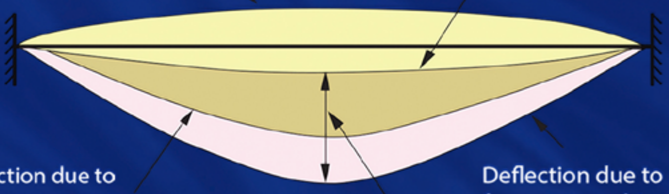
TECHNICAL GUIDELINE

POST-TENSIONING

NAMCONG'S SYSTEM



5th Edition
Vietnamese Version

VGBC Vietnam Green Building Council
Hội đồng Công trình xanh Việt Nam

JAS-ANZ
QUACERT
ISO 9001:2008

Member of PTI

namcong™

NỘI DUNG

LIÊN HỆ

Namcong Engineering Corporation

Tp. Hồ Chí Minh: Tel : (84)-8-3547 2679 Fax: (84)-8-3547 2763

Tp. Đà Nẵng: Tel : (84)-5-116 260 805 Fax: (84)-5-116 260 806

Email: info@namcong.com

Website: www.namcong.com

LỜI NÓI ĐẦU

Trải qua quá trình xây dựng và phát triển, Namcong đã không ngừng hoàn thiện bộ máy quản lý, nâng cao trình độ chuyên môn nghề nghiệp nhằm tạo nên một bản sắc cho một Namcong năng động và nhiệt huyết.

Trong đó, đội ngũ nhân sự của Namcong luôn miệt mài làm việc, nghiên cứu và sáng tạo nhằm tạo nên nền tảng vững chắc về kiến thức và đặc trưng văn hóa công ty, với mục tiêu là tạo dựng được một hệ thống dịch vụ tối ưu nhằm phục vụ khách hàng ngày càng tốt hơn.

Thành quả lao động đó không chỉ được khẳng định qua uy tín trên thị trường Dự ứng lực, với hơn 100 dự án đã và đang thi công, mà còn được thể hiện qua những tài sản trí tuệ quý báu đã được đúc kết qua từng năm tháng làm việc, nghiên cứu và cải tiến.

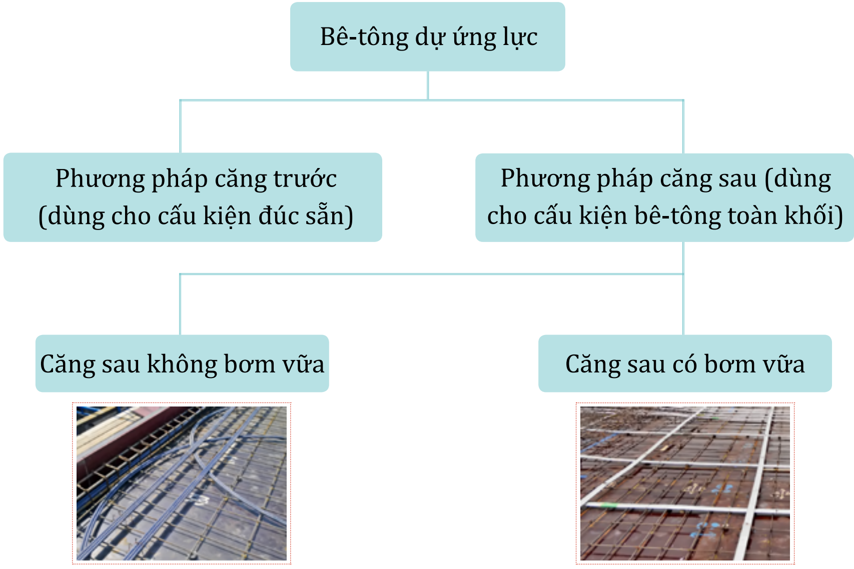
Cụ thể cho cuốn tài liệu này, với Phiên bản thứ 5 có tên gọi: "***Technical Guideline Post-tensioning - Namcong's system***", chính là sự kế thừa, đúc kết và phát huy xứng đáng của những phiên bản trước, với những chỉ dẫn cụ thể cho các bước thiết kế dựa trên những tiêu chuẩn được áp dụng trên toàn thế giới trong lĩnh vực Dự ứng lực.

Phiên bản lần này được biên soạn với mục tiêu sẽ là một tài liệu tham khảo hữu ích cho những ai đang tìm hiểu về công nghệ dự ứng lực, cho các kỹ sư thiết kế và các kỹ sư thi công đang làm trong lĩnh vực Dự ứng lực hiện nay.

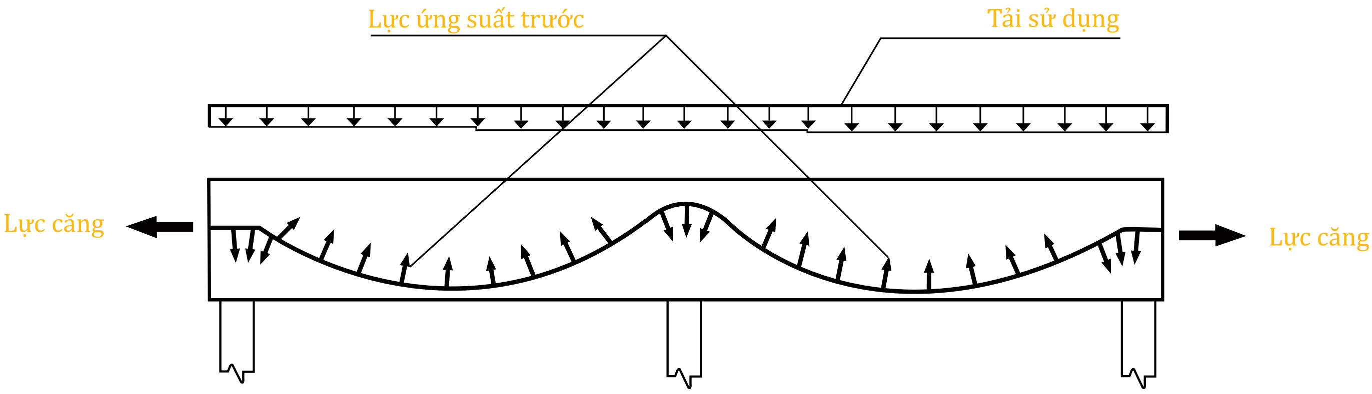
Với một tôn chỉ giản dị: "***Khách hàng xứng đáng nhận được dịch vụ tốt nhất***", Namcong hy vọng sẽ luôn giữ vững một niềm tin chiến lược trong lòng khách hàng và sẽ đưa Namcong đi xa hơn trong các dịch vụ của Namcong.

NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

- Kéo căng thép (hoặc cáp) cường độ cao nằm trong bê-tông nhằm tạo ra lực kháng với tải sử dụng (lực ứng suất trước).



Biểu đồ 1: Hệ thống bê-tông Dự ứng lực

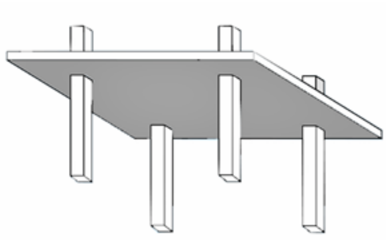


Hình 1: Cấu kiện bê-tông dự ứng lực

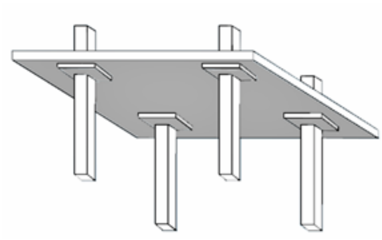
PHẠM VI ỨNG DỤNG

Sàn dự ứng lực được ứng dụng vào tất cả các công trình xây dựng như: chung cư, văn phòng, khách sạn, nhà hàng, nhà xưởng công nghiệp, silo, cầu đường...

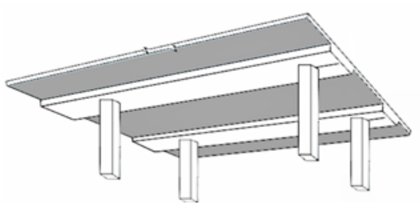
- Có ba kiểu sàn dự ứng lực thường được sử dụng: sàn phẳng, sàn có mũ cột và sàn dầm dẹt.
- Sàn phẳng dự ứng lực thường được ứng dụng cho bước cột từ 7-10m, giúp thi công nhanh, cấu kiện có kích thước nhỏ, kiểm soát được độ võng.
- Sàn dự ứng lực có mũ cột được ứng dụng cho sàn có bước cột từ 9-12m. Loại sàn này kiểm soát chống thủng tốt.
- Sàn dự ứng lực có dầm dẹt được ứng dụng cho công trình có bước cột từ 12-20m và có thể lớn hơn.
- Công nghệ Dự ứng lực mang lại hiệu quả tối ưu khi ứng dụng cho sàn có bước cột từ 7m trở lên.



Sàn phẳng dự ứng lực



Sàn dự ứng lực có mũ cột

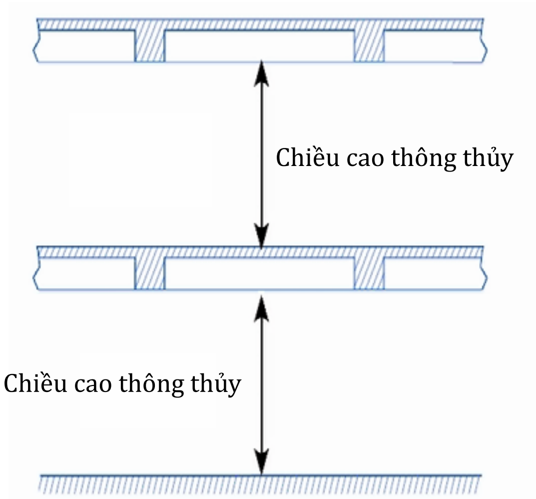


Sàn dự ứng lực có dầm dẹt

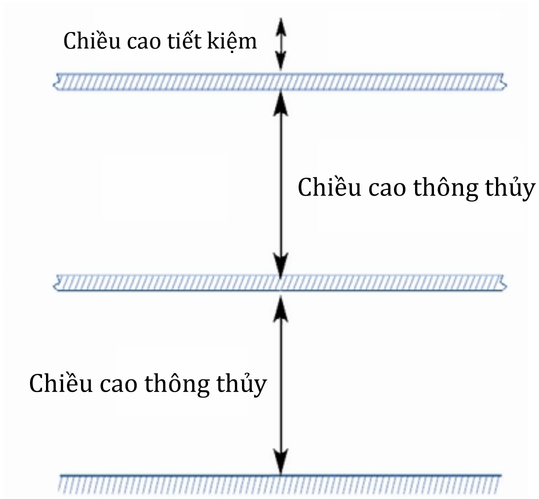
Hình 2: Các loại sàn dự ứng lực

HIỆU QUẢ KỸ THUẬT

- Làm nén cấu kiện bê-tông.
- Làm giảm ứng suất kéo; hạn chế độ võng và vết nứt trong cấu kiện bê-tông.
- Tăng bước cột.
- Giảm chiều cao tiết diện.
- Giảm trọng lượng bản thân.
- Giảm khối lượng thép gia cường trong mặt cắt bê-tông.



Hình 3: Dầm sàn bê-tông cốt thép thông thường



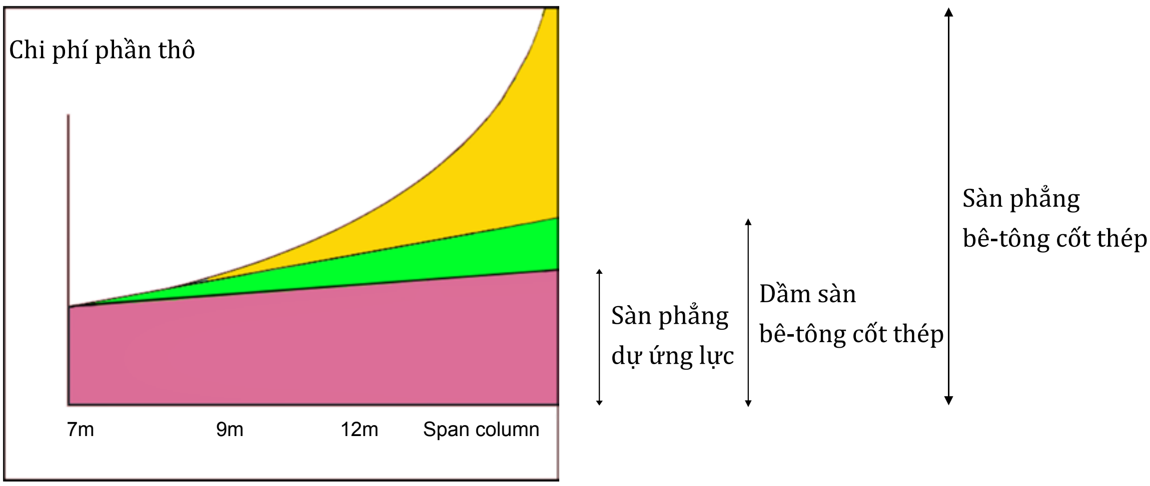
Hình 4: Sàn bê-tông cốt thép dự ứng lực

Hình 5: Dầm sàn bê-tông cốt thép thông thường

Hình 6: Sàn bê-tông cốt thép dự ứng lực

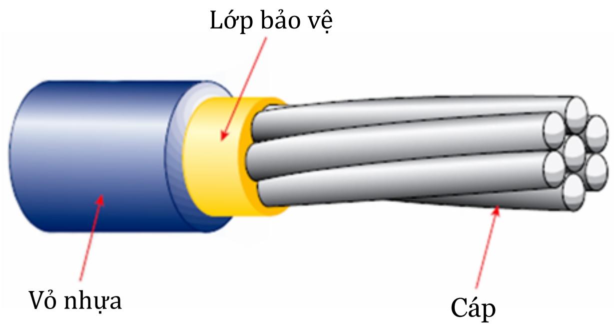
HIỆU QUẢ KINH TẾ

- Thi công nhanh và đơn giản.
- Hoàn thiện nhanh, giảm chi phí hoàn thiện.
- Giảm tối đa chiều cao của mỗi tầng.
- Bố trí linh hoạt cho mặt bằng sử dụng.
- Thay đổi công năng sử dụng một cách dễ dàng.
- Công nghệ dự ứng lực sẽ mang hiệu quả cao về chi phí đầu tư.
- Đối với những công trình có bước cột từ 7m trở lên, giải pháp kết cấu dự ứng lực áp dụng cho hệ dầm sàn sẽ tiết kiệm từ 5%-20% chi phí đầu tư phần thô so với kết cấu bê-tông cốt thép thông thường.
- Đặc biệt là những công trình có tổng diện tích sàn lớn hơn hơn 4,000m² thì hiệu quả kinh tế khi áp dụng công nghệ dự ứng lực sẽ càng được phát huy.

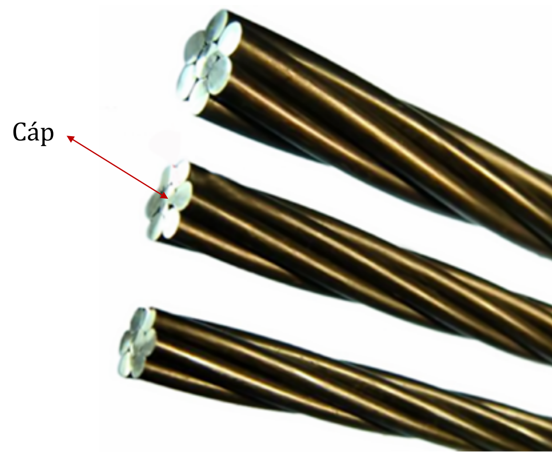


Biểu đồ 2: Chi phí phần thô

CÁP



Hình 7: Cáp có vỏ bọc, không bơm vữa



Hình 8 : Cáp không có vỏ bọc, có bơm vữa

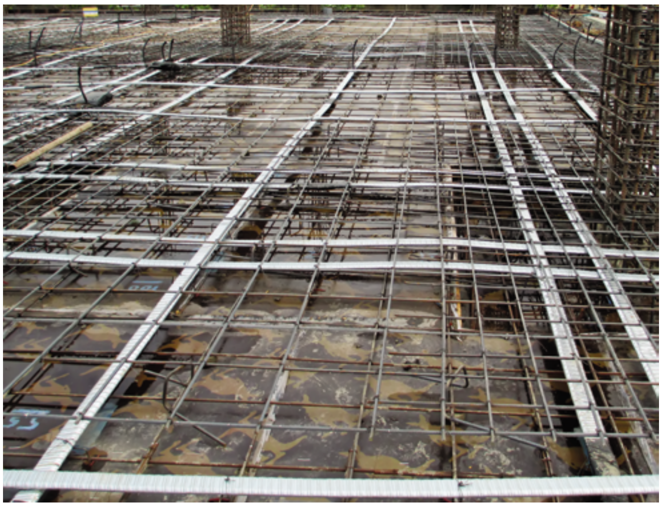
Bảng 1: Đặc tính kỹ thuật của cáp dự ứng lực

Tiêu chuẩn		ASTM A416 Grade 270 Ksi	BS 5896 Grade 1860 Mpa	ASTM A416 Grade 270 Ksi	BS 5896 Grade 1860 Mpa
Chủng loại / Tiêu chí kỹ thuật	Đơn vị tính	Low-relaxation strand	7-wire super strand	Low-relaxation strand	7-wire super strand
Đường kính danh nghĩa	mm	12.70 (0.5")	12.90 (0.5")	15.24 (0.6")	15.70 (0.6")
Diện tích ngang	mm^2	98.71	100.00	140.00	150.00
Khối lượng	kg/m	0.775	0.785	1.102	1.180
Giới hạn chảy	N/mm^2	1,670 [1)]	1,640 [1)]	1,670 [1)]	1,640 [1)]
Giới hạn bền	N/mm^2	1,860	1,860	1,860	1,860
Lực kéo đứt	kN	183.7	186.0	260.7	279.0
Chùng ứng suất [2)] sau 1,000 h 0.7 x giới hạn bền f_{pk}		max. 2.5 %	max. 2.5 %	max. 2.5 %	max. 2.5 %
Chùng ứng suất [2)] sau 1,000 h 0.8 x giới hạn bền f_{pk}		max. 3.5 %	max. 4.5 %	max. 3.5 %	max. 4.5 %
Module đàn hồi	Gpa	195 ± 5% (195 ± 10 Gpa)			

[1)] yield measured at 1% extension under load

[2)] applicable for relaxation class 2 according to BS 5896: or low relaxation complying with ASTM A416, respectively

Hình 9: Cáp không bơm vữa

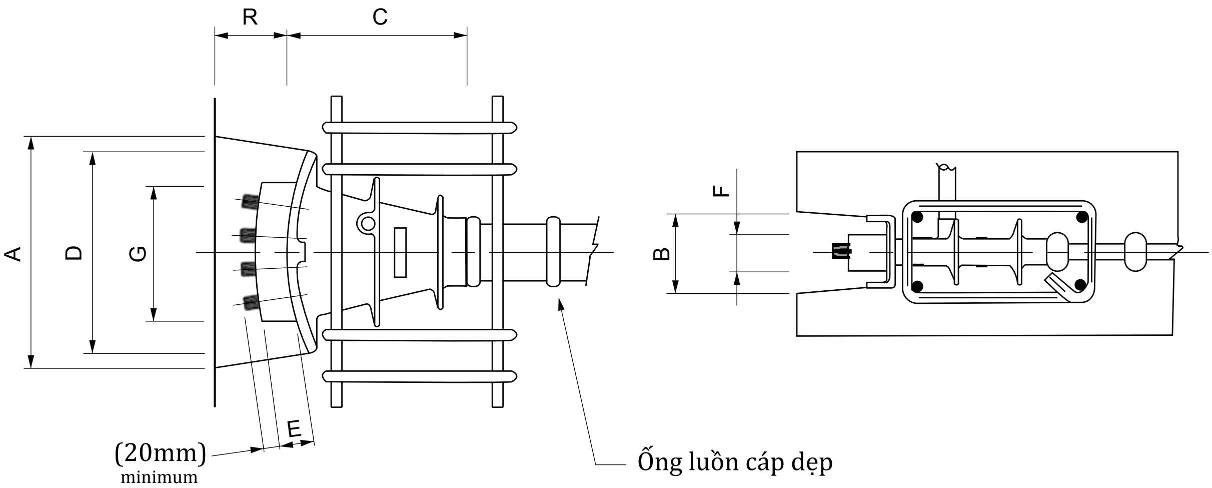


Hình 10: Cáp có bơm vữa

ĐẦU NEO SỐNG

- Đầu neo sống phải đảm bảo chịu được 92% lực kéo đứt của sợi cáp (theo tiêu chuẩn BS 13391) hoặc 95% lực kéo đứt của sợi cáp (theo tiêu chuẩn ACI 318:2002).

Hình 11: Đầu neo sống



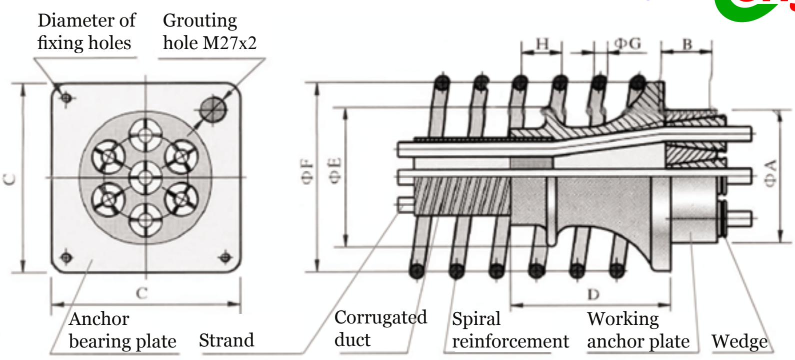
Hình 12: Chi tiết đầu neo dẹp (xem bảng 2)

Bảng 2: Đặc tính kỹ thuật đầu neo dẹp

Type	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	R (mm)
ST13F- 3	169	94	135	152	45	50	107	110
ST13F- 4	265	94	216	248	45	50	172	110
ST13F- 5	265	94	216	248	45	50	210	110
ST15F- 4	265	94	216	248	45	50	191	110

Ghi chú: 13 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.

