

Tabla de Contenido

1	Introducción	1
1.1	Motivación	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	General	2
1.2.2	Específicos	2
1.3	Alcances de cada capítulo	2
2	Antecedentes	4
2.1	Revisión Bibliográfica	5
2.1.1	Normas Nacionales	5
	NCh 2369 Of.2003	5
	Manual de Diseño para Estructuras de Acero	6
2.1.2	Normas y recomendaciones de diseño extranjeras	6
	Steel Design Guide N°1 “ <i>Column Base Plate</i> ”	6
2.1.3	Estudios Experimentales	8
	Estudios experimentales Universidad Técnica Federico Santa María	8
	Shear Transfer in Exposed Column Base Plates	9
2.1.4	Estudios Numéricos	12
	Estudio Numérico de Llaves de Corte de Acero en Cruz para Placas Base de Columnas	12
	Análisis Numérico de Llaves de Corte con Geometría Doble T	13
2.2	Marco Teórico	14
2.2.1	Modelo de elementos finitos	14
2.2.2	Modelación de modos de falla en el hormigón	18
	Agrietamiento	18
	Aplastamiento	19
2.2.3	Estados límite en acero	20
	Flexión	20
	Corte	21
3	Calibración de Modelos de Elementos Finitos	22
3.1	Geometría de los modelos analizados	23
3.2	Materiales	24
3.2.1	Grout de nivelación	24
3.2.2	Acero	25
3.3	Factor de fricción	25
3.4	Modelamiento del bloque de hormigón	26
3.4.1	Supuestos y restricciones SOLID65	26

3.4.2	Propiedades mecánicas	26
3.4.3	Modelamiento de barras de refuerzo a tracción	28
3.4.4	Mallado	29
3.4.5	Calibración de factores de transferencia de corte en grietas	30
3.4.6	Modificación de propiedades del hormigón	31
3.5	Curvas calibradas	31
4	Análisis y comparación de resultados	35
4.1	Historia de desplazamientos	36
4.2	Llaves de corte en cruz	37
4.2.1	Respuesta global del sistema estructural	38
	Corte	39
	Flexión	41
4.2.2	Comportamiento llave de corte	43
	Tensiones de corte	43
	Tensiones normales	46
	Tensiones y deformaciones equivalentes de Von Mises	48
	Deformaciones	50
4.2.3	Comportamiento bloque de hormigón	51
	Tensiones principales	51
	Tensiones normales en el apoyo	55
	Deformaciones	56
4.2.4	Comportamiento grout de nivelación	57
	Tensiones principales	57
	Deformaciones	61
4.3	Llaves de corte en Doble T, cargadas en el eje débil	63
4.3.1	Respuesta global del sistema estructural	63
	Corte	63
	Flexión	66
4.3.2	Comportamiento llave de corte	68
	Tensiones de corte	68
	Tensiones normales	70
	Tensiones y deformaciones equivalentes de Von Mises	72
	Deformaciones	73
4.3.3	Comportamiento bloque de hormigón	74
	Tensiones principales	74
	Tensiones normales en el apoyo	78
	Deformaciones	79
4.3.4	Comportamiento grout de nivelación	80
	Tensiones principales	80
	Deformaciones	84
4.4	Llaves de corte Doble T cargadas en el eje fuerte	85
4.4.1	Respuesta global del sistema estructural	85
	Corte	85
	Flexión	86
4.4.2	Comportamiento llave de corte	87
	Tensiones de corte	87

Tensiones normales	88
Tensiones y deformaciones equivalentes de Von Mises	89
Deformaciones	90
4.4.3 Comportamiento bloque de hormigón	91
Tensiones principales	91
Tensiones normales en el apoyo	93
Deformaciones	93
4.4.4 Comportamiento grout de nivelación	94
Tensiones principales	94
Deformaciones	96
4.5 Degradación de la respuesta	97
4.5.1 Resistencia	97
4.5.2 Rigidez	100
4.6 Energía histerética	103
5 Conclusiones y comentarios	106
5.1 Conclusiones	107
5.1.1 Calibración y desempeño de modelos de elementos finitos	107
5.1.2 Comportamiento global de los sistemas y modos de falla	107
5.1.3 Llave de corte	108
5.1.4 Bloque de Hormigón	109
5.1.5 Grout de nivelación	109
5.1.6 Energía disipada	110
5.2 Limitaciones y recomendaciones para futuras líneas de investigación	110
Bibliografía	113

