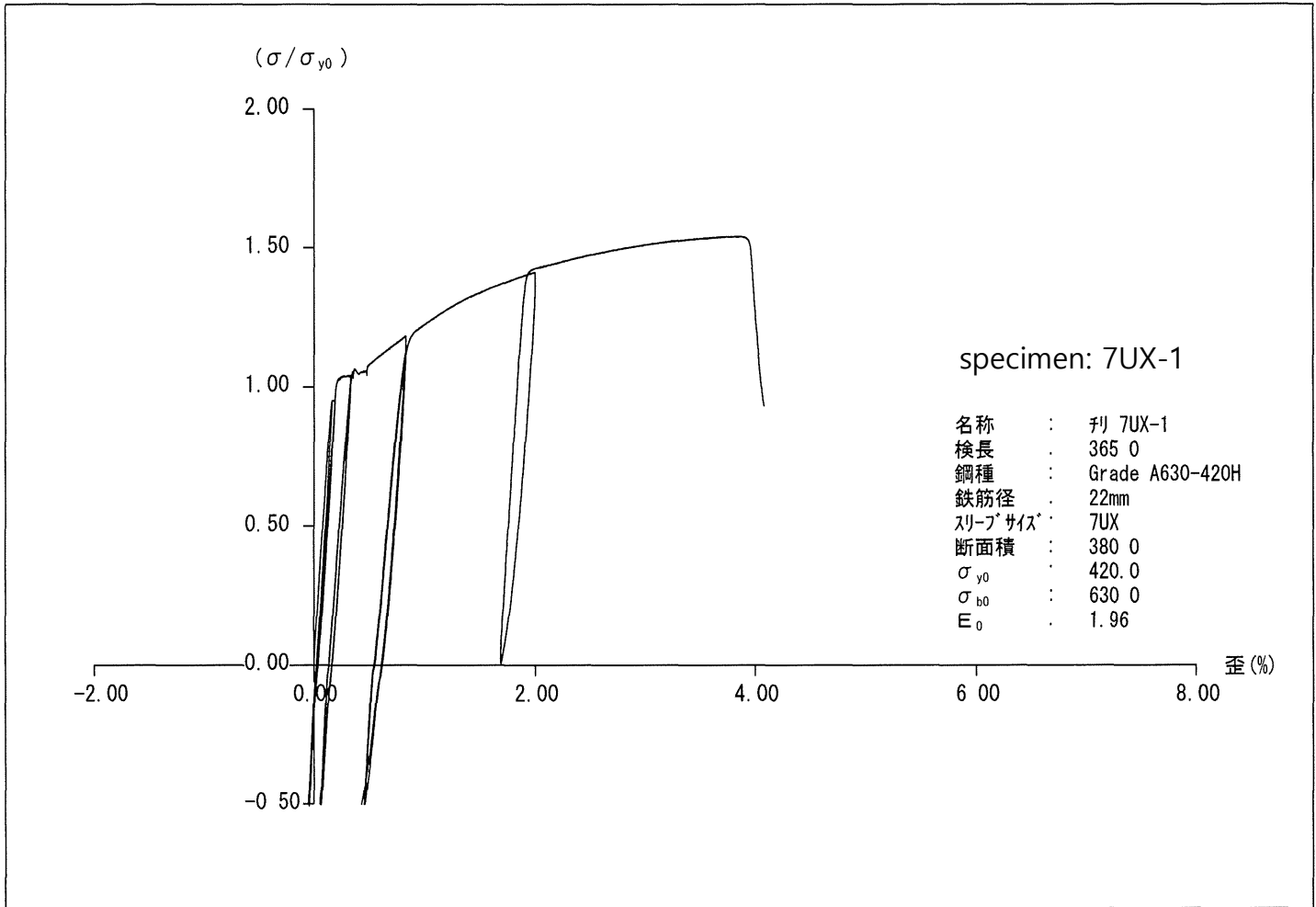
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 6UX-5
日付	2016/03/16
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	18mm
スリーブサイズ	6UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2εy	5εy	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	507	712	1.70	2.66	2.57	2.32	0.90	0.06	0.06	0.13	0.29	5.5	29.0	広口抜出 pull out wide-end
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

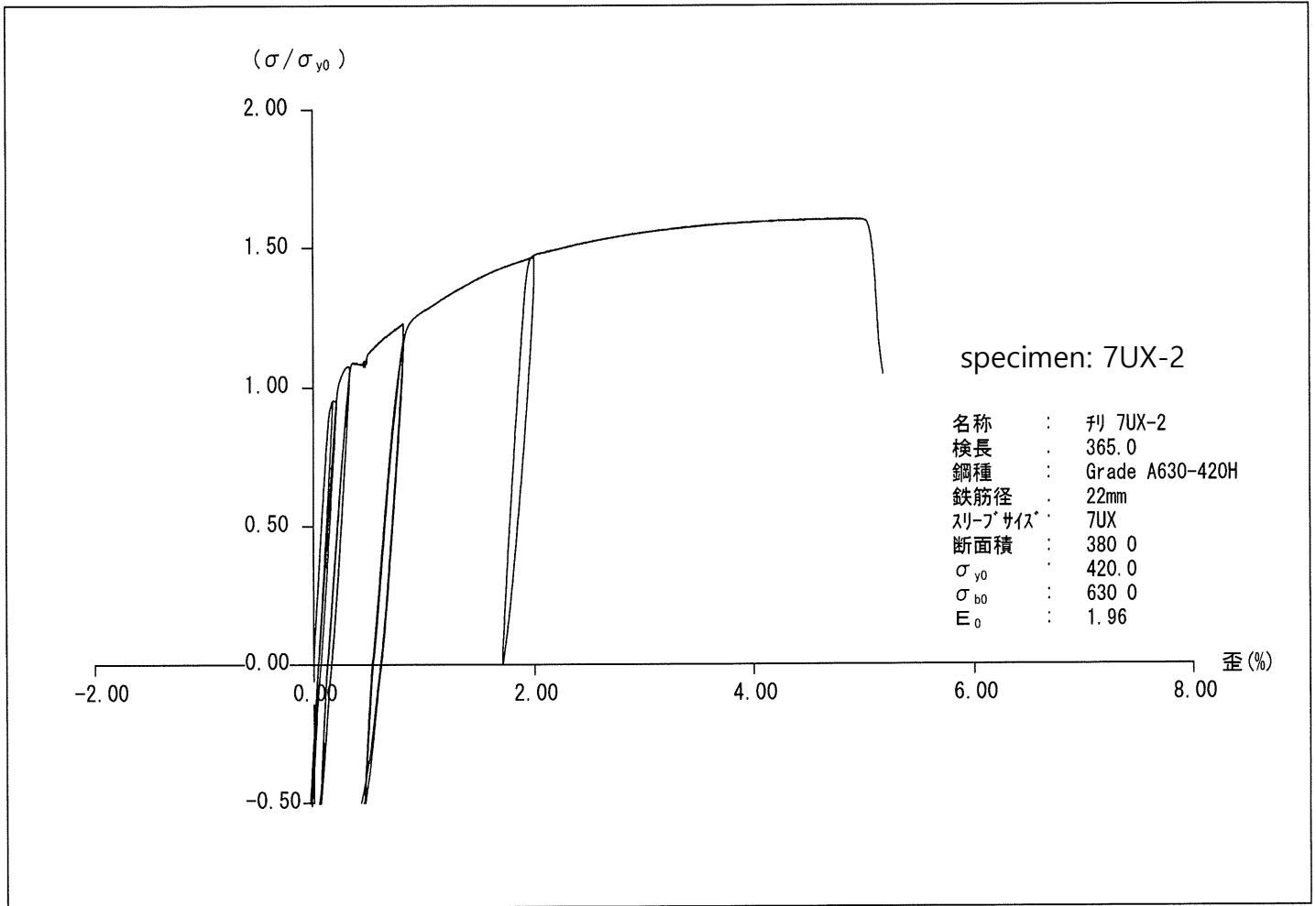
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 7UX-1
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	22mm
スリーブサイズ	7UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² × 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2εy	5εy	%	εu / εy	
				1C	1C	20C	1C	σy0 1C	σy0 20C	4C	4C			
規格	431	647	1.54	2.61	2.50	2.10	0.84	0.08	0.13	0.08	0.23	4.1	24.5	広口拔出 pull out
SA級	—	≥ 1.35 又は	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	wide end	
A級	—	≥ σb0	—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

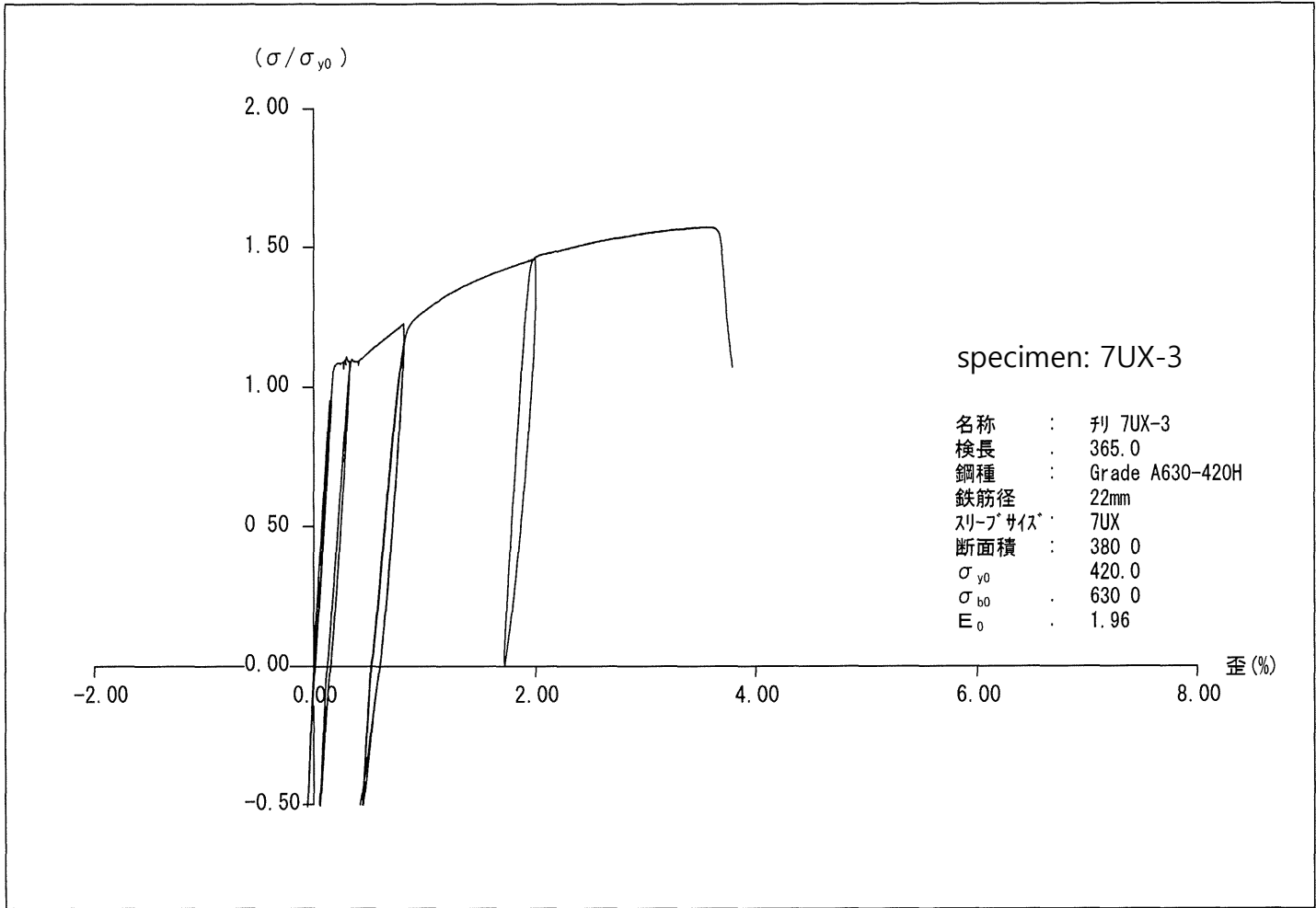
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 7UX-2
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	22mm
スリーブサイズ	7UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	451	673	1.60	2.77	2.43	1.90	0.78	0.15	0.23	0.08	0.18	5.2	31.8	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