Hình 13: Chi tiết đầu neo tròn (xem bảng 3)



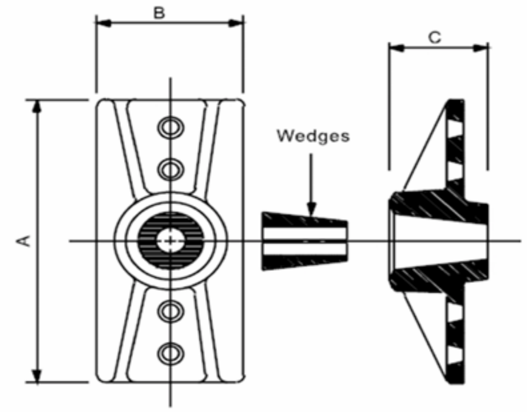
Bảng 3: Đặc tính kỹ thuật của đầu neo tròn

Anchorage Type	Number of strands	Anchor head (mm)	Anchor Bearing Plate (mm)			Spiral reinforcement (mm)			
		Φ A x B	C x D x ΦE	Hole Dist	Hole Dia	ΦF	ΦG	H	Wnd
ST15R-1	1	46 x 48	80 x 80 x 14	/	/	70	6	30	4
ST13R-1		42 x 45	70 x 70 x 14	/	/	70	6	30	4
ST15R-2	2	83 x 48	115 x 90 x 80	85	M10	130	8	40	4
ST13R-2		75 x 46	115 x 90 x 80	85	M10	130	8	40	4
ST15R-3	3	85 x 48	130 x 100 x 90	90	M10	130	8	40	4
ST13R-3		80 x 46	130 x 100 x 90	90	M10	130	8	40	4
ST15R-4	4	95 x 48	140 x 110 x 95	100	M10	140	10	50	4
ST13R-4		88 x 46	130 x 100 x 90	90	M10	130	8	40	4
ST15R-5	5	105 x 48	150 x 120 x 100	110	M10	160	10	50	4
ST13R-5		98 x 46	140 x 100 x 95	100	M10	140	10	50	4
ST15R-6	6	125 x 48	165 x 130 x 115	120	M10	180	12	50	4
ST13R-6		115 x 48	150 x 120 x 100	110	M10	160	10	50	4
ST15R-7	7	125 x 50	175 x 140 x 120	125	M10	180	12	50	4
ST13R-7		115 x 48	150 x 120 x 100	110	M10	160	10	50	4
ST15R-8	8	135 x 51	185 x 150 x 130	135	M10	200	14	50	5
ST13R-8		125 x 50	165 x 130 x 115	120	M10	180	12	50	4
ST15R-9	9	145 x 52	200 x 160 x 135	150	M10	200	14	50	5
ST13R-9		135 x 50	185 x 150 x 120	135	M10	180	12	50	4
ST15R-10	10	155 x 54	210 x 180 x 150	160	M10	220	14	50	5.5
ST13R-10		145 x 52	200 x 160 x 135	150	M10	200	14	50	5
ST15R-11	11	165 x 55	220 x 200 x 155	170	M10	220	14	50	5.5
ST13R-11		155 x 52	210 x 180 x 150	160	M10	220	14	60	5.5
ST15R-12	12	165 x 58	230 x 200 x 155	170	M10	240	14	60	5.5
ST13R-12		155 x 52	210 x 180 x 150	160	M10	220	14	60	5.5
ST15R-13	13	165 x 60	240 x 200 x 155	170	M10	240	14	60	5.5
ST13R-13		155 x 52	210 x 180 x 150	160	M10	220	14	60	5.5
ST15R-14	14	175 x 62	250 x 210 x 160	185	M10	260	16	60	6
ST13R-14		165 x 55	220 x 200 x 155	170	M10	220	14	60	5.5
ST15R-15	15	185 x 63	260 x 220 x 160	190	M10	260	16	60	6
ST13R-15		175 x 60	240 x 200 x 155	170	M10	240	14	60	5.5
ST15R-16	16	195 x 63	265 x 240 x 160	200	M10	280	16	60	6
ST13R-16		185 x 62	240 x 200 x 155	185	M10	260	16	60	6
ST15R-17	17	195 x 66	270 x 240 x 160	200	M10	280	16	60	6
ST13R-17		185 x 62	250 x 210 x 155	185	M10	260	16	60	6
ST15R-18	18	205 x 68	280 x 240 x 170	210	M10	300	16	60	6
ST13R-18		185 x 63	250 x 210 x 155	185	M10	260	16	60	6
ST15R-19	19	205 x 70	290 x 240 x 170	210	M10	300	16	60	6
ST13R-19		185 x 63	250 x 210 x 155	185	M10	260	16	60	6
ST15R-20/21/22	20,21,22	225 x 75	300 x 260 x 185	220	M10	320	18	60	6.5
ST13R-20/21/22		210 x 65	280 x 240 x 170	210	M10	280	16	60	6
ST15R-23/24	23,24	240 x 80	315 x 280 x 195	230	M10	320	18	60	6.5
ST13R-23/24		225 x 72	290 x 270 x 180	210	M10	300	16	60	6
ST15R-25/26/27	25,26,27	245 x 82	320 x 290 x 195	230	M10	320	18	60	6.5
ST13R-25/26/27		230 x 76	300 x 280 x 185	220	M10	320	18	60	6
ST15R-28~31	28~31	260 x 88	340 x 300 x 205	250	M10	350	20	60	6.5
ST13R-28~31		240 x 85	320 x 290 x 195	230	M10	320	18	60	6.5

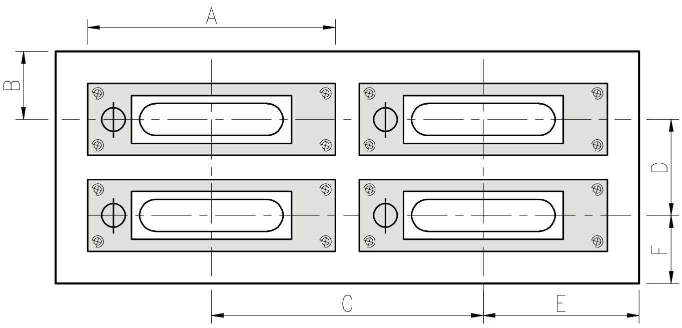
Ghi chú: 15 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.

Bảng 4: Đặc tính kỹ thuật của đầu neo cáp đơn

Type	A (mm)	B (mm)	C (mm)
ST5 - 1	125	57	39
ST6 - 1	145	90	48



Hình 14: Chi tiết đầu neo cáp đơn (xem bảng 4)

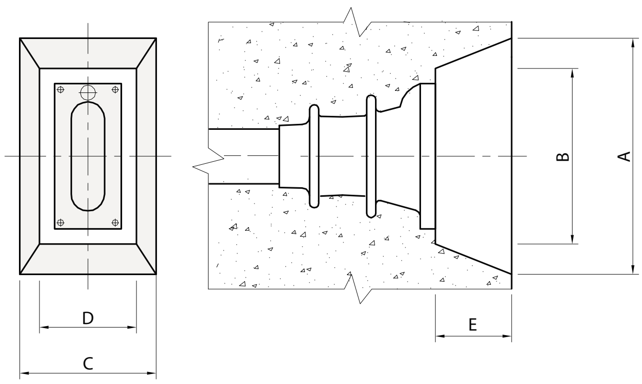


Hình 15: Khoảng cách giữa các đầu neo cáp dẹp (xem bảng 5)

Bảng 5: Bảng tra khoảng cách giữa đầu neo cáp dẹp

Anchorage Type	Anchor Bearing Plate A x B (mm)	Concrete Strength							
		f_{cu} = 30 Mpa				f_{cu} = 40 Mpa			
		C(mm)	D(mm)	E(mm)	F(mm)	C(mm)	D(mm)	E(mm)	F(mm)
ST15 (13)F -2	135 x 65 (130 x 60)	155 (150)	80 (75)	95 (90)	55 (50)	150 (145)	75 (70)	90 (85)	50 (45)
ST15 (13)F -3	180 x 70 (152 x 60)	205 (190)	90 (75)	120 (110)	60 (50)	200 (185)	85 (70)	110 (105)	55 (50)
ST15 (13)F -4	220 x 70 (190 x 60)	250 (230)	100 (85)	150 (135)	70 (55)	240 (225)	90 (80)	135 (130)	60 (55)
ST15 (13)F -5	255 x 70 (243 x 65)	300 (270)	110 (85)	175 (160)	75 (60)	280 (265)	95 (80)	160 (155)	70 (65)

Ghi chú: Các thông số trên có thể thay đổi tùy thuộc vào nhà sản xuất. 15 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.

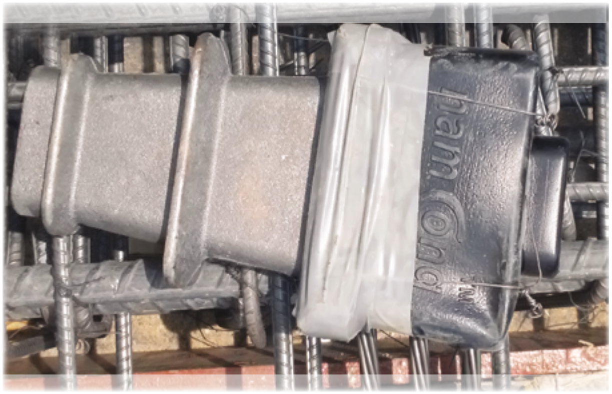


Hình 16: Kích thước hộc kéo cáp của đầu neo cáp dẹp (xem bảng 6)

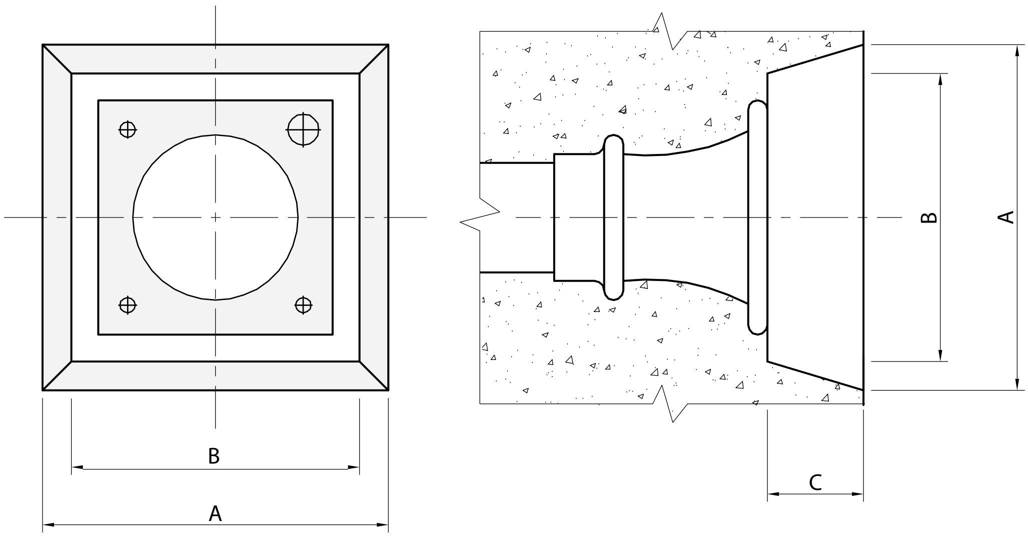
Bảng 6: Bảng tra kích thước hộc kéo cáp của đầu neo cáp dẹp

Anchorage Type	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)
ST15 (13)F -2	300	200	230	130	100
ST15 (13)F -3	340	240	230	130	100
ST15 (13)F -4	390	280	250	140	110
ST15 (13)F -5	440	320	260	140	120

Ghi chú: 15 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.



Hình 17: Hộc kéo cáp của đầu neo cáp bó dẹp



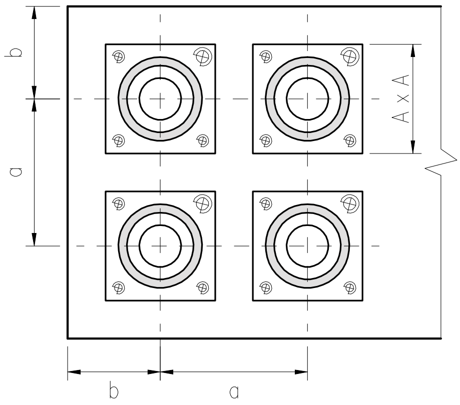
Hình 18: Kích thước hộc kéo cáp của đầu neo tròn (xem bảng 7)

Bảng 7: Bảng tra kích thước hộc kéo cáp của đầu neo tròn

Anchorage Type	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Anchorage Type	A (mm)	B (mm)	C (mm)
ST15 R - 3, 4, 5	380	250	120	ST13 R - 3, 4, 5	380	250	120
ST15 R - 6, 7	450	310	130	ST13 R - 6, 7	380	250	120
ST15 R - 8, 9	540	380	130	ST13 R - 8, 9	450	310	130
ST15 R - 10, 11, 12, 13	540	380	140	ST13 R - 10, 11, 12, 13	450	310	130
ST15 R - 14, 15	580	420	140	ST13 R - 14, 15	500	360	140
ST15 R - 16, 18, 19, 21, 22	600	450	150	ST13 R - 16, 18, 19, 21, 22	540	380	140
ST15 R - 24, 25, 27	680	550	190	ST13 R - 24, 25, 27	600	450	150
ST15 R - 31	700	550	200	ST13 R - 31	640	530	170
ST15 R - 37	780	650	210	ST13 R - 37	680	550	190
ST15 R - 43	800	650	220	ST13 R - 43	680	650	190
ST15 R - 55	900	750	250	ST13 R - 55	780	650	210

Ghi chú: 15 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.

Hình 19: Khoảng cách tối thiểu giữa các đầu neo tròn (xem bảng 8)



Bảng 8: Bảng tra khoảng cách tối thiểu giữa các đầu neo tròn

Anchorage Type	Anchor Bearing Plate	Concrete Strength					
		f_{cu} = 30 Mpa		f_{cu} = 40 Mpa		f_{cu} = 50 Mpa	
		a(mm)	b(mm)	a(mm)	b(mm)	a(mm)	b(mm)
ST15 (13)R -2	115 (115)	149 (149)	97 (97)	138 (138)	92 (92)	126 (126)	86 (86)
ST15 (13)R -3	130 (130)	169 (169)	110 (110)	156 (156)	104 (104)	143 (143)	97 (97)
ST15 (13)R -4	140 (130)	182 (169)	119 (110)	168 (156)	112 (104)	154 (143)	105 (97)
ST15 (13)R -5	150 (140)	195 (182)	127 (119)	180 (168)	120 (112)	165 (154)	112 (105)
ST15 (13)R -6	165 (150)	214 (195)	140 (127)	198 (180)	132 (120)	181 (165)	123 (112)
ST15 (13)R -7	175 (150)	227 (195)	148 (127)	210 (180)	140 (120)	192 (165)	131 (112)
ST15 (13)R -8	185 (165)	240 (214)	157 (140)	222 (198)	148 (132)	203 (181)	138 (123)
ST15 (13)R -9	200 (185)	260 (240)	170 (157)	240 (222)	160 (148)	220 (203)	150 (138)
ST15 (13)R -10	210 (200)	273 (260)	178 (170)	252 (240)	168 (160)	231 (220)	157 (150)
ST15 (13)R -11	220 (210)	286 (273)	187 (178)	264 (252)	176 (168)	242 (231)	165 (157)
ST15 (13)R -12	230 (210)	299 (273)	195 (178)	276 (252)	184 (168)	253 (231)	172 (157)
ST15 (13)R -13	240 (210)	312 (273)	204 (178)	288 (252)	192 (168)	264 (231)	180 (157)
ST15 (13)R -14	250 (220)	325 (286)	212 (187)	300 (264)	200 (176)	275 (242)	187 (165)
ST15 (13)R -15	260 (240)	338 (312)	221 (204)	312 (288)	208 (192)	286 (264)	195 (180)
ST15 (13)R -16	265 (265)	344 (344)	225 (225)	318 (318)	212 (212)	291 (291)	198 (198)
ST15 (13)R -17	270 (265)	351 (344)	229 (225)	324 (318)	216 (212)	297 (291)	202 (198)
ST15 (13)R -18	280 (265)	364 (344)	238 (225)	336 (318)	224 (212)	308 (291)	210 (198)
ST15 (13)R -19	290 (265)	377 (344)	246 (225)	348 (318)	232 (212)	319 (291)	217 (198)
ST15 (13)R -20	300 (280)	390 (364)	255 (238)	360 (336)	240 (224)	330 (308)	225 (210)
ST15 (13)R -21	300 (280)	390 (364)	259 (238)	336 (336)	244 (224)	335 (308)	228 (210)
ST15 (13)R -22	300 (280)	403 (364)	263 (238)	372 (336)	248 (224)	341 (308)	232 (210)
ST15 (13)R -23	315 (290)	409 (377)	267 (246)	378 (348)	252 (232)	346 (319)	236 (217)
ST15 (13)R -24	315 (290)	413 (377)	270 (246)	381 (348)	254 (232)	349 (319)	238 (217)
ST15 (13)R -25	320 (300)	416 (390)	272 (255)	384 (360)	256 (240)	352 (330)	240 (225)
ST15 (13)R -26	320 (300)	422 (390)	276 (255)	390 (360)	260 (240)	357 (330)	243 (225)
ST15 (13)R -27	320 (300)	429 (390)	280 (255)	396 (360)	264 (240)	363 (330)	247 (225)
ST15 (13)R -31	340 (320)	468 (416)	306 (272)	432 (384)	288 (256)	396 (352)	270 (240)
ST15 (13)R -37	390 (360)	533 (468)	348 (306)	492 (432)	328 (288)	451 (396)	307 (270)
ST15 (13)R -43	440 (390)	585 (507)	382 (331)	540 (468)	360 (312)	495 (429)	337 (292)
ST15 (13)R -55	520 (440)	676 (572)	442 (374)	624 (528)	416 (352)	572 (484)	390 (330)

Ghi chú: Kích thước trên có thể thay đổi phụ thuộc vào cường độ cáp, điều kiện thực tế cốt thép ở công trường, tải trọng tính toán. 15 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.

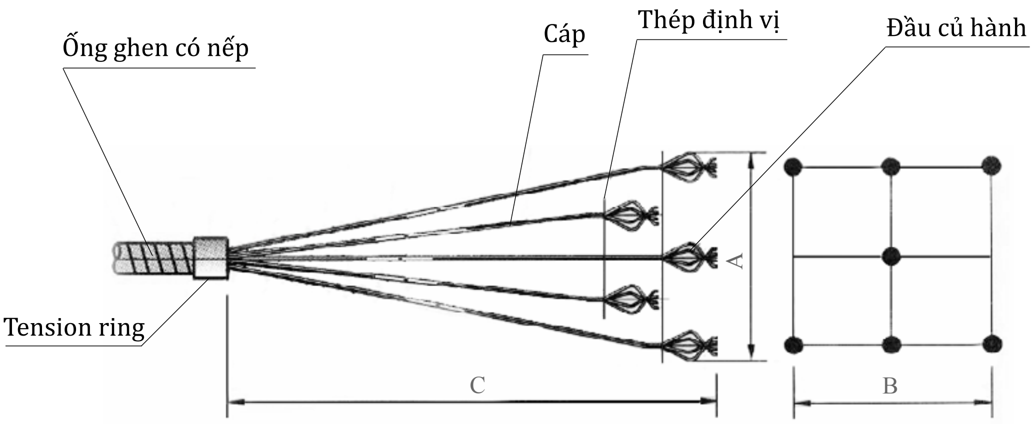
ĐẦU NEO CHẾT

Để tính chiều dài đầu neo chết khi thiếu số liệu kỹ thuật, có thể tính chiều dài này trong điều kiện lực kéo căng của cáp đạt 75% lực kéo đứt (theo tiêu chuẩn BS 8110 : 4.10.3).

$$l_t = \frac{K_t \varphi}{\sqrt{f_{ci}}}$$

f_{ci} Cường độ bê-tông khi kéo căng (Mpa), $\sqrt{f_{ci}}$ (Mpa)
φ Đường kính danh nghĩa của sợi cáp
K_t Hệ số phụ thuộc vào loại cáp và được chọn như sau:
- a. Sợi thép trơn: K_t = 600
- b. Sợi thép có gờ (chiều cao của sóng ≥ 0.15φ): K_t = 400
- c. Cáp 7 sợi: K_t = 240

Hình 20: Đầu neo chết



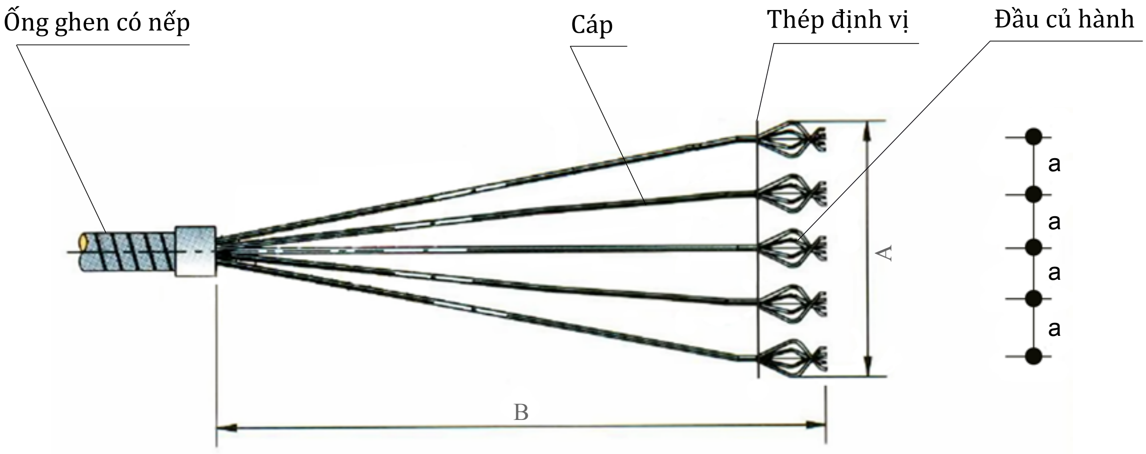
Hình 21: Chi tiết cấu tạo đầu neo chết cho bó cáp tròn (xem bảng 9)

Bảng 9: Đặc tính kỹ thuật đầu neo chết loại H cho bó cáp tròn, với lực kéo căng của cáp đạt 80% lực kéo đứt

Specification / Size	ST15 (13)-3H	ST15 (13)-4H	ST15 (13)-5H	ST15 (13)-6,7H	ST15 (13)-8,9H	ST15 (13)-12H
A	190 (130)	190 (150)	200 (160)	210 (170)	210 (220)	330 (270)
B	90 (70)	210 (170)	220 (180)	230 (190)	310 (250)	390 (310)
C (min)	1000 (750)	1000 (750)	1000 (750)	1100 (850)	1200 (850)	1300 (850)

Specification / Size	ST15 (13)-19H	ST15 (13)-27H	ST15 (13)-31H	ST15 (13)-37H	ST15 (13)-43H	ST15 (13)-55H
A	390 (310)	450 (410)	510 (430)	510 (430)	550 (560)	620 (560)
B	470 (390)	520 (430)	570 (470)	690 (570)	750 (580)	850 (680)
C (min)	1300 (950)	1700 (1150)	1700 (1150)	2000 (1680)	2500 (1680)	2500 (1980)

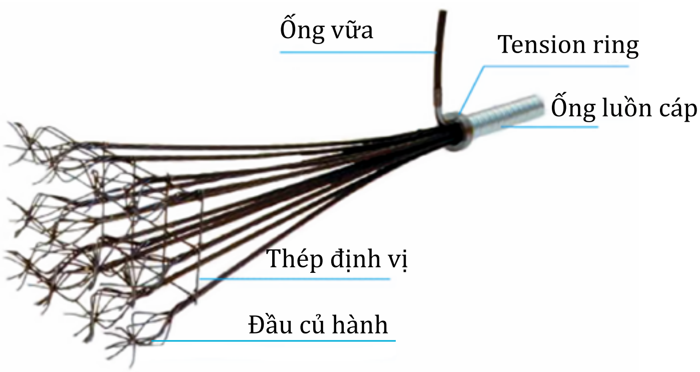
Ghi chú: 15 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.