Índice de tablas

2.1	Disposiciones respecto a llaves de corte	5
2.2	Procedimiento de diseño	7
2.3	Procedimiento de diseño propuesto	8
2.4	Comprobación área al corte	9
2.5	Módulos plásticos de perfiles estudiados	20
3.1	Geometría llaves de corte modeladas	23
3.2	Propiedades grout de nivelación	24
3.3	Propiedades acero A36	25
3.4	Propiedades hormigón	27
3.5	Propiedades barras de refuerzo	28
3.6	Número de nodos y elementos	29
3.7	Factores de transferencia de corte	30
3.8	Factor de amplificación de resistencia a la compresión	31
4.1	Carga máxima por ciclo, llaves en cruz	97
4.2	Carga máxima por ciclo, llaves en doble T cargadas en el eje débil	98
4.3	Carga máxima por ciclo, llaves en doble T cargadas en el eje fuerte	98
4.4	Degradación de la rigidez por ciclo, llaves en cruz	100
4.5	Degradación de la rigidez por ciclo, llaves en doble T cargadas en el eje débil	101
4.6	Degradación de la rigidez por ciclo, llaves en doble T cargadas en el eje fuerte	101
4.7	Energía histerética disipada por ciclo, llaves en cruz	103
4.8	Energía histerética disipada por ciclo, llaves en doble T cargadas en el eje débil	104
4.9	Energía histerética disipada por ciclo, llaves en doble T cargadas en el eje fuerte	105

Índice de figuras

2.1	Modelo llave de corte (AISC, 2003)	7
2.2	asdasd	9
2.3	Disposiciones experimentales,	10
2.4	Curvas $F - \Delta$, transferencia de corte por pernos de anclaje, test #4	11
2.5	Curvas $F - \Delta$, transferencia de corte por pernos de anclaje, test #5	12
2.6	SOLID185	14
2.7	SOLID285	15
2.8	SOLID65	16
2.9	CONTA174	16
2.10	CONTA173	17
2.11	TARGE170	17
2.12	TARGE170	19
3.1	Componentes modelados en <i>ANSYS Workbench</i>	23
3.2	Ley constitutiva del grout de nivelación	24
3.3	Ley constitutiva del acero	25
3.4	Ley constitutiva del hormigón	27
3.5	Distribución del refuerzo en el bloque de hormigón	28
3.6	Modificación al refinamiento en la zona casilla	29
3.7	Calibración factor de transferencia de corte en grietas abiertas β_t	30
3.8	Curvas calibradas $F - \Delta$, llaves con geometría en cruz	32
3.9	Curvas calibradas $F - \Delta$, llaves con geometría en doble T, cargadas según el eje débil	33
3.10	Curvas calibradas $F - \Delta$, llaves con geometría en doble T, cargadas según el eje fuerte	34
4.1	Protocolo de carga empleado en la modelación	37
4.2	Fuerza y desplazamiento, caso experimental y caso numérico	38
4.3	Carga vs desplazamiento, Llave N°1 en cruz	39
4.4	Carga vs desplazamiento, Llave N°4 en cruz	39
4.5	Carga vs desplazamiento, Llave N°6 en cruz	40
4.6	Momento vs desplazamiento, Llave N°1 en cruz	41
4.7	Momento vs desplazamiento, Llave N°4 en cruz	42
4.8	Momento vs desplazamiento, Llave N°6 en cruz	42
4.9	Evolución de las tensiones de corte τ_{YZ} , llave N°1 en cruz	44
4.10	Evolución de las tensiones de corte τ_{YZ} , llave N°4 en cruz	45
4.11	Evolución de las tensiones de corte τ_{YZ} , llave N°6 en cruz	45
4.12	Tensión Normal eje Z , llave N°1 en cruz	46

