

BỘ GIÁO DỤC ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

LUẬN VĂN THẠC SĨ

TÊN ĐỀ TÀI
NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP XỬ LÝ NỀN CÔNG TRÌNH
TRÊN NỀN ĐẤT YẾU TẠI HẢI PHÒNG
CHUYÊN NGÀNH: XÂY DỰNG DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

Học viên: Nguyễn Hoàng Đức

Lớp: MC01

Giáo viên hướng dẫn : PGS. TS Phạm Văn Thứ

Hải Phòng, tháng 12 năm 2015

MỞ ĐẦU :

1. Tính cần thiết của đề tài	5
2. Mục đích của đề tài đặt ra.....	6
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	6
4. Phương pháp nghiên cứu.....	6
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài.....	7

CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VỀ NỀN ĐẤT YẾU VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NỀN

1. Tổng quan về đất yếu.....	8
1.1 Khái niệm về đất yếu.....	8
1.2 Các loại đất yếu trên địa bàn Hải Phòng và đặc điểm của chúng.....	8
1.2.1 Đất sét mềm.....	8
1.2.2 Bùn.....	10
1.2.3 Than bùn.....	10
1.2.4 Cát chảy.....	11
1.3. Nguyên nhân hình thành đất yếu.....	11
1.3.1 Loại có nguồn gốc hữu cơ.....	11
1.3.2 Loại có nguồn gốc khoáng vật.....	12
1.4. Ảnh hưởng của nền đất yếu đến công trình xây dựng và yêu cầu thiết kế trên nền đất yếu.....	12
1.4.1 Ảnh hưởng của nền đất yếu đến công trình xây dựng.....	12
1.4.2 Các yêu cầu thiết kế trên nền đất yếu.....	12
1.5. Các giải pháp xử lý công trình nền đất yếu.....	13
1.5.1 Các giải pháp về móng và kết cấu công trình.....	13
1.5.2 Các giải pháp xử lý nền đất yếu.....	16
1.5.2.1 Các giải pháp cơ học.....	16
1.5.2.2 Các giải pháp thay thế (giải pháp kết cấu).....	16
1.5.2.3 Các giải pháp gia cố.....	16
1.6. Nhận xét chung về điều kiện địa chất Hải Phòng và khả năng áp dụng các giải pháp hợp lý.....	18

1.6.1 Nhận xét chung về điều kiện địa chất Hải Phòng.....	18
1.6.2 Khả năng áp dụng các giải pháp xử lý nền hợp lý.....	20
1.6.2.1 Các giải pháp xử lý nền, móng đã được áp dụng trên địa bàn Hải Phòng.....	20
1.6.2.2 Đề nghị các giải pháp xử lý nền móng trên địa bàn Hải Phòng.....	25

CHƯƠNG II : MỘT SỐ GIẢI PHÁP XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU, ĐIỀU KIỆN VÀ PHẠM VI ÁP DỤNG

2.1. Phương pháp xử lý nền bằng đệm cát.....	27
2.2. Phương pháp cố kết động.....	28
2.3. Phương pháp gia tải nén trước.....	30
2.4. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm.....	32
2.5. Phương pháp xử lý nền bằng cọc tre, cọc tràm.....	35
2.6. Phương pháp xử lý nền bằng cọc cát.....	36
2.7. Phương pháp xử lý nền bằng cọc vôi và cọc đất vôi.....	39
2.8. Phương pháp xử lý nền bằng cọc xi măng đất.....	41
2.9. Phương pháp cố kết bằng hút chân không.....	52
2.10. Gia cố nền móng bằng cọc bê tông cốt thép.....	55

CHƯƠNG III : ỨNG DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU TRONG CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG TRÊN ĐỊA BÀN HẢI PHÒNG : CÔNG TRÌNH CẢNG HÀNG KHÔNG QUỐC TẾ CÁT BI

3.1. Giới thiệu về Cảng hàng không quốc tế Cát Bi.....	61
3.2. Quy mô dự án.....	61
3.3. Điều kiện tự nhiên của công trình.....	65
3.3.1. Điều kiện địa chất.....	65
3.3.2. Điều kiện thủy văn và địa chất thủy văn.....	81
3.3.3 Các hiện tượng địa chất động lực công trình.....	81
3.3.4 Thời tiết, khí hậu.....	81
3.3.5 Đánh giá chung về điều kiện tự nhiên của công trình.....	82
3.4. Quy mô và các giải pháp thiết kế của dự án.....	83
3.4.1 Quy mô xây dựng dự án.....	83

3.4.2 Các giải pháp thiết kế của dự án.....	87
3.5. Giải pháp xử lý nền đất yếu.....	93
3.5.1 Tiêu chuẩn áp dụng.....	93
3.5.2 Xác định lớp đất yếu.....	93
3.5.3 Yêu cầu thiết kế.....	94
3.5.4 Tính toán độ lún tổng cộng.....	95
3.5.5 Phương án xử lý nền bằng cọc xi măng đất.....	97

CHƯƠNG IV : KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1 Kết luận.....	105
4.2 Kiến nghị.....	105
4.3 Hạn chế của đề tài.....	106
4.4 Tài liệu tham khảo.....	106

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Hải Phòng là thành phố duyên hải, nằm ở hạ lưu của hệ thống sông Thái Bình thuộc đồng bằng sông Hồng có vị trí nằm trong khoảng từ 20°35' đến 21°01' vĩ độ Bắc, và từ 106°29' đến 107°05' kinh độ Đông; phía Bắc và Đông Bắc giáp tỉnh Quảng Ninh, phía Tây Bắc giáp tỉnh Hải Dương, phía Tây Nam giáp tỉnh Thái Bình và phía Đông là biển Đông với đường bờ biển dài 125km, nơi có 5 cửa sông lớn là Bạch Đằng, Cửa Cấm, Lạch Tray, Văn Úc và sông Thái Bình.

Hải Phòng từ lâu đã nổi tiếng là một cảng biển lớn nhất ở miền Bắc, một đầu mối giao thông quan trọng với hệ thống giao thông thủy, bộ, đường sắt, hàng không trong nước và quốc tế, là cửa chính ra biển của thủ đô Hà Nội và các tỉnh phía Bắc; là đầu mối giao thông quan trọng của Vùng Kinh tế trọng điểm Bắc Bộ, trên hai hành lang - một vành đai hợp tác kinh tế Việt Nam - Trung Quốc. Chính vì vậy, trong chiến lược phát triển kinh tế – xã hội vùng châu thổ sông Hồng, Hải Phòng được xác định là một cực tăng trưởng của vùng kinh tế động lực phía Bắc (Hà Nội – Hải Phòng – Quảng Ninh); là Trung tâm kinh tế - khoa học - kỹ thuật tổng hợp của Vùng duyên hải Bắc Bộ và là một trong những trung tâm phát triển của Vùng Kinh tế trọng điểm Bắc Bộ và cả nước.

Trong điều kiện thuận lợi như vậy, Hải Phòng đã và đang phát triển mạnh mẽ về mọi mặt, đặc biệt là các ngành công nghiệp và dịch vụ. Để đáp ứng nhu cầu phát triển và xây dựng hệ thống cơ sở hạ tầng đồng bộ, thành phố đã triển khai hàng loạt các dự án phát triển hạ tầng quy mô lớn, quan trọng, và có ý nghĩa chiến lược đối với thành phố cũng như cả vùng kinh tế trọng điểm phía Bắc như : Dự án Cảng cửa ngõ quốc tế Hải Phòng; đường ô tô cao tốc

Hà Nội - Hải Phòng; dự án đường cầu ô tô Tân Vũ - Lạch Huyện; Khu kinh tế Đình Vũ - Cát Hải, Dự án cải tạo, nâng cấp Khu bay Cảng hàng không quốc tế Cát Bi.

Tuy nhiên, do địa hình gần biển, lại là nơi có 5 cửa sông lớn là Bạch Đằng, Cửa Cấm, Lạch Tray, Văn Úc và sông Thái Bình nên Hải Phòng là nơi có địa chất yếu, ảnh hưởng đến sức chịu tải cũng như sự vận hành an toàn của công trình. Do đó, nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ xử lý nền đất yếu trong quá trình xây dựng các công trình trên địa bàn thành phố Hải Phòng là rất cần thiết, nhằm hạn chế tối đa sự ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên đến quá trình thi công, giá thành và sự an toàn, tuổi thọ của công trình.

2. Mục đích của đề tài

Mục đích của đề tài là nghiên cứu các phương pháp xử lý nền đất yếu, từ đó áp dụng trong việc thiết kế và thi công các công trình công nghiệp và dân dụng trên địa bàn Hải Phòng, đưa ra giải pháp tối ưu nhất cho quá trình thi công và vận hành công trình.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu : Các phương pháp xử lý nền đất yếu đang được áp dụng ở Việt Nam và thế giới.

- Phạm vi nghiên cứu : Áp dụng các phương pháp xử lý nền đất yếu cho các công trình dân dụng và công nghiệp vùng nội thành và vùng cửa sông, ven biển Hải Phòng.

4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp tính toán thiết kế lý thuyết kết hợp với các tài liệu trong và ngoài nước. Triển khai ứng dụng các tính toán thiết kế để tối ưu hóa xử lý nền đất yếu vào công trình cụ thể, từ đó đưa ra các kiến nghị trong công tác thiết kế để tối ưu hóa công tác xử lý nền đất yếu trong các công trình dân dụng

và công nghiệp trên địa bàn Hải Phòng.

5. Ý nghĩa khoa học của đề tài

Kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ mang ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao. Góp phần vào công tác nghiên cứu xử lý nền đất yếu khi xây dựng các công trình dân dụng và công nghiệp trên địa bàn thành phố Hải Phòng. Qua tài liệu khoa học này người kỹ sư cũng như các nhà nghiên cứu có thêm tài liệu để phục vụ cho công tác nghiên cứu cũng như thiết kế.

CHƯƠNG I : TỔNG QUAN VỀ NỀN ĐẤT YẾU VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NỀN

1. Tổng quan về đất yếu

1.1 Khái niệm về đất yếu

Hiện nay, tồn tại hai quan điểm về đất yếu. Quan điểm thứ nhất (có tính tuyệt đối), đất yếu là loại đất không thích hợp sử dụng làm nền cho bất kỳ công trình nào. Theo các tiêu chuẩn xây dựng hiện hành của Việt Nam, đất yếu là loại đất ở trạng thái tự nhiên có độ ẩm gần bằng hoặc lớn hơn giới hạn chảy, hệ số rỗng lớn, góc ma sát trong nhỏ ($\varphi < 10^\circ$), có lực dính kết theo kết quả cắt nhanh không thoát nước $C < 0,15 \text{ kG/cm}^2$, có lực dính kết theo kết quả cắt cánh tại hiện trường $C_u < 0,35 \text{ kG/cm}^2$. Phần lớn các nước trên thế giới đều có quan điểm thống nhất về đất yếu như sau:

- + Đất có trạng thái chảy, dẻo chảy $I_s > 0.75$;
- + Đất bão hoà nước hoặc hoàn toàn bão hoà nước;
- + Sức kháng cắt không thoát nước $S_u < 40 \text{ kPa}$;
- + Trị số xuyên tiêu chuẩn (SPT) $N < 4$.

Theo quan điểm thứ hai (có tính tương đối), đất yếu được gắn với đối tượng xây dựng cụ thể. Theo đó, đất yếu là loại khi được sử dụng làm nền cho một công trình sẽ không đáp ứng được các yêu cầu về ổn định, biến dạng và thấm mất nước (với đề, đập), nên trước khi xây dựng phải cải tạo, gia cố.

Trong các tiêu chuẩn phân loại đất trên thế giới (Anh, Mỹ, Nga) cũng như ở Việt Nam, không có phân loại riêng cho đất yếu mà đất yếu được phân loại, đánh giá trong hệ thống phân loại chung của đất. Trong tự nhiên, đất yếu thường là đất có thể không chứa hoặc có chứa hữu cơ (với hàm lượng hữu cơ khác nhau), ở trạng thái chảy, dẻo chảy, khối lượng thể tích nhỏ, độ ẩm, độ rỗng rất cao, có độ bền kháng cắt thấp, độ biến dạng lớn, không thuận lợi cho xây dựng công trình.

1.2 Các loại đất yếu thường gặp trên địa bàn Hải Phòng và đặc điểm của chúng

1.2.1 Đất sét mềm

Đất sét mềm là loại đất sét hoặc á sét tương đối chặt, bão hoà nước và có cường độ cao hơn so với bùn.

Đất sét mềm có những đặc điểm riêng biệt nhưng cũng có những tính chất chung của những đất đá loại sét. Đất sét gồm chủ yếu là các nhũ như

thạch anh, fenspat (phần phân tán thô) và các khoáng vật sét (phần phân tán mịn), những khoáng vật này làm cho đất sét có đặc tính riêng của nó. Các khoáng vật sét là dấu hiệu biểu thị các điều kiện môi trường mà nó hình thành và có ảnh hưởng quyết định đến các tính chất cơ lý của đất sét. Vì vậy khi đánh giá về mặt địa chất công trình cần nghiên cứu thành phần khoáng vật sét. Trong trường hợp chung đất sét là hệ phân tán ba pha (hạt khoáng, nước lỗ rỗng và hơi). Tuy nhiên, do đất sét yếu thường bão hoà nước có thể xem là một hệ hai pha: cột đất và nước lỗ rỗng.