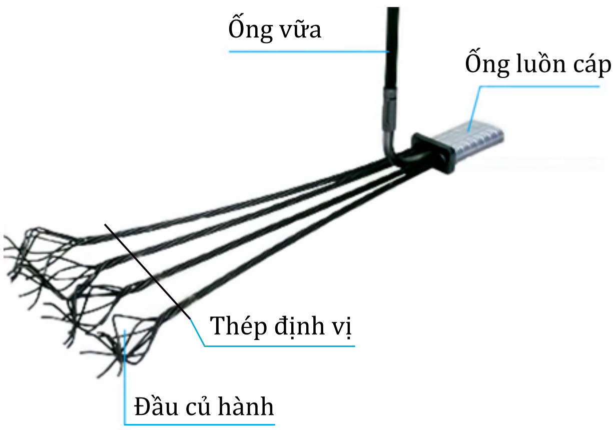


Hình 22: Chi tiết cấu tạo đầu neo chết cho bó cáp dẹp loại H (xem bảng 10)

Bảng 10: Chi tiết cấu tạo đầu neo chết cho bó cáp dẹp (loại H) với lực kéo căng của cáp đạt 80% lực kéo đứt

Type	A (mm)	B (mm)	a (mm)
ST5F	min.300	min.750	min.75
ST6F	min.300	min.1000	min.75



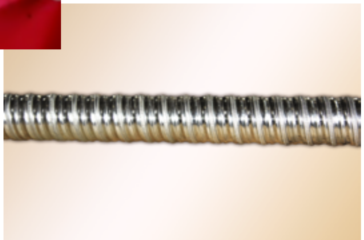


Hình 23: Đầu neo chết loại H

ỐNG LUỒN CÁP

Ống luồn cáp, van bơm vữa và các ống nối phải đủ độ cứng để giữ nguyên hình dạng trong quá trình thi công:

- Ống kẽm trơn: độ dày tối thiểu 0.23mm - 0.3mm.
- Ống kẽm gấp nếp: độ dày tối thiểu 0.23mm - 0.3mm.
- Ống nhựa cứng: độ dày tối thiểu 2.0mm.
- Diện tích mặt cắt ngang của ống luồn cáp phải lớn hơn hoặc bằng 2 lần diện tích mặt cắt ngang của tất cả các sợi cáp chiếm chỗ (theo tiêu chuẩn ACI 318: 18.17.3).



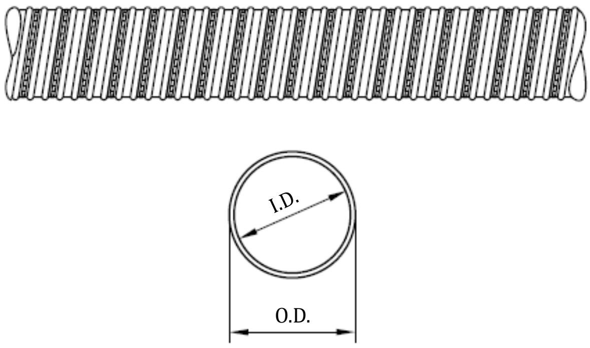
Hình 24: Ống luồn cáp tròn

Bảng 11: Kích thước ống luồn cáp tròn

Corrugated duct dimension			Corrugated duct dimension		
Type	Sheathing		Type	Sheathing	
	O.D (mm)	I.D (mm)		O.D (mm)	I.D (mm)
ST15R - 1	33	27	ST15R - 14	107	100
ST13R - 1	30	25	ST13R - 14	97	90
ST15R - 2	50	45	ST15R - 15	107	100
ST13R - 2	50	45	ST13R - 15	97	90
ST15R - 3	55	50	ST15R - 16	117	110
ST13R - 3	55	50	ST13R - 16	97	90
ST15R - 4	60	55	ST15R - 18	117	110
ST13R - 4	55	50	ST13R - 18	97	90
ST15R - 5	60	55	ST15R - 19	117	110
ST13R - 5	60	55	ST13R - 19	97	90
ST15R - 6,7	75	70	ST15R - 21	127	120
ST13R - 6,7	60	55	ST13R - 21	107	100
ST15R - 8,9	85	80	ST15R - 22	127	120
ST13R - 8,9	75	70	ST13R - 22	107	100
ST15R - 10	97	90	ST15R - 24	127	120
ST13R - 10	85	80	ST13R - 24	117	110
ST15R - 11	97	90	ST15R - 25	127	120
ST13R - 11	85	80	ST13R - 25	117	110
ST15R - 12	97	90	ST15R - 27	127	120
ST13R - 12	85	80	ST13R - 27	117	110
ST15R - 13	97	90	ST15R - 31	137	130
ST13R - 13	87	80	ST13R - 31	127	120

Ghi chú: 15 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.

Kích thước ống luồn cáp tròn

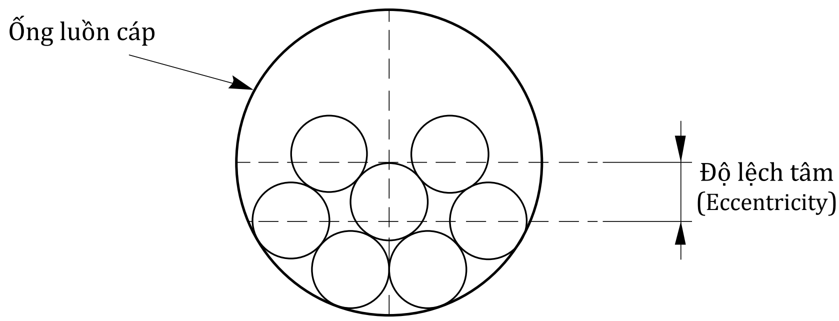


Hình 25: Kích thước ống luồn cáp tròn (xem bảng 11)

Bảng 12: Độ lệch tâm của bó cáp tròn

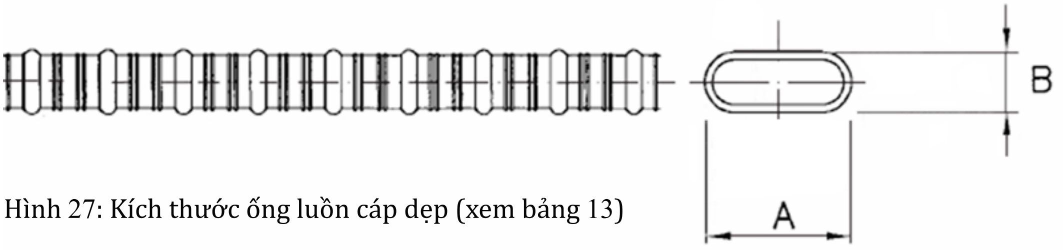
Tendon Unit	Duct diameter		Eccentricity
	I.D (mm)	O.D (mm)	
ST13R -1	25	30	6
ST13R -3	50	57	9
ST13R -4	50	57	9
ST13R -7	60	67	9
ST13R -12	80	87	11
ST13R -19	90	97	12
ST13R -22	100	107	12
ST13R -31	120	127	14
ST13R -37	115	121	22
ST13R -43	130	137	24
ST13R -55	147	153	23

Ghi chú: 13 - 3: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.



Hình 26: Độ lệch tâm của bó cáp tròn (xem bảng 12)

ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA VẬT LIỆU

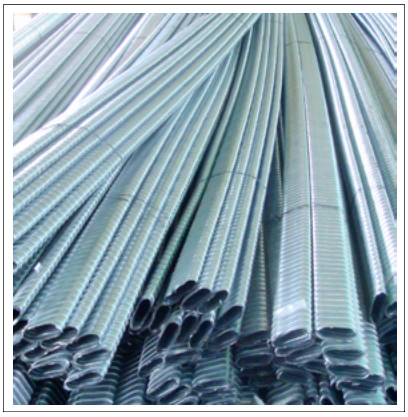


Hình 27: Kích thước ống luồn cáp dẹp (xem bảng 13)

Bảng 13: Kích thước ống luồn cáp dẹp

Tendon Type	A	B
ST13F - 5	70 ÷ 75	20
ST13F - 4	60 ÷ 70	20
ST13F - 3	50 ÷ 55	20
ST15F - 5	85 ÷ 90	25
ST15F - 4	70 ÷ 75	25
ST15F - 3	60 ÷ 65	25
ST15F - 2	45 ÷ 50	25

Ghi chú: 13 - 5: đường kính sợi cáp - số lượng sợi cáp.



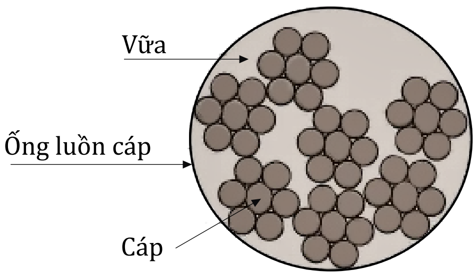
Hình 28: Ống luồn cáp dẹt

VỮA

Đặc tính của vữa phụ thuộc vào 2 yếu tố sau:

- Đặc tính vật lý của vữa.
- Điều kiện môi trường tại công trường.

Đặc tính của vữa	
Độ lỏng:	>10 giây và < 25 giây
Độ rỉ nước:	≥ 0.0% và < 0.3%
Độ co ngót:	≥ -1% và ≤ +5%
Cường độ:	> 27MPa sau 07 ngày (khối lập phương 40x40x160mm)
Tỉ lệ nước / Xi măng:	≤ 0.35



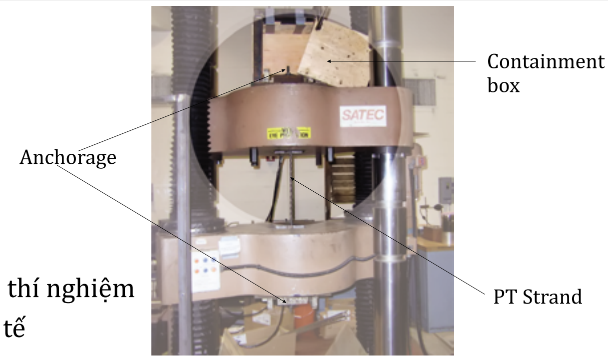
Hình 29: Mặt cắt ngang của đường cáp

CÁC TIÊU CHÍ THÍ NGHIỆM CỦA VẬT LIỆU

THÍ NGHIỆM NEO/ NÊM

Thí nghiệm các chỉ tiêu của hệ đầu neo theo tiêu chuẩn BS 4447; ACI 318.

- Neo phải giữ được 92% (hoặc 95%) lực kéo đứt của sợi cáp.
- Độ tụt nêm của neo phải ≤ 6.0mm.



Hình ảnh thí nghiệm neo thực tế

THÍ NGHIỆM CÁP DỰ ỨNG LỰC (ASTM A416)

Cáp dự ứng lực được thí nghiệm trên mỗi 20 tấn cáp với một tổ mẫu 3 sợi, được lấy từ cuộn cáp chỉ định bởi Tư vấn giám sát hoặc Chủ đầu tư.

Các chỉ tiêu kỹ thuật được kiểm tra như sau:		
7-wire strand 0.5”	ASTM A416	BS 5896
Giới hạn chảy	1670 Mpa	1640 Mpa
Lực kéo đứt tối thiểu	183.7 kN	186.0 kN
Độ giãn dài tương đối	3.5%	3.5%

Tham khảo bảng 1: Đặc tính kỹ thuật của Cáp dự ứng lực.

Hình ảnh thí nghiệm cáp thực tế

THÍ NGHIỆM VỮA

1. Độ chảy

- Kiểm tra độ chảy của vữa bằng phễu hình côn (BS EN 445-2007). Việc đo đạc được thực hiện tại công trường, khoảng 4 phút sau khi trộn vữa, thời gian chảy của vữa phải từ 10-25 giây.
- Thí nghiệm này được tiến hành cho mỗi mẻ trộn tại công trường.

2. Cường độ chịu nén

- Khuôn đúc mẫu (khối lập phương 40x40x160mm) được đậy lại bằng tấm kính sau khi đổ đầy vữa. Mỗi lần thí nghiệm cường độ chịu nén cho 03 mẫu. Cường độ nén của mẫu vữa sau 28 ngày tối thiểu phải đạt 30 Mpa hoặc 27 Mpa tại thời điểm 07 ngày trong trường hợp đề xuất đánh giá cường độ nén tại thời điểm 28 ngày dựa vào cường độ nén tại thời điểm 07 ngày.

- Thí nghiệm này được thực hiện mỗi sàn hoặc cấu kiện riêng biệt.

Hình ảnh thí nghiệm vữa thực tế

QUY TRÌNH THIẾT KẾ

THÔNG TIN BAN ĐẦU
BẢN VẼ KIẾN TRÚC, M&E
→ TẢI TRỌNG

KÍCH THƯỚC TIẾT DIỆN SƠ BỘ:
DẦM, SÀN MŨ CỘT...
→ VẬT LIỆU THIẾT KẾ: BÊ-TÔNG, CÁP, CỐT THÉP

TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ

TÍNH TOÁN CÁP, BỐ TRÍ CÁP
LẬP MÔ HÌNH

HỆ SỐ TỔ HỢP

KIỂM TRA Ở CÁC TRẠNG THÁI:
SLS, ULS

→ SLS:
- GIAI ĐOẠN TRANSFER:
  KIỂM TRA ỨNG SUẤT, ĐỘ VÕNG
- GIAI ĐOẠN SERVICE:
  KIỂM TRA ĐỘ VÕNG, ỨNG SUẤT, VÀ VẾT NỨT

→ ULS:
KIỂM TRA / TÍNH TOÁN KHÁNG UỐN, CHỐNG CẮT, CHỐNG XOẮN, GIA CƯỜNG ĐẦU NEO

THUYẾT MINH, DỰ TOÁN

KIỂM TRA KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

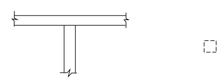
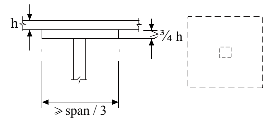
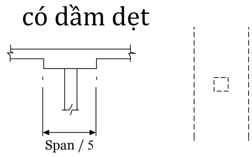
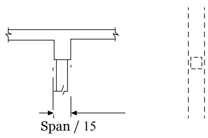
TRIỂN KHAI SHOP DRAWING

* CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐƯỢC ÁP DỤNG

- BS 8110-1997 Part 1, 2, 3; BS 5400
- Eurocode
- *ACI 318*
- *AS 3600*
- *TCVN 2737*

(*ACI 318*, *AS 3600*, *TCVN 2737*: *Tham khảo*)

KÍCH THƯỚC TIẾT DIỆN SƠ BỘ

Các phương án sàn	Kích thước tiết diện sơ bộ
1. Sàn phẳng dự ứng lực 	Chiều dày sàn: L/50 ÷ L/40
2. Sàn dự ứng lực có mũ cột 	Kích thước mũ cột: L/3
3. Sàn dự ứng lực có dầm dẹt 	Chiều cao dầm dẹt: L/20 ÷ L/35
4. Sàn dự ứng lực có dầm cao 	Chiều cao dầm cao: L/15 ÷ L/20

Với L: chiều dài nhịp
h: chiều dày sàn

Ghi chú: Kích thước sau cùng phải thỏa mãn các điều kiện của tiêu chuẩn áp dụng.

VẬT LIỆU

	British Standard	**Eurocode**
Bê-tông Cấu kiện căng sau	• Tham chiếu BS 8500-1-2006 • Tham khảo Bảng 7, BS EN 206-1-2000: 4.3	• Tham chiếu Mục e, BS EN 206-1
THÉP SỬ DỤNG	f_y = 390 Mpa hoặc 490 Mpa	f_y = 390 Mpa hoặc 490 Mpa
CÁP • Loại 0.5"~12.7mm (12.9mm) không có vỏ bọc cho cáp có bơm vữa và có vỏ bọc cho cáp không bơm vữa. • Loại 0.6"~15.2mm (15.7mm) không có vỏ bọc cho cáp có bơm vữa và có vỏ bọc cho cáp không bơm vữa.	**Tham chiếu Bảng 1: Đặc tính kỹ thuật của cáp Dự ứng lực** (ASTM A416, BS 5896)	

CÁC BƯỚC TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BÊ-TÔNG DỰ ỨNG LỰC

British Standard

1. Hệ số tổ hợp

1.1. Tổ hợp tải kiểm tra độ võng.

a_1 1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + 1.0LL + ψ_{nc}PT

a_2 1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + ψ_2LL + ψ_{nc}PT

a_3 1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + ψ_2LL + ψ_{nc}PT

a_5 1.0SW + 1.0PT

1.2. Tổ hợp tải kiểm tra ứng suất

Transfer:

1.0SW + 1.0PT

SLS:

1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + 1.0LL + ψ_{nc}PT

ULS: 1.4SW + 1.4SDL + 1.4WL + 1.6LL + ψ_{nc}PT*

Trong đó

SW : Tải trọng bản thân

SDL: Tải hoàn thiện

LL : Hoạt tải

WL : Tải tường

PT : Tải ứng lực trước

PT* : Phần mô men thứ cấp do tải ứng lực trước

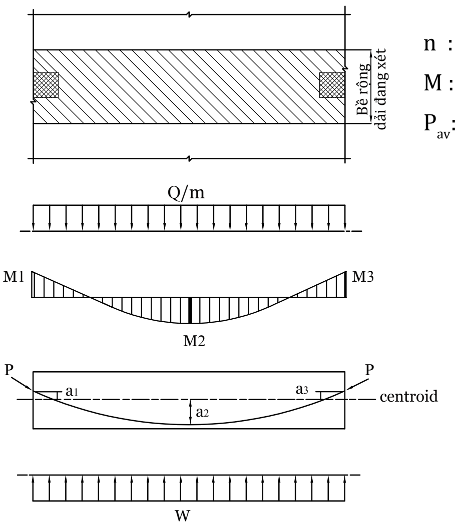
ψ_{nc} = 0.82, theo Namcong

ψ_2 = 0.25 (văn phòng); hoặc ψ_2 = 0.75 (kho bãi)

2. Tính toán số lượng cáp trên 1 dải tính toán:

2.1. Theo phương pháp cân bằng moment

$$n_{1,3} = \frac{M_1}{a_{1,3} * P_{av}} \qquad n_2 = \frac{M_2}{a_2 * P_{av}}$$



n : số lượng sợi cáp sợi bộ

M : mô men tính toán

P_{av}: lực ứng suất trước trung bình của sợi cáp

Tải trọng, moment dải đang xét

Eurocode

1. Hệ số tổ hợp

1.1. Tổ hợp tải kiểm tra độ võng.

a_1 1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + 1.0LL + ψ_{nc}PT

a_2 1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + ψ_2LL + ψ_{nc}PT

a_3 1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + ψ_2LL + ψ_{nc}PT

a_5 1.0SW + 1.0PT

1.2. Tổ hợp tải kiểm tra ứng suất

Transfer:

1.0SW + 1.0PT

SLS:

1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + 1.0LL + ψ_{nc}PT (tổ hợp toàn phần)

1.0SW + 1.0SDL + 1.0WL + ψ_2LL + ψ_{nc}PT (tổ hợp dài hạn)

ULS: 1.35SW + 1.35SDL + 1.35WL + 1.5LL + ψ_{nc}PT*

Trong đó

SW : Tải trọng bản thân

SDL: Tải hoàn thiện

LL : Hoạt tải

WL : Tải tường

PT : Tải ứng lực trước

PT* : Phần mô men thứ cấp do tải ứng lực trước

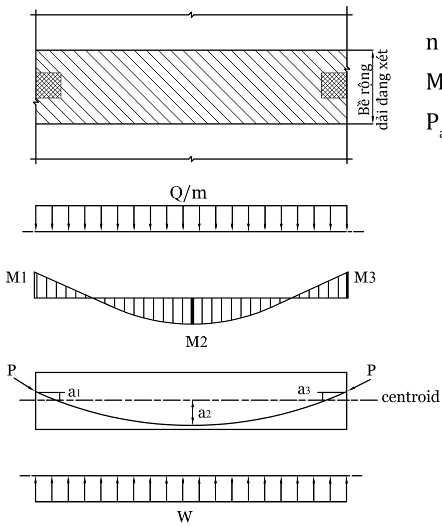
ψ_{nc} = 0.82, theo Namcong

ψ_2: xem bảng A1.1 BS EN 1990:2002

2. Tính toán số lượng cáp trên 1 dải tính toán:

2.1. Theo phương pháp cân bằng moment

$$n_{1,3} = \frac{M_1}{a_{1,3} * P_{av}} \qquad n_2 = \frac{M_2}{a_2 * P_{av}}$$



n : số lượng sợi cáp sợi bộ

M : mô men tính toán

P_{av}: lực ứng suất trước trung bình của sợi cáp

Tải trọng, moment dải đang xét

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

British Standard

1. TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG (SLS):

1.1. Giai đoạn truyền lực (Transfer stage)

1.1.1. Kiểm tra ứng suất

- Ứng suất nén không vượt quá 0.4 f_{ci} (BS 8110-1-1997:4.3.5.1)
- Ứng suất kéo không vượt quá 0.36 $\sqrt{f_{cui}}$ (BS 8110-1-1997: 4.3.5.2)

⇒ Nếu ứng suất vượt quá giới hạn cho phép, lấy ứng suất dư tính toán thép tăng cường.