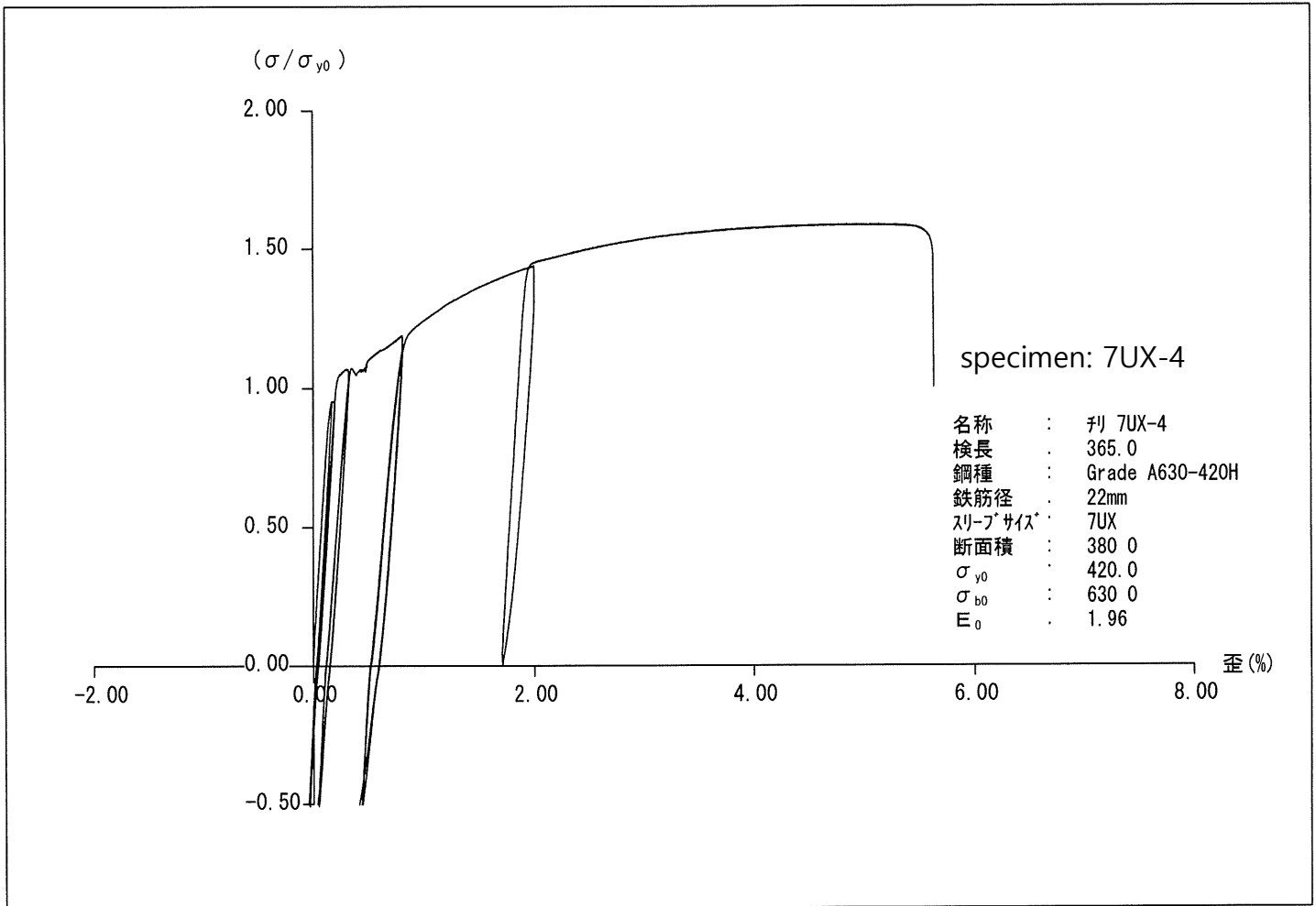
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 7UX-3
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	22mm
スリーブサイズ	7UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	455	660	1.57	2.81	2.74	2.51	0.92	0.05	0.05	0.09	0.23	3.8	23.4	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide_end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

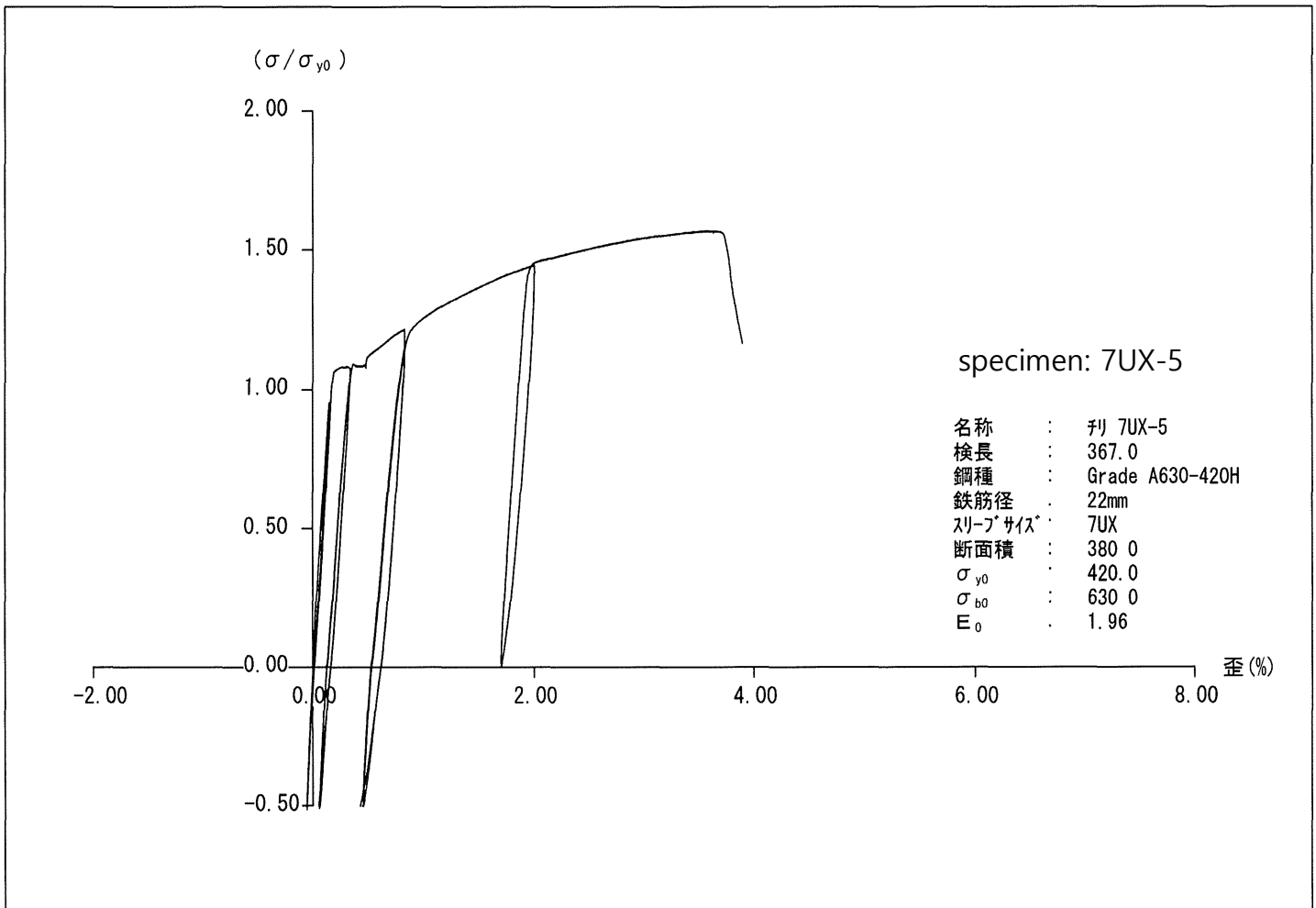
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 7UX-4
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	22mm
スリーブサイズ	7UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	1C	20C	4C	4C			
規格	447	666	1.59	2.79	2.49	2.04	0.82	0.11	0.16	0.11	0.24	5.6	35.1	母材破断 bar break
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

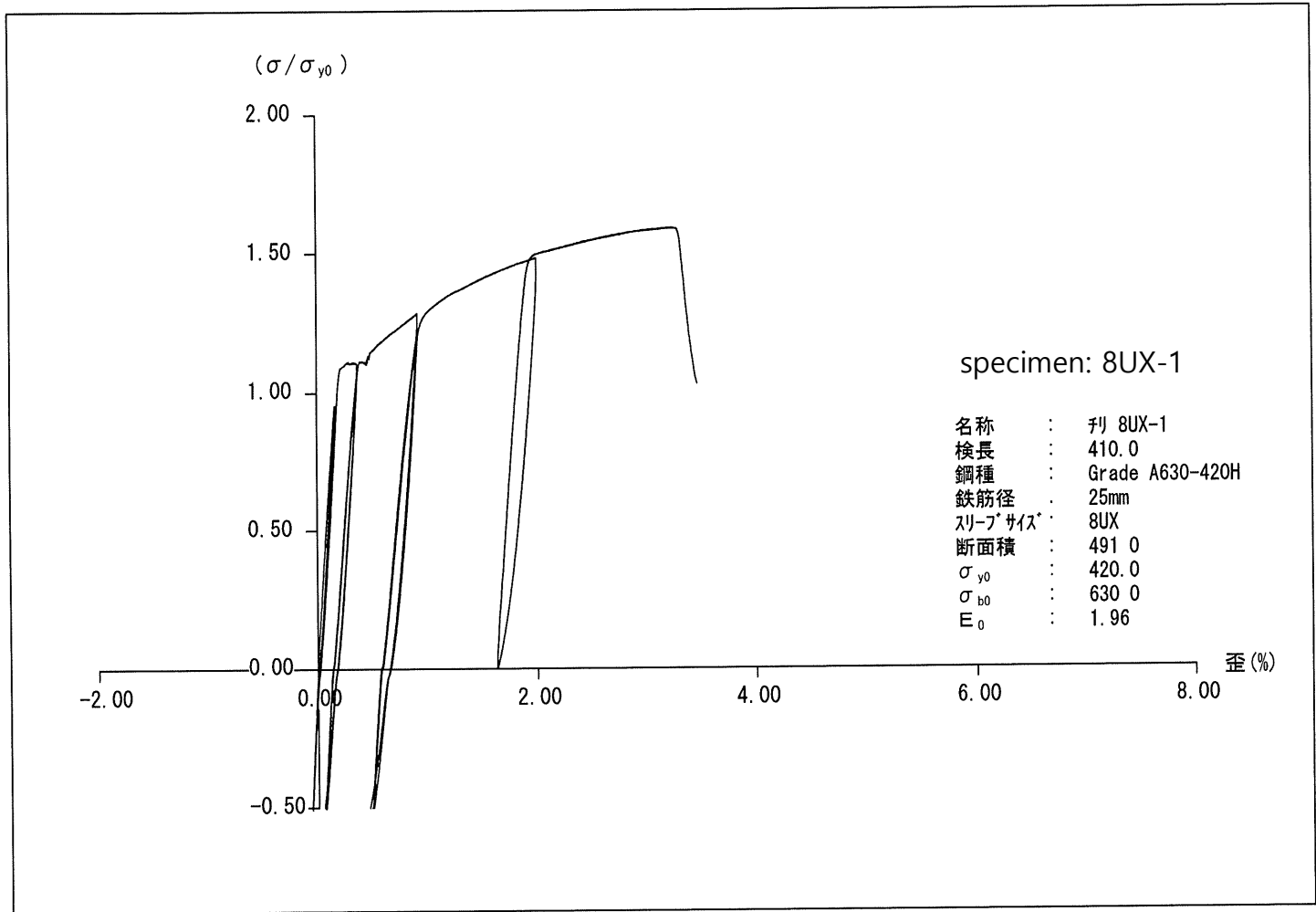
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 7UX-5
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	22mm
スリーブサイズ	7UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² × 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	453	658	1.57	2.75	2.68	2.45	0.92	0.05	0.06	0.08	0.23	3.9	23.6	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