Các hạt sét và hoạt tính của chúng cùng với nước trong đất làm cho đất sét mang những tính chất mà những loại đất khác không có như: tính dẻo và sự tồn tại của gradien ban đầu, khả năng hấp thụ, tính chất lưu biến... từ đó mà đất sét có những đặc điểm riêng về cường độ và tính biến dạng.

Trong tính toán nền móng công trình gồm các loại đất có tính chất lưu biến, người ta dùng phương pháp tính theo độ bền lâu dài hoặc tính theo biến dạng từ biến, trong cả hai trường hợp đều phải xét đến ảnh hưởng của nhân tố thời gian.

Bảng 1.1. Tính chất cơ lý của đất sét mềm ở một số địa phương miền Bắc

Tên địa phương	Lượng hàm nước	Trọng lượng thể tích (KN/cm ²)	e	W _L	W _p	I _L	ϕ (độ)	C (Kpa)
Hà Nội	49,00	16,7	3,18	51,00	31,00	0,90	8,32	15
	61,90	16,0	1,80	-	-	1,00	3,00	20
	23,80	18,7	0,70	25,50	16,00	0,82	14,02	10
	30,40	19,7	0,91	32,70	19,4	0,83	18,16	22
Hải Phòng	-	2,16	0,45	26,40	15,42	0,60	17,25	64
	28,63	19,5	0,77	27,16	15,39	1,12	13,00	36
Thanh Hoá	25,30	18,1	0,80	25,0	13,15	0,87	-	-
Nghệ Tĩnh	30,83	19,0	0,86	32,50	19,50	0,87	-	-
	39,53	18,2	1,08	44,47	23,72	0,76	8,45	38

1.2.2 Bùn

Theo quan điểm địa chất thì bùn là lớp đất được tạo thành trong môi trường nước ngọt hoặc môi trường biển. Thành phần cỡ hạt chủ yếu là hạt các hạt rất nhỏ ($< 200 \mu\text{m}$), bản chất khoáng vật thay đổi, thường có kết cấu tổ ong. Tỷ lệ % các chất hữu cơ nói chung dưới 10 % và có độ lỗ rỗng $> 1,5$ (bùn sét); $> 1,2$ (bùn sét pha), đất ở trạng thái chảy.

Bùn được hình thành chủ yếu do sự bồi lắng tại các đáy biển, vũng, vịnh, sông, hồ hoặc các bãi bồi cửa sông. Bùn luôn no nước và rất yếu về mặt chịu lực.

Bảng 1.2. Tính chất cơ lý của bùn ở một số địa phương miền Bắc

Tên địa phương	Lượng hàm nước $W\%$	Trọng lượng thể tích (KN/cm^2)	Độ rỗng e	Giới hạn chảy W_L	Giới hạn dẻo W_p	Chỉ số dẻo I_p	Độ nhão I_L	Góc nội ma sát φ (độ)	Lực dính C (Kpa)
Hà Nội	61,90	9,9	1,68	46,20	28,10	18,10	1,87	5	6
Hải Phòng	47,61	10,10	1,58	47,13	26,00	21,13	1,00	4	10
Thanh Hoá	52,63	10,50	1,46	44,58	29,49	15,09	1,53	-	-
Nghệ An	48,50	11,00	1,50	40,85	22,25	18,60	1,43	5,58	16

1.2.3 Than bùn

Than bùn là loại đất yếu có nguồn gốc hữu cơ, được tạo thành do kết quả phân huỷ các di tích hữu cơ (chủ yếu là thực vật) tại các đầm lầy. Than có dung lượng khô rất thấp ($349 \text{ KN}/\text{m}^3$), hàm lượng hữu cơ chiếm 20480,5, thường có màu đen hoặc nâu sẫm, cấu trúc không gian mịn, còn thấy tàn dư thực vật. Trong điều kiện tự nhiên than bùn có độ ẩm cao, trung bình 85495% . Than bùn là loại đất có hệ số nén lún lâu dài, không đều và mạnh nhất (có thể đạt từ $3,8 - 10 \text{ cm}^2/\text{daN}$).

Bảng 1.3 - Phân loại than bùn theo tính chất cơ lý.

Loại than bùn	Độ ổn định	Thành phần	TÍNH CHẤT CƠ LÝ					Chất lượng
			Hàm lượng tro %	Hệ số rỗng e	Độ sệt B	tg ω	C (daN/cm ²)	
I	Tương đối ổn định	Hàm nhiều hạt khoáng có cấp phối gần với cát nhỏ	60-90	3	0,5	0,07	0.04	Tương đối tốt
II	Không ổn định	Hàm nhiều hạt khoáng chủ yếu do hạt sét tạo thành	15-60	10	5,4	0,05	0.03	Tương đối kém
III	Rất không ổn định	Hàm ít hạt khoáng cơ bản tạo thành từ chất hữu cơ	10-15	15	10,3	0,03	0.01	Kém

1.2.4 Cát chảy

Là loại cát hạt mịn có kết cấu rời rạc, khi bão hoà nước có thể bị nén chặt hoặc bị pha loãng đáng kể, có chứa nhiều chất hữu cơ hoặc sét. Loại cát này khi chịu tác động chấn động hoặc ứng suất thuỷ động thì chuyển sang trạng thái lỏng nhớt gọi là cát chảy. Trong thành phần của hạt cát chảy: hàm lượng hạt bụi (0,0540.002 mm) chiếm khoảng 60-70% hoặc lớn hơn.

Ở trạng thái tự nhiên cát chảy có cường độ và khả năng chịu lực tương đối cao nhưng khi bị phá hoại kết cấu thì không còn khả năng chịu lực và chuyển sang trạng thái lỏng rất nguy hiểm cho các công trình xây dựng trên nền đất này. Trên địa bàn Hải Phòng cát chảy chủ yếu phân bố ở các vùng ven biển như Đồ Sơn, Kiến Thụy...

1.3 Nguyên nhân hình thành đất yếu

1.3.1 Loại có nguồn gốc hữu cơ

Thường hình thành từ đầm lầy, nơi nước thường xuyên tích đọng, mực nước ngầm cao. Tại đây các loài thực vật phát triển, thối rữa và phân hủy, tạo ra các vật lắng hữu cơ lẫn với các trầm tích khoáng vật. Loại này thường gọi

là đất đầm lầy than bùn, hàm lượng hữu cơ chiếm tới 20 - 80%, thường có màu đen hay nâu sẫm, cấu trúc không mịn (vì lẫn các tàn dư thực vật). Đất yếu đầm lầy than bùn còn được phân theo tỷ lệ lượng hữu cơ có trong chúng:

Lượng hữu cơ có từ 20 - 30% : Đất nhiễm than bùn

Lượng hữu cơ có từ 30 - 60% : Đất than bùn

Lượng hữu cơ trên 60% : Than bùn

1.3.2 Loại có nguồn gốc khoáng vật

Loại có nguồn gốc khoáng vật thường là sét hoặc á sét trầm tích trong nước ở ven biển, vùng vịnh, đầm hồ, đồng bằng tam giác châu; loại này có thể lẫn hữu cơ trong quá trình trầm tích (hàm lượng hữu cơ có thể tới 10 - 12 %) nên có thể có màu nâu đen, xám đen, có mùi. Đối với loại này, được xác định là đất yếu nếu ở trạng thái tự nhiên, độ ẩm của chúng gần bằng hoặc cao hơn giới hạn chảy, hệ số rỗng lớn (bùn sét $\varepsilon \geq 1,5$, bùn sét pha $\varepsilon \geq 1,2$), lực dính C theo kết quả cắt nhanh không thoát nước từ 0,15 daN/cm² trở xuống, góc nội ma sát φ từ 0 - 10° hoặc lực dính từ kết quả thí nghiệm cắt cánh hiện trường $C_u \leq 0,35$ daN/cm². Ngoài ra ở các vùng thung lũng còn có thể hình thành đất yếu dưới dạng bùn cát, bùn cát pha (hệ số rỗng $\varepsilon > 1,0$, độ bão hòa $G > 0,8$).

1.4 Ảnh hưởng của nền đất yếu đến công trình xây dựng và yêu cầu thiết kế trên nền đất yếu

1.4.1 Ảnh hưởng của nền đất yếu đến công trình xây dựng

Nền đất yếu là nền đất không đủ sức chịu tải, không đủ độ bền và biến dạng nhiều, do vậy không thể làm nền thiên nhiên cho công trình xây dựng. Khi xây dựng các công trình dân dụng, cầu đường, thường gặp các loại nền đất yếu, tùy thuộc vào tính chất của lớp đất yếu, đặc điểm cấu tạo của công trình mà người ta dùng phương pháp xử lý nền móng cho phù hợp để tăng sức chịu tải của nền đất, giảm độ lún, đảm bảo điều kiện khai thác bình thường cho công trình.

Trong thực tế xây dựng, có rất nhiều công trình bị lún, sập hư hỏng khi xây dựng trên nền đất yếu do không có những biện pháp xử lý phù hợp, không đánh giá chính xác được các tính chất cơ lý của nền đất. Do vậy việc đánh giá chính xác và chặt chẽ các tính chất cơ lý của nền đất yếu (chủ yếu bằng các thí nghiệm trong phòng và hiện trường) để làm cơ sở và đề ra các giải pháp xử lý

nền móng phù hợp là một vấn đề hết sức khó khăn, nó đòi hỏi sự kết hợp chặt chẽ giữa kiến thức khoa học và kinh nghiệm thực tế để giải quyết, giảm được tối đa các sự cố, hư hỏng công trình khi xây dựng trên nền đất yếu.

1.4.2 Các yêu cầu thiết kế trên nền đất yếu

Các công trình xây dựng trên nền đất yếu có nhiều vấn đề được đặt ra như sức chịu tải cường độ của đất nền không đủ lớn, độ lún lớn, độ ổn định thấp, mực nước ngầm không ổn định...

Do đó, khi thiết kế các công trình này phải đáp ứng đầy đủ, chặt chẽ các yêu cầu sau

a) Các yêu cầu về khảo sát phục vụ thiết kế

- Phải điều tra xác định được phạm vi phân bố của các vùng đất yếu về phân bố, chiều sâu, nguồn gây ẩm, khả năng thoát nước...

- Lấy mẫu và tiến hành các thí nghiệm trong phòng và thí nghiệm hiện trường để xác định loại đất yếu, chỉ tiêu phục vụ cho tính toán.

b) Các yêu cầu về thiết kế thi công

- Về ổn định : nền đắp trên nền đất yếu phải đảm bảo ổn định, không bị phá hoại do trượt trôi trong quá trình thi công xây đắp (đắp phần nền theo thiết kế hoặc đắp cao hơn cao độ thiết kế để gia tải trước) và trong suốt quá trình đưa vào khai thác sử dụng sau đó.

- Về tính toán lún: (độ lún dư - độ lún sau khi thi công)

- Tính toán dự báo được độ lún tổng cộng kể từ khi bắt đầu đắp nền cho đến khi lún hết hoàn toàn để đắp phòng lún.

- Bố trí hệ thống quan trắc trong quá trình thi công.

- Xác định chính xác các tải trọng tính toán: tải trọng tính toán khi kiểm tra ổn định và dự báo lún của nền đắp như: tải trọng đắp nền, đắp gia tải trước, tải trọng xe cộ, tải trọng động đất ...

Cho đến thời điểm hiện nay, ở trong nước vẫn chưa xây dựng đầy đủ được những Tiêu chuẩn riêng của Việt nam về tính toán thiết kế cũng như Quy trình công nghệ thi công mới để xử lý nền đất yếu mà đều dựa chủ yếu vào các tài liệu ở nước ngoài chuyển giao. Tại Việt Nam đang thiết kế và thi công theo một số quy trình, quy phạm như:

- Quy trình kỹ thuật thi công và nghiệm thu bác thăm trong xây dựng nền đường trên đất yếu: 22TCN 236-97.

- Quy trình thiết kế xử lý đất yếu bằng bác thăm trong xây dựng nền

đường: 22TCN 244-98.

- Vải địa kỹ thuật trong xây dựng nền đắp trên đất yếu – Tiêu chuẩn thiết kế thi công và nghiệm thu: 22TCN248-98.

- Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu – Tiêu chuẩn thiết kế: 22TCN-2000.