1.1.2. Kiểm tra độ võng

Tham khảo BS 8110-1-1997:3.4.6.

1.2. Giai đoạn làm việc bình thường (Service stage)

Tham khảo BS 8110-2-1985:3.7, BS 8110-1-1997: 3.4.6.

1.2.1. Kiểm tra độ võng:

1.2.1.1. Các bước tính độ võng:

a) Độ võng tức thời do tổng tải trọng gây ra a_1:

- Tổ hợp tải gây ra độ võng tức thời:
  1.0SW + 1.0SDL + 1.0LL + ψ_{nc}PT
- Độ võng : $a_1 = Kl^2\dfrac{1}{r_{b1}}$
- Với : $\dfrac{1}{r_{b1}} = \dfrac{M_{TL}}{E_C I_i}$

  Bán kính cong tức thời do tổng tải trọng gây ra.

M_{TL}: Moment do tổng tải trọng tại thời điểm tức thời.
E_c : Mô đun đàn hồi của bê-tông tại thời điểm tức thời.
I_i : Moment quán tính (phụ thuộc vào vết nứt trên mặt cắt tiết diện).

b) Độ võng tức thời do tải dài hạn gây ra a_2:

- Tổ hợp tải dài hạn gây ra độ võng tức thời:
  1.0SW + 1.0SDL + ψ_{nc}PT + ψ_2LL
  ψ_2 = 0.25 (văn phòng); hoặc ψ_2 = 0.75 (kho bãi)
- Độ võng : $a_2 = Kl^2\dfrac{1}{r_{b2}}$
- Với : $\dfrac{1}{r_{b2}} = \dfrac{M_{PL}}{E_C I_i}$

  Bán kính cong tức thời do tải dài hạn gây ra.

M_{PL}: Moment do tổng tải trọng dài hạn gây ra.
E_c : Mô đun đàn hồi của bê-tông.

Eurocode

1. TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG (SLS):

1.1. Giai đoạn truyền lực (Transfer stage)

1.1.1. Kiểm tra ứng suất

- Ứng suất nén không vượt quá 0.6 $f_{ck}(t)$ (BS EN 1992-1-1-2004)
- Ứng suất kéo = $f_{ctm}(t)$ (BS EN 1992-1-1-2004)

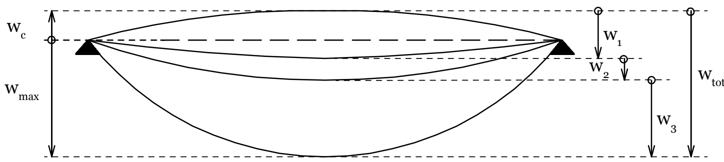
⇒ Nếu ứng suất vượt quá giới hạn cho phép, lấy ứng suất dư tính toán thép tăng cường.

1.1.2. Kiểm tra độ võng

Tham khảo BS EN 1990-2002.

1.2. Giai đoạn làm việc bình thường (Service stage)

1.2.1. Kiểm tra độ võng



Hình A1.1 - Mô tả độ võng

Với:

w_c là độ vồng lên của cấu kiện chưa chịu tải.

w_1 là độ võng tức thời của cấu kiện khi chịu *tải trọng dài hạn* (1) theo biểu thức từ (6.14a) đến (6.16b) - BS EN 1990-2002.

w_2 là độ võng gia tăng của cấu kiện ở *trạng thái dài hạn*(2) khi chịu *tải trọng dài hạn* (1).

w_3 là độ võng gia tăng do các *tác động thay đổi*(3) theo biểu thức (6.14a) đến (6.16b) - BS EN 1990:2002.

w_{tot} là tổng độ võng của w_1, w_2, w_3.

w_{max} tổng độ võng còn lại có tính đến độ vồng lên của cấu kiện.

(1) quasi-permament loads, (2) long-term state, (3) variable actions.

1.2.1.1. Các điều kiện chung

1) w_{max} hoặc w_{tot} ≤ L/250.
2) Độ võng sau thi công ≤ L/500 khi chịu tải trọng dài hạn.

L: chiều dài nhịp hoặc công xôn.

1.2.1.2. Ứng suất giới hạn trong cốt thép

$310/\sigma_s = 500/f_{yk}.(A_{s,req}/A_{s,prov}) \Rightarrow [\sigma_s]_{SLS}$

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

I_i: Moment quán tính (phụ thuộc vào vết nứt trên mặt cắt tiết diện).

c) Độ võng ở trạng thái dài hạn do tải dài hạn gây ra a_3:

- Tổ hợp tải dài hạn gây ra độ võng dài hạn
- SW + SDL + ψ_{nc}PT + ψ_2LL

ψ_2 = 0.25 (văn phòng); hoặc ψ_2 = 0.75 (kho bãi)

- Độ võng : $a_3 = Kl^2 \frac{1}{r_{b3}}$
- Với: $\frac{1}{r_{b3}} = \frac{M_{PL}}{E_3 I_i}$: Bán kính do tải dài hạn gây ra.

$E_3 = \frac{1.15E_{c,28}}{1+\varphi_3}$: Mô đun đàn hồi của bê-tông.

M_{PL} : Moment do tải trọng dài hạn gây ra.
I_i : Moment quán tính (phụ thuộc vào vết nứt trên mặt cắt tiết diện.
φ_3 : Hệ số từ biến, theo điều kiện môi trường.

1.2.1.2. Độ võng sau cùng của cấu kiện:

$$a_{max} = (a_1 - a_2) + a_3$$

$$a_{max} = Kl^2\left(\left[\frac{1}{r_{b1}} - \frac{1}{r_{b2}}\right] + \frac{1}{r_{b3}}\right)$$

K: hệ số tra theo bảng 3.1 BS 8110-2-1985.
l : chiều dài nhịp, hoặc chiều dài công xôn.

1.2.1.3. Kiểm tra độ võng cấu kiện theo BS 8110-1-1997:3.4.6

a) Điều kiện 1:

$$a \le \frac{L}{250}$$

L: chiều dài nhịp, hoặc chiều dài công xôn.

Với : $a = a_{max} = (a_1 - a_2) + a_3$

b) Điều kiện 2:

$$a \le \begin{cases} min\left(\frac{1}{500}; 20mm\right) & \text{Đối với cấu kiện đỡ vật liệu giòn, dễ nứt, gãy.} \\ min\left(\frac{1}{350}; 20mm\right) & \text{Đối với cấu kiện đỡ các loại vật liệu không dễ bị phá hoại.} \end{cases}$$

Với:

σ_s là ứng suất trong cốt thép chịu kéo tại giữa nhịp (tại gối tựa đối với côngxôn) dưới tác dụng của tải trọng tính toán ở trạng thái giới hạn sử dụng (SLS).
$A_{s,req}$ là diện tích cốt thép theo yêu cầu tính toán tại tiết diện này đối với trạng thái giới hạn độ bền (ULS).
$A_{s,prov}$ là diện tích cốt thép bố trí tại tiết diện này.

1.2.1.3. Các bước tính toán độ võng

Các bước tính độ võng giống như trong BS 8110, nhưng kết quả w_1 hoặc w_2 thì tính theo tải trọng dài hạn.

- $w_o = w(G_k + P_m)$, ở trạng thái tức thời.
- $w_1 = w(G_k + \psi_2.Q_k + P_m)$, ở trạng thái tức thời của *tải trọng dài hạn* [1].
- $w_a = w_1 + w_3 = w(G_k + Q_k + P_m)$, ở trạng thái tức thời của toàn bộ tải trọng có tính đến các *tác động thay đổi*[3].
- $w_b = w_2 + w_1 = w(G_k + \psi_2.Q_k + P_m)$, *ở trạng thái dài hạn*[2] của *tải trọng dài hạn* [1].

Ghi chú:

- $w_o = w(G_k; P_m; E_{cm})$
- $w_1 = w(G_k; Q_k; P_m; E_{cm})$
- $w_a = w(G_k; Q_k; P_m; E_{cm})$
- $w_b = w(G_k; Q_k; P_m; E_{cm}/(1+\varphi))$,
  $\varphi = \varphi(\infty, t_o)$ là hệ số từ biến.

Vì vậy:

- $w_3 = w_a - w_1$
- $w_2 = w_b - w_1$

Từ kết quả trên, chúng ta so sánh các giá trị độ võng với các giá trị độ võng giới hạn:

$w_{max} = w_1 + w_2 + w_3 \le L/250$, theo khoản 4 - mục 7.4.1 trong BS EN 1992-1-1-2004.

$w_{after\ construction} = w_{max} - w_o \le L/500$, theo khoản 5 – mục 7.4.1 trong BS EN 1992-1-1-2004.

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

Với: $a = a_{max} - a_5$

$$a_5 = f_{\left(SW+PT,\ E = \frac{E_{c,28}}{(1+\varphi_5)}\right)} = (1+\varphi_5) * a_{(SW+PT)}$$

1.2.2. Kiểm tra ứng suất

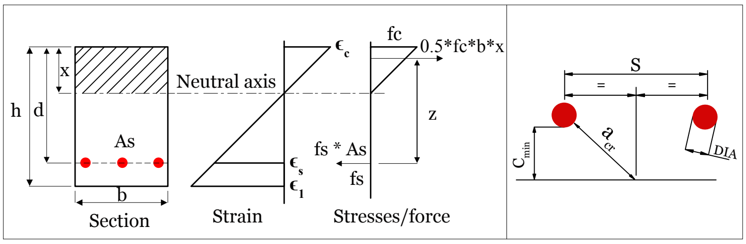
- Ứng suất nén không được vượt quá 0.4 f_{cu} (BS 8110 - 1997: 4.3.4.2).
- Ứng suất kéo không vượt quá: "a" (giá trị a nội suy trong bảng 4.2 ứng với kết cấu loại 3 và vết nứt 0.2mm sau đó nhân với hệ số nội suy được trong bảng 4.3 BS 8110-1-1997).

1.2.3. Tính toán vết nứt

- Tham khảo BS 8110-2-1985: 3.8/ BS 8007-1987.

1.2.3.1. Tính bề rộng vết nứt

$$w = \frac{3a_{cr}\epsilon_m}{1 + 2\left(\frac{a_{cr} - c_{min}}{h - x}\right)}$$



ϵ_1 : Biến dạng xuất hiện cùng với vết nứt.
ϵ_r : Biến dạng tại vị trí dạng xét, bỏ qua sự ảnh hưởng bê-tông trong vùng kéo.

a) Khi vết nứt giới hạn 0.2mm.

$$\epsilon_r = \frac{b_t(h-x)(a^{'}-x)}{3E_sA_s(d-x)}$$ tham khảo BS 8007-1987; B.4 Eq.2; Appendix B.

b) Khi vết nứt giới hạn 0.1mm.

$$\epsilon_r = \frac{1.5b_t(h-x)(a^{'}-x)}{3E_sA_s(d-x)}$$ tham khảo BS 8007-1987; B.4 Eq.3 Appendix B.

ϵ_m : Biến dạng trung bình tại vị trí đang xét.

$$\epsilon_m = \epsilon_1 - \epsilon_r$$ tham khảo BS 8110-2-1985; Eq.13:3.8.

$a^{'}$: khoảng cách từ mặt bê-tông chịu nén đến điểm tính bề rộng vết nứt.
x : chiều cao trục trung hòa.
h : chiều cao cấu kiện.

1.2.2. Kiểm tra ứng suất

- Giới hạn ứng suất nén: 0.45 f_{ck} đối với tổ hợp dài hạn (quasi-permanent) và 0.6 f_{ck} đối với tổ hợp toàn phần (characteristic) theo tiêu chuẩn BS EN 1992-1-2004.
- Giới hạn ứng suất kéo: f_{ctm} theo tiêu chuẩn BS EN 1992-1-1-2004.

1.2.3. Tính toán vết nứt

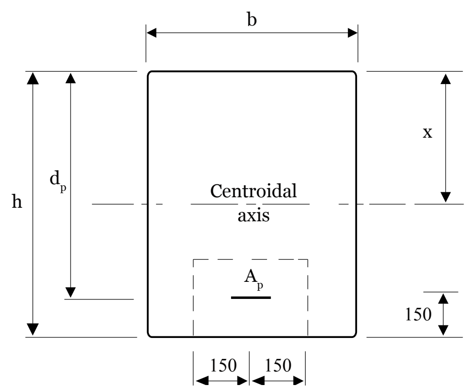
- Tham khảo BS EN 1992-1-1-2004: 7.3.

1.2.3.1. Tính toán bề rộng vết nứt

a) **Bước 1 – Tính toán mô đun đàn hồi của bê-tông.**

$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty,t_0))$
$\varphi(\infty,t_0)$ là hệ số từ biến.
$\alpha_e = E_s / E_{c,ef}$

b) **Bước 2 – Tính toán chiều cao của vùng chịu nén: tìm x**



Cân bằng mô men với trọng tâm là vị trí đặt lực nén trong bê-tông.
Và ta có: $x = (((\alpha_e.\rho)^2 + 2\,\alpha_e.\rho)^{1/2} - \alpha_e.\rho)$
Với:
$\rho = A_s / (b.d)$
b : chiều rộng của tiết diện.
d : chiều cao tính toán từ mép của vùng cốt thép thường.

c) **Bước 3** – tính toán ứng suất của thép chịu kéo: tìm σ_s

d) **Bước 4** – tính toán chêch lệch giữa biến dạng trong bê-tông và cốt thép: tìm $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$.

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

s : Bước lớn nhất của 2 thanh thép trong vùng chịu kéo.
c_{min}: Lớp bê-tông bảo vệ thép.

$$a_{cr}^2 = c_{min}^2 + \left(\frac{s - DIA}{2}\right)^2$$

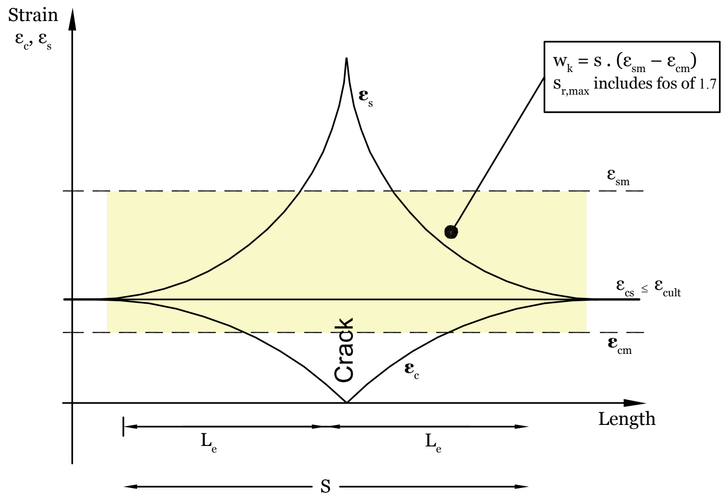
E_s: Mô đun đàn hồi thép.
A_s: Diện tích thép.
b_t: Bề rộng tiết diện đi qua trục của thép chịu nén.

Ghi chú: trục trung hòa được xác định như sau:
Trong trường hợp mặt cắt chịu kéo, giá trị (h-x) trong công thức tính ϵ_r được xác định bằng cách nội suy giữa các điều kiện giới hạn:

- Trục trung hòa tại mặt chịu nén lớn nhất: (h-x) = h.
- Trục kéo: (h-x) = 2h.

Nếu $\epsilon_m < 0$: Tiết diện không bị nứt.

Strain diagram



e) **Bước 5** – tính toán khoảng cách lớn nhất giữa các vết nứt: tìm $s_{r,max}$
f) **Bước 6** – tính toán bề rộng vết nứt: $w_k = s \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$
g) **Bước 7** – so sánh bề rộng vết nứt với các giới hạn.

2. TRẠNG THÁI GIỚI HẠN ĐỘ BỀN (ULS):

2.1. Tính thép kháng uốn

(tham khảo BS 8110-1-1997:4.3.7)

Ký hiệu:

A_p: Diện tích cáp trong vùng bê-tông chịu kéo.
A_s : Diện tích thép.
b : Bề rộng tiết diện.
d : Chiều cao tính từ mặt cấu kiện đến tâm diện tích thép A_{ps}.
d_n=0.45x : Chiều cao tính từ trọng tâm của vùng nén.
f_{pb} : Ứng suất kéo thiết kế của cáp (không cần tra bảng, có thể tính theo công thức tham khảo trong Namcong's Handbook Part A 2015).
x : Chiều cao trục trung hòa.
M_u: Mô men kháng tiết diện.
M_f: Mô men do tải ngoài (P) gây ra.

2. TRẠNG THÁI GIỚI HẠN ĐỘ BỀN (ULS):

2.1. Tính toán khả năng chịu uốn

2.1.1. Khả năng chịu uốn theo ULS

Tham khảo các ký hiệu trong BS EN 1992-1-1-2004: 1.6

Ta có, $F_c = \lambda x \cdot \eta f_{cd} \cdot b = (\lambda.\eta/\gamma_c).x.b.f_{ck} = 2\,\eta\,(d - z).b.f_{cd}$

$F_b + F_s = A_p.f_{pd} + A_s.f_{yd}$

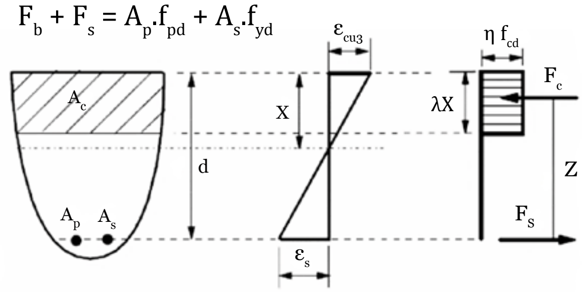


Figure 3.5: Rectangular stress distribution

Và, $M = F_c.z$; $z = (d - \lambda.x/2)$; $F_c = M / z$

$\Rightarrow$ $M/z = A_p.f_{pd} + A_s.f_{yd}$

$\Rightarrow$ $A_s = (M/z - A_p.f_{pd}) / f_{yd}$

Vậy, $M = 2\eta.b.f_{cd}\,(d - z).z = (2\eta/\Upsilon_c)b.d^2.f_{ck}(z/d-(z/d)^2)$

$M/(b.d^2.f_{ck}) = (2\eta/\Upsilon_c).(z/d-(z/d)^2$

Gọi: $K = M / (b.d^2.f_{ck})$;

$\omega = (2\eta/\gamma_c) = 1.333$, đối với $f_{ck} \le 50$ Mpa, $\eta = 1.0$

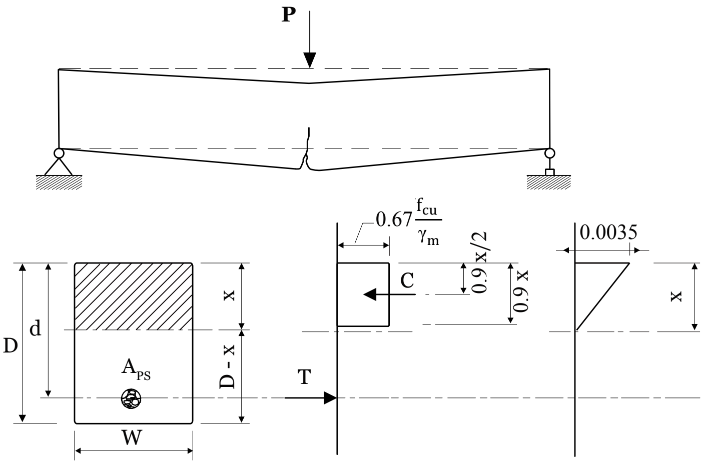
$\Rightarrow$ $K/\omega = z/d - (z/d)^2$

$\Rightarrow$ $(z/d)^2 - z/d + K/\omega = 0$

$\Rightarrow$ $K \le \omega/4$

$\Rightarrow$ $(z/d) = 0.5 + (0.25 - K/\omega)^{1/2}$, bởi vì:

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS



MẶT CẮT TIẾT DIỆN   ỨNG SUẤT   BIẾN DẠNG

CÁCH ỨNG XỬ CỦA CẤU KIỆN Ở TRẠNG THÁI ULS (CLASS 3)

Điều kiện giới hạn: $M_f \leq M_u$

Theo điều kiện cân bằng lực thì:

T= C

$$C = \frac{0.67 f_{cu}}{\gamma_m} \, 0{,}9x \, b$$

$$T = f_{pb} A_{ps}$$

$$M_u = \left(d - \frac{0.9x}{2}\right) C = (d - 0.45x) f_{pb} A_{ps}$$

$$\boxed{M_u = (d - d_n) \, . \, f_{pb} \, . \, A_{ps}}$$

Tính:

- $A_{ps} = A_p + A_s \dfrac{f_y}{f_{pu}}$: Diện tích cáp và thép trong tiết diện đang xét.
- f_{pb}: xác định dựa vào bảng 14:

Đặt : $T = \dfrac{f_{pb}}{\gamma_m f_{pu}} = f_{\left(\frac{f_{pu} A_{ps}}{f_{cu} bd}; \frac{f_{pe}}{f_{pu}}\right)}$ tra bảng 14.