4.13	Tensión Normal eje Z , llave N°4 en cruz	47
4.14	Tensión Normal eje Z , llave N°6 en cruz	47
4.15	Tensiones equivalentes de Von Mises, llaves en cruz	48
4.16	Deformada llaves de corte en cruz	50
4.17	Evolución de las tensiones principales mínimas, bloque, llave N°1 en cruz . .	52
4.18	Evolución de las tensiones principales mínimas, bloque, llave N°4 en cruz . .	52
4.19	Evolución de las tensiones principales mínimas, bloque, llave N°6 en cruz . .	53
4.20	Evolución de las tensiones principales máximas, llaves en cruz	54
4.21	Tensiones normales en el apoyo, según dirección Y , llaves en cruz	55
4.22	Deformaciones en el bloque de hormigón, según dirección Y , llaves en cruz .	56
4.23	Evolución de las tensiones principales mínimas, grout, llave N°1 en cruz . . .	57
4.24	Evolución de las tensiones principales mínimas, grout, llave N°4 en cruz . . .	58
4.25	Evolución de las tensiones principales mínimas, grout, llave N°6 en cruz . . .	58
4.26	Evolución de las tensiones principales máximas, grout, llave N°1 en cruz . . .	59
4.27	Evolución de las tensiones principales máximas, grout, llave N°4 en cruz . . .	60
4.28	Evolución de las tensiones principales máximas, grout, llave N°6 en cruz . . .	60
4.29	Deformaciones en grout de nivelación, según dirección Y , llaves en cruz	62
4.30	Carga vs desplazamiento, Llave N°1 en doble T cargada en el eje débil	63
4.31	Carga vs desplazamiento, Llave N°7 en doble T cargada en el eje débil	64
4.32	Carga vs desplazamiento, Llave N°8 en doble T cargada en el eje débil	64
4.33	Momento vs desplazamiento, Llave N°1 en doble T cargada en el eje débil . .	66
4.34	Momento vs desplazamiento, Llave N°7 en doble T cargada en el eje débil . .	66
4.35	Momento vs desplazamiento, Llave N°8 en doble T cargada en el eje débil . .	67
4.36	Evolución de las tensiones de corte τ_{XZ} , llave N°1 en doble T cargada en el eje débil	68
4.37	Evolución de las tensiones de corte τ_{XZ} , llave N°7 en doble T cargada en el eje débil	69
4.38	Evolución de las tensiones de corte τ_{XZ} , llave N°8 en doble T cargada en el eje débil	69
4.39	Tensión Normal eje Z , llave N°1 en doble T cargada en el eje débil	70
4.40	Tensión Normal eje Z , llave N°7 en doble T cargada en el eje débil	71
4.41	Tensión Normal eje Z , llave N°8 en doble T cargada en el eje débil	71
4.42	Tensiones equivalentes de Von Mises, llaves en doble T cargadas en el eje débil	72
4.43	Deformada llaves de corte en doble T cargadas en el eje débil	73
4.44	Evolución de las tensiones principales mínimas, bloque, llave N°1 en doble T cargada en el eje débil	75
4.45	Evolución de las tensiones principales mínimas, bloque, llave N°7 en doble T cargada en el eje débil	75
4.46	Evolución de las tensiones principales mínimas, bloque, llave N°8 en doble T cargada en el eje débil	76
4.47	Evolución de las tensiones principales máximas, bloque, llaves en doble T car- gadas en el eje débil	77
4.48	Tensiones normales en el apoyo, según dirección X , llaves en doble T cargadas en el eje débil	78
4.49	Deformaciones en el bloque de hormigón según dirección X , llaves en doble T cargadas en el eje débil	79

4.50	Evolución de las tensiones principales mínimas, grout, llave N°1 en doble T cargada en el eje débil	80
4.51	Evolución de las tensiones principales mínimas, grout, llave N°7 en doble T cargada en el eje débil	81
4.52	Evolución de las tensiones principales mínimas, grout, llave N°8 en doble T cargada en el eje débil	81
4.53	Evolución de las tensiones principales máximas, grout, llave N°1 en doble T cargada en el eje débil	82
4.54	Evolución de las tensiones principales máximas, grout, llave N°7 en doble T cargada en el eje débil	83
4.55	Evolución de las tensiones principales máximas, grout, llave N°8 en doble T cargada en el eje débil	83
4.56	Deformaciones en grout de nivelación, según dirección X , llaves en doble T cargadas en el eje débil	84
4.57	Carga vs desplazamiento, Llave N°8, geometría Doble T, cargada en el eje fuerte	85
4.58	Momento vs desplazamiento, Llave N°8, geometría Doble T, cargada en el eje fuerte	86
4.59	Evolución de las tensiones de corte τ_{YZ} , llave N°8 en doble T cargada en el eje fuerte	87
4.60	Tensión Normal eje Z , llave N°8 en doble T cargada en el eje fuerte	88
4.61	Tensiones equivalentes de Von Mises, llaves en doble T cargadas en el eje fuerte	89
4.62	Deformada llaves de corte en doble T cargadas en el eje fuerte	90
4.63	Evolución de las tensiones principales mínimas, bloque, llave N°8 en doble T cargada en el eje fuerte	91
4.64	Evolución de las tensiones principales máximas, bloque, llaves en doble T cargadas en el eje fuerte	92
4.65	Tensiones normales en el apoyo, según dirección X , llaves en doble T cargadas en el eje fuerte	93
4.66	Deformaciones en el bloque de hormigón según dirección Y , llaves en doble T cargadas en el eje fuerte	94
4.67	Evolución de las tensiones principales mínimas, grout, llave N°8 en doble T cargada en el eje fuerte	95
4.68	Evolución de las tensiones principales máximas, grout, llave N°8 en doble T cargada en el eje fuerte	96
4.69	Deformaciones en grout de nivelación, según dirección X , llave N°8 en doble T cargada en el eje fuerte	96
4.70	Carga resistida por la llave y por el sistema global	99
4.71	Rigidez tangente y secante	100
4.72	Variación porcentual de la rigidez secante respecto del desplazamiento	102
4.73	Energía histerética disipada, llaves en cruz	103
4.74	Energía histerética disipada, llaves en doble T cargadas en el eje débil	104
4.75	Energía histerética disipada, llave en doble T cargada en el eje fuerte	105