1.5 Các giải pháp xử lý công trình trên nền đất yếu

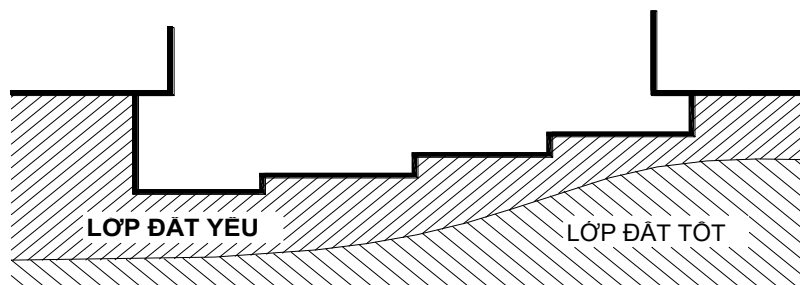
Để giải quyết bài toán xây dựng công trình trên nền đất yếu chúng ta có các giải pháp như các giải pháp xử lý nền đất, các giải pháp về móng và kết cấu của công trình.

1.5.1 Các giải pháp về móng và kết cấu của công trình

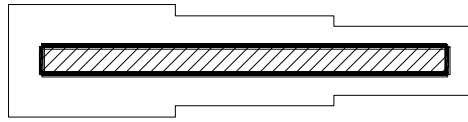
Lựa chọn sử dụng các loại móng hợp lý, tùy theo tình hình thực tế của công trình như móng bè, móng băng, móng băng giao thoa, móng cọc...

Thay đổi kích thước, độ sâu chôn móng. Biện pháp này được sử dụng khi chiều dày các lớp đất phân bố khác nhau, không đồng nhất, nhằm mục đích làm cho chiều dày vùng chịu nén của lớp đất dưới đáy móng như nhau. Có thể thiết kế đáy móng có chiều rộng thay đổi làm cho biểu đồ phân bố ứng suất dưới đáy móng có giá trị khác nhau tại các điểm.

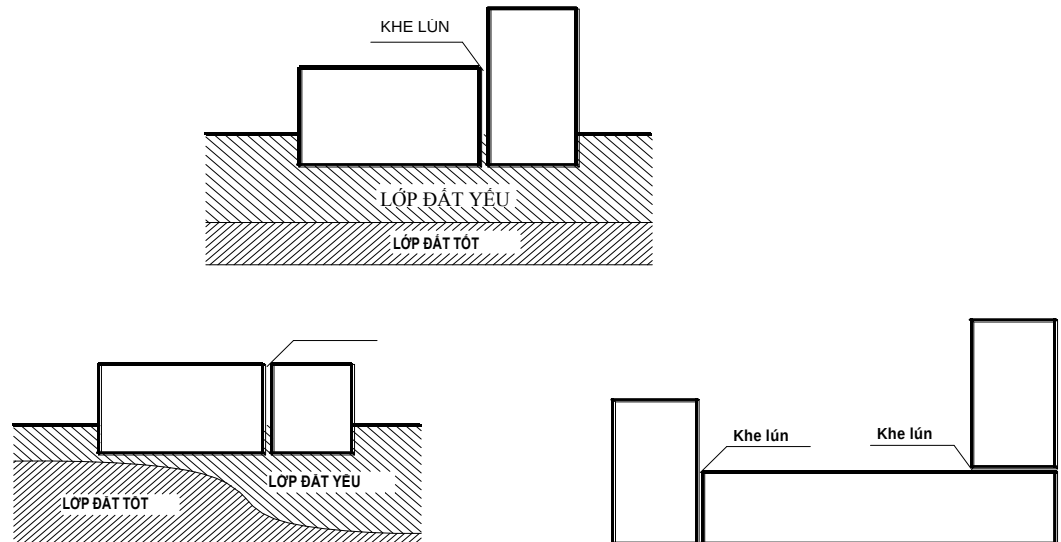
Bố trí khe lún là biện pháp rất có hiệu quả khi xây dựng nhưng công trình có tải trọng khác nhau trên nền đất có tính nén lún lớn và nén lún không đều. Khe lún phải được bố trí đảm bảo cho những bộ phận của công trình có khả năng làm việc độc lập, có đủ cường độ và độ cứng khi chịu lực, không gây ra những vết nứt khi nền đất có biến dạng lớn và biến dạng không đều



Hình 1.1. Thay đổi chiều sâu chôn móng



Hình 1.2. Thay đổi kích thước móng



Hình 1.3. Bố trí khe lún

Trong nhiều trường hợp, khe lún được kết hợp với khe co giãn. Tuy vậy, khe lún cũng gây nhiều khó khăn, phức tạp trong thi công cũng như trong vận hành, sử dụng công trình, tốn kém vì phải có thêm móng ngang, cột, tường, do đó chỉ làm khe lún trong những trường hợp cần thiết như :

- Khi đất nền có tính nén lún lớn
- Khi công trình có hình dạng phức tạp, có tải trọng, chiều cao tầng chênh lệch
- Khi công trình có chiều cao lớn, có khả năng xảy ra lún không đều (thông thường là những công trình có chiều dài lớn hơn 60m).

Ngoài ra, khi thiết kế công trình trên nền đất yếu, cần phải nắm được các hình thức kết cấu chịu lực trên của công trình cũng như tính nhạy của nó đối với độ lún của nền đất. Độ nhạy lún của công trình chủ yếu phụ thuộc vào độ cứng, tùy theo độ cứng của công trình ta có thể phân chia làm ba loại kết cấu :

- Kết cấu tuyệt đối cứng : Loại kết cấu này có độ cứng không gian rất lớn, không bị uốn, do vậy chỉ có khả năng lún đều hoặc nghiêng. Đối với kết cấu này, tính nhạy lún kém, không yêu cầu nặng nề về xử lý kết cấu, chỉ cần tính toán giảm bớt độ nghiêng, nếu có, của công trình.

- Kết cấu mềm : Các loại kết cấu này có dạng như bản đáy các bể chứa, công, âu thuyền và các cấu kiện độc lập khớp như cột trên móng đơn liên kết tự do với dầm hoặc dầm ngang.... Các công trình loại này có thể bị uốn cong cùng cấp với khả năng biến dạng của đất nền do đó không gây nên những nội lực phụ trong kết cấu và không ảnh hưởng đến việc sử dụng công trình. Đặc điểm của loại kết cấu này là có tính nhạy lún kém khi nền đất biến dạng không đều.

- Kết cấu có độ cứng giới hạn: Đó là các khung siêu tĩnh trên móng đơn, dầm liên tục nhiều nhịp, vòm không khớp...các công trình loại này thường hay gặp trong thực tế. Khi nền đất biến dạng không đều, đồng thời dưới đế móng có sự phân bố lại ứng suất tiếp xúc thì trong kết cấu móng và kết cấu chịu lực sẽ xuất hiện nội lực phụ cục bộ. Nếu kết cấu không có khả năng tiếp thu nội lực phụ thì ở các tiết diện yếu sẽ xuất hiện vết nứt. Ở những tiết diện này, độ cứng của kết cấu sẽ giảm đáng kể. Đặc điểm của loại kết cấu này là có tính nhạy lún lớn do đó cần có những biện pháp xử lý thích hợp.

1.5.2 Các giải pháp xử lý nền đất yếu

1.5.2.1 Các giải pháp cơ học

Là một trong những nhóm phương pháp phổ biến nhất, bao gồm các

phương pháp làm chặt bằng sử dụng tải trọng tĩnh (phương pháp nén trước), sử dụng tải trọng động (đầm chân động), sử dụng các cọc không thấm, sử dụng lưới nền cơ học và sử dụng thuốc nổ sâu.

Sử dụng tải trọng động khá phổ biến với điều kiện địa chất đất cát hoặc đất sỏi như dùng máy đầm rung, đầm lăn.

1.5.2.2 Các giải pháp thay thế (giải pháp kết cấu)

Các giải pháp thay thế bao gồm các giải pháp sau :

- Chọn các kiểu kết cấu ít nhạy lún, làm khe lún, giằng bê tông cốt thép, dự trữ độ cao bằng độ lún của công trình;

- Lựa chọn độ sâu chôn móng và kích thước móng hợp lý, sử dụng vật liệu, các lớp cách nước ngăn ngừa nước dâng mao dẫn theo các khe hở trong đất;

- Quy định và chấp hành nghiêm ngặt các quy trình đào đắp đất.

1.5.2.3 Các giải pháp gia cố

Hiện nay, nhóm các giải pháp gia cố được sử dụng phổ biến và bao gồm nhiều phương pháp được áp dụng. Theo đà phát triển của khoa học kỹ thuật, các phương pháp đó phát triển ngày càng đa dạng và hiệu quả. Các phương pháp sử dụng cọc không thấm như cọc tre, cọc cừ tràm, cọc gỗ thường được áp dụng với các công trình dân dụng, các công trình có chiều cao thấp, tải trọng nhỏ.

Phương pháp làm chặt bằng giằng cát, các loại cọc vật liệu rời (cọc cát, cọc xi măng đất, cọc vôi...) đang được sử dụng rộng rãi trong các công trình giao thông, đê điều, và các khu công nghiệp.

Phương pháp sử dụng vải địa kỹ thuật, phương pháp đệm cát...đề gia cố nền bằng các tác nhân cơ học.

Phương pháp sử dụng cọc tiết diện nhỏ hiện nay được sử dụng rộng rãi

trong các công trình dân dụng, công nghiệp, giao thông, đê điều...Cọc tiết diện nhỏ được hiểu là các loại cọc có đường kính hoặc cạnh từ 10 đến 25cm. Cọc nhỏ có thể được thi công bằng công nghệ đóng, ép, khoan phun. Cọc nhỏ là một giải pháp tốt để xử lý nền đất yếu vì mang lại hiệu quả kinh tế và kỹ thuật. Công nghệ cọc nhỏ cho phép giảm chi phí vật liệu, thi công đơn giản, đồng thời truyền tải trọng công trình xuống các lớp đất yếu hơn, giảm độ lún tổng cộng và độ lún lệch của công trình.

Cọc khoan nhồi dùng để gia cố nền đất và liên kết với móng giữ ổn định cho công trình. Đây là một phương pháp tiên tiến nó có thể đỡ được các công trình lớn trên các nền đất yếu.

Cọc khoan nhồi là một trong những giải pháp móng được áp dụng rộng rãi trong xây dựng nhà cao tầng ở trên thế giới và ở Việt Nam. Chúng thường được thiết kế để mang tải lớn nên chất lượng của cọc luôn luôn là vấn đề được quan tâm nhất.

Cọc khoan nhồi có tiết diện và độ sâu mũi cọc lớn hơn nhiều so với cọc chế sẵn do vậy sức chịu tải lớn hơn nhiều so với cọc chế tạo sẵn. Khả năng chịu lực cao hơn 1,2 lần so với các công nghệ khác thích hợp với các công trình lớn, tải trọng nặng, địa chất nền móng là đất hoặc có địa tầng thay đổi phức tạp.

Ưu điểm nổi bật của việc thi công cọc khoan nhồi là có độ an toàn trong thiết kế và thi công cao, kết cấu thép dài liên tục 11,7 mét, bê tông được đổ liên tục từ đáy hố khoan lên trên tạo ra một khối cọc bê tông đúc liền khối nên tránh được tình trạng chập nối giữa các tổ hợp cọc như ép hoặc đóng cọc, do đó tăng khả năng chịu lực và độ bền có móng của các công trình công nghiệp, tòa nhà cao tầng, cầu giao thông quy mô nhỏ,...

1.6. Nhận xét chung về điều kiện địa chất Hải Phòng và khả năng áp dụng các giải pháp hợp lý

1.6.1 Nhận xét chung về điều kiện địa chất Hải Phòng

Hải Phòng là một thành phố đồng bằng ven biển, có đồi, núi xen kẽ với đồng bằng và ngả thấp dần về phía nam ra biển. Địa hình Hải Phòng đa dạng, chủ yếu là đồng bằng xen lẫn đồi núi thấp, núi đá vôi, đá cát kết và các bãi ngập triều.

Sông ngòi ở Hải Phòng khá nhiều, mật độ trung bình từ 0,6 - 0,8 km/1 km². Độ dốc khá nhỏ, chảy chủ yếu theo hướng Tây Bắc - Đông Nam.

Qua khảo sát, nghiên cứu và thực tiễn thi công ta thấy đặc điểm địa chất của Hải Phòng có các lớp đất phía trên là đất yếu, thường có thành phần và tính chất đặc biệt, được hình thành từ các nguồn gốc khác nhau, diện tích phân bố cũng như chiều dày các lớp không đồng đều. Do đó, tính chất cơ lý của các lớp đất không đồng đều gây khó khăn cho công tác khảo sát, thiết kế cũng như thi công các công trình xây dựng. Đây là các lớp đất yếu, khả năng chịu lực kém, gây bất lợi cho các công trình xây dựng.

Sau khi nghiên cứu các hồ khoan khảo sát của một số công trình đã và đang thi công, cũng như các công trình đã hoàn thành phần khoan, khảo sát thuộc khu vực nội thành và khu vực các quận Hải An, Dương Kinh và Huyện Kiến Thụy ta có thể rút ra những kết luận cơ bản sau đây :

- Khu vực nội thành bao gồm các quận Lê Chân, Hồng Bàng, Ngô Quyền là nơi có nền đất tương đối yếu, chỉ gặp đất tốt ở độ sâu 30m trở lên. Độ sâu dưới 30m là các lớp đất yếu, từ 30 - 50m là lớp cát và trên 50m là đá phong hoá.