$\Rightarrow \; f_{pb} = T \dfrac{f_{pu}}{\gamma_m}$; với $\gamma_m = 1.15$

- $d_n = 0.45x = 0.45 \, f_{\left(\frac{f_{pu} A_{ps}}{f_{cu} bd}; \frac{x}{d}\right)}$ tra bảng 14.

Khi cánh tay đòn đạt đến giới hạn thấp hơn, x = d/2, tiết diện có thể chịu được moment tối đa bởi tiết diện cốt thép đơn.

Vì vậy,

$\Rightarrow \; (z/d)_{min} = 1 - \lambda/2.(x/d) = 1 - \lambda/4$

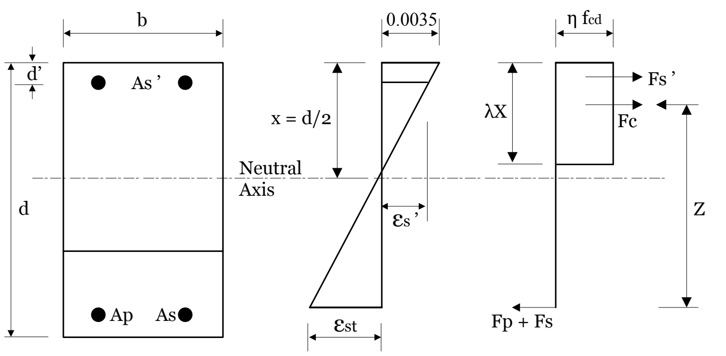
$\Rightarrow \; (z/d)_{min} = 1 - 0.8/4 = 0.8$, for $f_{ck} \leq 50$ Mpa, $\lambda = 0.8$

$\Rightarrow \; K_{lim} = 0.213$

Nếu $K \leq K_{lim}$, chỉ cần gia cường cốt thép chịu kéo (cốt đơn):

$A_s = (M/z - A_p.f_{pd}) / f_{yd}$

Nếu $K > K_{lim}$, yêu cầu phải có gia cường chịu kéo và gia cường chịu nén (cốt kép):



(a) Mặt cắt   (b) Biến dạng   (c) Ứng suất

Gia cường chịu nén như sau:

x = d/2,   for $K = K_{lim}$.

z/d = 0.8,   for $f_{ck} \leq 50$ Mpa, $\lambda = 0.8$

$A_s' = (M - K_{lim}.b.d^2.f_{ck}) / (f_{yd}.(d - d'))$

Tính toán f_{pd}:

$\Delta\varepsilon_p = (d_p - x).\varepsilon_{cu3}$

$\varepsilon_s = (d_s - x).\varepsilon_{cu3} \leq \varepsilon_{ud}$; ε_{ud} dựa vào tiêu chuẩn thiết kế.

$\varepsilon_{pd} = \varepsilon_{p(0)} + \Delta\varepsilon_p$

$f_{pd} = f(\varepsilon_{pd})$

$\Delta\sigma_p = \Delta\varepsilon_p.E_p$, if $\varepsilon_{pd} \leq (f_{p.eff}/\gamma_s) / E_p$

$\Delta\sigma_p = f_{pd}(\varepsilon_{pd}) - f_{p.eff}/\gamma_s$, if $\varepsilon_{pd} > (f_{p.eff}/\gamma_s) / E_p$

Trong bất kì trường hợp nào, $\Delta\sigma_p \leq 500$ Mpa.

Chú thích: $f_{p.eff}$ tham khảo trong Namcong's Handbook: Part B 2015.

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

Bảng 14. Bảng tra hệ số tỉ lệ giữa ứng suất trong cáp và cường độ thiết kế.

$\frac{f_{pu}A_{ps}}{f_{cu}\,bd}$	$f_{pb}\gamma_m/f_{pu}$			x/d		
	f_{pe}/f_{pu}			f_{pe}/f_{pu}		
	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4
0.05	1.00	1.00	1.00	0.12	0.12	0.12
0.10	1.00	1.00	1.00	0.23	0.23	0.23
0.15	0.95	0.92	0.89	0.33	0.32	0.31
0.20	0.87	0.84	0.82	0.41	0.40	0.38
0.25	0.82	0.84	0.76	0.48	0.46	0.45
0.30	0.78	0.75	0.72	0.55	0.53	0.51
0.35	0.75	0.72	0.70	0.62	0.59	0.57
0.40	0.73	0.70	0.66	0.69	0.66	0.62
0.45	0.71	0.68	0.62	0.75	0.72	0.66
0.50	0.70	0.65	0.59	0.82	0.76	0.69

Ghi chú: xem BS 8110-1-1997: 4.3.7.3

2.2. Tính thép chống cắt cho dầm và chống thủng cho sàn

2.2.1. Chống cắt cho dầm:

A_{sv} diện tích tiết diện của hai nhánh cốt đai.

b_v bề rộng cấu kiện, đối với tiết diện chữ T, I hay L là chiều rộng sườn.

d khoảng cách từ thớ chịu nén lớn nhất đến trọng tâm vùng cốt thép (A_{ps}+A_s) trong vùng kéo.

d_t chiều cao từ thớ nén lớn nhất đến cốt thép dọc hoặc trọng tâm các thanh căng, (lấy giá trị lớn hơn).

f_{pe} ứng suất trước tính toán thiết kế trong thanh căng sau khi đã xảy ra tất cả các tổn thất ứng suất, phải lấy nhỏ hơn $0.6f_{pu}$.

Ghi chú: Khi diện tích thép trong vùng chịu kéo này gồm các thanh căng và cốt thép, giá trị của f_{pe} có thể lấy bằng giá trị xác định bằng cách chia lực ứng suất trước tính toán cho diện tích tương đương của thanh căng bằng $(A_{ps} + A_s f_y/f_{pu})$

f_{yv} độ bền đặc trưng của cốt thép, không được lấy lớn hơn 500 N/mm².

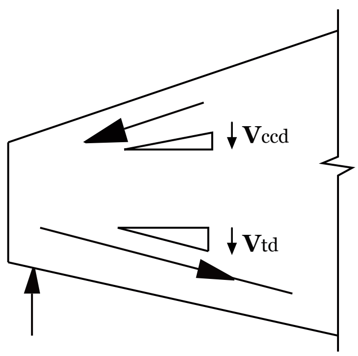
2.2. Tính thép chống cắt cho dầm và chống thủng cho sàn

2.2.1. Chống cắt cho dầm

V_{Ed} là lực cắt tính toán tại tiết diện đang xét do tải trọng bên ngoài và ứng suất trước (bám dính hoặc không bám dính) gây ra.

$V_{Rd,c}$ là khả năng chịu cắt tính toán của cấu kiện không có cốt thép chịu cắt.

$V_{Rd,s}$ là giá trị tính toán của lực cắt mà cốt thép chịu cắt khi chảy dẻo có thể duy trì được.



V_{Rd} là khả năng chịu cắt của cấu kiện có cốt thép chịu cắt.

$V_{Rd,max}$ là giá trị tính toán của lực cắt lớn nhất mà cấu kiện có thể duy trì được đến giới hạn bị phá hoại khi nén.

Với:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s}(+ V_{ccd} + V_{td})$$

Tham khảo thêm các ký hiệu trong BS EN 1992-2004:1.6.

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

M_0 moment gây ra ứng suất σ = 0 trong cấu kiện.
s_v bước đai dọc theo cấu kiện.
v_c ứng suất của bê-tông theo bảng 3.8 BS 8110-1-1997 với A_s được thay thế bằng (A_{ps} + A_s), trong đó A_{ps} và A_s là diện tích cáp và thép trong vùng chịu kéo.
V & M giá trị lực cắt và mô men uốn của tiết diện do tải cực hạn gây ra.
V_c lực kháng cắt giới hạn thiết kế bê-tông.
V_{cr} lực kháng cắt giới hạn thiết kế của tiết diện bị nứt do uốn.

2.2.2. Biểu thức và tính toán

theo tiêu chuẩn BS 8110-1-1997: 4.3.8.

Ứng suất cắt thiết kế cực hạn:

- $v \leq \min(0.8\sqrt{f_{cu}}\,; 5MPa)$ xem (BS 8110-1-1997: 4.3.8.2) (1)
- $v = \dfrac{V}{b_v d}$

Nếu (v) không thỏa, thì thay đổi tiết diện của dầm.

Lực cắt giới hạn tại tiết diện dầm bị nứt do uốn:

- $[V_{cr}]_{min} = 0.1\, b_v d\sqrt{f_{cu}}$
- $[V_{cr}] = \left(1 - 0.55\dfrac{f_{pe}}{f_{pu}}\right) v_c b_v d + M_0 \dfrac{V}{M}$

Với :

f_{pe}: suất kéo trước của cáp sau khi tính đến mất lực, $f_{pe} \leq 0.6\, f_{pu}$.
f_{pu}: Cường độ cáp dự ứng lực.

- $[V] = \max([V_{cr}],\ [V_{cr}]min)$
- $0.5[V] < V < [V] + 0.4 b_v d$ (BS 8110-1-1997: 4.3.8.7)

$$\Rightarrow A_{sv} = \frac{0.4\, b_v s_v}{0.87 f_{yv}}$$

- $V > [V] + 0.4 b_v d$ (BS 8110-1-1997: 4.3.8.7)

$$\Rightarrow A_{sv} = \frac{(V - [V]) s_v}{0.87\, f_{yv}\, d_t}$$

2.2.1.1. Quy trình thiết kế

a) Trường hợp 1:

Nếu $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$, không cần tính thép chịu cắt. Khi không có yêu cầu cốt thép chịu cắt trên cơ sở tính toán lực cắt, phải bố trí cốt thép chịu cắt tối thiểu theo 9.2.2 trong BS EN 1992-1-1-2004.

Và,

$V_{Ed} \leq 0.5 b_w d\, v\, f_{cd}$

Với: $v = 0.6[1 - f_{ck}/250]$, (f_{ck} tính bằng Mpa)

b) Trường hợp 2:

Trong các vùng có $V_{Ed} > V_{Rd,c}$, phải bố trí đủ cốt thép chịu cắt để $V_{Ed} \leq V_{Rd}$.

Tổng của lực cắt tính toán là:

$V_{Ed}\,(- V_{ccd} - V_{td}) \leq V_{Rd} \leq V_{Rd,max}$

2.2.1.2. Biểu thức và tính toán

Tham khảo thêm ký hiệu và công thức trong Namcong's handbook Part B 2015.

a) Trường hợp 1:

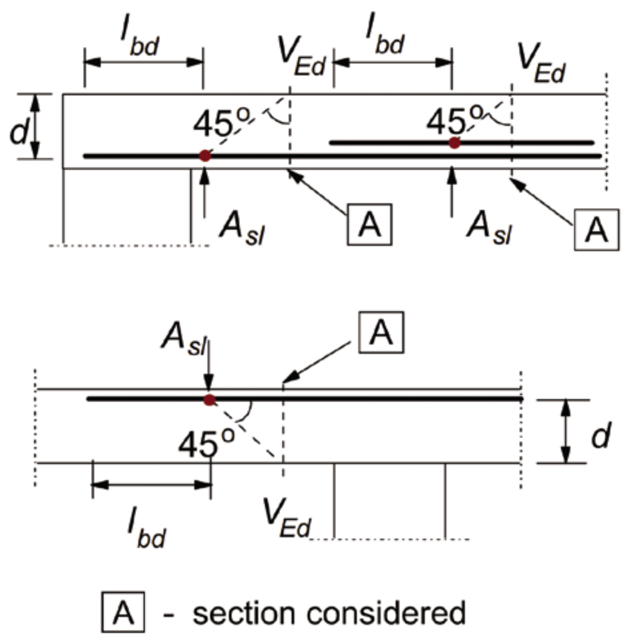
$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}\, k\, (100\rho_l\, f_{ck})^{1/3} + k_1\, \sigma_{cp}]\, b_w d,$ [tính bằng N]

$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1\, \sigma_{cp}) b_w d,$ [tính bằng N]

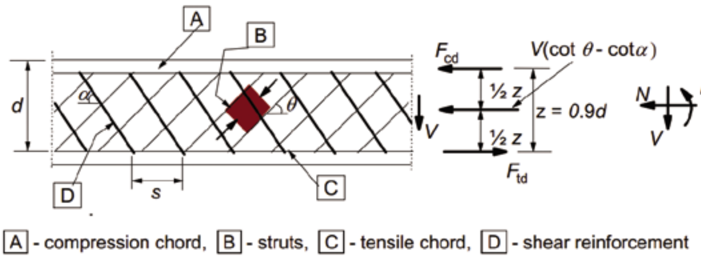
Với:

f_{ck} tính bằng Mpa.
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2.0$ với d tính bằng mm.
$\rho_l = A_{sl} / b_w d \leq 0.02$
A_{sl} là diện tích cốt thép chịu kéo ≥ (l_{bd} + d).
b_w là chiều rộng nhỏ nhất của tiết diện trong vùng chịu kéo [mm].
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2\, f_{cd}$ (Mpa)
N_{Ed} là lực dọc trục trên tiết diện ngang do tải trọng gây ra hoặc ứng suất trước [tính bằng N] gây ra (N_{Edt}>t0 đối với lực nén). Ảnh hưởng của các biến dạng làm thay đổi lực dọc N_{Ed} thì có thể bỏ qua.
A_c là diện tích tiết diện bê-tông [mm²].
$k_1 = 0.15$
$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$
$v_{min} = 0.035\, k^{3/2}\, f_{ck}^{\ 1/2}$

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS



b) Trường hợp 2:



Góc θ phải được giới hạn: $1 \le \cot\theta \le 2.5$

- <u>Đối với các cấu kiện có cốt thép chịu cắt thẳng đứng:</u>

$V_{Rd,s} = A_{sw}\ z\ f_{ywd} \cot\theta / s$ (a)

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw}\ b_w\ z\ \nu_1\ f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta) = \alpha_{cw}\ b_w\ z\ \nu_1\ f_{cd} \sin\theta \cos\theta$, đạt giá trị lớn nhất khi $\cot\theta = 1$

$\Rightarrow V_{Rd,max} = \alpha_{cw}\ b_w\ z\ \nu_1\ f_{cd} / 2$

Với:

- A_{sw} là diện tích tiết diện của cốt thép chịu cắt.
- s là khoảng cách cốt thép đai.
- f_{ywd} là giới hạn chảy tính toán của cốt thép chịu cắt.
- z là cánh tay đòn, $z = 0.9d$.
- ν_1 là hệ số giảm cường độ đối với bê-tông có vết nứt khi cắt.
- α_{cw} là hệ số tính đến trạng thái ứng suất của bê-tông chịu nén.

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

Và:

- Giá trị ν_1 có thể được tính như sau:

Nếu $0.8f_{yk} \le f_{ywd} \le f_{yd} = f_{yk}/\gamma_S$:

$\nu_1 = \nu = 0.6[1 - f_{ck}/250]$, ($f_{ck}$ tính bằng Mpa)

Nếu $f_{ywd} < 0.8f_{yk}$, và trong biểu thức (a), (b) f_{ywd} được thay bởi $0.8 f_{ywd}$:

$\nu_1 = 0.6$ với $f_{ck} \le 60$ Mpa

$\nu_1 = 0.9 - f_{ck}/200$ với $f_{ck} > 60$ Mpa

- Giá trị α_{cw} được tính như sau

$\alpha_{cw} = 1$ đối với kết cấu không ứng suất trước

$\alpha_{cw} = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$ với $0 < \sigma_{cp} \le 0.25f_{cd}$

$\alpha_{cw} = 1.25$ với $0.25f_{cd} < \sigma_{cp} \le 0.5f_{cd}$

$\alpha_{cw} = 2.5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$ với $0.5f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

- Diện tích tiết diện ngang lớn nhất của cốt thép chịu cắt đối với $\cot\theta = 1$:

$A_{sw,max} f_{ywd} / (b_w s) \le \alpha_{cw} \nu_1 f_{cd} / 2$

- Đối với cấu kiện có cốt thép nghiêng chịu cắt, khả năng chịu cắt là giá trị nhỏ hơn giữa hai kết quả sau:

$V_{Rd,s} = A_{sw} z f_{ywd} (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / s$ (b)

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} (\cot\theta + \cot\alpha) / (1 + \cot^2\theta)$,

đạt giá trị lớn nhất khi $\cot\theta = 1$

$\Rightarrow V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} (1 + \cot\alpha) / 2$

- Cốt thép chịu cắt tính toán lớn nhất, với $\cot\theta = 1$:

$A_{sw,max} f_{ywd} / (b_w s) \le \alpha_{cw} \nu_1 f_{cd} / (2 \sin\alpha)$

Ghi chú quan trọng 1, cho b_w:

- Khi bản cánh có chứa ống luồn cáp được bơm vữa với đường kính $\phi > b_w/8$, giá trị b_w được thay bởi $b_{w,nom}$
  $b_{w,nom} = b_w - 0.5\,\Sigma\phi$ và khi $\phi \le b_w/8$, $b_{w,nom} = b_w$
- Đối với ống luồn cáp không bơm vữa, ống bằng nhựa có bơm vữa và thanh căng không bám dính, chiều dày danh nghĩa của sườn là: $b_{w,nom} = b_w - 1.2\,\Sigma\phi$

Ghi chú quan trọng 2 cho lực kéo bổ sung do lực cắt V_{Ed} gây ra:

Lực kéo phát sinh, ΔF_{td}, được tạo ra do lực cắt V_{Ed} tác động lên cốt thép dọc.

$\Delta F_{td} = 0.5 V_{Ed} (\cot\theta - \cot\alpha)$,

ΔF_{td} có giá trị cực đại khi $\cot\theta = 1$.

$\Rightarrow \Delta F_{td} = 0.5 V_{Ed} (1 - \cot\alpha)$

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

2.2.3. Tính toán chống thủng cho sàn:

tham chiếu BS 8110-1-1997: 3.7.6

2.2.3.1. Tính thép chống thủng sàn

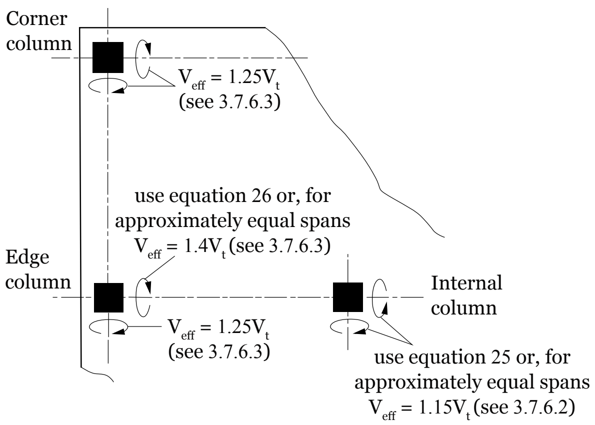
- Kiểm tra điều kiện chọc thủng tại mặt cột C1:

$$v \le \min\left(0.8\sqrt{f_{cu}};\, 5MPa\right) \quad (1)$$

- Nếu điều kiện (1) không thỏa thì phải thay đổi tiết diện cấu kiện tại nút cột.
- Nếu điều kiện (1) thỏa =>tiếp tục kiểm tra điều kiện 2.

$$v \le [v] \qquad (2)$$

- Khả năng chịu cắt được kiểm tra đầu tiên tại chu vi cách mặt vùng chất tải một khoảng bằng 1.5d.
- $[v] = v_c + v_p$
- $v_c = \dfrac{0.79\{100A_s/(b_v d)\}^{1/3}(400/d)^{1/4}}{\gamma_m} \cdot \left(\dfrac{f_{cu}}{25}\right)^{1/3}$
- $v_p = 0.6\left(\dfrac{P}{b_v d}\right) \cdot \left(\dfrac{Vh}{M}\right)$
- $v = \dfrac{V_{eff}}{ud}$



Với:

[v] Ứng suất kháng cắt của cấu kiện

v_c Ứng suất kháng cắt của bê-tông, tra bảng 3.8 BS 8110-1:1997.

v_p Ứng suất kháng cắt do lực dọc trục cấu kiện tạo ra.

v Ứng suất gây cắt tại chu vi đang xét.

A_s diện tích thép qua chu vi đang xét.

A_p diện tích cáp qua chu vi đang xét.

$A_{sp} = (A_s + A_p)$.

b_v lấy cạnh của chu vi có tính kháng cắt nhỏ nhất.

d chiều cao làm việc của sàn.

V_t Phản lực tại đầu cột.

P Lực dọc trục của cấu kiện (kể cả lực nén của cáp).

$\Rightarrow \Delta A_{st} = \Delta F_{td} / f_{yd}$, là cốt thép chịu kéo bổ sung.