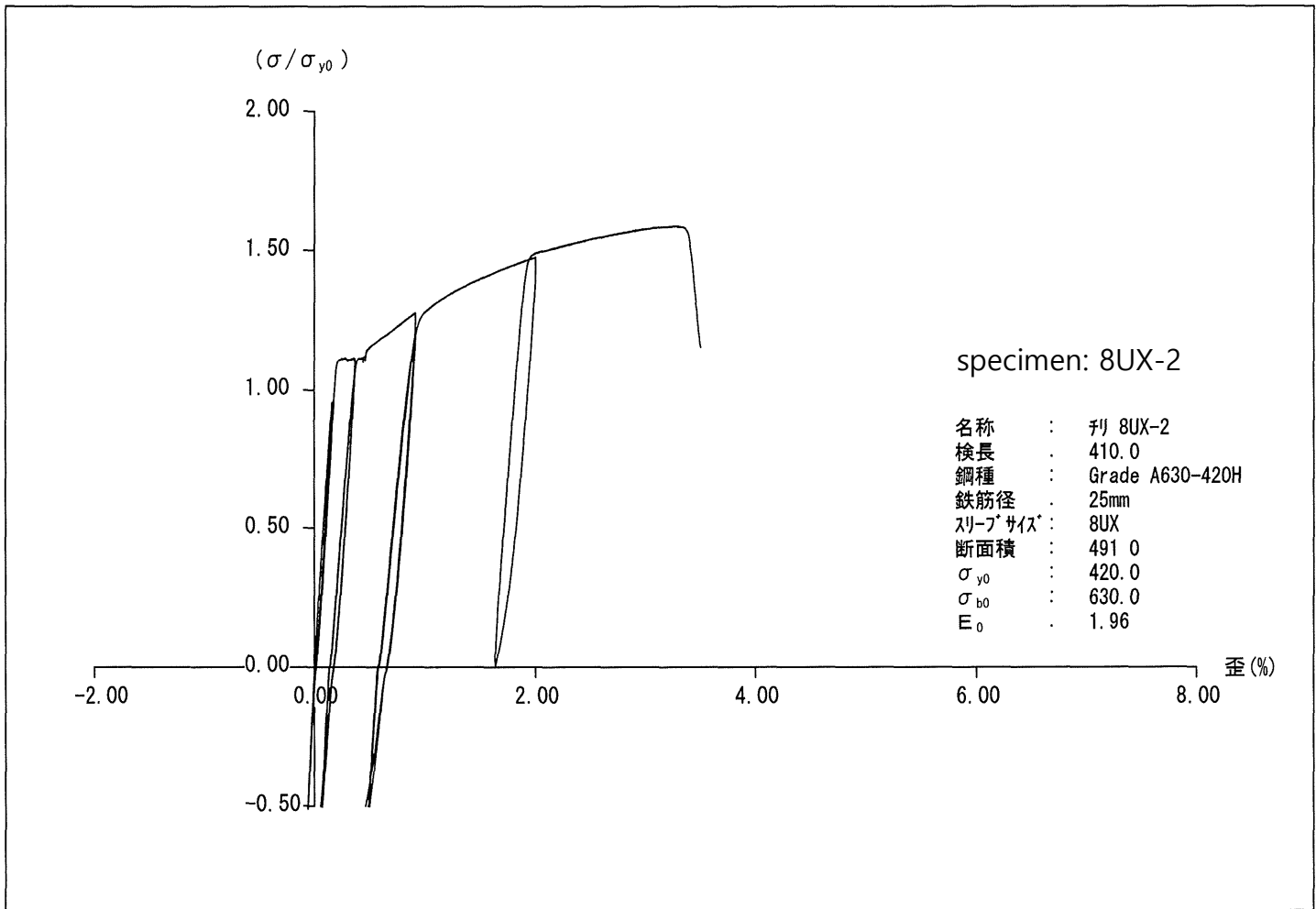
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 8UX-1
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	25mm
スリーブサイズ	8UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E 1C	0.95E 1C	0.95E 20C	20C / 1C	0.95 σ_{y0} 1C	0.95 σ_{y0} 20C	2εy 4C	5εy 4C	%	ε _u / ε _y	
	465	668	1.59	2.54	2.48	2.23	0.90	0.07	0.09	0.13	0.33	3.5	18.9	広口抜出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—	wide_end
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	—

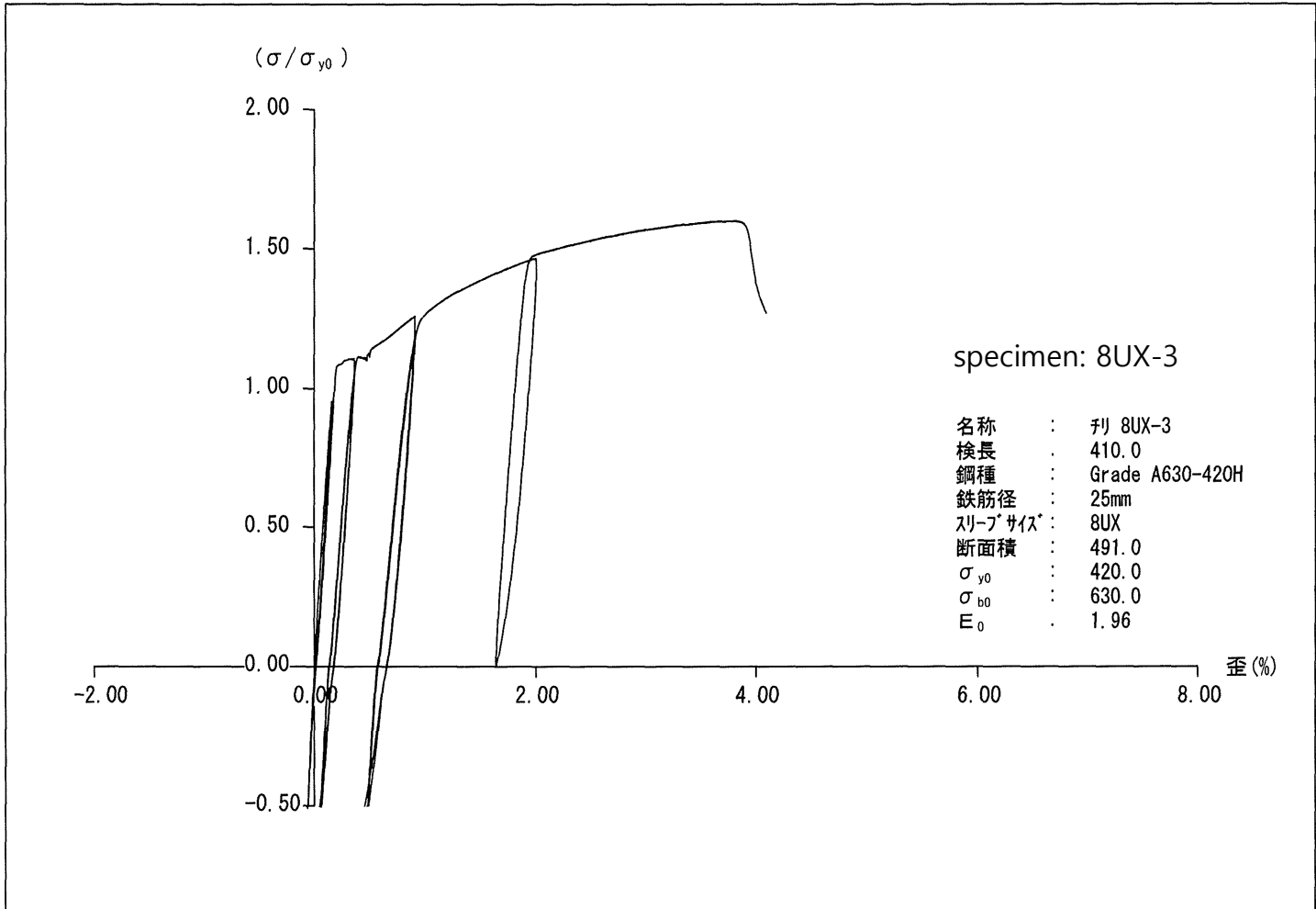
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 8UX-2
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	25mm
スリーブサイズ	8UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	466	666	1.59	2.56	2.49	2.28	0.91	0.06	0.07	0.12	0.33	3.5	19.2	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide_end	
A級	—	≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

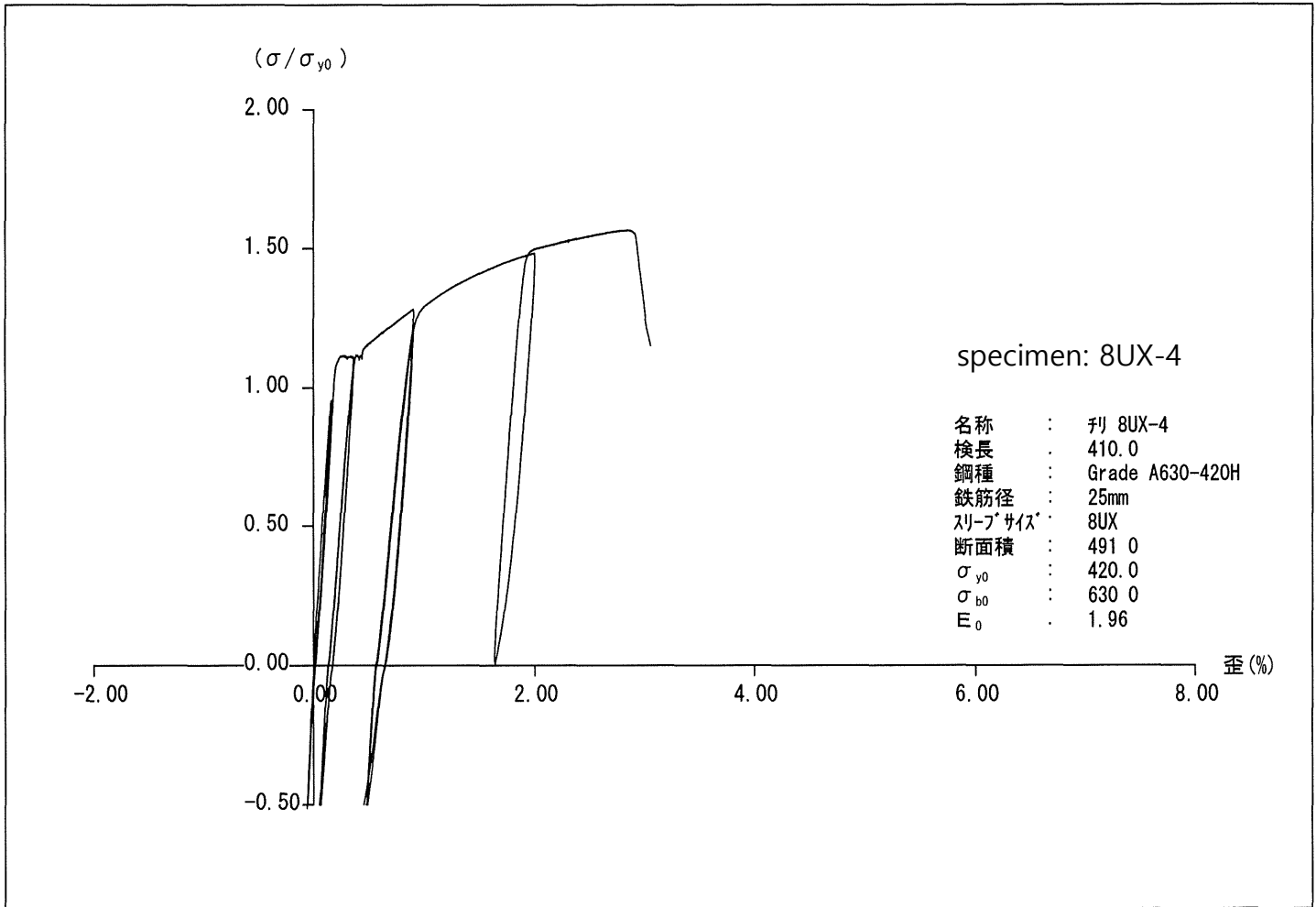
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 8UX-3
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	25mm
スリーブサイズ	8UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	/ 1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	464	672	1.60	2.56	2.49	2.27	0.91	0.07	0.07	0.13	0.34	4.1	22.5	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide_end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

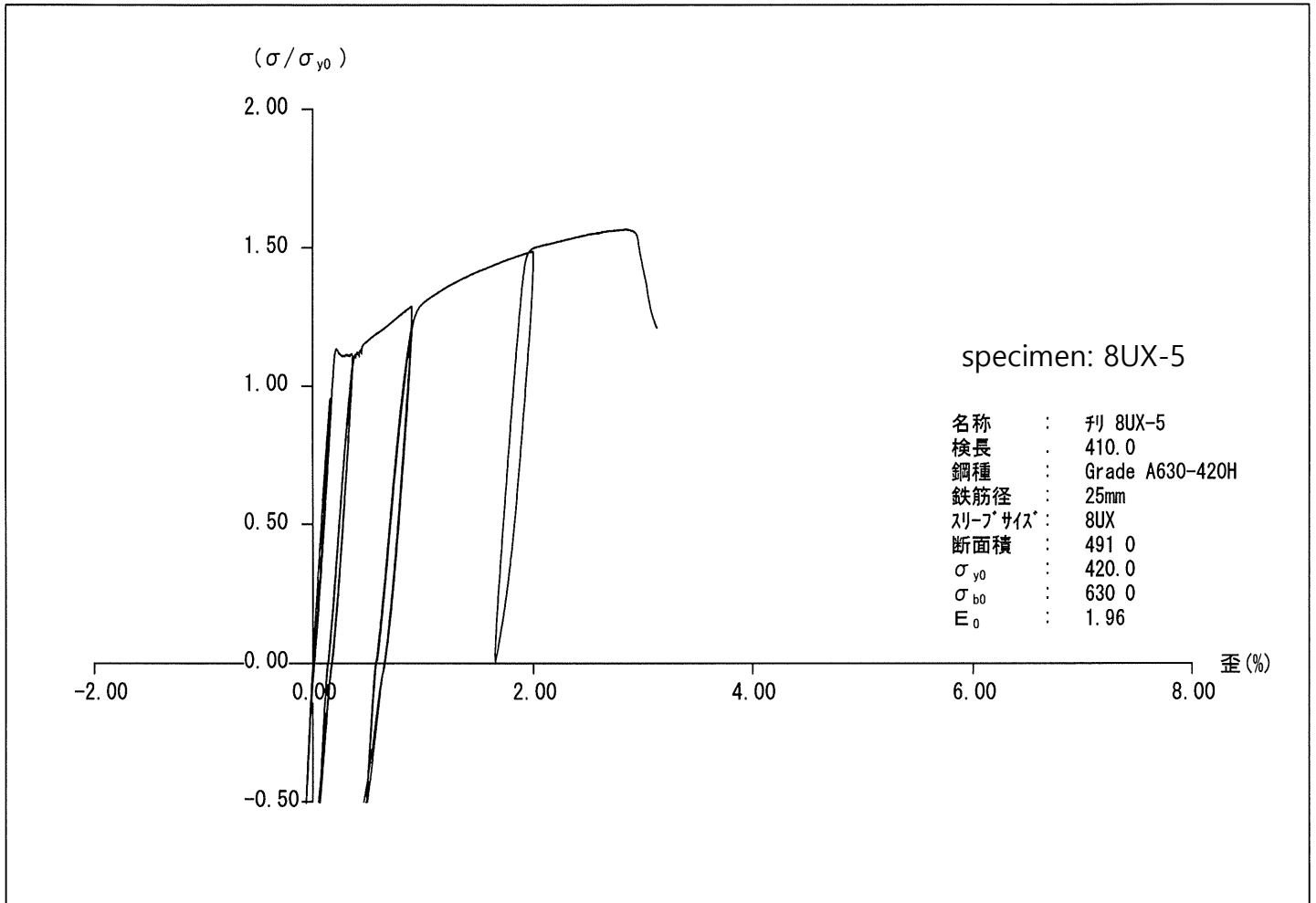
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 8UX-4
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	25mm
スリーブサイズ	8UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E 1C	0.95E 1C	0.95E 20C	20C / 1C	0.95 σ_{y0} 1C	0.95 σ_{y0} 20C	2 ϵ_y 4C	5 ϵ_y 4C	%	ϵ_u / ϵ_y	
規格	467	658	1.57	2.58	2.52	2.28	0.91	0.07	0.07	0.13	0.33	3.1	16.9	広口拔出 pull out
SA級	—	≥ 1.35 又は $\geq \sigma_{b0}$	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	wide_end	
A級	—		—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