Cấu tạo một hồ khoan hình trụ tiêu biểu như sau :

1. Lớp đất lấp : Độ sâu trung bình 1,5m
2. Lớp bùn sét : Độ sâu trung bình 3,5m, độ dày lớp trung bình 2,0m.
3. Lớp bùn sét pha : Độ sâu trung bình 6,5m, độ dày lớp trung bình 3m

4. Bùn sét : Độ sâu trung bình 12,1m, độ dày lớp trung bình 4,8m.
5. Lớp sét pha : Độ sâu trung bình 16,9m, độ dày lớp trung bình 4,8m
6. Lớp sét dẻo mềm : Độ sâu trung bình 23,2m, độ dày lớp trung bình 6,3m
7. Lớp sét dẻo chảy : Độ sâu trung bình 28,7m, độ dày lớp trung bình 5,5m
8. Lớp sét pha : Độ sâu trung bình 30,5m, độ dày lớp trung bình 1,8m.
9. Lớp cát hạt mịn : Độ sâu trung bình 37m, độ dày lớp trung bình 6,5m
10. Lớp cát hạt trung, thô : Độ sâu trung bình 48,2m, độ dày lớp trung bình 11,2m
11. Lớp sét pha xen kẹp cát mịn: Độ sâu trung bình 49,5m, độ dày lớp trung bình 1,3m
12. Lớp sét dẻo cứng xen lẫn sỏi cuội : Độ sâu trung bình 51,2m, độ dày lớp trung bình 1,7m
13. Lớp đá phong hoá : Khoan đến 54,5m vẫn là lớp này.

Khu vực các quận Hải An, Dương Kinh và huyện Kiến Thụy là nơi có nền đất tương đối yếu, chỉ gặp đất tốt ở độ sâu 36m trở lên. Độ sâu dưới 37m là các lớp đất yếu, từ 37 đến 54m là lớp cát và trên 53m là đá cát kết hạt mịn, đá phong hoá nhẹ.

Cấu tạo một hố khoan hình trụ tiêu biểu như sau :

1. Lớp đất lấp : Độ sâu trung bình 2m, độ dày lớp trung bình 2m
2. Lớp sét pha màu nâu gụ, nâu xám, độ sâu trung bình 5,5m, độ dày lớp trung bình 3,5m
3. Lớp bùn sét màu xám đen, xám tro, độ sâu trung bình 18,5m, chiều dày lớp trung bình 13m

4. Lớp sét pha màu xám vàng, nâu gụ, độ sâu trung bình 22m, chiều dày lớp trung bình 3,5m
5. Lớp sét màu nâu gụ, nâu xám, chiều sâu trung bình 27m, độ dày trung bình 5m
6. Lớp sét pha màu nâu xám, xám tro, chiều sâu trung bình 33m, chiều dày lớp trung bình 6m
7. Lớp cát hạt trung, hạt thô màu xám, xám vàng, xám trắng, độ sâu trung bình 42m, độ dày trung bình 9m
8. Lớp đá cát kết hạt mịn màu xám xanh, xám trắng, nâu tím phong hoá mạnh, chiều sâu trung bình 56m, độ dày lớp trung bình 14m
9. Lớp đá cát kết hạt mịn màu xám xanh, xám trắng, nâu tím phong hoá nhẹ, chiều từ 56 m đến 60 m, vẫn là lớp này.

1.6.2 Khả năng áp dụng các giải pháp xử lý nền hợp lý

1.6.2.1 Các giải pháp xử lý nền, móng đã được áp dụng trên địa bàn Hải Phòng

Qua nghiên cứu các công trình đã xây dựng và đưa vào sử dụng trên địa bàn Hải Phòng ta có thể đưa ra một số nhận xét tổng kết về các giải pháp xử lý nền, móng đặc trưng như sau

A) Đối với các công trình dân dụng

Với các công trình là nhà dân dụng, nhà ở từ 2 - 5 tầng, giải pháp chung là xử lý móng nông là đáy móng được đặt ở độ sâu từ 1 - 1.20m so với mặt đất tự nhiên, nền được gia cố cọc tre dài 2,7 - 3 m, mật độ 25 - 30 cọc/m², kết cấu móng bê tông cốt thép (BTCT) hoặc móng gạch dưới tường và móng trụ độc lập BTCT dưới cột. Có thể kể ra một số công trình như Nhà làm việc công ty Thảm Len Hàng Kênh tầng; Nhà chung cư Lý Thường Kiệt 4 tầng; Nhà chung cư 83 Dư Hàng 3 tầng; Nhà ở chung cư 92 Tam Bạc 4 tầng.

Một số công trình nền gia cố đệm cát đầm chặt dày 1.5 - 2.0m, móng đặt trên đệm cát. Có một số công trình nền gia cố bằng cọc cát hoặc cọc nhồi xi măng cát. Nhìn chung lớp gia cố nền dưới móng được gia cố dày từ 3 - 4m, nằm trong phạm vi lớp đất bùn sét hoặc bùn sét pha. Có thể kể ra như khu chung cư Đồng Quốc Bình 5 tầng, Khu chung cư Vạn Mỹ 5 tầng; Khu chung cư Cầu Tre 5 tầng, Khu chung cư Vạn Mỹ, Quán Toan đều sử dụng móng bê đệm cát.

Qua việc quan sát hiện trạng bằng mắt thường và đo độ lún bằng thiết bị đo chuyên ngành thì thấy rằng các công trình 2 - 3 tầng, với các giải pháp móng như trên nói chung công trình nhiều năm sử dụng đều ổn định, độ lún nằm trong giới hạn cho phép, chưa thấy công trình nào lún nghiêng quá lớn, ảnh hưởng đến việc sử dụng của công trình.

Đối với công trình 4 tầng, cũng giải pháp nền móng như trên thì công trình nào dùng móng bê trên nền gia cố cọc tre chưa thấy hư hỏng do lún nhiều hoặc lún lệch quá phạm vi cho phép. Công trình nào dùng móng đơn, móng băng đặt trên nền gia cố cọc tre thì đã thấy xuất hiện lún nhiều, lún lệch có thể thấy bằng mắt thường.

Đối với nhà 5 tầng dùng phương án móng băng hoặc móng bê trên đệm cát hoặc cọc tre thì có nhiều công trình lún quá phạm vi cho phép hoặc lún lệch làm ảnh hưởng công trình lân cận hoặc phá vỡ cục bộ kết cấu công trình, nhất là hệ thống đường ống kỹ thuật làm ảnh hưởng đến điều kiện sử dụng bình thường của công trình, ví dụ như khu nhà ở chung cư Đồng Quốc Bình, Vạn Mỹ, Quán Toan.

Đối với loại nhà ở từ 6 - 8 tầng, có cả một số nhà cao 5 tầng dùng móng sâu là móng cọc ép, tiết diện 0.2x0.2m hoặc 0.25x0.25m, ngáp sâu vào đất từ 15 - 20m thì thấy rằng, sau khi xây dựng và sử dụng, công trình vẫn ổn định, độ lún nằm trong phạm vi cho phép, công trình vẫn đảm bảo sử dụng bình

thường. Có thể kể ra các công trình như Cục thuế thành phố 7 tầng, Chi cục thuế quận Lê Chân 5 tầng, Trung tâm thương mại số 18 Trần Hưng Đạo 7 tầng.

Đối với loại nhà từ 9 - 11 tầng dùng móng cọc tiết diện $0.35 \times 0.35\text{m}$, sâu 36 - 40m. Sau khi xây dựng và đưa vào sử dụng, công trình ổn định, độ lún nằm trong phạm vi cho phép và chưa thấy biểu hiện ảnh hưởng tới việc sử dụng công trình. Có thể kể ra các công trình như Trung tâm Thư viện tổng hợp 10 tầng, Khách sạn 11 tầng công ty Du lịch Hải Phòng, Khách sạn Tray Hotel 9 tầng, Toà nhà Khánh Hội 11 tầng, Nhà ở tái định cư ngã 5 sân bay Cát Bi 11 tầng, Văn phòng trung tâm thương mại 22 Lý Tự Trọng 9 tầng..vv.

Dùng móng cọc khoan nhồi, đường kính từ 800 - 1200, chiều sâu cọc từ 60 - 70m. Sau khi xây dựng và đưa vào sử dụng, công trình ổn định, độ lún nằm trong phạm vi cho phép và chưa thấy biểu hiện ảnh hưởng tới việc sử dụng công trình. Có thể kể đến các công trình tiêu biểu như : Toà nhà TD Plaza 18 tầng, Trung tâm thương mại và Điều hành dự án khu đô thị ngã 5 sân bay Cát Bi 21 tầng.

Các công trình dân dụng từ thấp đến cao tầng đều có kết cấu đặc trưng là móng bê tông cốt thép đặt trên nền gia cố cọc tre hoặc móng cọc bê tông cốt thép, phần thân có kết cấu hệ khung cột bê tông cốt thép đổ tại chỗ kết hợp vách cứng chịu lực, sàn sườn toàn khối bê tông cốt thép đổ tại chỗ, tường xây gạch chỉ bao che.

B) Với nhà công nghiệp và công trình công cộng

Các công trình nhà xưởng, kho có khẩu độ nhỏ, không có cầu trục :

Với loại công trình này khẩu độ từ 12 – 15 m, bước cột 6 m, đỉnh mái thấp hơn 8 m, mái lợp phibrô XM, không có cầu trục, tải trọng chân cột không lớn, dùng móng độc lập tựa trên nền gia cố cọc tre với ứng suất đáy móng $< 0.8\text{kg/cm}^2$ thì hầu hết là ổn định, chưa thấy có sự cố do móng.

Các công trình nhà xưởng có dầm cầu trục, các công trình công cộng có tải trọng chân tường và cột lớn :

Loại công trình công nghiệp, có khẩu độ lớn hơn 15m, có dầm cầu trục nên tải trọng chân cột rất lớn, dùng giải pháp móng sâu, cọc móng được hạ vào đất ở độ sâu 30 - 50m. Các công trình đưa vào sử dụng đều ổn định chưa thấy sự cố xảy ra.

Có thể kể ra các công trình như nhà máy thép Việt úc, Việt Hàn, Việt Nhật, nhà xưởng của các doanh nghiệp trong khu công nghiệp Nomura Hải Phòng ..vv.

C) Đối với các công trình giao thông và cơ sở hạ tầng

Phần lớn các tuyến đường ô tô trên địa bàn thành phố được xây dựng trên nền đất cấu tạo bởi các lớp đất có đặc điểm địa chất công trình yếu, tương đối yếu. Thể hiện bởi sức chống cắt nhỏ, tính nén lún lớn, có độ cố kết thấp (thường chưa đạt độ cố kết) và có bề dày lớn. Đặc điểm chung của các công trình giao thông đường bộ là dạng tuyến trải dài qua nhiều dạng địa hình, trên nền đất cấu tạo bởi các lớp đất yếu có bề dày khác nhau. Một số giải pháp xử lý nền yếu thường chọn:

- Giải pháp thoát nước thẳng đứng kết hợp gia tải trước nhằm tăng độ cố kết của đất nền,
- Giải pháp dùng giếng cát thoát nước thẳng đứng và cọc cát làm chặt đất kết hợp với việc chất tải tạm thời,
- Giải pháp sử dụng vải địa kỹ thuật kết hợp thay thế đất hoặc đệm cát,
- Giải pháp sử dụng cọc bê tông cốt thép, cọc khoan nhồi (đối với các công trình cầu cạn, cầu vượt...)

Đối với các công trình hạ tầng cơ sở công cộng, hạ tầng cơ sở các khu công nghiệp, các giải pháp xử lý nền thường được chọn :

- Giải pháp sử dụng bắc thăm, kết hợp đầm nén cơ học
- Giải pháp cố kết bằng hút chân không,
- Giải pháp xử dụng cọc vật liệu rời, cọc xi măng đất.

Qua nghiên cứu một số giải pháp xử lý nền móng đặc trưng đã được thực hiện trên địa bàn Hải Phòng, rút ra một số kết luận sơ bộ sau :

- Các công trình nhà ở xây dựng trên địa bàn Hải Phòng từ 2 - 3 tầng hầu hết đều sử dụng móng nông giống nhau, nền đất được gia cố cọc tre, đệm cát, chỉ khác nhau ở bề rộng móng để đảm bảo ứng suất đáy móng từ 0.6 - 0.7kg/cm², đều ổn định, sử dụng an toàn.

- Các công trình nhà ở 4 - 5 tầng cũng sử dụng móng nông đặt trên nền gia cố cọc tre, cọc tre và đệm cát đã nhiều năm đưa vào sử dụng, cho đến nay độ lún và lún lệch làm gãy vỡ các đường ống kỹ thuật ảnh hưởng điều kiện sử dụng bình thường của công trình.