2.2.2. Tính toán chống thủng cho sàn

2.2.2.1. Các bước thiết kế chống thủng

BẮT ĐẦU

↓

Tính toán giá trị β (theo hình 7 hoặc Biểu thức từ (6.38) đến (6.46) trong BS EN 1992-1-1-2004)

↓

Tính giá trị $V_{Ed,max}$
(ứng suất cắt thiết kế tại mặt cột):
$V_{Ed,max} = \beta V_{Ed}/(u_1 d_{eff})$
trong đó u_1 là chu vi cột
$d_{eff} = (d_y + d_z)/2$
(d_y và d_z là chiều cao hữu hiệu của các phương vuông góc)

↓

Tính giá trị $V_{Rd,max}$

↓

Nếu $V_{Ed,max} \le V_{Rd,max}$ — No → Thiết kế lại sàn

↓ Yes

Tính giá trị V_{Ed}, (ứng suất cắt thiết kế):
$V_{Ed,max} = \beta V_{Ed}/(u_1 d_{eff})$
trong đó u_1 là chiều dài của chu vi đang tính toán

↓

Tính toán khả năng thủng của bê-tông (không có cốt thép chống cắt), $V_{RD,c}$
trong đó $\rho_1 = (\rho_{ty}\,\rho_{tz})^{0.5}$
(ρ_{ty}, ρ_{tz} là tỉ lệ cốt thép theo hai phương. Tỉ lệ cốt thép được tính cho những cây thép có chiều dài đi ra khỏi vùng 3d tính từ mặt cột có tính cả đoạn neo thép vào bê-tông)

↓

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

Nếu v không thỏa điều kiện điều kiện (2) cần tính toán bố trí thép chống thủng:

- $[v] < v \leq 1.6[v]$ (3).

$\Rightarrow \sum A_{sv}\sin\alpha \geq \frac{(v-[v])ud}{0.87f_{yv}}$

- $1.6[v] < v \leq 2[v]$ (4).

$$\Rightarrow \sum A_{sv}sin\alpha \geq \frac{5(0.7v-[v])ud}{0.87f_{yv}}$$

- $v > 2[v]$ (5).

- Khi $v > 2[v]$ và hệ thống cốt thép được bố trí để nâng cao khả năng chịu cắt, cần phải chứng minh bằng các chứng cứ thiết kế.

$\sum A_{sv}$sinα: không lấy nhỏ hơn $0.4ud/0.87f_{yv}$ (0.4 có đơn vị là Mpa)

f_{yv} : Cường độ thép chống thủng.

$\sum A_{sv}$: Tổng diện tích thép chống thủng.

α : Góc nghiêng giữa thép chống thủng và mặt phẳng sàn.

Ứng suất cắt phải được kiểm tra trên các chu vi kế tiếp nhau với khoảng cách 0.75d cho đến khi tìm được chu vi không có yêu cầu cốt thép chịu cắt.

Chu vi tính toán tối đa tính từ mặt cột không được vượt quá 3.75d. Nếu không thỏa thì phải thay đổi tiết diện cấu kiện tại nút cột.

Nếu $V_{Ed} > V_{Rd,c}$?

No → Không cần cốt thép chống thủng

Yes ↓

Tính diện tích cốt thép chống thủng trên chu vi:

$A_{SW} = (V_{Ed} - 0.75V_{Rd,c})S_r u_1/(1.5\ f_{ywd,ef})$

(khoảng cách giữa các chu vi bố trí thép chống thủng)

$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25\ d_{eff} \leq f_{ywd}$

↓

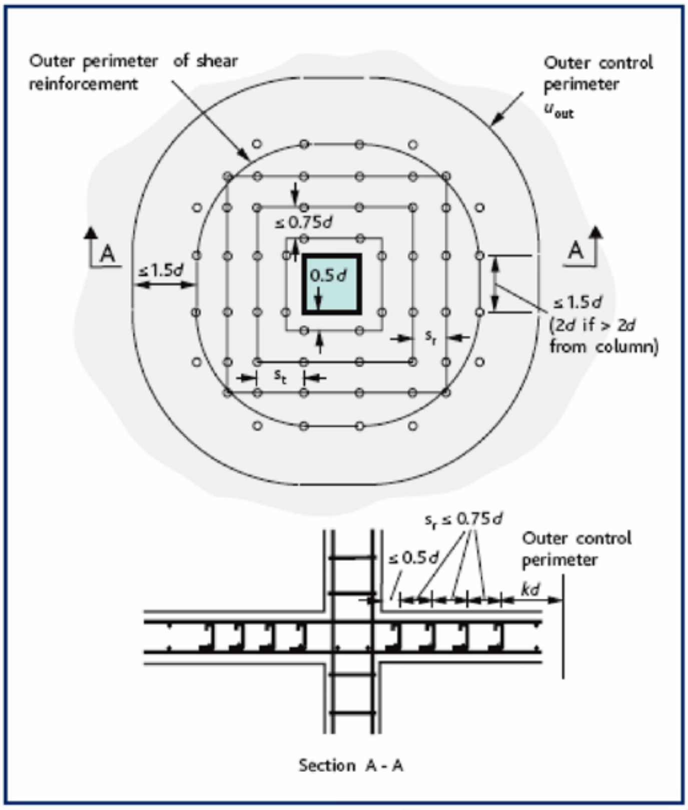
Tính toán độ dài chu vi ngoài cùng không có yêu cầu cốt thép chống cắt:

$u_{out,ef} = \beta\ V_{Ed}/(V_{Rd,c}\ d)$

↓

Xác định mặt bằng cốt thép chống thủng

Punching shear layout



KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

2.3. Tính toán gia cường đầu neo sống, đầu neo chết:
Tham khảo BS 8110-1-1997: 4.10.3

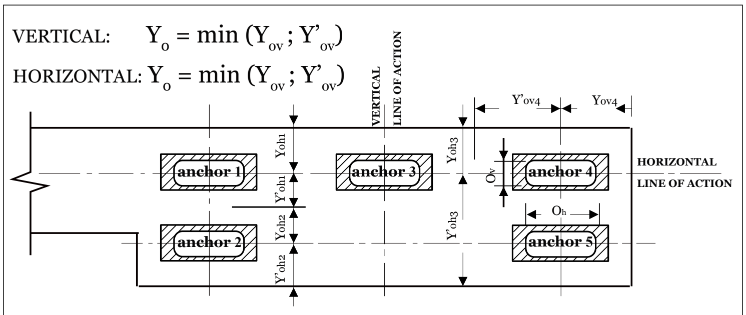
2.3.1. Chiều dài đầu neo chết:

Khi chưa có các số liệu thực nghiệm, có thể sử dụng phương trình sau đây để tính toán chiều dài truyền ứng suất trước l_t, đối với lực căng ứng suất trước ban đầu bằng 75% độ bền đặc trưng của thanh căng khi các đầu cấu kiện được dầm chặt.

$$l_t = \frac{K_t \varphi}{\sqrt{f_{ci}}}$$

Với f_{ci} - cấp bền bê-tông ở trạng thái Transfer.
φ - đường kính danh nghĩa của cáp.
K_t = hệ số phụ thuộc vào loại cáp (K = 240).

2.3.2. Thép gia cường đầu neo sống: Tham khảo BS8110-1-1997



2.3. Tính toán gia cường đầu neo sống, đầu neo chết

2.3.1. Với đầu neo chết (BS EN 1992-1-1-2004: 8.10.10.2.2)

Truyền ứng suất trước

(1) Khi kéo căng sợi cáp ứng suất của bê-tông giữa sợi cáp được giả định có giá trị không đổi f_{bpt}, trong đó:

$f_{bpt} = \eta_{p1}\ \eta_1\ f_{ctd}(t)$

Trong đó:

- η_{p1} là hệ số tính đến dạng sợi cáp và tình trạng bám dính lúc buông sợi cáp.
  η_{p1} = 2.7 đối với các sợi thép có khía.
  η_{p1} = 3.2 đối với cáp có 3 và 7 sợi.
- η_1 = 1.0 đối với những điều kiện bám dính tốt.
  = 0.7 ngược lại, ngoại trừ khi có thể điều chỉnh thành các giá trị cao hơn liên quan đến các điều kiện đặc biệt trong khi thi công.
- f_{ctd} là giá trị cường độ chịu kéo tính toán của bê-tông tại thời điểm buông sợi cáp; $f_{ctd}(t) = \alpha_{ct}.0.7\ f_{ctm}(t) / \gamma_c$.

Ghi chú: Phụ thuộc vào Tổ chức phê chuẩn kỹ thuật Châu Âu, có thể sử dụng các giá trị η_{p1} đối với các dạng thanh căng khác với các dạng đã nêu ở trên.

(2) Giá trị cơ bản của chiều dài truyền l_{pt}:

$l_{pt} = \alpha_1\ \alpha_2\ \phi\sigma_{pmo} / f_{bpt}$

Trong đó:

α_1 = 1.0 khi buông từ từ.
= 1.25 khi buông đột ngột.

α_2 = 0.25 đối với sợi cáp có tiết diện tròn.
= 0.19 đối với cáp 3 và 7 sợi.

ϕ là đường kính danh nghĩa của sợi cáp.

σ_{pmo} là ứng suất trong thanh căng ngay sau khi buông.

(3) Phụ thuộc vào tình huống thiết kế, giá trị tính toán của chiều dài truyền phải lấy theo giá: $l_{pt1} = 0.8\ l_{pt}$

2.3.2. Đối với đầu neo sống

a) **Ứng suất sau tấm neo được kiểm tra như sau:**

- Khoảng cách tối thiểu giữa đường trục của neo với mép (edge) của bê-tông không được nhỏ hơn giá trị quy định trong Tổ chức phê chuẩn kỹ thuật châu Âu. Giá trị tối thiểu dựa trên cường độ của bê-tông vào thời điểm kéo căng.
- Cốt thép cần thiết để ngăn nổ hoặc vỡ vùng đầu neo được xác định theo lăng trụ bê-tông chữ nhật, được gọi là quy tắc lăng trụ chính, ở vị trí phía sau đầu neo.

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

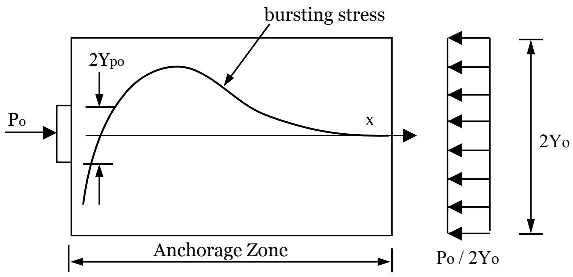


Figure: Bursting stresses in rectangular beam subjected to an axial symmetric force.

Gia cường theo phương đứng.

- $2Y_o = 2\min(Y; Y'_{ov})$
- $2Y_{po} = a_v$
- $F_{bst} = P_o f_{\left(\frac{Y_{po}}{Y_o};\frac{F_{bst}}{P_o}\right)}$

Với: $f_{\left(\frac{Y_{po}}{Y_o};\frac{F_{bst}}{P_o}\right)}$ Xem bảng 15

P_o: Lực kéo của bó cáp

Bảng 15: Bảng tra lực kéo vỡ đầu neo sống.

$\frac{Y_{po}}{Y_o}$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$\frac{F_{bst}}{P_o}$	0.23	0.23	0.2	0.17	0.14	0.11

Ghi chú: xem bảng 4.7 - BS 8110-1-1997

Tiết diện của lăng trụ liên kết với mỗi đầu neo được gọi là khối chữ nhật liên kết. Khối chữ nhật liên kết có cùng tâm và trục đối xứng với tấm neo (có hai trục đối xứng) và phải thỏa mãn:

$$\frac{P_{max}}{c\,.\,c'} \leq 0.6.f_{ck}(t)$$

Trong đó:

$P_{max} = A_p \,.\, \sigma_{p,max}$ (A_p là diện tích tiết diện của cáp; $\sigma_{p,max}$ là ứng suất cực đại lên cáp = min $\{k_1 . f_{pk}; k_2 . f_{po.1k}\}$.

Ghi chú: Giá trị của k_1 và k_2 có thể tìm thấy trong phụ lục Quốc gia. Giá trị đề nghị là $k_1 = 0.8$ và $k_2 = 0.9$.

c .c' là kích thước của khối chữ nhật liên kết.

f_{ck} (t) là cường độ bê-tông trong thời điểm kéo căng.

Khối chữ nhật liên kết phải có tỷ lệ xấp xỉ với tấm neo. Điều kiện này được thỏa khi c/a và c'/ a' không lớn hơn: $1.25\sqrt{\frac{c.c'}{a.a'}}$ trong đó a và a' là kích thước của khối chữ nhật nhỏ nhất bao gồm cả tấm neo.

- Những khối chữ nhật liên kết với neo trong cùng một tiết diện phải luôn nằm trong khối bê-tông, không được chồng chéo.

- "Primary regularisation prism"(4) thể hiện xấp xỉ khối lượng mà trong đó các ứng suất thay đổi từ giá trị rất cao ngay sau tấm neo đến giá trị hợp lý đối với bê-tông theo lực nén đơn trục (uniaxial). Trục của lăng trụ được lấy theo trục của cáp, đáy chính là khối chữ nhật liên kết, còn chiều cao phía sau đầu neo được lấy giá trị 1.2 max (c .c'). Khối lăng trụ liên kết với những đầu neo khác nhau có thể chồng chéo (điều này xảy ra khi các bó cáp không song song) nhưng vẫn phải nằm trong bê-tông.

(4) *"Quy tắc lăng trụ"* theo người dịch.

b) Cốt thép chống vỡ và nổ trong bê-tông, trong mỗi lăng trụ (định nghĩa trong (1)) không được nhỏ hơn:

$$A_s = 0.15\,\frac{P_{max}}{f_{yd}}\,\gamma_{p,unfav} \text{ with } \gamma_{p,unfav} \geq 1.20$$

Trong đó :

P_{max} là lực tối đa lên cáp theo 5.10.2.1 trong EN 1992-1-1-2004 và f_{yd} là cường độ thiết kế của thép gia cường.

Cốt thép phải được phân bố mỗi hướng theo khối lăng trụ.

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

2.4. Tính toán thép chống xoắn

(Tham khảo BS 8110-2-1985: 2.4.2, Reinforce Concrete Structures of Pretoria University)

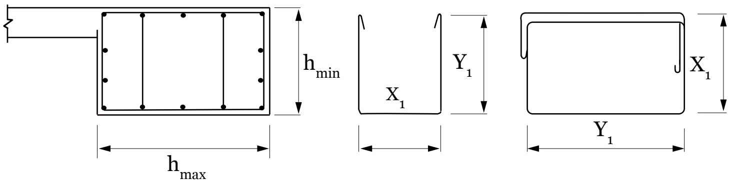
Xác định thép dọc và thép chống cắt của dầm.

A_s : Thép dọc chịu uốn.

A_{sv}: Thép đai chống cắt.

Ứng suất cắt do moment xoắn (T) gây ra.

$$v_t = \frac{2T}{h_{min}^2\left(h_{max} - \frac{h_{min}}{3}\right)}$$



2.4.1. Kiểm tra điều kiện chống xoắn của dầm

$v + v_t \leq v_{tu}$ (BS 8110-2-1985:2.4.5)

- $v = \frac{V}{bd}$: ứng suất do lực cắt tại tiết diện gây ra.
- v_t : Ứng suất do moment xoắn gây ra.
- v_{tu}: Ứng suất giới hạn (tra bảng 16).

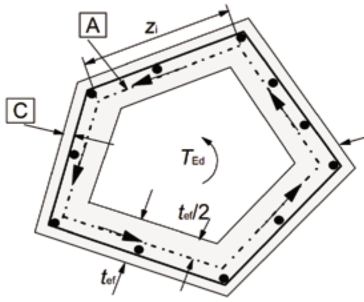
Bảng 16: Bảng giá trị $v_{t,min}$ và v_{tu}

Cấp bền bê-tông (f_{cu})	$v_{t,min}$	v_{tu}
MPa	N/mm²	N/mm²
25	0.33	4
30	0.37	4.38
35	0.385	4.69
≥40	0.4	5

Ghi chú: tham khảo bảng 2.3 - BS 8110-2-1985: 2.4.6

Diện tích của cốt thép bề mặt tại bề mặt chất tải không nhỏ hơn $0.03\ \frac{P_{max}}{f_{yd}}\ \gamma_{p,unfav}$ theo mỗi hướng.

2.4. Tính toán thép chống xoắn

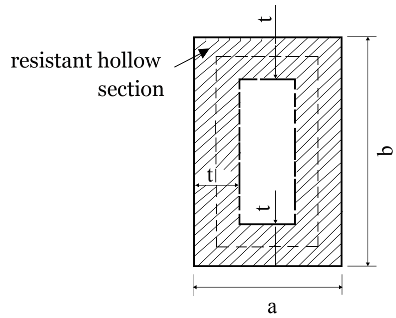


A - Đường tâm

B - Cạnh ngoài của tiết diện ngang tính toán, chu vi u

C - Lớp bảo vệ

Hình 6.11: Các chú thích và định nghĩa sử dụng trong mục 6.3



Rectangular section subjected to shear and torsion

2.4.1. Các yếu tố hình học

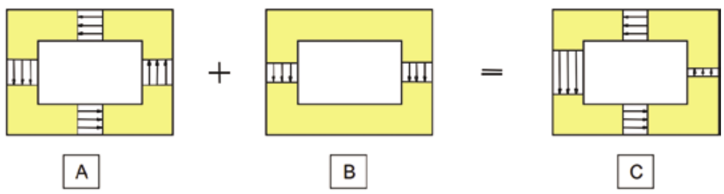
a = 300 mm; b = 500 mm

A = 150000 mm² (diện tích của mặt cắt tiết diện)

u = 1600 mm (chu vi của mặt cắt tiết diện)

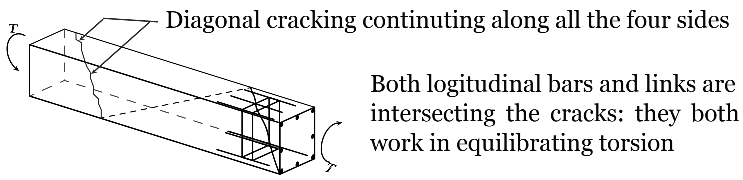
t = A/u = 94 mm

A_k = (500 - 94) . (300 - 94) = 83636 mm²



A Xoắn B Ứng suất cắt C Tổ hợp

Tổ hợp ứng suất trong thành dầm [EC 2-2 Fig. 6.104].



KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

Bảng 17: Điều kiện tính cốt thép chịu cắt và xoắn

	$v_t < v_{t,min}$	$v_t > v_{t,min}$
$v \le v_c + 0.4$	Bố trí hàm lượng thép chống cắt tối thiểu (cấu tạo); không cần thép chống xoắn.	Tính toán thép chống xoắn, không được nhỏ hơn hàm lượng thép cấu tạo chịu cắt.
$v > v_c + 0.4$	Tính lượng thép chống cắt ; không cần thép chống xoắn.	Tính toán cốt thép chống cắt và chống xoắn.

Ghi chú: tham khảo bảng 2.4 - BS 8110-2-1985 : 2.4.6

2.4.2. Tính thép chống xoắn.

$$\frac{A_{sv}}{s_v} = \frac{T\gamma_m}{0.8x_1y_1f_{yv}}$$

$$A_s = \frac{A_{sv}}{s_v}.\frac{f_{yv}}{f_y}.(x_1 + y_1)$$

• Thép dọc chống xoắn phải được bố trí đều chu vi trong cốt đai. Khoảng cách giữa hai thanh thép không được nhỏ hơn 300mm; và phải có ít nhất 4 thanh, mỗi thanh ở mỗi góc đai.

• Thép dọc chống xoắn có thể đặt cùng vị trí với thép chống uốn bằng cách dùng thép có đường kính lớn hơn đường kính của thép chống uốn.

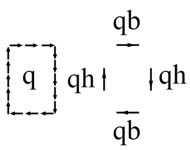
• Thép chống xoắn nên được neo một đoạn ít nhất bằng cạnh lớn nhất của tiết diện đang xét.

2.4.2. Giải thích:

$V_{Ed,i(T)}$ lực cắt do xoắn ở thành thứ i.
$V_{Ed,i(V)}$ lực cắt do tác động của lực cắt vào thành thứ i
A là tổng diện tích của tiết diện trong phạm vi chu vi ngoài, bao gồm cả các diện tích lỗ rỗng.
u là chu vi ngoài của tiết diện ngang.
$t_{ef,i}$ là độ dày hữu hiệu của thành thứ i. Trong trường hợp tiết diện là hình chữ nhật thì $t_{ef,I} = t_{eff} = A/u$.
z_i là chiều dài cạnh của thành thứ i. Trường hợp tiết diện hình chữ nhật thì z_i (= h hoặc = b) là chiều dài cạnh bên của diện tích chữ nhật A_k.
A_k là diện tích được bao bởi đường tâm của các thành liên kết với nhau, bao gồm cả các diện tích lỗ rỗng bên trong (xem hình 6.11).
u_k là chu vi ngoài của diện tích A_k.
q lưu lượng lực cắt do moment xoắn, (in N/m).
q $= \tau_{t,i} \cdot t_{ef,i}$
$\tau_{t,i}$ là ứng suất cắt do xoắn trong thành thứ i.

2.4.3. Quy trình thiết kế:

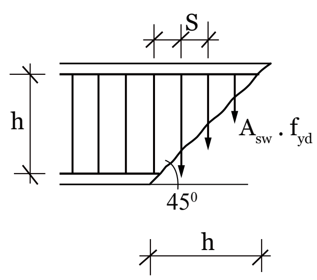
Đối với tiết diện chữ nhật, và θ = 45° ~ cotθ = 1:
b, h là độ dài các bên của tiết diện A_k.