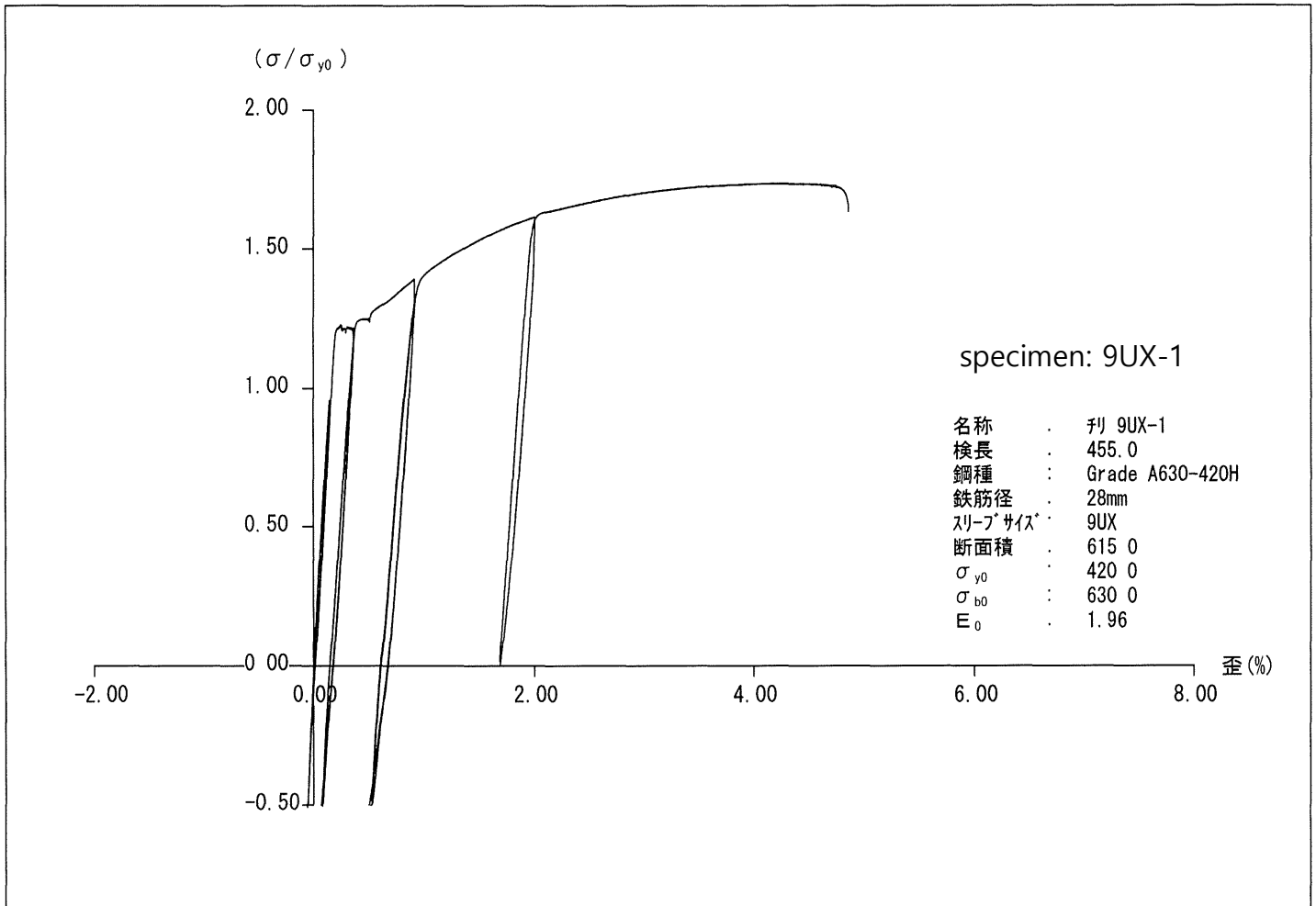
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 8UX-5
日付	2016/03/15
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	25mm
スリーブサイズ	8UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	475	658	1.57	2.65	2.57	2.36	0.92	0.05	0.06	0.12	0.30	3.1	17.5	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

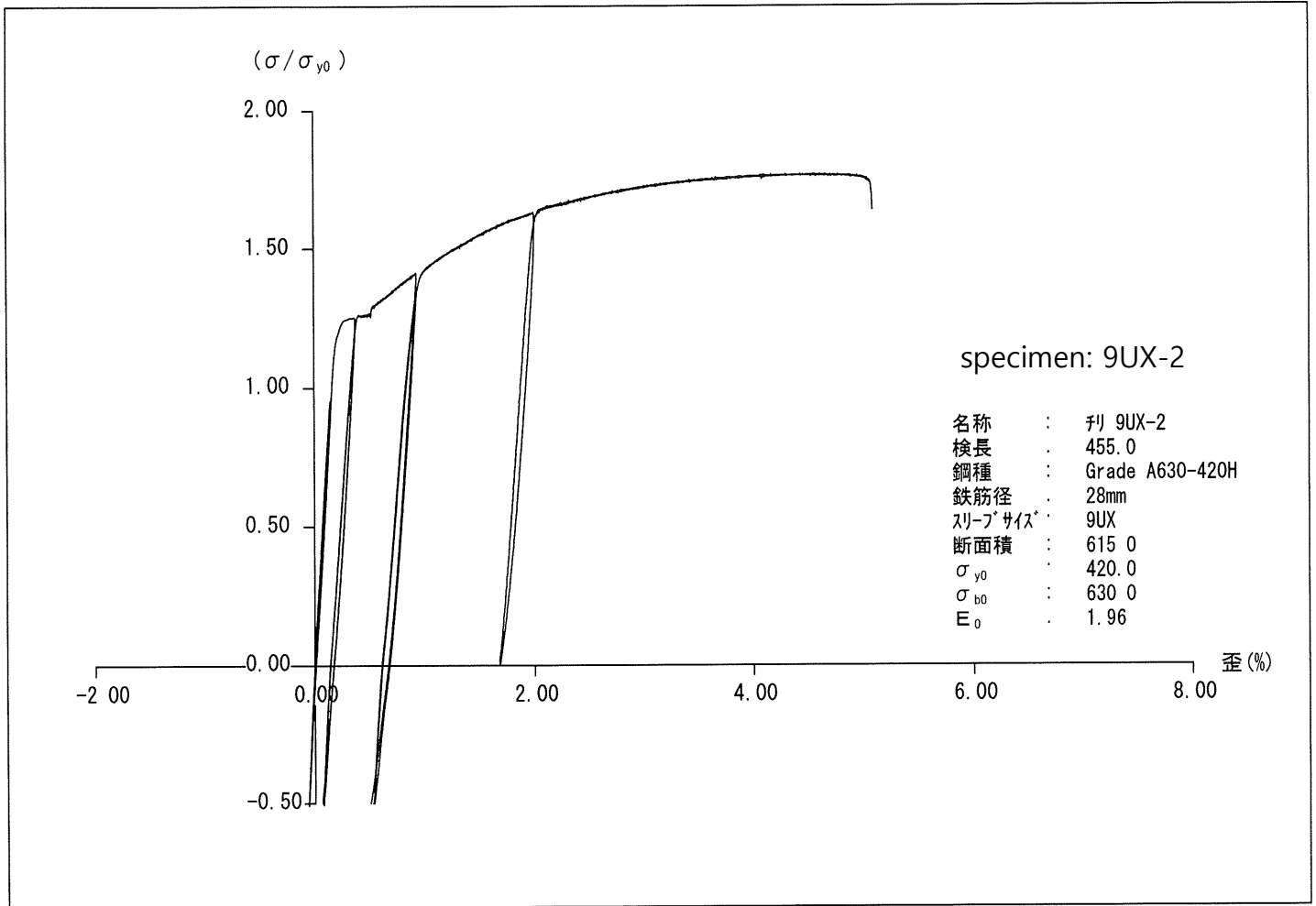
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 9UX-1
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	28mm
スリーブサイズ	9UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² × 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	514	729	1.74	2.82	2.73	2.53	0.93	0.07	0.07	0.11	0.27	4.9	26.6	母材破断 bar break
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

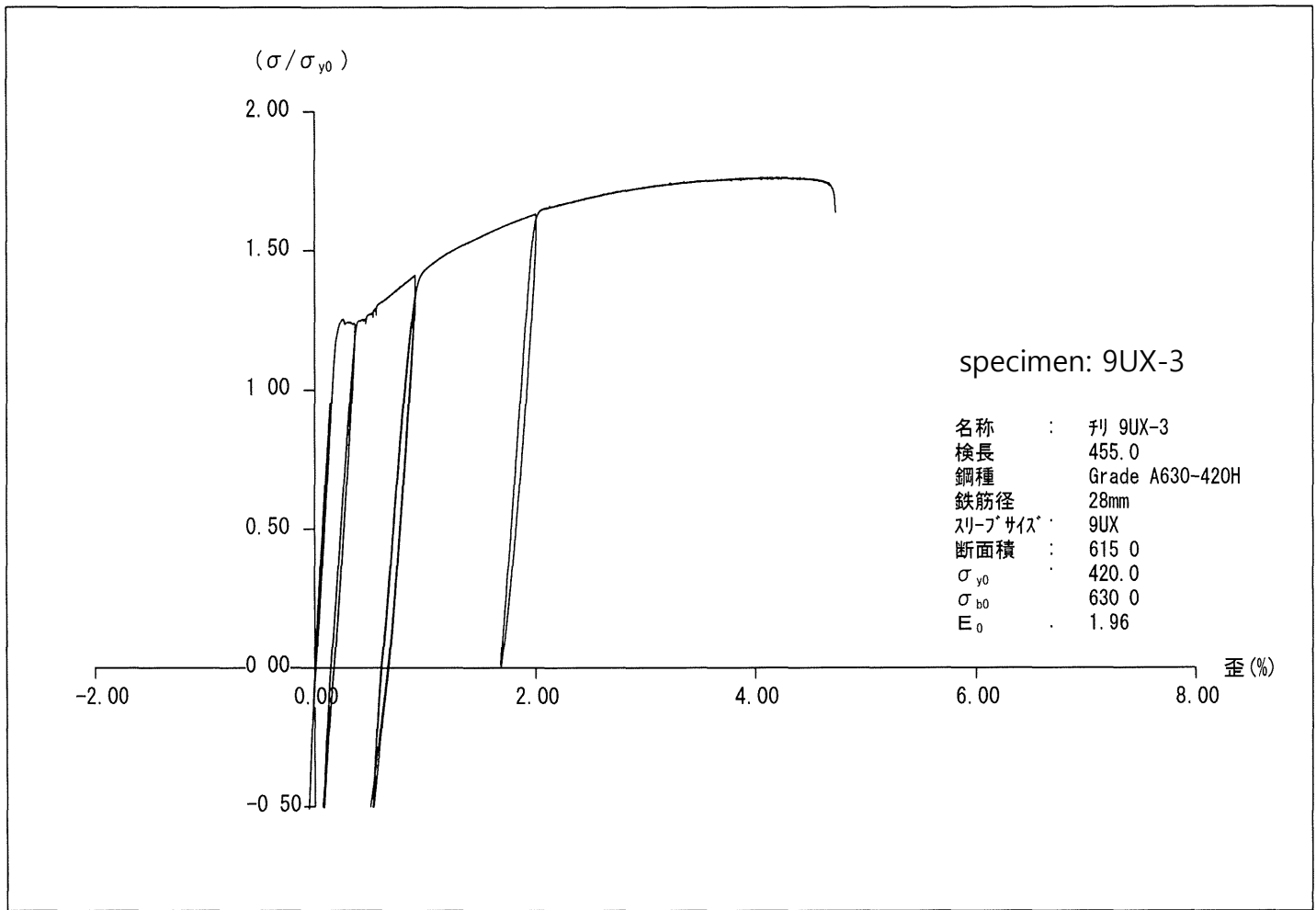
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 9UX-2
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	28mm
スリーブサイズ	9UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況		
				0.7E		0.95E		0.95E		2εy		5εy			%	ε _u / ε _y
				1C	1C	20C	1C	0.95 σ _{y0} 1C	0.95 σ _{y0} 20C	4C	4C					
規格	525	743	1.77	2.82	2.75	2.58	0.94	0.05	0.05	0.11	0.27	5.1	27.4	母材破断 bar break		
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—			
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—			