- Các công trình nhà ở từ 5 - 11 tầng dùng móng cọc đưa sâu vào nền đất 15 - 40m. Công trình đảm bảo ổn định, sử dụng bình thường.

- Các công trình từ 12 - 20 tầng dùng móng cọc khoan nhồi, đưa sâu vào nền đất 60 - 70m. Công trình đảm bảo ổn định, sử dụng bình thường.

- Đối với nhà công nghiệp và công trình công cộng có tải trọng tập trung lớn ở chân cột : Dùng móng cọc BTCT hạ sâu vào nền đất chịu lực là hợp lý.

Từ kết quả nén tĩnh thấy rằng : Sau khi gia cố bằng cọc tre, cường độ đất nền lấy bằng 0.6 - 0.7 kg/cm², E₀ = 40 - 60 kg/cm² dùng thiết kế móng là có thể chấp nhận được.

Đối với móng cọc BTCT tiết diện từ 0.3 - 0.35m hạ sâu vào nền đất >5m tải trọng đầu cọc lấy < 50 tấn và cọc tiết diện 0.35 - 0.4m hạ sâu vào nền đất > 40m, tải trọng đầu cọc lấy bằng < 70 tấn là có thể chấp nhận được.

Đối với móng cọc khoan nhồi, tiết diện từ 0.8 - 1.2m hạ sâu vào nền đất > 60m, tải trọng đầu cọc < 500 tấn là có thể chấp nhận được.

Đối với các công trình giao thông và cơ sở hạ tầng, các giải pháp xử lý đều đạt kết quả khả quan, trong quá trình sử dụng không thấy xuất hiện các sự cố.

1.6.2.2 Đề nghị các giải pháp xử lý nền, móng hợp lý trên địa bàn Hải Phòng

Hải Phòng là thành phố có các mỏ đá trữ lượng lớn, chất lượng tốt ở các huyện Thủy Nguyên, An Lão. Cát bê tông có các bãi cát ở Cây Sồ Bảy Đường Năm, bãi Cầu Rào, Cầu Niệm trữ lượng lớn, chất lượng tốt, giá thành rẻ vì được chuyên chở từ các mỏ cát ở Việt Trì, Hà Bắc về Hải Phòng bằng đường sông.

Hải Phòng có các nhà máy sản xuất xi măng lớn, chất lượng hàng đầu Việt Nam như nhà máy xi măng Hải Phòng, nhà máy xi măng Chinh Phong, sản lượng hàng triệu tấn/năm. Đặc biệt Hải Phòng có rất nhiều nhà máy thép với sản lượng hàng triệu tấn/năm tại khu công nghiệp Quán Toan nên giá xi măng, sắt thép Hải Phòng rất rẻ so với các địa phương khác.

Ngoài ra, Hải Phòng là địa phương có nhiều cửa sông, cửa biển sản lượng khai thác cát hàng năm rất lớn. Các mỏ khai thác đất núi với sản lượng lớn tại các huyện Thủy Nguyên, An Lão...

Vì vậy, các phương án xử lý nền, móng trên địa bàn Hải Phòng được đề nghị sử dụng các giải pháp như sau :

- Đối với các công trình dân dụng từ 5 tầng trở xuống, tải trọng nhỏ, chiều cao không lớn : đề nghị sử dụng móng nông trên nền gia cố bằng cọc tre;

- Đối với các công trình từ 5 tầng trở lên, các công trình chung cư, nhà làm việc cao tầng, các công trình công cộng có diện tích lớn, tải trọng lớn...: đề nghị sử dụng giải pháp gia cố nền, móng bằng giải pháp sử dụng cọc bê

tông cốt thép (Cọc bê tông cốt thép tiết diện nhỏ, cọc khoan nhồi...);

- Đối với các công trình công nghiệp (Các nhà xưởng, hạ tầng cơ sở các khu công nghiệp...) : đề nghị sử dụng các giải pháp : Gia cố nền bằng phương pháp cố kết chân không, Gia cố nền bằng bác thấm, xử lý nền bằng cọc bê tông tiết diện nhỏ kết hợp vải địa kỹ thuật, Gia cố nền bằng cọc vật liệu rời (cọc cát, cọc xi măng đất...)...

- Đối với các công trình giao thông, công trình công cộng đề nghị sử dụng các giải pháp: Gia cố nền bằng bác thấm kết hợp gia tải trước, gia cố nền bằng vải địa kỹ thuật kết hợp thay đất (hoặc đệm cát), Gia cố nền bằng cọc vật liệu rời (Cọc xi măng đất, cọc cát, cọc đá...).

CHƯƠNG II : MỘT SỐ GIẢI PHÁP XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU, ĐIỀU KIỆN VÀ PHẠM VI ÁP DỤNG

2.1 Phương pháp xử lý nền bằng đệm cát

Lớp đệm cát sử dụng hiệu quả cho các lớp đất yếu ở trạng thái bão hoà nước (sét nhão, sét pha nhão, cát pha, bùn, than bùn...) và chiều dày các lớp đất yếu nhỏ hơn 3m.

Biện pháp tiến hành: Đào bỏ một phần hoặc toàn bộ lớp đất yếu (trường hợp lớp đất yếu có chiều dày bé) và thay vào đó bằng cát hạt trung, hạt thô đầm chặt.

Việc thay thế lớp đất yếu bằng tầng đệm cát có những tác dụng chủ yếu sau:

Lớp đệm cát thay thế lớp đất yếu nằm trực tiếp dưới đáy móng, đệm cát đóng vai trò như một lớp chịu tải, tiếp thu tải trọng công trình và truyền tải trọng đó các lớp đất yếu bên dưới. Giảm được độ lún và chênh lệch lún của công trình vì có sự phân bố lại ứng suất do tải trọng ngoài gây ra trong nền đất dưới tầng đệm cát. Giảm được chiều sâu chôn móng nên giảm được khối lượng vật liệu làm móng. Giảm được áp lực công trình truyền xuống đến trị số mà nền đất yếu có thể tiếp nhận được. Làm tăng khả năng ổn định của công trình, kể cả khi có tải trọng ngang tác dụng, vì cát được nén chặt làm tăng lực ma sát và sức chống trượt.

Tăng nhanh quá trình cố kết của đất nền, do vậy làm tăng nhanh khả năng chịu tải của nền và tăng nhanh thời gian ổn định về lún cho công trình.

Về mặt thi công đơn giản, không đòi hỏi thiết bị phức tạp nên được sử dụng tương đối rộng rãi.

Phạm vi áp dụng tốt nhất khi lớp đất yếu có chiều dày nhỏ hơn 3m. Không nên sử dụng phương pháp này khi nền đất có mực nước ngầm cao và nước có áp vì sẽ tốn kém về việc hạ mực nước ngầm và đệm cát sẽ kém ổn định.

Tính toán đệm cát

Kích thước đệm cát được xác định từ điều kiện:

$$p_{z,z=hd} + p_d, z=h+hd \leq R_z$$

Trong đó:

$p_{z,z=hd}$: áp lực phụ thêm do tải trọng công trình tại độ sâu $z = hd$, (kPa);

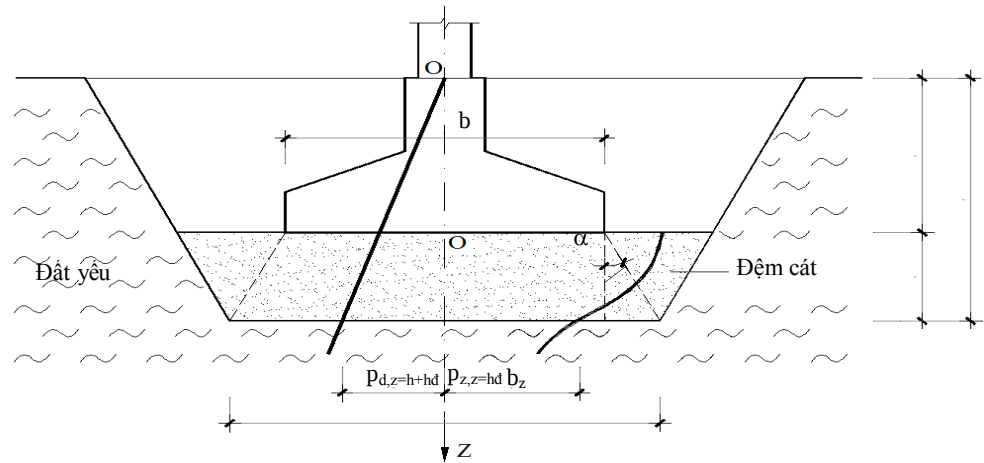
$$p_{z,z=hd} = \alpha(p^{tc} - \gamma h)$$

Trong đó:

α : hệ số phụ thuộc vào $m = 2z/b$ và $n = l/b$, được tra bảng
 p^{tc} - ứng suất tiêu chuẩn trung bình dưới đáy móng.

$p_{d,z=h+hd}$: - áp lực do trọng lượng bản thân của đất
 tại độ sâu $z = h + hd$, (kPa);

R_z - cường độ của lớp đất yếu tại cao độ đáy đệm cát.



Hình 2.1 - Sơ đồ tính toán đệm cát.

(Góc $\alpha = 30 - 40^\circ$ với cát; $40 - 45^\circ$ với đệm đá)

Kiểm tra độ lún

$$S = S1 + S2 \leq Sgh$$

Trong đó:

$S1$ - độ lún của đệm cát;

$S2$ - độ lún của các lớp đất nằm dưới đệm cát trong vùng chịu nén;

Sgh - độ lún cho phép.

2.2 Phương pháp đầm chặt lớp đất mặt (cố kết động)

Khi gặp trường hợp nền đất yếu nhưng có độ ẩm nhỏ ($G < 0,7$) thì có thể sử dụng phương pháp đầm chặt lớp đất mặt để làm cường độ chống cắt của đất và làm giảm tính nén lún.

Lớp đất mặt sau khi được đầm chặt sẽ có tác dụng như một tầng đệm đất, không những có ưu điểm như phương pháp đệm cát mà còn có ưu điểm là tận dụng được nền đất thiên nhiên để đặt móng, giảm được khối lượng đào đắp.

Phương pháp đầm chặt lớp đất mặt được chia làm hai loại : Đầm chặt nông và đầm chặt sâu.

*** Đầm nén nông**

- Đầm nén bằng con lăn rung : con lăn rung là một biện pháp khá hiệu quả để làm chặt đất hạt. Một hệ thống rung có thể gắn chặt với bánh trơn bằng cao su hoặc bánh răng cưa để truyền rung động vào đất. Con lăn có trọng lượng là 55,7kN và cái trống có kích thước 1,19m. Bên cạnh đó, độ chặt của nền đất phụ thuộc nhiều vào số lần bánh xe lăn. Thí nghiệm cho thấy, sau 15 lần lăn bánh qua, hiệu quả không tăng lên đáng kể cho những lần lăn bánh sau. Trọng lượng khô đạt được giá trị cực đại tại độ sâu 0,5m và sau đó giảm dần với chiều sâu của nền đất. Điều này có thể giải thích được là do thiếu lực ngang đối với đất gần mặt đất. Một khi quan hệ giữa độ sâu và độ chặt được xác định thì số lần lăn bánh qua cũng có thể tính toán được.

- Đầm đất bằng bàn rung động : một búa đầm thủy lực được sử dụng trong trường hợp chiều cao đất đắp vào khoảng 2 đến 6,1m, Đường kính của bàn đầm này vào khoảng 1,5m và trọng lượng vào khoảng 10 tấn cho khu vực cát và hạ cánh của đường băng và 7 tấn cho các khu vực khác. Số lượng lần đầm tại một vị trí là 20 lần và chiều cao nâng bàn đầm là 1,5 m. Khoảng cách đầm là 2,1m và áp lực nước lỗ rỗng được kiểm tra trong quá trình đầm.

*** Đầm nén sâu**

Để đầm chặt lớp đất , người ta có thể dùng nhiều biện pháp khác nhau, thường hay dùng nhất là phương pháp đầm xung kích: Theo phương pháp này quả đầm trọng lượng 1 - 4 tấn (có khi 5 - 7 tấn) và đường kính không nhỏ hơn 1m. Để hiệu quả tốt khi chọn quả đầm nên đảm bảo áp lực tĩnh do quả đầm gây ra không nhỏ hơn 0,2kg/cm² với loại đất sét và 0,15kg/cm² với đất loại cát.