Moment xoắn ở trung tâm của tiết diện A_k:

$T_{Ed} = 2qh.(b/2) + 2.qb.(h/2) = 2.q.bh = 2.q.A_k$

a) Chống xoắn trong cốt thép đai:



$\Rightarrow q = T_{Ed} / (2.A_k)$

$\Rightarrow V_{Ed,i(T)} = q \cdot z_i = T_{Ed}.z_i / (2.A_k)$

$\Rightarrow V_{Ed,i(T)} = V_{Rd,s} = A_{sw}\, z_i\, f_{ywd} \cot\theta / s$

$\Rightarrow T_{Ed} = T_{Rd,s} = (2.A_k) \cdot A_{sw}\, f_{ywd} \cot\theta / s$

$\Rightarrow T_{Ed} = T_{Rd,s} = (2.A_k) \cdot A_{sw}\, f_{ywd}$ /s, for θ =45°~cotθ = 1

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

Để tính toán chống cắt cho tiết diện chữ nhật

Theo phương đứng:

$\Rightarrow V^*_{Ed} = V_{Ed,i(V)} + V_{Ed,i(T)} < V_{Ed,max}$

Trong đó: $V_{Ed,i(V)} = V_{Ed} / 2$, và V_{Ed} là lực cắt.

$\Rightarrow V^*_{Ed} \leq V_{Rd,s}$

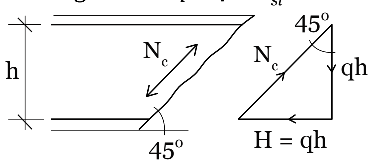
Theo phương ngang:

$\Rightarrow V_{Ed,i(T)} < V_{Ed,max}$

$\Rightarrow V_{Ed,i(T)} \leq V_{Rd,s}$

Trong đó: z trong biểu thức của $V_{Ed,max}$ và $V_{Rd,s}$ là cùng giá trị như z_i

b) Chống xoắn trong cốt thép dọc A_{sl}:



Lực kéo có thể được cân bằng theo phương ngang:

$\Sigma H = 2qh + 2qb = q(2h + 2b) = q \cdot u_k = \Sigma A_{sl} \cdot f_{yd} / u_k$

$\Rightarrow q = \Sigma A_{sl} . f_{yd} / u_k$

$T_{Ed} = 2. q \cdot A_k$

$\Rightarrow q = T_{Ed} / 2A_k$

$\Rightarrow \Sigma A_{sl} . f_{yd} / u_k = T_{Ed} / 2A_k$, với $\theta = 45^o \sim \cot\theta = 1$

$\Rightarrow T_{Ed} = T_{Rd,Als} = (2. A_k). \Sigma A_{sl} \cdot f_{yd} / u_k$ (c)

Tổng quát: $T_{Ed}=T_{Rd,Als}=(2. A_k) . \Sigma A_{sl}.f_{yd} .\cot \theta / u$ (d)

Lưu ý cho cáp dự ứng lực có bơm vữa:

$\Sigma A_{sl}.f_{yd}$ trong biểu thức (c) và (d) được thay thế bởi

$\Sigma A_{sl}.f_{yd} + A_p.\Delta\sigma_p$

Trong đó:

$\Delta\sigma_p \leq 500$ Mpa, là ứng suất tăng lên trong cáp dự ứng lực có bơm vữa.

c) Khả năng chịu lực lớn nhất của cấu kiện chịu xoắn và cắt phải thỏa mãn điều kiện sau:

$T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed,(T)} / V_{Rd,max} \leq 1.0$

Trong đó

T_{Ed} là moment xoắn tính toán.

$V_{Ed,(T)}$ là lực ngang tính toán, với z_i=b trong diên tích A_k.

$T_{Rd,max} = 2.\nu.\alpha_{cw}. f_{cd} \cdot A_k. t_{ef,i}. \sin\theta . \cos\theta$.

$V_{Rd,max}$ khả năng chịu cắt tính toán lớn nhất (xem lại mục 2.2.1 của tài liệu này)

KIỂM TRA, TÍNH TOÁN Ở CÁC TRẠNG THÁI: SLS, ULS

d) Đối với các tiết diện có hình dạng gần chữ nhật, chỉ yêu cầu bố trí cốt thép tối thiểu (xem BS EN 1992-1-1-2004: 9.2.1.1), miễn là thỏa mãn điều kiện sau:

$$T_{Ed} / T_{Rd,c} + V_{Ed,(T)} / V_{Rd,c} \leq 1.0$$

Trong đó:

$$T_{Rd,c} = (2.A_k).f_{ctd}.t_{eff}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}\, k\, (100\rho_I\, f_{ck})^{1/3} + k_1\, \sigma_{cp}]\, b_w d$$

PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ SÀN TRÊN NỀN ĐẤT ỔN ĐỊNH By Brian M. Juedes

Chương 2.0 của PTI Design Manual, phiên bản 3, đưa ra quy trình thiết kế cho sàn trên nền đất ổn định. Về bản chất, quy trình chỉ yêu cầu một lực ứng trước tối thiểu là 0.05A sau khi mất toàn bộ ứng suất (losses), bao gồm cả ma sát trên nền đất (sub-grade friction). Không có điều kiện quy định về khả năng chịu lực cho phép của đất, độ cứng của đất hay tải trọng chu vi (perimeter load). Cũng không có điều kiện quy định về moment, lực cắt hay độ cứng của sàn. Bài viết này thể hiện một phương án thiết kế cho sàn dày đồng nhất trên nền đât ổn định. Quy trình này giải thích về khả năng chịu lực cho phép của đất; độ cứng của đất và tải trọng chu vi; và tính toán lực cắt, mo-ment và độ võng thiết kế.

CÁC TỪ KHÓA

Khả năng chịu lực cho phép của đất; các đầu neo; độ lệch tâm; nền đất hỗ trợ (ground-supported); sàn dự ứng lực căng sau; độ cứng của đất; đất ổn định; sàn dày đồng nhất.

GIỚI THIỆU

PTI Design of Post-Tensioned Slabs-on-Ground, phiên bản thứ 3 phần lớn viết về nền đất mở rộng. Có một số phần đề cập về đất nén và nền đất ổn định. Chương 2.0 trình bày về các thông tin tổng quát và đề xuất quy trình thiết kế cho sàn trên nền đất ổn định.

Thông tin tổng quát tham khảo trên BRAB Report[1] No. 33. Bài báo cáo trên thiết lập bốn loại sàn cơ bản có thể gặp. Các loại sàn đó là:

- Loại I: Unreinforced (Không có cốt thép) ;
- Loại II: Có cốt thép nhẹ chống co ngót và nứt do nhiệt;
- Loại III: Có cốt thép và tăng cứng; và
- Loại IV: Tấm sàn (không tựa trực tiếp trên nền đất loại I và II thường được xây trên nền đất ổn định.

Quy trình thiết kế sàn BRAB loại I và II mục đính là để cung cấp một lực ứng trước là 0.05A sau khi mất toàn bộ ứng suất (losses), bao gồm cả ma sát trên nền đất (sub-grade friction). Khoảng cách các bó cáp (tính bằng feet) phải đảm bảo cung cấp được một lực ứng trước tối thiểu tại vị trí tâm của tiết diện mặt bằng sàn dày đồng nhất loại II với đơn vị tỷ lệ bê-tông là 150 lb / cf có thể tính từ công thức sau:

$$\text{Khoảng cách các bó cáp} = \frac{F_e}{t \times (0.6 + 0.003125\,L) \times 1000}$$

Trong đó, F_e là lực ứng trước tính toán trên mỗi bó cáp (tính bằng kips ~ 435,59 kg); t là chiều dày sàn (tính bằng in); và L là chiều dài sàn tính (bằng ft).

ĐIỀU KIỆN BIÊN SÀN ĐIỂN HÌNH

Điều kiện biên sàn điển hình của sàn dày đồng nhất với biên dày được mô tả trong Hình 1. Biên sàn dày dùng để đảm bảo lớp bê-tông phủ kín đầu neo và để bù vào một số chỗ lún (provide some embedment) dưới các cao độ đã hoàn thiện. Như đã nêu trong bài viết này, biên sàn dày không phải là yếu tố quyết định trong việc thiết kế sàn.

Có hai mục trong Hình 1 là quan trọng trong thiết kế sàn. Thứ nhất là tải trọng chu vi được đặt lên biên sàn. Cho nên, tổng hợp gradient áp lực lên nền đất không trùng với tải trọng chu vi. Kết quả là tải trọng chu vi tạo ra một moment uốn trong sàn. Thứ hai, các neo cáp được đặt để đảm bảo lớp bê-tông tối thiểu bao phủ mặt trên của neo. Độ lệch tâm neo cáp so với trục tâm sàn tạo ra một moment uốn trong sàn.

DẦM TRÊN NỀN CÓ TÍNH ĐÀN HỒI

Các công thức tính cho dầm trên nền có tính đàn hồi đều có trong các giáo trình cơ học nâng cao và đưa ra một mô hình chuẩn cho sàn trên nền đất ổn định. Mô hình nền Winkler được dùng trong các công thức dưới đây. Đối với dầm bán vô hạn với tải trọng dọc tập trung và moment tại điểm mút (end) của dầm, như mô tả trong Hình 2 lực cắt, moment và độ võng được tính như sau:

$$V = -P_0 C_{\beta x} + 2\beta M_0 B_{\beta x} \qquad \text{(plf)}$$

$$M = \frac{-P_0 B_{\beta x}}{x^{\beta}} - M_0 A_{\beta x} \qquad \text{(lb.-in./ft)}$$

$$\Delta = \frac{2\beta P_0}{k} D_{\beta x} + \frac{2\beta^2 M_0}{k} C_{\beta x} \quad \text{(in.)}$$

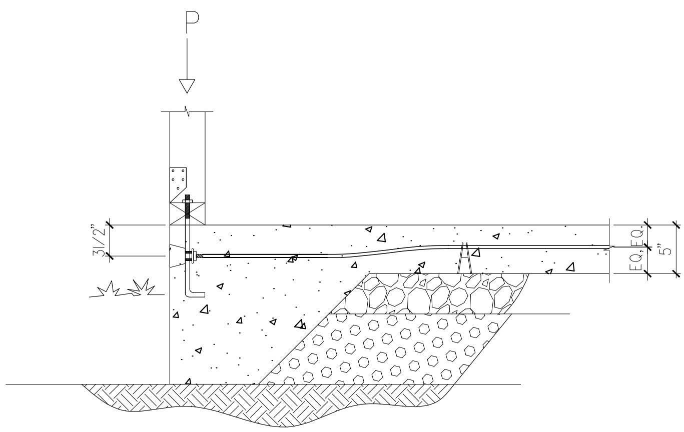
Trong đó P_0 là tải chu vi, tính bằng plf; M_0 là mô men mút, tính bằng lb-in./ft; k là $k_0 b$ tính bằng psi/ft; k_0 là mô đun của nền đất, tính bằng pci; b là đơn vị bề rộng của sàn 12 in.; β là $(k/4EI)^{1/4}$; E là mô đun đàn hồi, tính bằng psi; I là mô men quán tính của đơn vị bề rộng sàn, tính bằng in ^{4}/ft; = $1/12(12)(t)^3$; = t^3 ; t là chiều dày của sàn, tính bằng in.

$$A_{\beta x} = e^{-\beta x}\left(\cos\beta x + \sin\beta x\right)$$

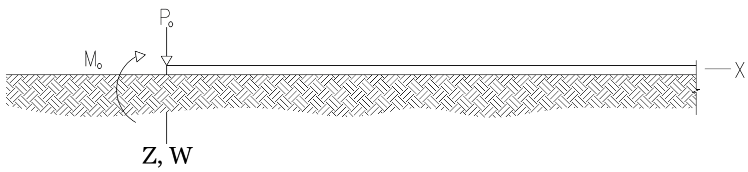
$$B_{\beta x} = e^{-\beta x}\sin\beta x$$

$$C_{\beta x} = e^{-\beta x}\left(\cos\beta x - \sin\beta x\right)$$

$$D_{\beta x} = e^{-\beta x}\cos\beta x$$



Hình 1: Sàn dày đồng nhất với biên dày và tải trọng chu vi.



Hình 2: Dầm bán vô hạn trên nền tảng Winkler.

Để phục vụ cho việc thiết kế, công thức tính cắt, mô men và độ võng có thể đơn giản hóa khi xem xét các điều kiện biên. Độ võng tối đa xảy ra khi x= 0, $C_{\beta x}$ = 1, và $D_{\beta x}$ = 1.

Vì vậy:

$$\Delta_{MAX} = \frac{2\beta P_0}{k} + \frac{2\beta^2 M_0}{k}$$

$$\Delta_{MAX} = \frac{2\beta}{k} + (P_0 + \beta M_0)$$

Để tính lực chịu tải của nền đất, cần có áp lực tải tối đa lên nền đất.

$$\text{fbrg}_{MAX} = k_0 \Delta_{MAX}$$

Mô men tối đa xảy ra khi βx = π/4, βx = 0.3224 nếu mô men mút (end) M_0 bằng 0. Nếu mô men mút (end) M_0 không bằng 0, vị trí của mô men cực đại không thấy được nhưng vẫn nằm trong khoảng giữa βx = 0 and βx = π/4. Lực cắt tối đa xảy ra khi x = 0, $C_{\beta x}$ = 1.

VÍ DỤ

Cho biết:

Sàn dày 5 Inch

P_0 = 900 plf

M_0 = 6422 in-lb/ft trên cơ sở 28,200 lb mỗi bó cáp cách tâm 4.5 ft với 1 in. độ lệch tâm neo.

F_{bg} = 1500 psf

k_0 = 250 pci

Yêu cầu tìm: Mô men xoắn cực đại và vị trí của mô men cực đại.

Độ võng tối đa của sàn.

Áp lực tối đa trên nền đất.

$k = k_0 b$ = 250 (12 in.) = 3000 psi/ft.

$$\beta = \left[\frac{k}{4EI}\right]^{1/4} = \left[\frac{3000}{4(2,850,000)(125)}\right]^{1/4} = 0.03809$$

$$M = \frac{P_0}{\beta} B_{\beta x} - M_0 A_{\beta x}$$

Sau khi tính M với một số vị trí β_x giữa 0 và π/4, M cực đại được tìm ra khi β_x = 0.55

$$M = \frac{-P_0}{\beta} B_{\beta x} - M_0 A_{\beta x}$$

$$M = \frac{-900}{0.3809}(0.3016) - 6422(0.7934)$$

M = 7126 + 5095

M_{MAX} = 12,221 in.-lb/ft

βx = 0.55; vì vậy, x = 0.55/β = 0.55/0.03809 = 14.4 in.

Δ_{MAX} = 2β/k($P_0 + \beta M_0$)

= 2(0.03809) / 3000 (900 + (0.03809) (6422))

= 0.0291 in.

$F_{brg\,max}$ = $k_0\ \Delta_{MAX}$

= 250(.0291) (144 psi / psf)

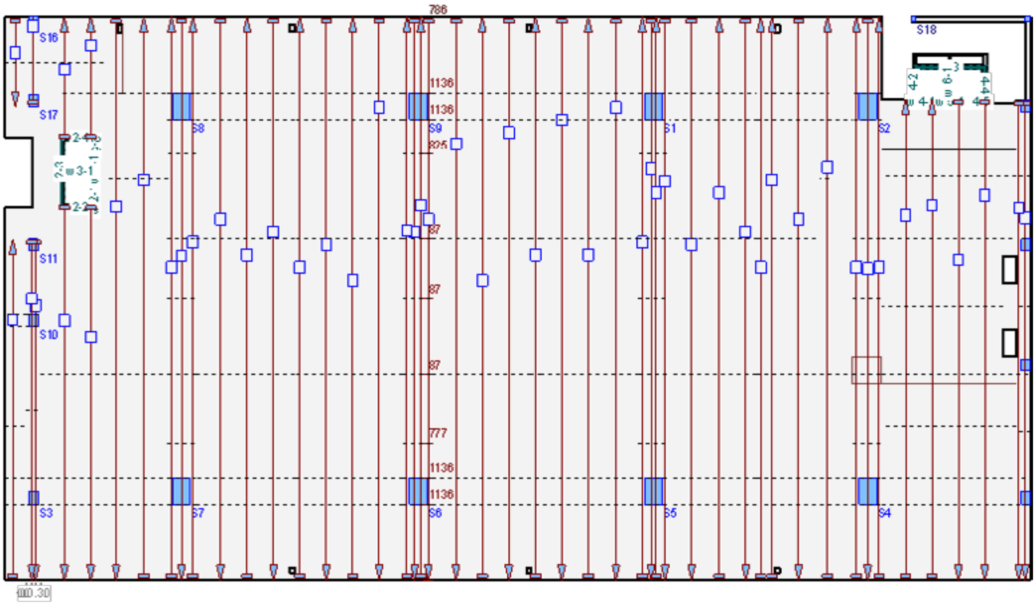
= 1046 psf

KẾT LUẬN

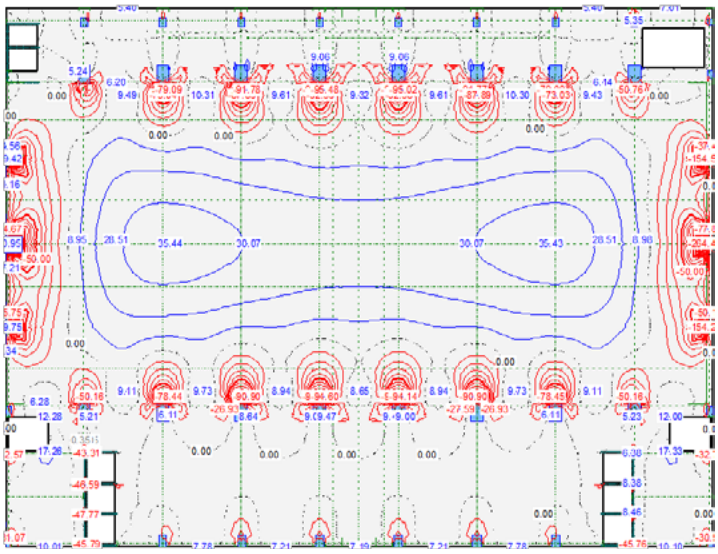
Quy trình thiết kết trong bài này được ứng dụng cho mọi loại sàn (dự ứng lực, bê-tông cốt thép truyền thống, hoặc không có cốt thép) trên nền đất ổn định với tải trọng chu vi và/ hoặc có mô men mút (end). Nền đất ổn định được định nghĩa là ít mở rộng bởi các kỹ sư địa chất, không nén được và không sụt lún.

Quy trình trên giải thích được áp lực trên nền đất, độ cứng của đất, và tải trọng chu vi, và tính được lực cắt, mô men và độ võng. Người thiết kế có thể dùng lực cắt, mô men, và độ võng để thiết kế được sàn dày đồng nhất. Áp lực trên nền đất tính ra có thể được kiểm tra với áp lực cho phép.