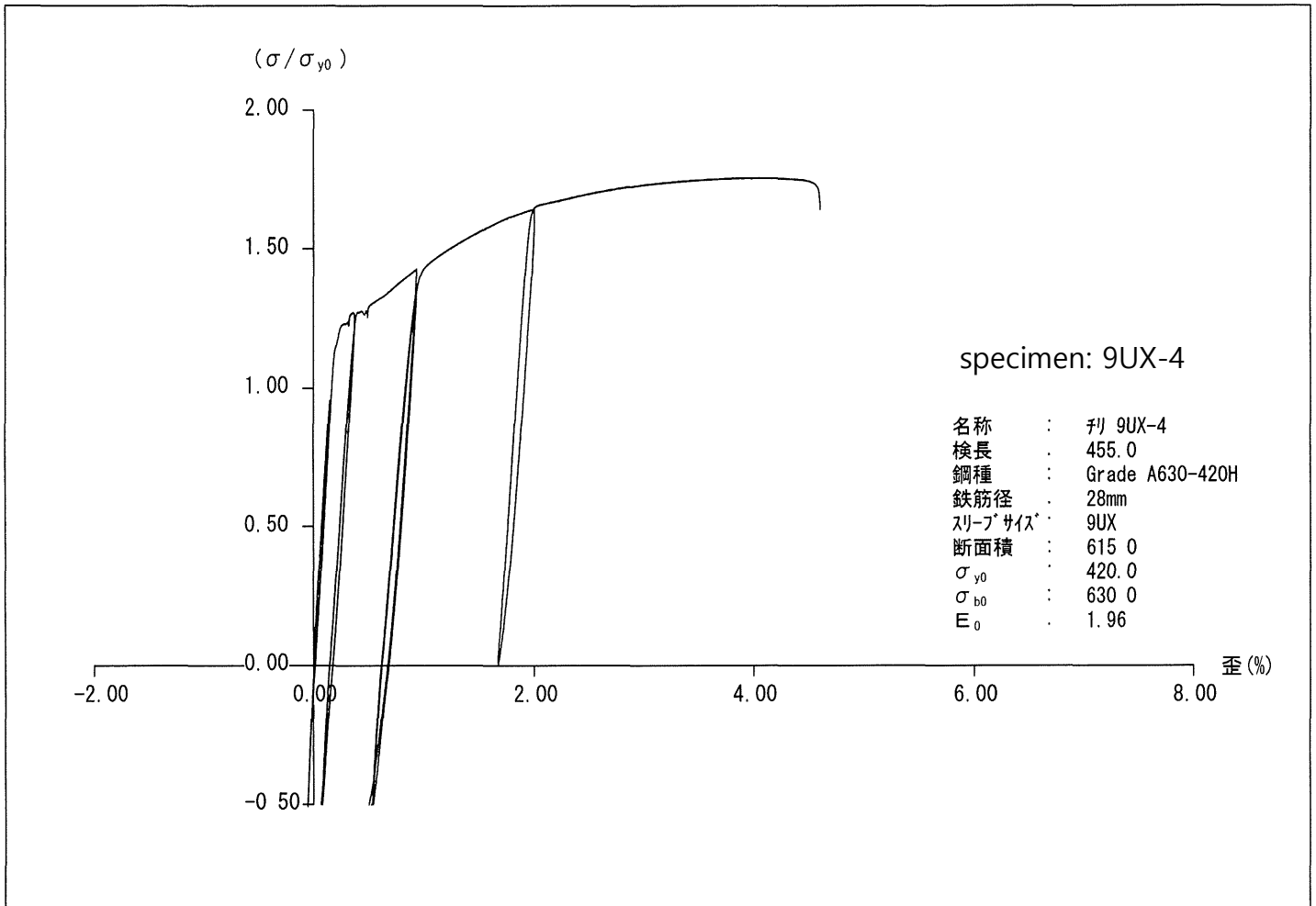
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 9UX-3
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	28mm
スリーブサイズ	9UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	1C	20C	4C	4C			
規格	526	740	1.76	2.90	2.82	2.63	0.93	0.05	0.05	0.11	0.26	4.7	26.0	母材破断 bar break
SA級	—	≥ 1.35 又は ≥ σ _{b0}	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	—	
A級	—		—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

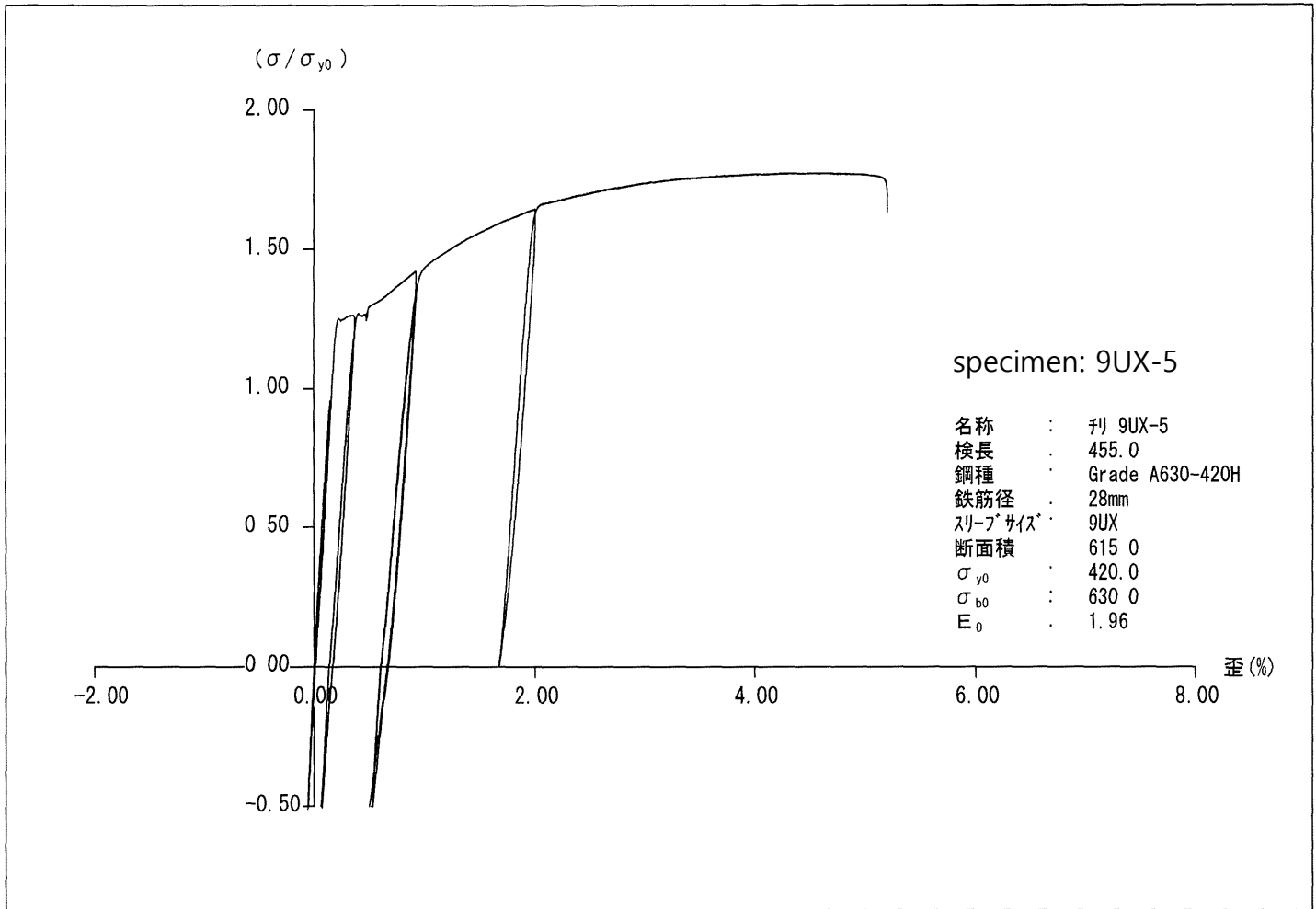
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 9UX-4
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	28mm
スリーブサイズ*	9UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	517	738	1.76	2.77	2.71	2.52	0.93	0.06	0.07	0.10	0.26	4.6	24.7	母材破断 bar break
SA級	-	≥1.35 又は		-	-	-	≥0.85	-	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	-
A級	-	≥σ _{b0}		-	-	-	≥0.5	-	≤0.3	≤0.6	-	≥2.0	≥10	-

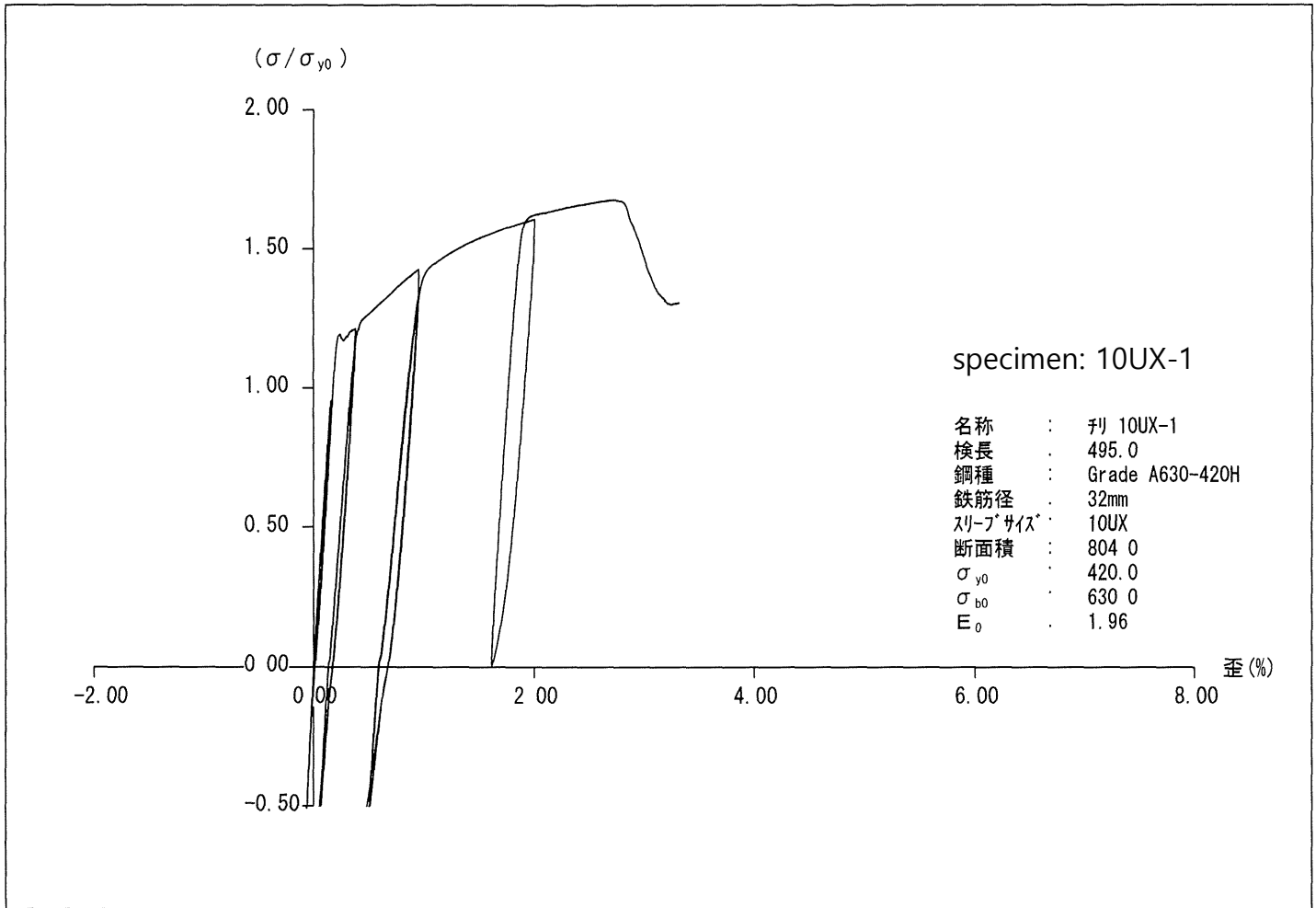
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 9UX-5
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	28mm
スリーブサイズ	9UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	524	744	1.77	2.85	2.76	2.56	0.93	0.06	0.05	0.12	0.28	5.2	28.3	母材破断 bar break
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