Cố kết động cho phép tăng cường độ và sức chịu tải và giảm độ lún của nền. Công nghệ này được dùng để gia cố nền đất yếu ở Hà Nội, Hải Phòng và TP. HCM. Quả đầm bằng khối bê tông đúc sẵn có trọng lượng từ 10 - 15 tấn được nhấc lên bằng cầu và thả rơi xuống bề mặt từ độ cao 10-15m để đầm chặt nền. Khoảng cách giữa các vết đầm là 3x3, 4x4 hoặc 5x5m. Độ sâu ảnh hưởng của đầm chặt cố kết động được tính bằng:

$$D = 0,5 \sqrt{WH}$$

Trong đó:

D - độ sâu hữu hiệu được đầm chặt

W - Trọng lượng quả đầm (tấn)

H - Chiều cao rơi của quả đầm (m)

Mục đích của việc đầm là tạo nên lớp đất có độ chặt lớn, dày từ 1,5 – 3,5m. Tùy thuộc vào trọng lượng, kích thước, chiều cao và số lần đầm. Chiều

dày của lớp mặt được đầm chặt có thể tính theo công thức:

$$h = K.D$$

Với: D - Đường kính mặt đáy quả đầm;

K – Hệ số, lấy bằng 1,55 với đất cát,

K=1,45 đối với đất á sét,

K=1,2 với đất loại á sét và K=1 đối với đất sét.

Độ hạ thấp mặt đất sau khi đầm:

$$\Delta h = \frac{e_0 - 0,5(e_m + e_{tk})}{1 + e_0} . h ,$$

Với: e_0 – Hệ số rỗng tự nhiên;

e_{tk} – Hệ số rỗng thiết kế ở đáy lớp đệm đất mặt (ở độ sâu h);

e_m - Hệ số rỗng sau khi đầm.

Sau khi đầm chặt tại một điểm một vài lần, cát và đá được đổ đầy hố đầm. Phương pháp cố kết động để gia cố nền đất yếu đơn giản và kinh tế, thích hợp với đất mới san lấp và đất đắp. Cần thiết kiểm tra hiệu quả công tác đầm chặt trước và sau khi đầm bằng các thiết bị xuyên hoặc nén ngang trong hố khoan.

2.3 Phương pháp gia tải nén trước

Trong một số trường hợp phương pháp chèn tải trước không dùng giếng thoát nước thẳng đứng vẫn thành công nếu điều kiện thời gian và đất nền cho phép. Tải trọng gia tải trước có thể bằng hoặc lớn hơn tải trọng công trình trong tương lai. Trong thời gian chèn tải độ lún và áp lực nước được quan trắc. Lớp đất đắp để gia tải được dỡ khi độ lún kết thúc hoặc đã cơ bản xảy ra. Phương pháp này có thể sử dụng để xử lý khi gặp nền đất yếu như than bùn, bùn sét và sét pha dẻo nhão, cát pha bão hoà nước. Dùng phương pháp này có các ưu điểm sau:

Tăng nhanh sức chịu tải của nền đất;

Tăng nhanh thời gian cố kết, tăng nhanh độ lún ổn định theo thời gian.

Các biện pháp thực hiện:

Chèn tải trọng (cát, sỏi, gạch, đá...) bằng hoặc lớn hơn tải trọng công

trình dự kiến thiết kế trên nền đất yếu, để chọn nền chịu tải trước và lún trước khi xây dựng công trình. Dùng giếng cát hoặc bắc thấm để thoát nước ra khỏi lỗ rỗng, tăng nhanh quá trình cố kết của đất nền, tăng nhanh tốc độ lún theo thời gian.

Tuỳ yêu cầu cụ thể của công trình, điều kiện địa chất công trình, địa chất thuỷ văn của nơi xây dựng mà dùng biện pháp xử lý thích hợp, có thể dùng đơn lẻ hoặc kết hợp cả hai biện pháp trên.

Tính toán tải trọng nén trước:

Độ lớn của áp lực nén trước được lựa chọn như sau:

- Dùng tải trọng nén trước đúng bằng tải trọng công trình sẽ xây dựng.

Dùng tải trọng nén trước lớn hơn tải trọng công trình sẽ xây dựng (lớn hơn khoảng 20%) để tăng nhanh quá trình cố kết rút ngắn thời gian gia tải, tuy nhiên cũng không lớn quá dễ gây phá hoại nền đất yếu.

- Độ lún dự kiến được xác định theo công thức kinh nghiệm sau:

$$S_t = S - \frac{t}{\alpha + t}$$

Trong đó: S_t – Độ lún dự tính ở thời gian t , với t là thời gian nén trước.

α – Hệ số kinh nghiệm;

$$\alpha = \frac{S}{S_{t1}} t_1 - t_1$$

Với: S – Độ lún ổn định trong quá trình nén trước, xác định theo tài liệu quan trắc thực tế.

$$\frac{t_2 - t_1}{\frac{t_2}{S_{t2}} - \frac{t_1}{S_{t1}}}$$

S_{t1}, S_{t2} : độ lún quan trắc ứng với thời gian t_1, t_2 .

Biện pháp thi công: để thi công gia tải nén trước ta có thể dùng hai cách sau:

- Cách 1: Chốt tải trọng nén trước lên mặt đất tại vị trí xây móng, đợi

một thời gian theo yêu cầu thiết kế để độ lún đạt ổn định để đạt độ lún ổn định rồi dỡ tải để đào hố móng và thi công móng (với chiều sâu chôn móng $h \leq 1\text{m}$). Nếu chiều sâu chôn móng lớn thì đào hố móng đến độ sâu bé hơn cốt đáy móng 50cm rồi chất tải trọng nén.

- Cách 2: Có thể xây dựng móng trước, sau đó chất tải lên móng để móng lún đến trị số ổn định, sau đó dỡ tải và xây dựng kết cấu bên trên. Trong hai biện pháp trên, tùy theo điều kiện cụ thể mà chọn biện pháp thích hợp.

Tải trọng nén trước phải được tăng dần từng cấp, mỗi cấp tương đương tải trọng một tầng nhà hoặc bằng khoảng 15 – 20% tổng tải trọng công trình. Cần bố trí mốc để quan trắc lún trong suốt thời gian gia tải.

Phương pháp gia tải trước thường là giải pháp công nghệ kinh tế nhất để xử lý nền đất yếu. Gia tải trước là công nghệ đơn giản, tuy vậy cần thiết phải khảo sát đất nền một cách chi tiết. Một số lớp đất mỏng, xen kẽ khó xác định bằng các phương pháp thông thường. Nên sử dụng thiết bị xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng đồng thời khoan lấy mẫu liên tục. Trong một số trường hợp do thời gian gia tải ngắn, thiếu độ quan trắc và đánh giá đầy đủ, nên sau khi xây dựng công trình, đất nền tiếp tục bị lún và công trình bị hư hỏng.

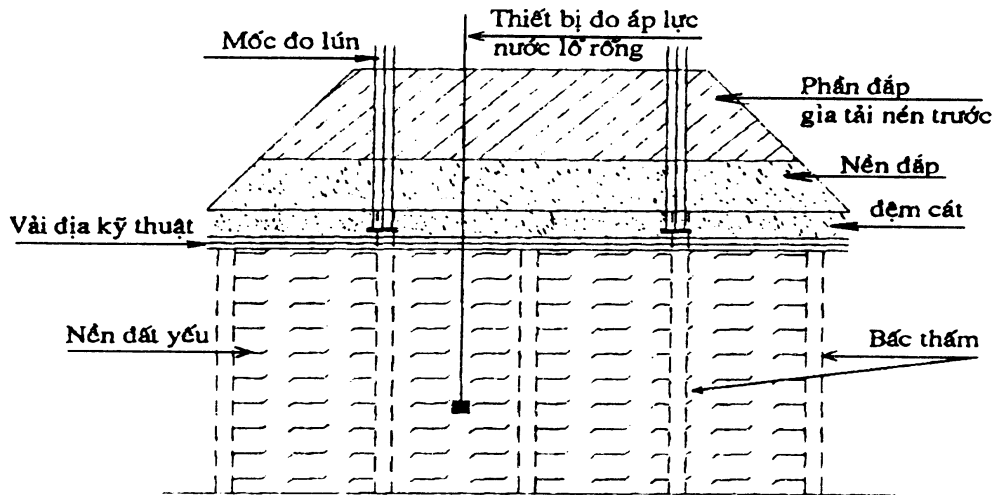
2.4 Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm

Là phương pháp kỹ thuật thoát nước thẳng đứng bằng bắc thấm kết hợp với gia tải trước. Khi chiều dày đất yếu rất lớn hoặc khi độ thấm của đất rất nhỏ thì có thể bố trí đường thấm thẳng đứng để tăng tốc độ cố kết. Phương pháp này thường dùng để xử lý nền đường đắp trên nền đất yếu. Phương pháp bắc thấm (PVD) có tác dụng thấm thẳng đứng để tăng nhanh quá trình thoát nước trong các lỗ rỗng của đất yếu, làm giảm độ rỗng, độ ẩm, tăng dung trọng. Kết quả là làm tăng nhanh quá trình cố kết của nền đất yếu, tăng sức chịu tải và làm cho nền đất đạt độ lún quy định trong thời gian cho phép. Phương pháp bắc thấm có thể sử dụng độc lập, nhưng trong trường hợp cần tăng nhanh tốc độ cố kết, người ta có thể sử dụng kết hợp đồng thời biện pháp xử lý bằng bắc thấm với gia tải tạm thời, tức là đắp cao thêm nền đường so với chiều dày thiết kế 2 - 3m trong vài tháng rồi sẽ lấy phần gia tải đó đi ở thời điểm mà nền đường đạt được độ lún cuối cùng như trường hợp nền đắp không gia tải.

Bắc thấm được cấu tạo gồm 2 phần: Lõi chất dẻo (hay bìa cứng) được

bao ngoài bằng vật liệu tổng hợp (thường là vải địa kỹ thuật Polypropylene hay Polyestie không dệt...). Bấc thấm có các tính chất vật lý đặc trưng sau:

Cho nước trong lỗ rỗng của đất thấm qua lớp vải địa kỹ thuật bọc ngoài vào lõi chất dẻo. Lõi chất dẻo chính là đường tập trung nước và dẫn chúng thoát ra ngoài khỏi nền đất yếu bão hòa nước.



Hình 2.2 Sơ đồ bố trí xử lý nền đất yếu bằng bấc thấm

Lớp vải địa kỹ thuật bọc ngoài là Polypropylene và Polyestie không dệt hay vật liệu giấy tổng hợp, có chức năng ngăn cách giữa lõi chất dẻo và đất xung quanh, đồng thời là bộ phận lọc, hạn chế cát hạt mịn chui vào làm tắc thiết bị. Lõi chất dẻo có 2 chức năng: Vừa đỡ lớp bao bọc ngoài, và tạo đường cho nước thấm dọc chúng ngay cả khi áp lực ngang xung quanh lớn. Nếu so sánh hệ số thấm nước giữa bấc thấm PVD với đất sét bão hòa nước cho thấy rằng, bấc thấm PVD có hệ số thấm ($k = 1 \times 10^{-4} \text{m/s}$) lớn hơn nhiều lần so với hệ số thấm nước của đất sét ($k = 10 \times 10^{-5} \text{m/ngày đêm}$). Do đó, các thiết bị PVD dưới tải trọng nén tức thời đủ lớn có thể ép nước trong lỗ rỗng của đất thoát tự do ra ngoài.

* Tính toán, thiết kế bấc thấm

Nội dung thiết kế hệ thống giếng cát, bấc thấm gồm có việc xác định đường kính giếng cát hoặc đường kính tương đương của bấc thấm khi đã biết các đặc trưng của đất yếu và thời gian cần thiết để đạt độ cố kết cho trước (tức là tính toán độ lún theo thời gian trong trường hợp có bố trí đường thấm thẳng đứng).

Trình tự tính toán như sau:

+ Chọn hình thức bố trí hệ thống giếng cát hoặc bắc thấm theo mạng lưới tam giác hoặc chữ nhật, xác định đường kính d và khoảng cách giữa các giếng cát hoặc bắc thấm L .

Đối với bắc thấm PVD thì d tính như sau:

$$\text{Theo Hanbo (1979) thì } d = \frac{a+b}{\pi}$$

$$\text{Theo Hanbo (1979) thì } d = \frac{a+b}{2}$$

Với : a – Chiều dày của PVD, thường từ 3-5mm (cá biệt $a=10\text{mm}$);

b – Chiều rộng của PVD, hiện nay $b=100\text{mm}$;

Tính bán kính ảnh hưởng D của SW hoặc PVD.

$$D = \alpha.L$$

Với L - Khoảng cách từ tâm đến tâm của PVD, chính là chiều dài của cạnh tam giác đều nếu bố trí theo lưới tam giác đều hoặc là chiều dài của cạnh hình vuông nếu bố trí theo lưới hình vuông.

$\alpha = 1,05$ - Nếu bố trí PVD theo lưới tam giác đều;

$\alpha = 1,13$ - Nếu bố trí PVD theo lưới hình vuông.