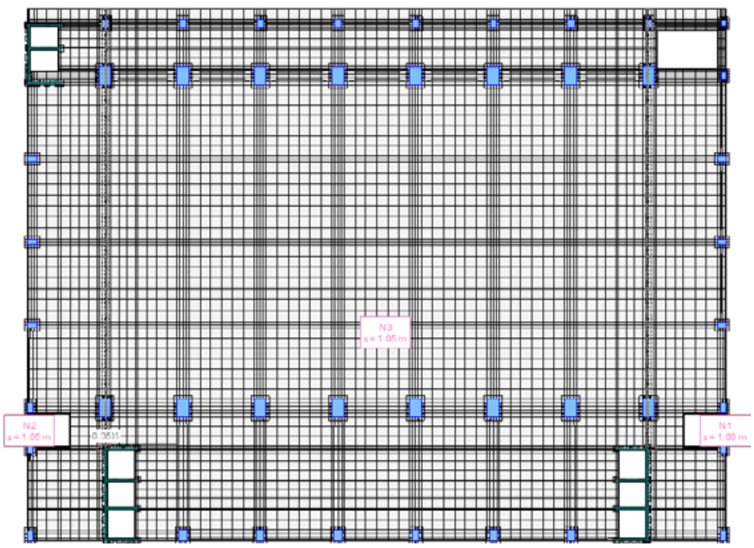
Mặt bằng cáp



Ứng suất trong sàn



Các phần tử hữu hạn của sàn

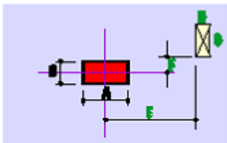


Project	INVESTMENT FUND	DESIGN	
Client		Made by: NVN	Date: 21-May-2007 / Page: 1
Location	TYPICAL FLOOR	Checked: NPH	Revision: - A / Job No: 2
	PUNCHING SHEAR to EC2		
	INTERNAL COLUMN		

MATERIALS
fcu N/mm² 35
fyv N/mm² 390
link Ø mm 10

STATUS
VALID DESIGN

Legend



DIMENSIONS
A mm 1000
B mm 1000
G mm 0
E mm 0
F mm 0
H mm 0

LOADING
Vt kN 1540
SDL kN/m² 2.00
LL kN/m² 3.00
β 1.15
Veff kN 1771
γ_c 1.5 (partial factor for concrete)
α_{cc} 1.0 (long term coefficient)
γ_p 0.9 (partial factor for precompression)

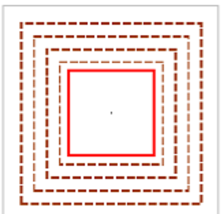
SLAB						x dir	y dir
depth	mm	250	d_{rebar}	mm		206	222
cover	mm	20	d_{PT}	mm		200	180
rebar dia	mm	16	A_{rebar}	mm²/m		2000	2000
strand dia	mm	12.9	A_{PT}	mm²		3000	2500
Duct dia	mm	20	d_{ave}	mm		203	199
Banded Dir	(x or y)	y			ρ_l	0.017	0.017
					σ_c Mpa	1.6	1.6

deff mm 201
ave As % 1.685
σ_{cp} Mpa 1.44

RESULTS
Veff = 1771.0 kN
At col. face, v max = 2.183 N/mm²
$v_{Rd,c}$ = 1.0104 N/mm²
At 1.5d perimeter, v = 1.4578 N/mm²
At 3.75d perimeter, v = 0.9458 N/mm²

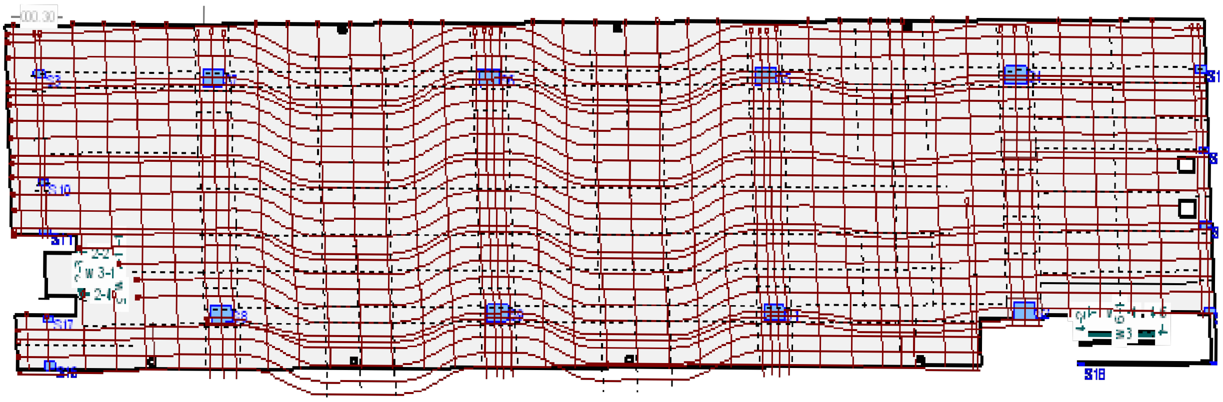
PROVIDE LINKS (single leg)
α 90 degrees

Perimeter 1	18 R10 @ 300	100 from col face
Perimeter 2	22 R10 @ 300	250 from col face
Perimeter 3	26 R10 @ 300	400 from col face
Perimeter 4	30 R10 @ 300	550 from col face

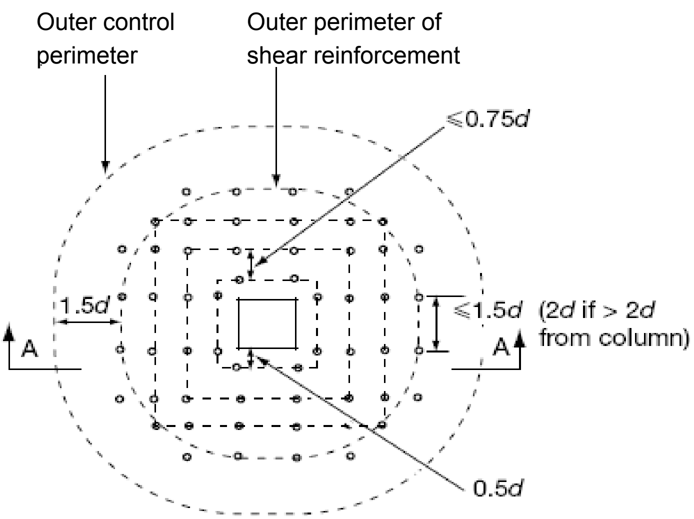


Plan

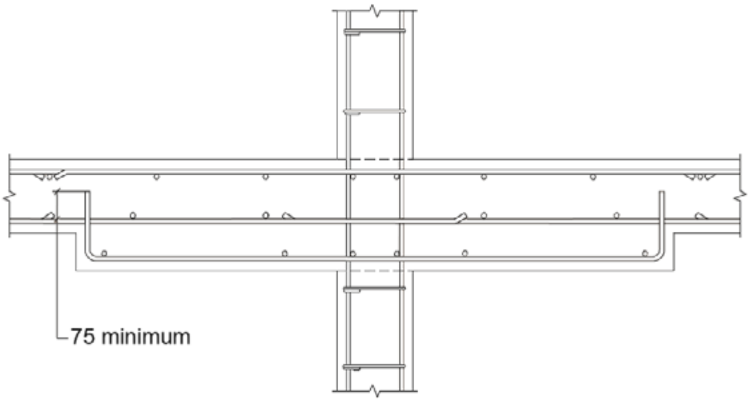
Hình dạng đường cáp

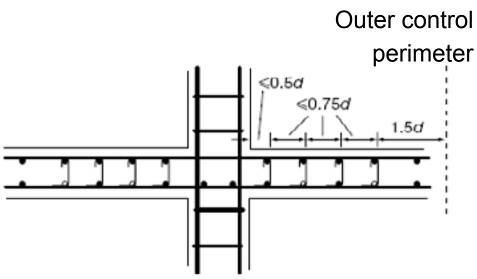


Chi tiết chống thủng



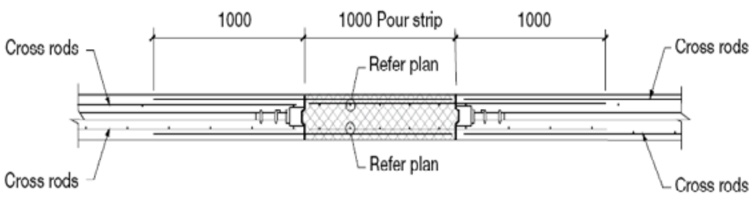
Chi tiết mũ cột





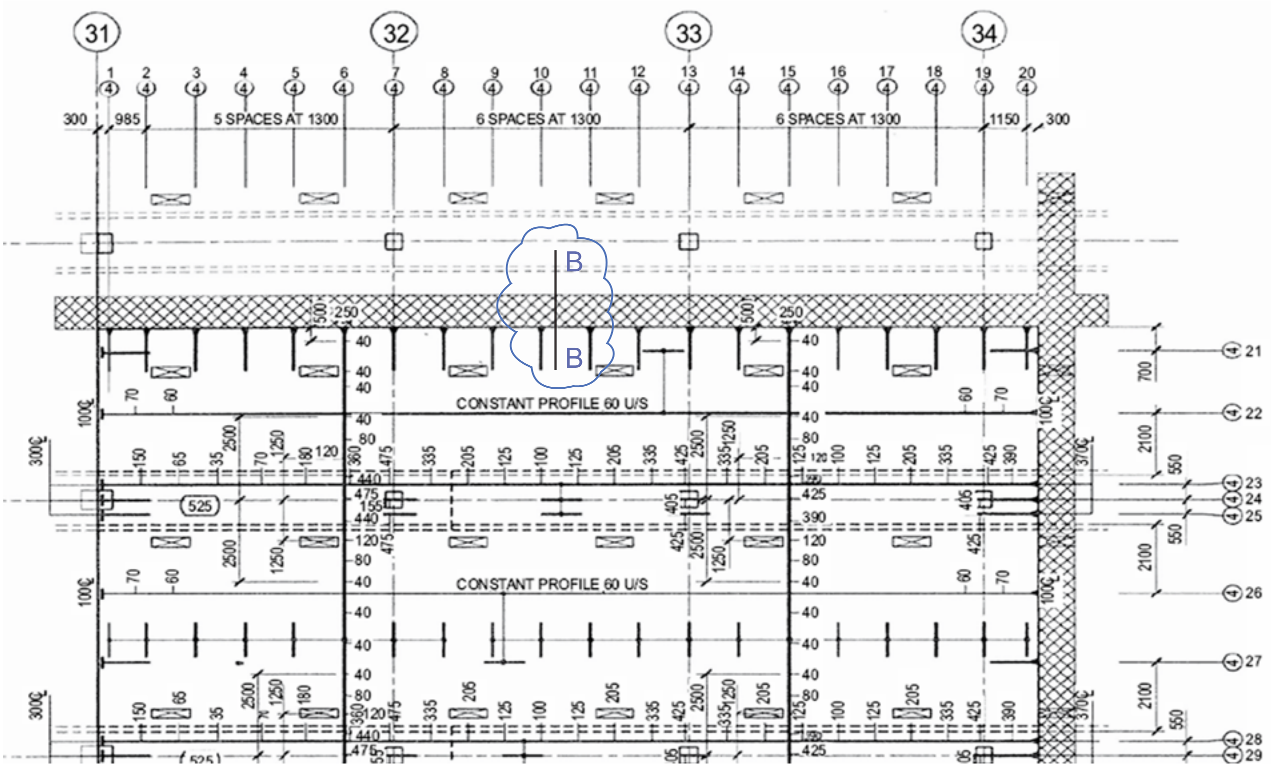
Section A-A

Chi tiết mạch ngừng



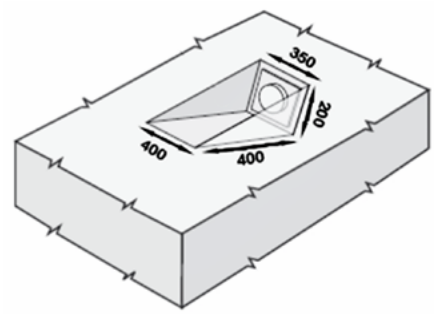
Section B-B (see at next page)

Bản vẽ thi công cao độ cáp



Hình mạch ngừng

Hình thực tế lỗ kéo trên sàn (dầm)



Lỗ kéo cáp trên sàn (dầm)

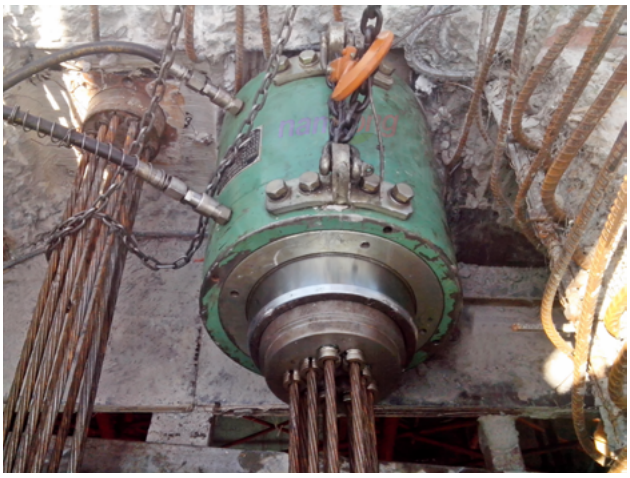
Công tác chuẩn bị lắp đặt cáp.

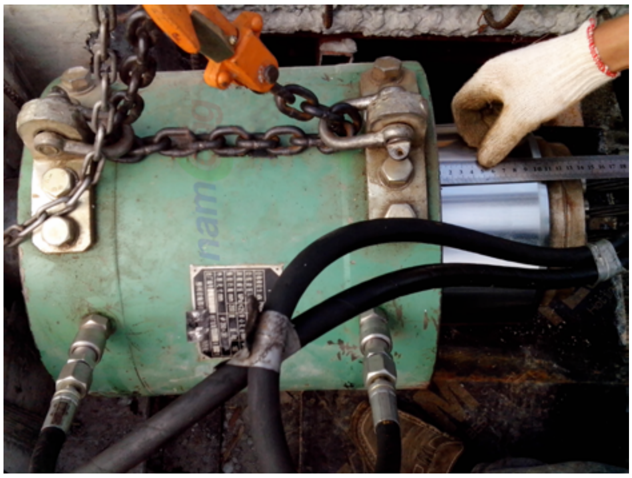
Công tác lắp đặt cáp.

Công tác kiểm tra lắp đặt cáp trước khi đổ bê-tông.

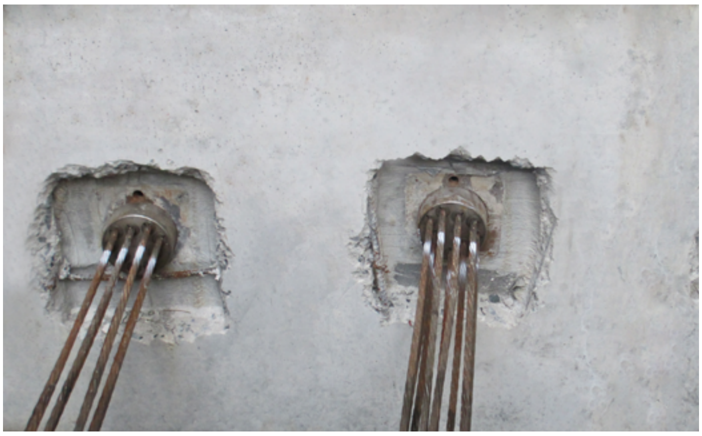
Kiểm tra / Hoàn thiện khoảng cách giữa các đường cáp.

Công tác kéo căng cáp

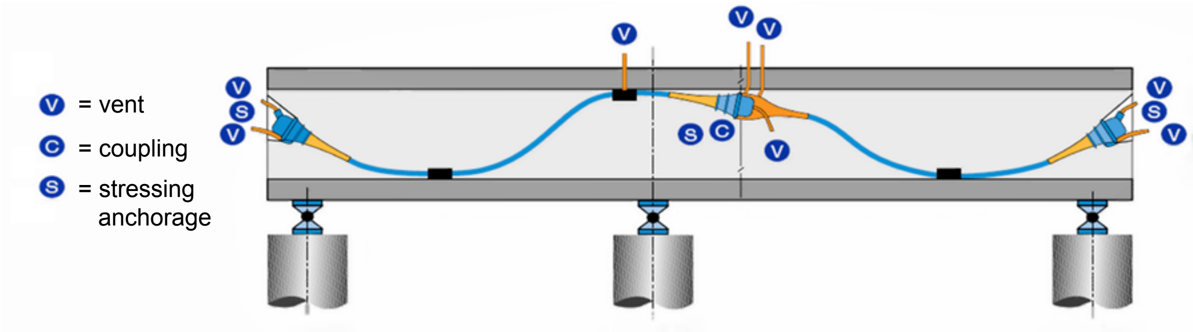




Cáp sau khi đã kéo căng



Mô hình đường cáp trong cấu kiện bê-tông



Công tác bơm vữa

Làm đất

Lắp đặt cáp

Đổ bê-tông

Kéo căng cáp

Sàn sau khi kéo căng

Cắt cáp

LƯU ĐỒ QUY TRÌNH THI CÔNG CÁP DỰ ỨNG LỰC

Bắt đầu

(1) Tiếp nhận dữ liệu từ thiết kế: bản vẽ, độ giãn dài của cáp, đặc tính kỹ thuật, lực căng cáp.

(2) Làm bản vẽ thi công cáp, biện pháp thi công cáp, làm quy trình nghiệm thu và quản lý chất lượng, kiểm định đặc tính kỹ thuật của vật liệu: cáp, neo và thiết bị.

(3) Tư vấn giám sát kiểm tra

Không đạt yêu cầu → (2)

Đạt yêu cầu

(4) Nhập vật tư và thiết bị về công trường

(5) Kiểm tra vật tư và thiết bị trên công trường

Không đạt yêu cầu → (4)

Đạt yêu cầu

(6) Triển khai công việc trên công trường

(7) Kiểm tra công tác triển khai

Không đạt yêu cầu → (6)

Đạt yêu cầu

Hoàn thành

DANH SÁCH CÁC DỰ ÁN THI CÔNG CÁP DỰ ỨNG LỰC

Khu Vực Miền Bắc

1. Discovery Complex - Hà Nội
2. Tòa nhà văn phòng thương mại - 89 Láng Hạ - Hà Nội
3. Capital Garden - Hà Nội
4. Nhà điều hành Cảng Container - Quảng Ninh

Thành Phố Hồ Chí Minh

1. SSG Tower
2. Chung cư Tân Phước
3. Khối KHXH & NV - Mỹ Thuật Công Nghiệp - Y Dược & Thực Hành - Đại học Tôn Đức Thắng
4. Trường học Mùa Xuân - SSG Group
5. Sông Trà Plaza
6. Khách sạn Senla Boutique
7. Khu Văn Phòng Kinh Doanh Dịch Vụ Ô Tô Và Nhà Đậu Xe Cao Tầng - Samco
8. CT Plaza - Nguyễn Đình Chiểu
9. Bệnh Viện Đa Khoa Hoàn Mỹ Sài Gòn
10. Nhà khách Thành Ủy Tp. HCM
11. Đại học Tôn Đức Thắng
12. Nhà hàng Tiệc cưới Đông Phương - Ngô Gia Tự
13. Nhà hàng Tiệc cưới Đông Phương - Lũy Bán Bích
14. Khu Thương Mại và Biệt Thự - The Head Quarters
15. Nhà Ở Xã Hội - Đức Khải
16. Era Center - Đức Khải
17. Chung Cư Belleza
18. Chung Cư Investco Babylon
19. Chung Cư Phúc Yên 2
20. Chung Cư Trung Đông
21. Chung Cư Tecco
22. Chung Cư Kim Tâm Hải
23. Chung Cư Phú Gia Hưng
24. Thảo Loan Plaza
25. Trụ Sở Báo Người Lao Động
26. Trụ Sở Tòa Án TP. HCM
27. Văn Phòng Thương Mại SGE
28. Văn Phòng TM DV Thiên Phú Hưng
29. Nhà hàng Tiệc cưới Kim Phượng Hoàng
30. Khách sạn Bel Ami (Khách sạn Thanh Bình 4)
31. Khách sạn Nguyễn Trãi
32. Khu Thương Mại Dịch Vụ Kết Hợp Văn Phòng
33. Văn Phòng Tổng C.Ty Bảo Đảm An Toàn Hàng Hải Miền Nam
34. Cao Ốc Văn phòng Nguyễn Tất Thành
35. Cao Ốc Văn phòng Vesco
36. Văn phòng Công ty Thiết kế Casa
37. Văn phòng Trần Phú
38. Văn phòng Paragon
39. Nhà máy cọc uPVC
40. Văn phòng làm việc Tỉnh Ủy Hậu Giang
41. Trụ Sở UBND Quận 3
42. Cửa hàng Kinh doanh và Văn phòng
43. Nhà hàng Tiệc cưới Nam Bộ
44. Lotte Mart Pico
45. Babylon Residence

Khu Vực Miền Trung

1. Khách sạn Mường Thanh - Quảng Trị
2. Trường Đại học Đông Á Cơ sở 2 - Đà Nẵng
3. Nhà Khách Tỉnh Quảng Nam
4. Siêu thị Điện máy - Khách sạn Đại Thanh - Khánh Hòa
5. Khách sạn Sekong - Đà Nẵng
6. Huetronics Plaza - Huế
7. Khách sạn Brilliant - Đà Nẵng
8. Khách sạn White Snow (Khách sạn Diamond) - Đà Nẵng
9. Khách sạn Moonlight (Khách sạn Thuận Anh) - Đà Nẵng
10. Khách sạn Sanouva - Đà Nẵng
11. Khách sạn Gopatel - Đà Nẵng
12. Khách sạn Trường Sơn Tùng 2 - Đà Nẵng
13. Trường Mầm Non 29/3 - Đà Nẵng
14. Văn phòng Thiên Hiệp Phát - Đà Nẵng
15. Khách sạn Royal Palace - Hội An
16. Trung tâm Hành Chính Tỉnh Lâm Đồng - Đà Lạt
17. Trung tâm Điện Ảnh Vinh - Nghệ An
18. Trụ sở Sacombank - Phú Yên
19. Trụ sở Sacombank - Khánh Hòa
20. Trụ sở Sacombank - Bình Thuận
21. Văn phòng Rạng Đông - Bình Thuận
22. Khách sạn Hoàng Vũ - Gia Lai
23. Nhà hàng Phú Mỹ Thành - Đà Nẵng
24. Khách sạn Seaphoenix - Đà Nẵng
25. Trung tâm Điều dưỡng Người có công Khu vực Miền Trung
26. Văn phòng làm việc Đống Đa - Đà Nẵng

Khu Vực Miền Đông Nam Bộ

1. Bệnh viện Shing Mark - Đồng Nai
2. Nhà máy sợi Thiên Nam 5
3. Siêu thị Lotte Mart - Đồng Nai
4. Sora Garden I - Bình Dương
5. Chung cư Pegasus - Đồng Nai
6. Trung Tâm BDNT Vũng Tàu
7. Trung tâm TMDV KS Gò Dầu - Showroom KIA Tây Ninh
8. Siêu thị - Chợ Long Khánh - Đồng Nai
9. Espace Bourbon Tây Ninh
10. Trường học Ngô Thời Nhiệm - Bình Dương
11. Nhà hàng Thiên Khang - Tây Ninh
12. Trụ sở Sacombank Tây Ninh
13. Trung tâm Bồi dưỡng Chính Trị Thuận An - Bình Dương
14. Nhà xưởng Ever Tech Plastic VN- Bình Dương
15. Bệnh viện Mỹ Phước 2 - Bình Dương
16. Chùa Long Hương - Đồng Nai
17. Nhà máy Temco Việt Nam - Bình Dương

Khu Vực Miền Tây Nam Bộ

1. Khách Sạn Mường Thanh – Cần Thơ
2. Nhà Xưởng - Kho Lạnh Thủy Sản Hậu Giang – Hậu Giang
3. Toyota Cần Thơ – Cần Thơ
4. Bạc Liêu Tower – Bạc Liêu
5. Trụ Sở Sacombank – Cà Mau
6. Trụ Sở Sacombank – An Giang
7. Trụ Sở Sacombank – Cần Thơ
8. Trụ Sở Sacombank – Bến Tre
9. Đại Học Tân Tạo – Long An
10. Nhà Điều Hành KCN Long Hậu – Long An
11. Nhà Máy Chế Biến Lúa Gạo – Hậu Giang
12. Đại Học Cửu Long

Namcong Engineering Corporation
Email: info@namcong.com
Website: www.namcong.asia / www.namcong.com