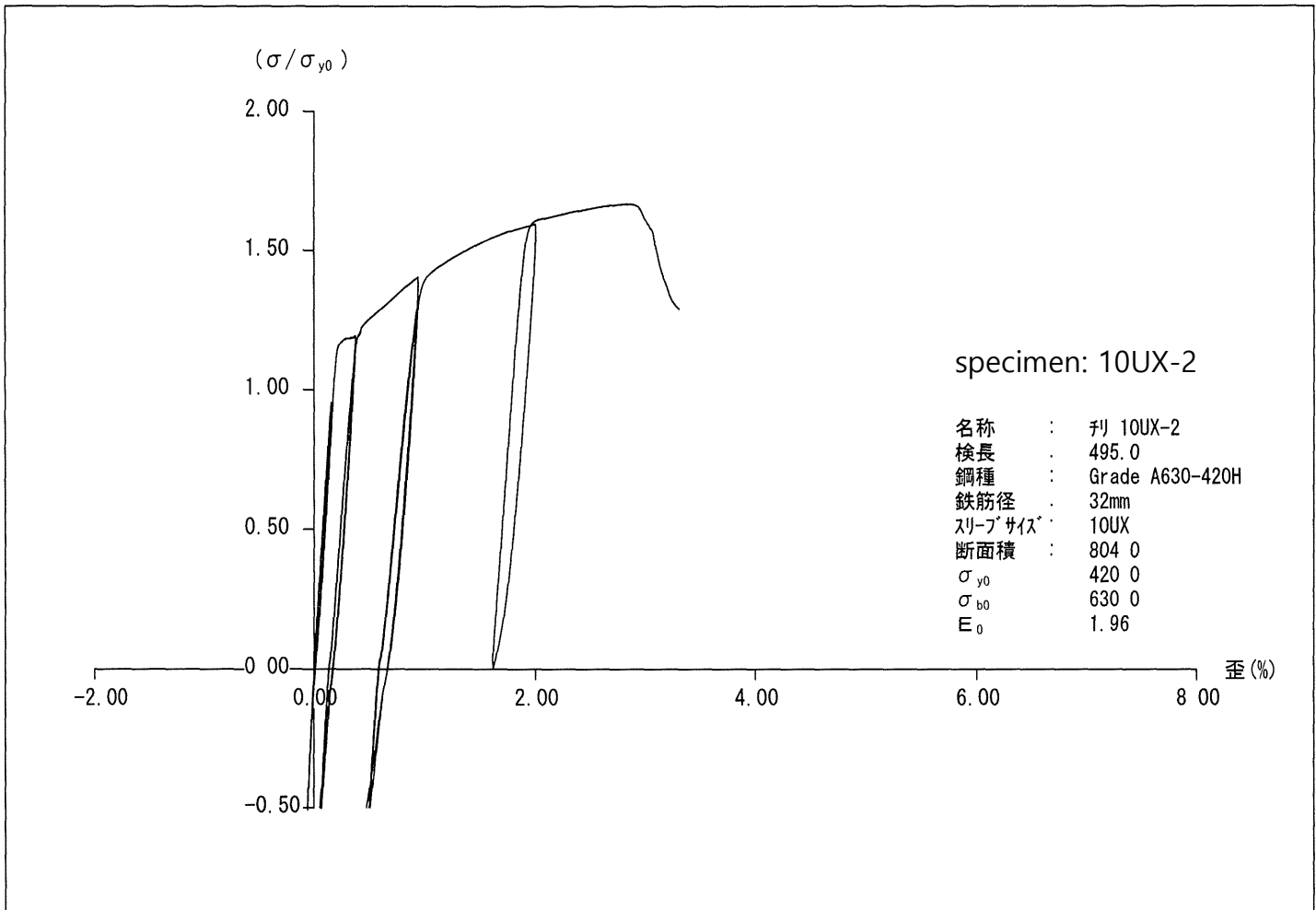
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 10UX-1
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	32mm
スリーブサイズ	10UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2εy	5εy	%	ϵ_u / ϵ_y	
				1C	1C	20C	1C	σ_{y0} 1C	σ_{y0} 20C	4C	4C			
	500	704	1.68	2.63	2.57	2.36	0.92	0.07	0.07	0.17	0.44	3.3	17.4	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥ σ_{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

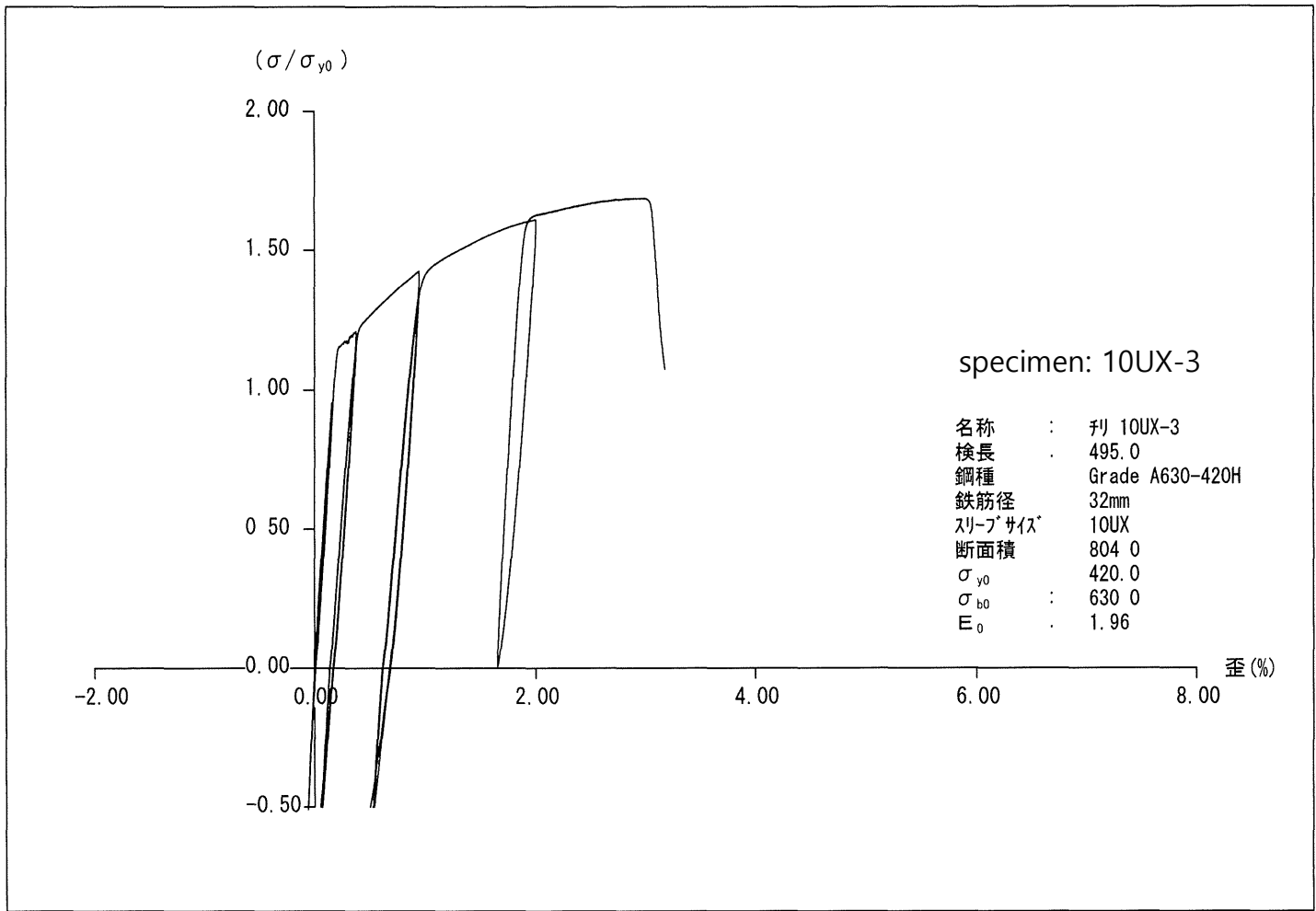
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	刊 10UX-2
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	32mm
スリーブサイズ	10UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2εy	5εy	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	497	701	1.67	2.65	2.58	2.36	0.91	0.06	0.07	0.15	0.42	3.3	17.6	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

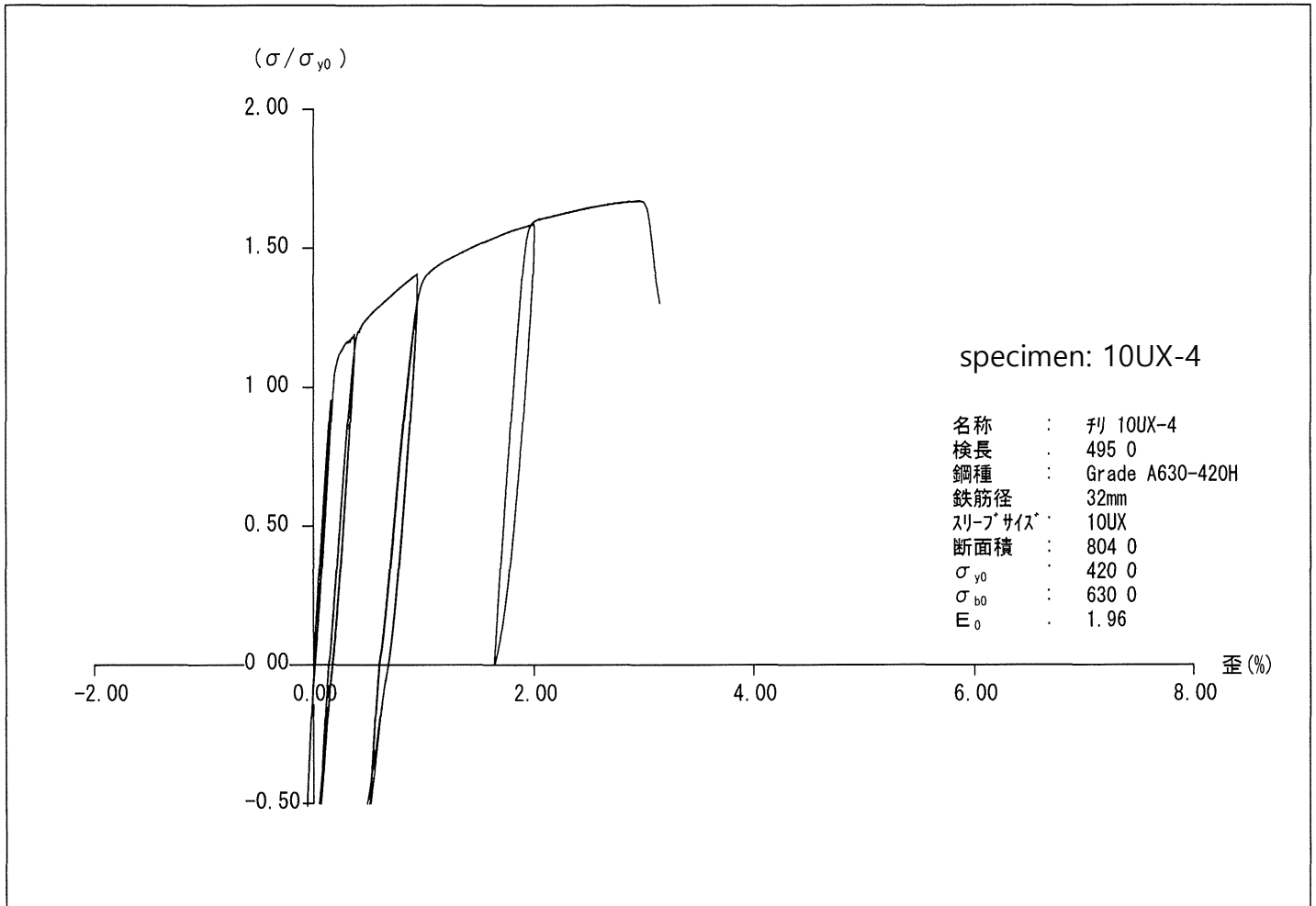
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 10UX-3
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	32mm
スリーブサイズ	10UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² × 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	492	708	1.69	2.61	2.55	2.40	0.94	0.06	0.07	0.12	0.29	3.2	16.8	広口拔出 pull out
SA級	—	≥ 1.35 又は ≥ σ _{b0}	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