Tính nhân tố thời gian

$$N = \frac{C_r.t}{D^2}$$

Với: C_r - Là hệ số cố kết hướng tâm, t – thời gian cố kết;

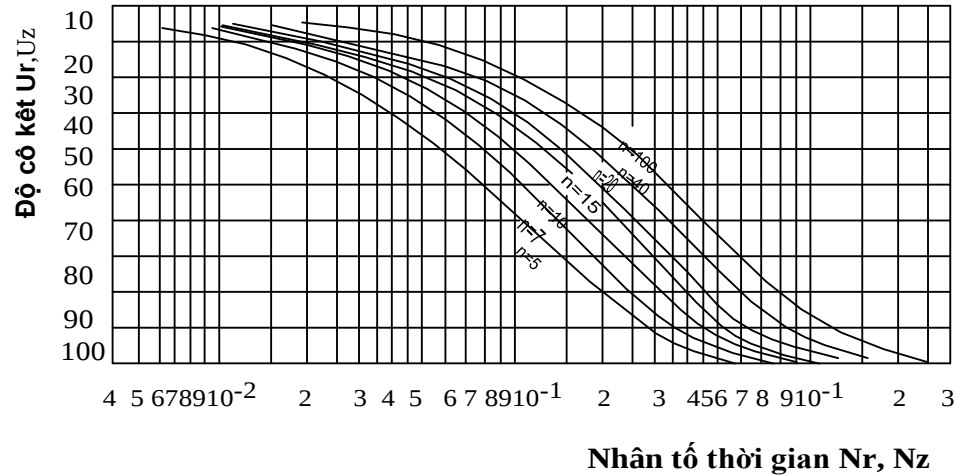
Tra toán đồ hình để xác định độ cố kết hướng tâm U_r theo N_r và n ;

+ Tính nhân tố thời gian N_z và độ cố kết thẳng đứng U_z

$$N_z = \frac{C_z.t}{h^2}$$

Tính độ cố kết chung theo công thức:

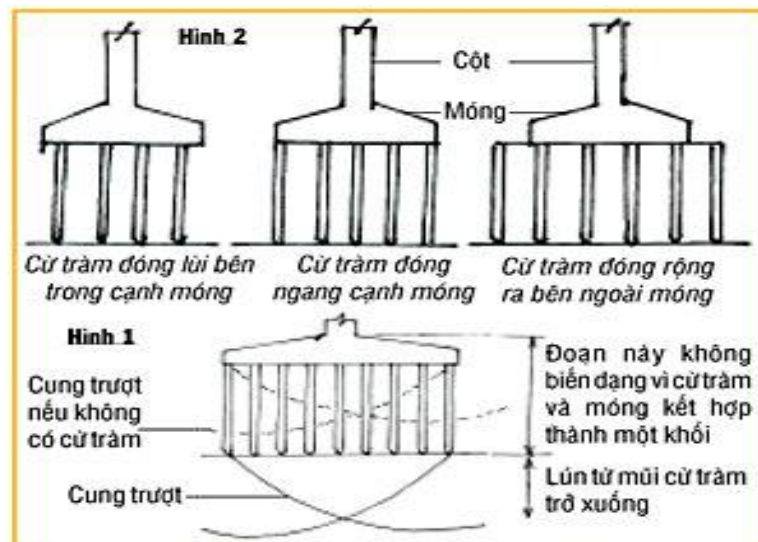
$$1 - U = (1 - U_r).(1 - U_v)$$



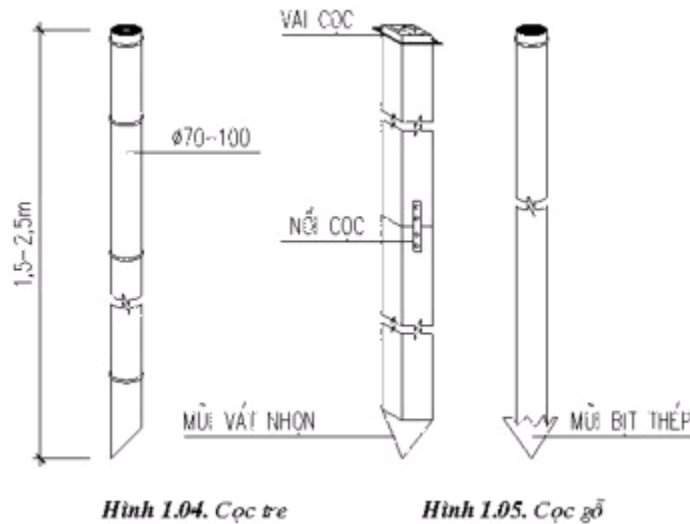
Hình 2.3 :Toán đồ xác định độ cố kết U_r , U_z theo N_r và N_z và $n=D/d$

2.5 Cọc tre và cọc tràm

Cọc tre và cọc tràm là giải pháp công nghệ mang tính truyền thống để xử lý nền cho công trình có tải trọng nhỏ trên nền đất yếu. Cọc tràm và tre có chiều dài từ 3 - 6m được đóng để gia cường nền đất với mục đích làm tăng khả năng chịu tải và giảm độ lún. Theo kinh nghiệm, thường 25 cọc tre hoặc cọc tràm được đóng cho 1m². Tuy vậy, nên dự tính sức chịu tải và độ lún của móng cọc tre hoặc cọc tràm bằng các phương pháp tính toán theo thông lệ. Việc sử dụng cọc tràm trong điều kiện đất nền và tải trọng không hợp lý đòi hỏi phải chống lún bằng cọc tiết diện nhỏ.



Hình 2.4 : Mô hình gia cố cọc tràm



Hình 1.04. Cọc tre

Hình 1.05. Cọc gỗ

Hình 2.5 : Cọc tre, cọc gỗ

Cọc tre được sử dụng ở những vùng đất luôn luôn ẩm ướt, ngập nước. Nếu cọc tre làm việc trong đất luôn ẩm ướt thì tuổi thọ sẽ khá cao (50-60 năm và lâu hơn). Nếu cọc tre làm việc trong vùng đất khô ướt thất thường thì cọc rất nhanh bị mục nát.

2.6 Phương pháp xử lý nền bằng cọc cát

Khác với các loại cọc cứng khác (bê tông, bê tông cốt thép, cọc gỗ, cọc tre...) là một bộ phận của kết cấu móng, làm nhiệm vụ tiếp nhận và truyền tải trọng xuống đất nền, mạng lưới cọc cát làm nhiệm vụ gia cố nền đất yếu nên còn gọi là nền cọc cát.

Việc sử dụng cọc cát để gia cố nền có những ưu điểm nổi bật sau:

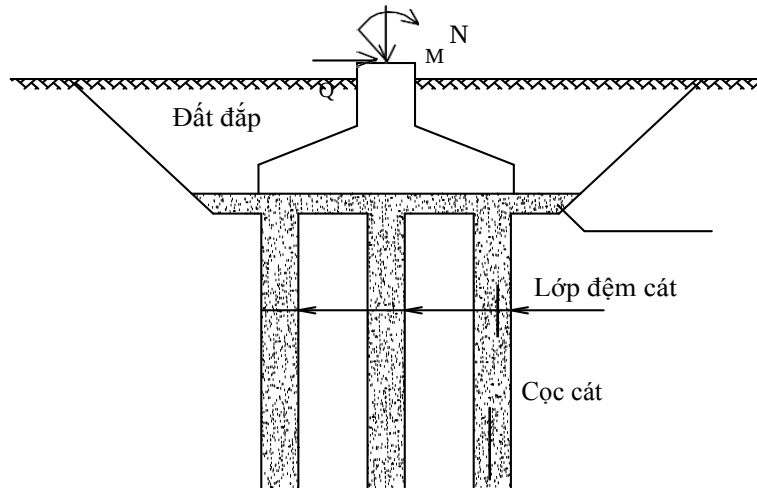
- + Cọc cát làm nhiệm vụ như giếng cát, giúp nước lỗ rỗng thoát ra nhanh, làm tăng nhanh quá trình cố kết và độ lún ổn định diễn ra nhanh hơn.
- + Nền đất được ép chặt do ống thép tạo lỗ, sau đó lèn chặt đất vào lỗ làm cho đất được nén chặt thêm, nước trong đất bị ép thoát vào cọc cát, do vậy làm tăng cường độ cho nền đất sau khi xử lý.
- + Cọc cát thi công đơn giản, vật liệu rẻ tiền (cát) nên giá thành rẻ hơn so với dùng các loại vật liệu khác.

Cọc cát thường được dùng để gia cố nền đất yếu có chiều dày > 3m.

* Thiết kế nền cọc cát

Khi thiết kế sơ bộ có thể chấp nhận giả thiết rằng cọc cát chỉ nén chặt vùng đất, thể tích nén chặt đúng bằng thể tích cọc.

Dụng cụ: Ống thép hay cọc gỗ đóng hạ đến độ sâu thiết kế.



Hình 2.6 : Sơ đồ bố trí cọc cát

Vật liệu: Thường dùng cát vàng, hạt trung, hạt thô, lúc đầu đổ từ 1/2-2/3 chiều dài ống rồi rung hay đầm chặt, đồng thời kéo dần ống lên, và (đầm) rung đến khi hoàn thành cọc cát.

Trước khi thiết kế cọc cát, cần biết hệ số rỗng tự nhiên e_0 của lớp đất yếu. Sau khi nén chặt bằng cọc cát thì đất có hệ số rỗng nén chặt là e_{nc} .

Đối với nền đất cát, sau khi gia cố thì phải đạt $e_{nc} = 0,65 - 0,75$.

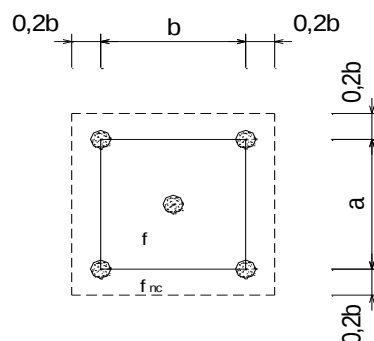
Đối với nền đất dính được nén chặt bằng cọc cát thì:

$$e_{nc} = \Delta(W_d + 0,5\phi) \text{ (với } \phi = W_{nh} - W_d \text{)}$$

Diện tích cần nén chặt F_{nc} rộng hơn đáy móng, theo kinh nghiệm diện tích cần nén chặt rộng hơn đáy móng $\geq 0,2b$ (b - Bề rộng móng) về các phía:

$$F_{nc} = 1,4b(a+0,4b)$$

Trong đó: a, b - Là cạnh dài và rộng của đáy móng.



Hình 2.7 : Bố trí cọc cát và phạm vi nén chặt đất nền

Tỷ lệ diện tích tiết diện của tất cả các cọc cát F_c đối với diện tích đất nền được nén chặt F_{nc} được xác định như sau:

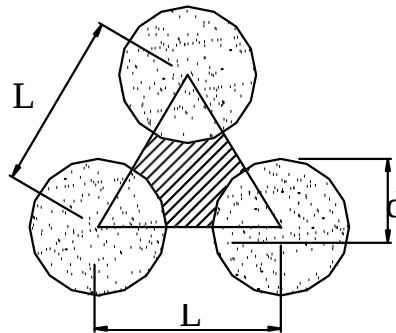
$$\Omega = \frac{F}{F_{nc}} = \frac{e_0 - e_{nc}}{1 + e_0}$$

Số lượng cọc cát cần thiết để nén chặt nền đất yếu dưới đáy móng

$$n = \frac{\Omega \cdot F_{nc}}{f_c}$$

Trong đó: f_c - Diện tích tiết diện ngang của mỗi cọc cát (lấy bằng diện tích tiết diện ống khi tạo lỗ).

Cọc cát thường được bố trí theo lưới tam giác đều, đây là sơ đồ bố trí hợp lý nhất để đảm bảo cho đất được nén chặt đều trong khoảng cách giữa các cọc cát.



Hình 2.8 : Bố trí cọc cát theo sơ đồ tam giác

- Khoảng cách giữa các cọc cát đối với đất dính:

$$L = 0,95d \sqrt{\frac{\gamma_{nc}}{\gamma_{nc} - \gamma_0}}$$

- Khoảng cách giữa các cọc đối với đất rời

$$L = 0,95d \sqrt{\frac{1 + e_0}{e_0 - e_{nc}}}$$

Trong đó: d – Đường kính cọc cát (400-500mm)

$$\gamma_{nc} = \frac{\Delta}{1 + e_{nc}} (1 + 0,1W)$$

W – độ ẩm tự nhiên của đất;

γ_0 – Dung trọng tự nhiên của đất;

Δ - Tỷ trọng của đất;

- Trọng lượng cần thiết của cát cho mỗi mét dài của cọc.

$$G = \frac{f_c \cdot \Delta_c}{1 + e_{nc}} (1 + 0,01W)$$

Với: Δ_c – Tỷ trọng của cát trong cọc;

W_1 – Độ ẩm của cát khi thi công cọc; g chiều dài của cọc:

+ Với móng chữ nhật : $l_c \geq 2b$

+ Với móng bản: $l_c \geq 4b$

Khi $b > 10m$ thì: $l_c \geq 9m + 0,15b$ (nền sét)

$l_c \geq 6m + 0,10b$ (nền cát);

Theo kinh nghiệm chiều dài của cọc cát thường lấy đến độ sâu của nền dưới đáy móng được xem là hết lún (tại độ sâu có $\sigma_{gl} \leq 0,2\sigma_{bt}$).