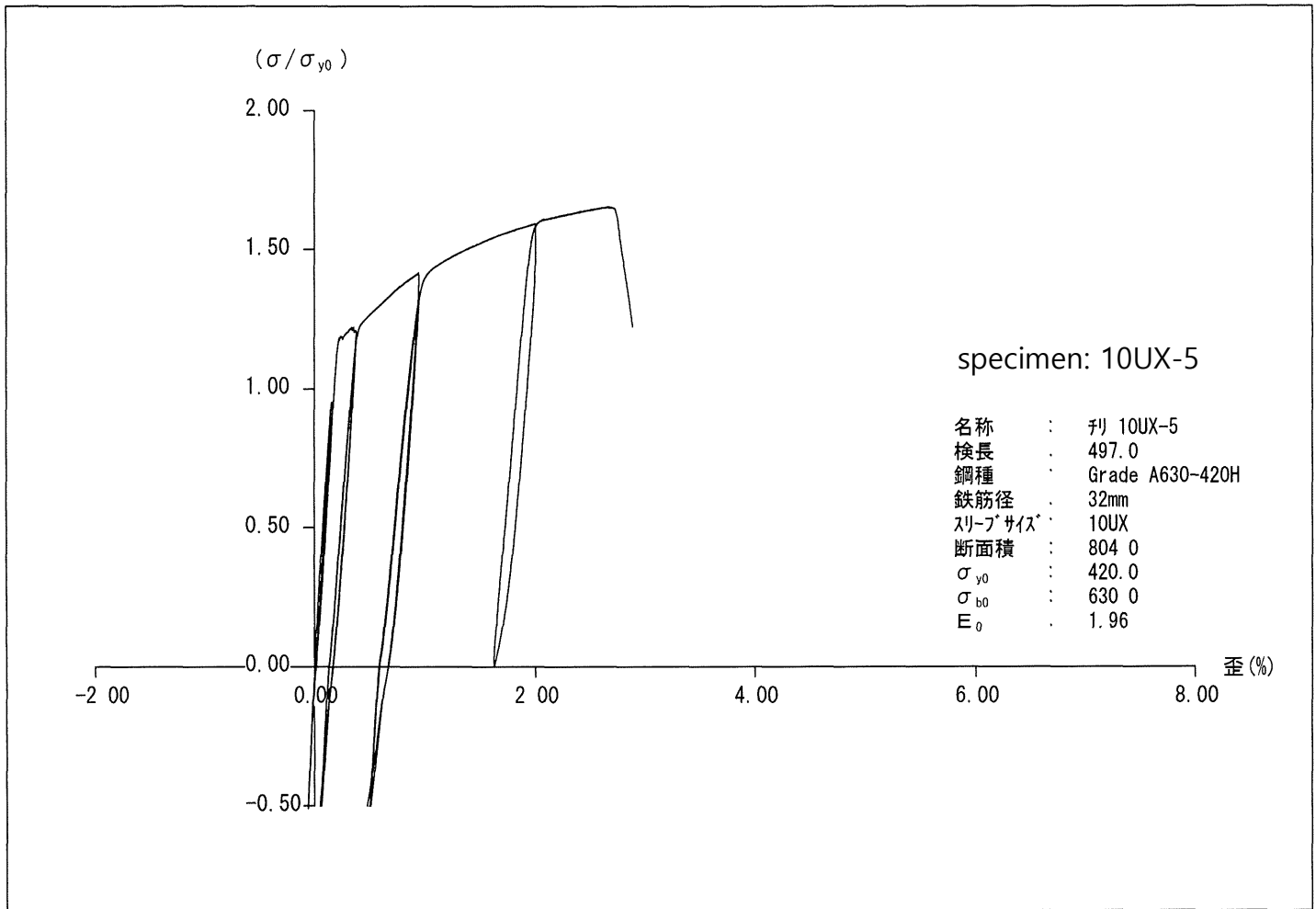
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 10UX-4
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	32mm
スリーブサイズ*	10UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2 ϵ_y	5 ϵ_y	%	ϵ_u / ϵ_y	
				1C	1C	20C	1C	σ_{y0} 1C	σ_{y0} 20C	4C	4C			
規格	491	702	1.67	2.60	2.54	2.32	0.91	0.06	0.08	0.14	0.38	3.1	16.7	広口拔出 pull out
SA級	—	≥ 1.35 又は $\geq \sigma_{b0}$	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

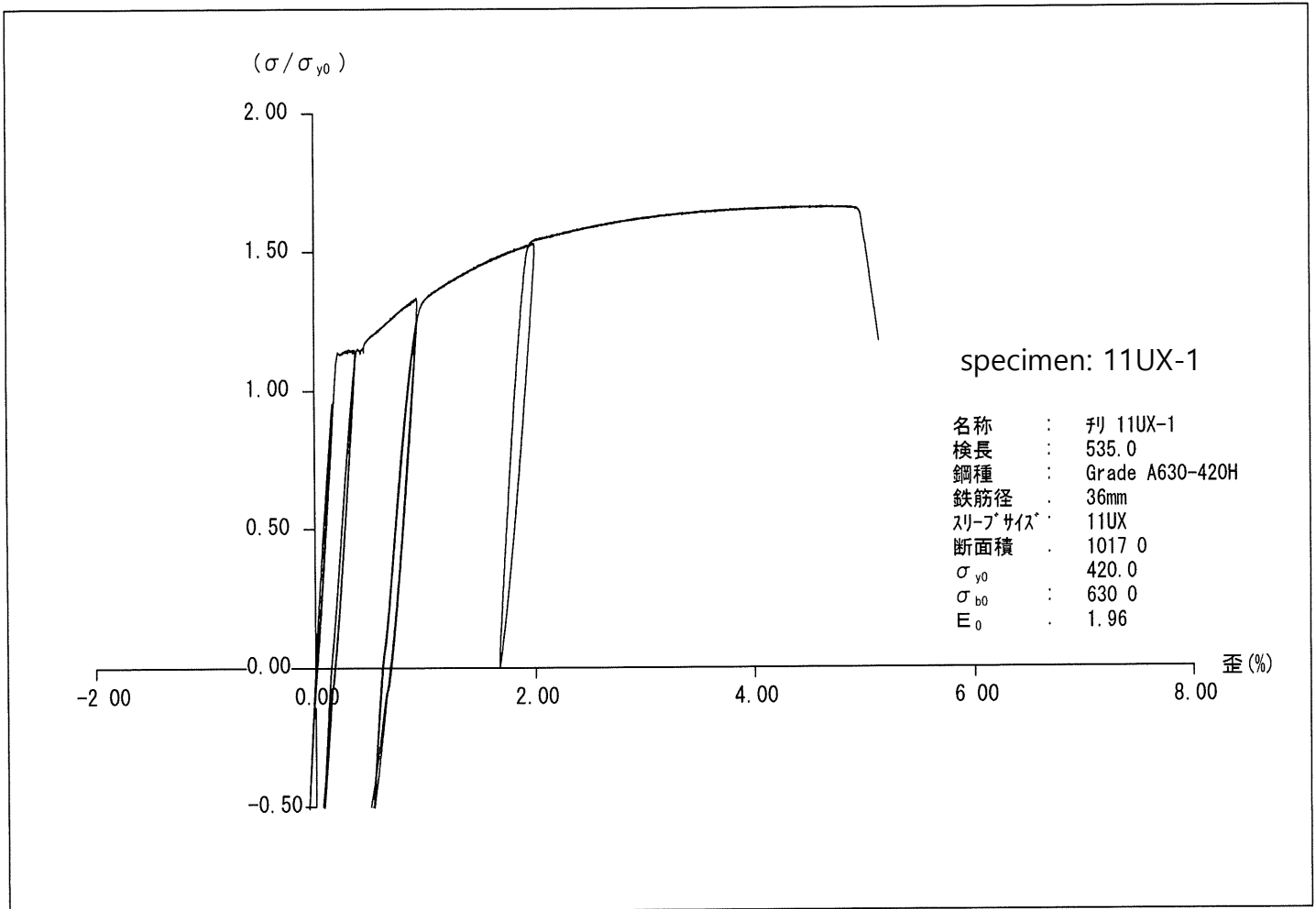
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 10UX-5
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	32mm
スリーブサイズ	10UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	1C	20C	4C	4C			
規格	498	695	1.65	2.64	2.57	2.30	0.89	0.06	0.08	0.17	0.43	2.9	15.3	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—	≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

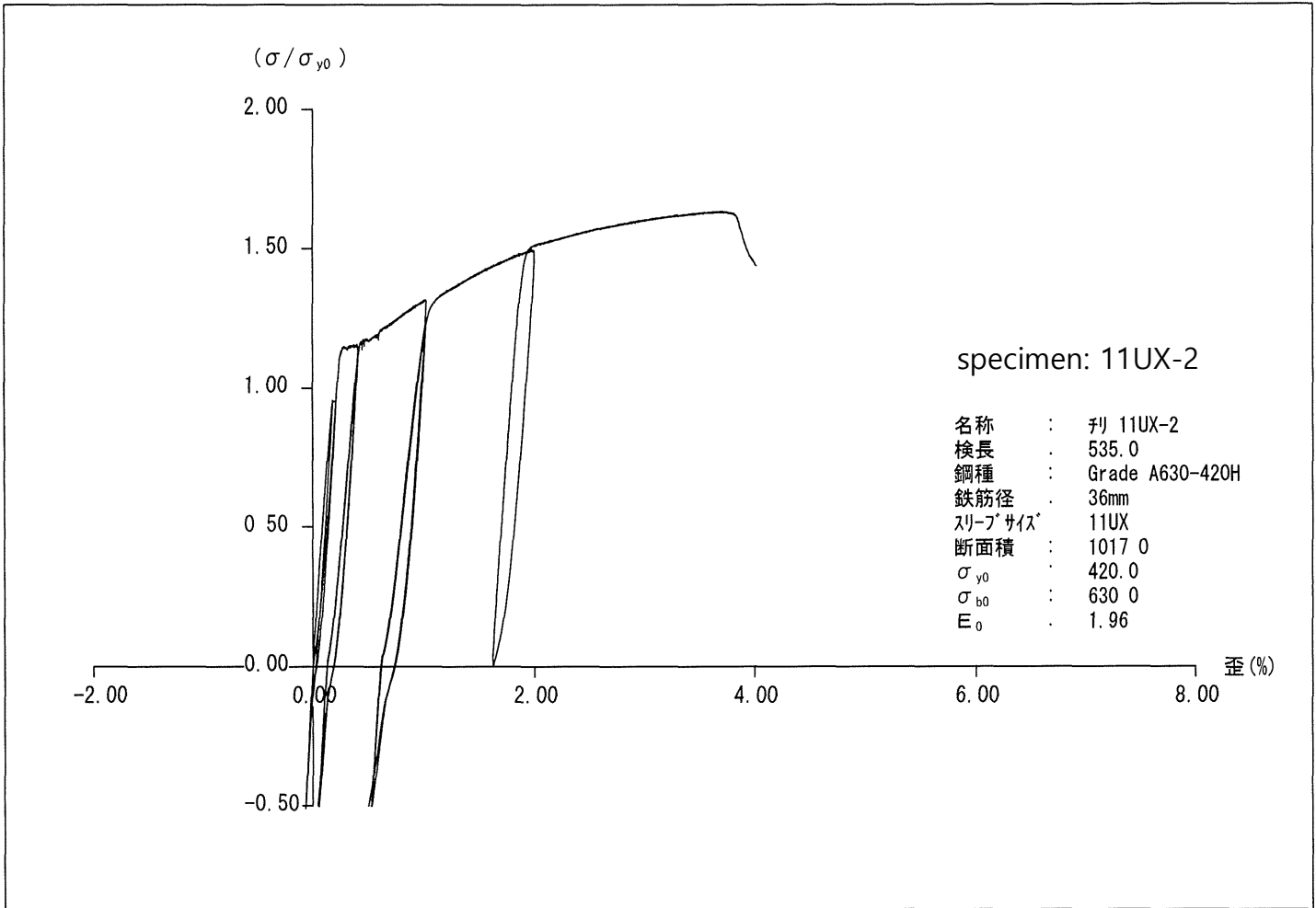
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 11UX-1
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	36mm
スリーブサイズ	11UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
	476	697	1.66	2.55	2.48	2.31	0.93	0.08	0.08	0.12	0.32	5.1	27.6	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

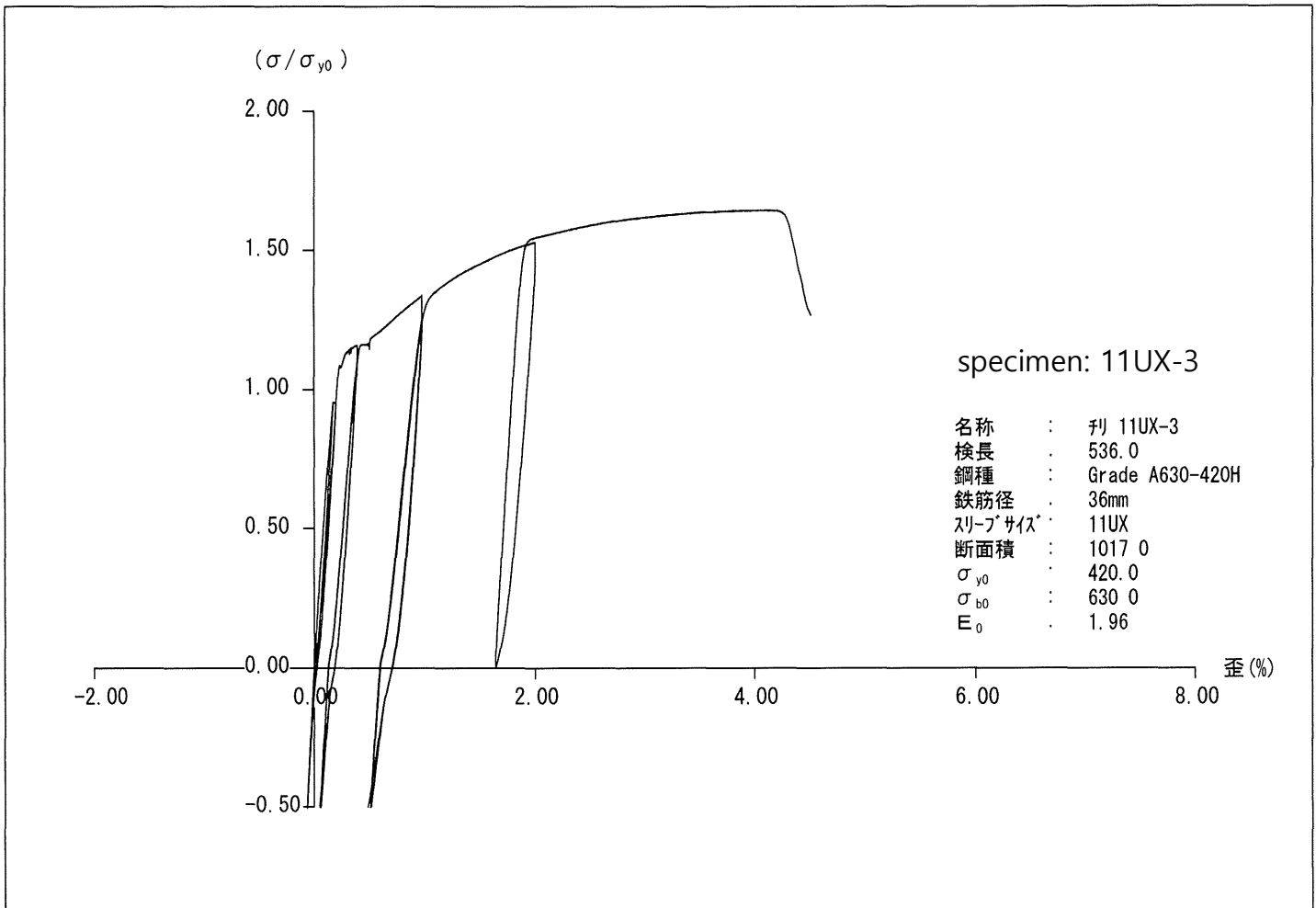
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 11UX-2
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	36mm
スリーブサイズ	11UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	480	686	1.63	2.36	2.23	1.90	0.85	0.13	0.16	0.31	0.63	4.0	19.7	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥σ _{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

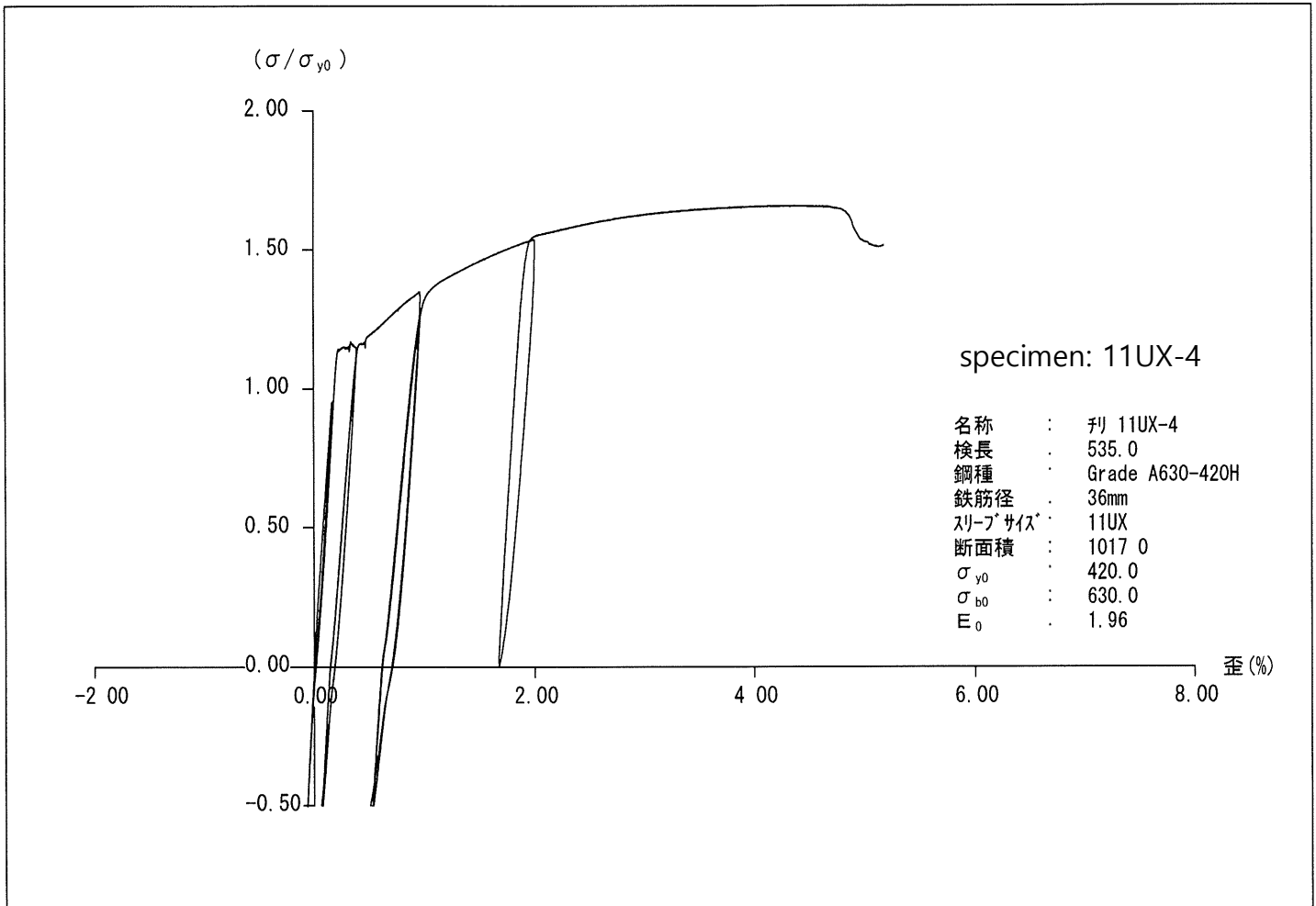
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 11UX-3
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	36mm
スリーブサイズ	11UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² × 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ε _u / ε _y	
				1C	1C	20C	1C	σ _{y0} 1C	σ _{y0} 20C	4C	4C			
規格	476	691	1.65	2.44	2.34	2.02	0.86	0.10	0.14	0.25	0.57	4.5	23.1	広口拔出 pull out
SA級	—	≥ 1.35 又は ≥ σ _{b0}	—	—	—	≥ 0.85	—	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.9	≥ 4.0	≥ 20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥ 0.5	—	≤ 0.3	≤ 0.6	—	≥ 2.0	≥ 10	—	

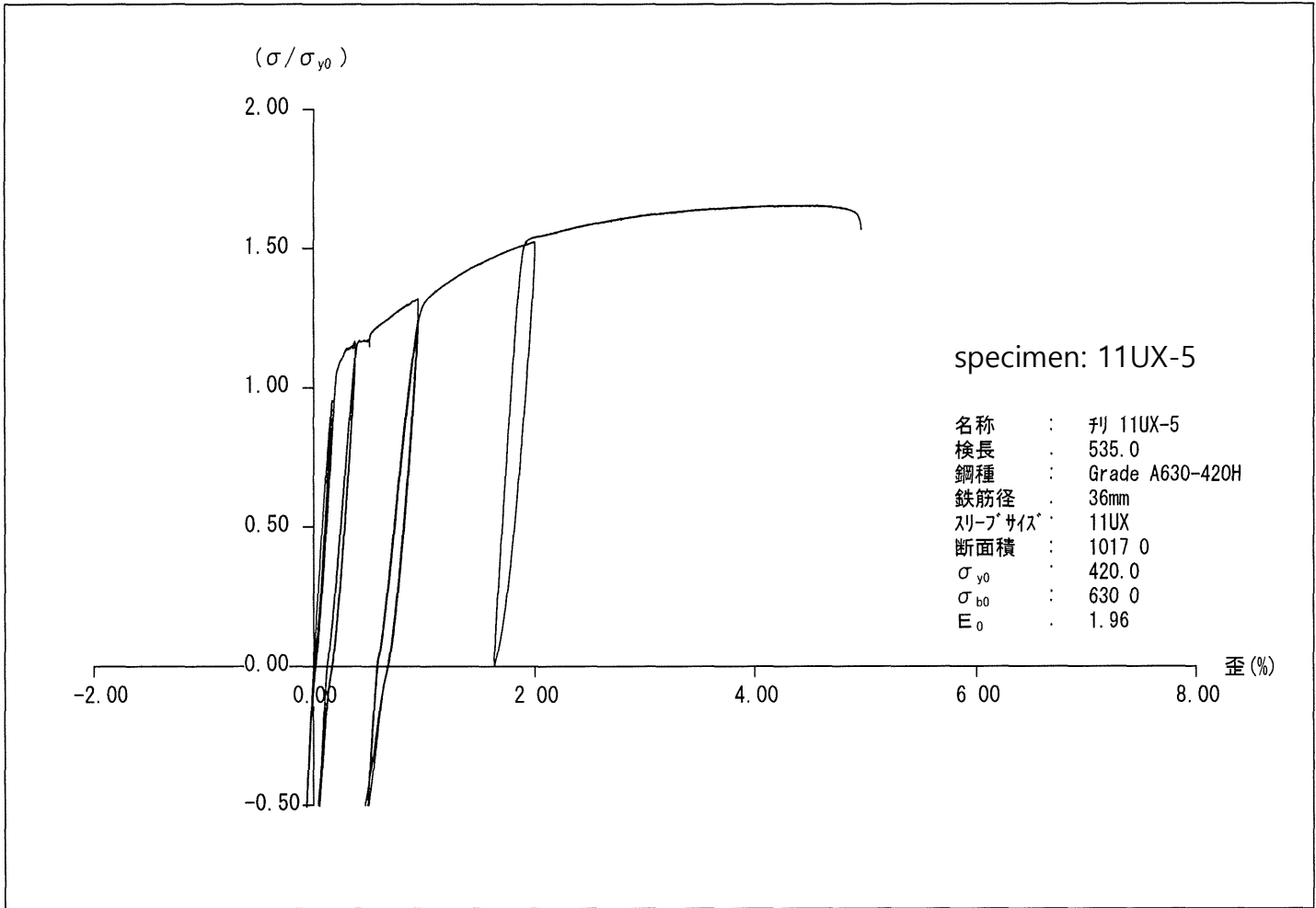
弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	刊 11UX-4
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	36mm
スリーブサイズ	11UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	σ_{max} / σ_{y0}	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊 状況
				0.7E 1C	0.95E 1C	0.95E 20C	20C / 1C	0.95 σ_{y0} 1C	0.95 σ_{y0} 20C	2ε _y 4C	5ε _y 4C	%	ϵ_u / ϵ_y	
	483	696	1.66	2.50	2.42	2.22	0.92	0.08	0.09	0.15	0.42	5.2	26.8	広口拔出 pull out
SA級	—	≥1.35 又は ≥ σ_{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	wide end	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	

弾・塑性域正負繰返し試験結果
Tensile Strength Test Results



ファイル名	判 11UX-5
日付	2016/03/14
鋼種	Grade A630-420H
鉄筋径	36mm
スリフサイズ	11UX

class	yield point 降伏点 σ_y N/mm ²	tensile strength 引張強さ σ_b N/mm ²	$\sigma_{max} / \sigma_{y0}$	rigidity 剛性 N/mm ² x 10 ⁵				slip すべり量 ΔS mm				ductility じん性		failure mode 破壊状況
				0.7E	0.95E	0.95E	20C	0.95	0.95	2ε _y	5ε _y	%	ϵ_u / ϵ_y	
				1C	1C	20C	1C	σ_{y0} 1C	σ_{y0} 20C	4C	4C			
規格	478	695	1.65	2.53	2.41	2.13	0.89	0.10	0.11	0.23	0.51	5.0	26.3	母材破断 bar break
SA級	—	≥1.35 又は ≥ σ_{b0}	—	—	—	≥0.85	—	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	—	
A級	—		—	—	—	≥0.5	—	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—	