2.7 Phương pháp xử lý nền bằng cọc vôi và cọc đất vôi

Cọc vôi thường được dùng để xử lý, nén chặt các lớp đất yếu như: Than bùn, bùn, sét và sét pha ở trạng thái dẻo nhão.

Việc sử dụng cọc vôi có những tác dụng sau:

Sau khi cọc vôi được đầm chặt, đường kính cọc vôi sẽ tăng lên 20% làm cho đất xung quanh nén chặt lại.

Khi vôi được tãi trong lỗ khoan thì nó tỏa ra một nhiệt lượng lớn làm cho nước lỗ rỗng bốc hơi làm giảm độ ẩm và tăng nhanh quá trình nén chặt.

Sau khi xử lý bằng cọc vôi nền đất được cải thiện đáng kể:

- Độ ẩm của đất giảm 5-8%;
- Lực dính tăng lên khoảng 1,5 –3 lần;
- Modun biến dạng tăng lên 3-4 lần;
- Cường độ của đất giữa các cọc vôi có thể tăng lên đến 2 lần;

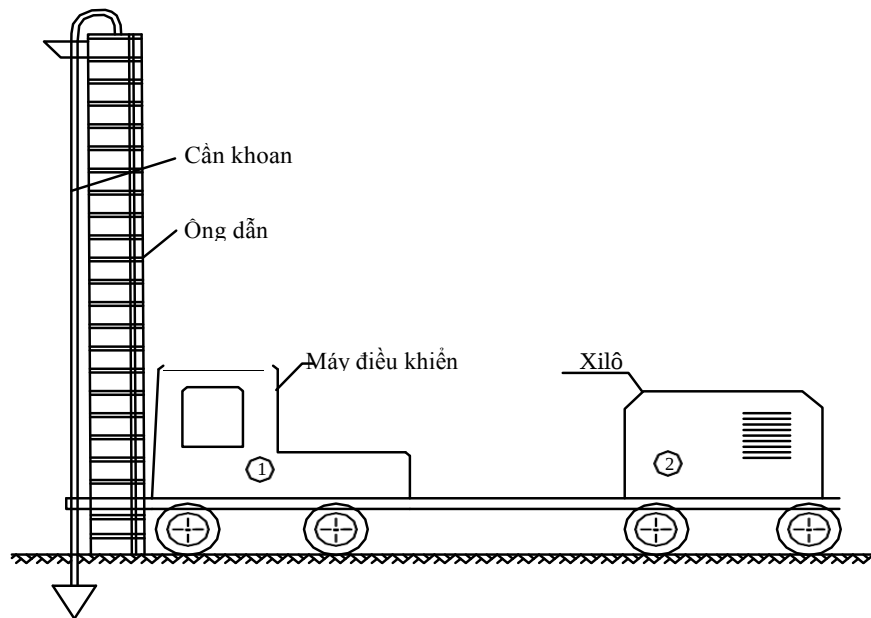
Với những ưu điểm như trên cho thấy rằng xử lý nền đất yếu bằng cọc vôi có hiệu quả đáng kể. Tuy nhiên khi gặp các nền đất quá nhão, yếu (đất có $B > 1$) thì hiệu quả nén chặt của cọc vôi bị hạn chế. Với các loại bùn gốc sét nhão yếu thì hiệu quả nén chặt càng ít vì vôi tãi và đất sét đều thấm nước yếu nên việc ép thoát nước lỗ rỗng khó, kém hiệu quả.

Việc tính toán và thiết kế cọc vôi tương tự như cọc cát, tuy nhiên cần chú ý khả năng thoát nước của chúng khác nhau. Với cọc cát thì khả năng

thoát nước đều và trong thời gian dài còn với cọc vôi thì khả năng thoát nước nhanh trong thời gian đầu và sau đó giảm đi nhiều.

Thi công cọc vôi : Để thi công cọc vôi trước hết phải khoan tạo lỗ, lỗ khoan từ 240-400mm, nếu thành lỗ khoan bị sạt lở thì hạ ống thép, sau đó cho từng lớp vôi sống dày khoảng 1m xuống lỗ khoan và đầm chặt từng lớp cho đến hết chiều sâu. Kết hợp vừa đầm vừa rút ống lên. Hiệu quả nén chặt của cọc vôi phụ thuộc vào chất lượng đầm chặt và thành phần hóa học của vôi. Độ chặt và cường độ của nền cọc vôi có thể kiểm tra như đối với nền cọc cát.

Việc chế tạo cọc đất – vôi khá phức tạp và phải sử dụng các máy chuyên dụng (Hình 4.14). Cấu tạo máy gồm hai bộ phận: Phần máy điều khiển và xi lô đựng vôi bột. (máy Alimak của Thụy Điển sản xuất)



Hình 2.9 : Máy thi công cọc vôi – đất

Khi tạo cọc vôi đất thì cường độ của cọc này phụ thuộc vào lượng vôi và thời gian.

Kết quả nghiên cứu cho thấy lượng vôi càng nhiều thì độ cứng của cọc càng tăng nhanh.

Ở nước ta với đất yếu có độ ẩm tự nhiên từ 40-70% thì dùng hàm lượng vôi từ 6-12% là hợp lý. Với tỷ lệ đó thì cường độ cọc đạt 50% sau 1 tháng và 70 – 80% sau 3 tháng.

Cọc đất – vôi xử lý làm tăng cường độ chống cắt của đất lên hàng 10 lần, có thể sử dụng cọc đất vôi này làm tường cừ hoặc làm nền cho công trình. Khoảng cách giữa các cọc vôi tùy thuộc đặc điểm nền và tải trọng, theo kinh nghiệm lấy bằng 0,75m, chiều dài cọc phải vượt chiều sâu chịu nén của đất, lưới cọc trùm ra diện tích đáy móng là $b/4$ với b là bề rộng móng.

Việc kiểm tra sức chịu tải của nền khi xử lý cần xác định bằng thí nghiệm nén tĩnh tại hiện trường, với kích thước bàn nén là 100x100cm.

2.8 Phương pháp gia cố nền bằng cọc xi măng – đất

Cọc xi măng đất là hỗn hợp giữa đất nguyên trạng nơi gia cố và xi măng được phun xuống nền đất bởi thiết bị khoan phun.

Cọc xi măng đất (XMĐ) là một trong những giải pháp xử lý nền đất yếu với khả năng ứng dụng tương đối rộng rãi như: Làm tường hào chống thấm cho đê đập, gia cố nền móng cho các công trình xây dựng, sửa chữa thấm mang cống và đáy cống, ổn định tường chắn, chống trượt mái dốc, gia cố đất yếu xung quanh đường hầm, gia cố nền đường, móng cầu dầm.

Cũng như các phương pháp cải tạo, gia cố nền đất yếu khác, phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc xi măng đất nhằm thay đổi tính chất cơ lý của đất theo hướng nâng cao sức chịu tải, giảm biến dạng của nền.

Nguyên lý đất trộn xi măng: Xi măng sau khi trộn với đất sẽ xảy ra một loạt các phản ứng hoá học gây đông cứng, đóng rắn khối đất được trộn, các phản ứng hoá học chủ yếu là:

+ Phản ứng thủy hoá của xi măng: Xi măng + nước = Hydroxyd ngậm nước

+ Tác dụng của hạt đất sét với các chất thủy hoá của xi măng: tạo thành các chất thủy hoá của xi măng, tự đóng rắn thành kết cấu khung xương đá xi măng.

+ Tác dụng Cacbonat hoá: Hydroxid calci + không khí = Cacbonat canxi (kết tủa rắn).

*** Tính toán cọc xi măng đất**

Hiện nay vẫn chưa có tính sức chịu tải cụ thể biến dạng của nền đất gia cố bằng cọc xi măng đất nên cần lưu ý vấn đề tranh luận nhiều. Nhưng tựu chung cả 3 quan điểm chính như sau:

- Quan điểm cho rằng việc nhấc các (tính toán nhấc các)

- Quan điểm cho rằng việc nhấc các (tính toán nhấc các) với nền thiên nhiên)

- Mét sè nhự khoa hăc l¹i ®Ò nghê tÝnh to_n theo c¶ hai quan ®iÓm tr^an, nghÛa lụ sôc chĐu t¶i th× tÝnh to_n nh- căc, cĐn biÕn d¹ng th× tÝnh to_n nh- nÒn.

Sè dũ c_c quan ®iÓm tr^an cĐn ch-a thèng nhÊt v× b¶n th©n vÊn ®Ò phôc t¹p, nh÷ng nghi^an cøu vò lý thuyÕt vự thùc nghiÖm vò vÊn ®Ò nựy ch-a nhiÖu.

a) Ph-¹ng ph.p tÝnh to_n theo quan ®iÓm trô lụm viÖc nh- căc

Theo quan ®iÓm nựy ®Đi hái trô ph¶i cã ®é cöng t-¹ng ®èi lín vự c_c ®Çu trô nựy ®-íc ®-a vựo tÇng ®Êt chĐu t¶i. Khi ®ã lúc truyÒn vựo mǎng sã chñ yÖu ®i vựo c_c trô xi mǎng- ®Êt (bá qua sù lụm viÖc cña nÒn d-¹i ®_y mǎng). Trong tr-êng híp trô kh«ng ®-íc ®-a xuèng tÇng ®Êt chĐu lúc th× cã thó d¹ng ph-¹ng ph.p tÝnh to_n nh- víi căc ma s_t.

* S₁nh gi₁ æn ®Đnh c_c trô gia cè theo tr¹ng th₁i giú h¹n l

Kh¶ n¹ng chĐu lúc cña c«ng tr×nh phô thuéc vựo sè l-¹ng vự c_ch bè trÝ c_c trô trong khèi mǎng. Kõt qu¶ ph©n tÝch tÝnh to_n thó hiÖn th«ng qua néi lúc t_c dõng l^an trô: M, N, Q.

Só mǎng trô ®¶m b¶o an toạ cĐn tháa m¹n c_c ®iÖu kiÖn sau:

- Néi lúc lín nhÊt trong mét trô: $N_{\max} < Q_{ult} / F_s$

- M« men lín nhÊt trong mét trô: $M_{\max} < [M_{gh}]$

cña vÊt liÖu lụm trô

- Chuyón vĐ cña khèi mǎng: $\Delta y < [\Delta y]$

Trong ®ã: Q_{ult} - S¸c chÐu t¶i gi¶i h¹n c¶a c¸c xi m¶ng ®Êt

$[M_{gh}]$ - M« men gi¶i h¹n c¶a c¸c xi m¶ng ®Êt;

F_s - h¸ s¸ an to¸n.

Vi¸c tÝnh to¸n n¸i lùc trong th¸n c¸t M, N, Q v¸ chuy¸n vÐ m¸ng c¸t $[\Delta y]$ c¸ th¸ d¶ng c¸c phÇn m¸m hi¸n c¸ ®Ó tÝnh to¸n. Trong tr-¸ng hÞp kh¸ng c¸ phÇn m¸m ®Ó tÝnh to¸n c¸c ®i¸u ki¸n æn ®Þnh trªn c¸ th¸ vi¸t l¹i nh- sau:

- Tr-¸ng hÞp t¶i tr¸ng ®¸ng t¸m:

$$N_{\max} < \frac{\sum N}{n_c} \leq \frac{Q_{ult}}{F_s}$$

Trong ®ã:

$N_{\max}$ - t¶i tr¸ng t¸c d¸ng l¹n m¸i c¸t;

$\sum N$ - t¸ng t¶i tr¸ng t¸c d¸ng l¹n ®¶i c¸t;

n_c - s¸ l-¸ng c¸c trong m¸ng.

- Tr-¸ng hÞp t¶i tr¸ng l¸ch t¸m:

$$N_{\max} < \frac{\sum N}{n_c} + \frac{M_x y}{\sum y_i^2} + \frac{M_y x}{\sum x_i^2} \leq \frac{Q_{ult}}{F_s}$$

Trong ®ã:

$M_x; M_y$ - m« men u¸n do t¶i tr¸ng g¸y ra ®¸i víi c¸c tr¸c chÝnh c¶a ®¸y ®¶i c¸c;

$x_i; y_i$ - kho¶ng c¸ch t¸ tr¸c chÝnh c¶a ®¶i c¸c ®¸n m¸i tr¸c c¸c;

x, y - khoảng cách từ trục chính của mỗi các ống trục các khối s, t.

* Sản phẩm của các trục gia chế theo trạng thái giới hạn 2

Tính toán theo trạng thái giới hạn 2 nhằm bảo cho mạng trục không phát sinh biến dạng quá lớn:

$$\sum s_i < [s_{gh}]$$

Trong đó:

S_{gh} - giá trị lớn nhất cho phép;

S_i - giá trị tăng cường của mạng các.

Như vậy trong thực tế quan niệm này cần nhiều hơn chỗ vữa cần nhiều hơn nữa. Chính vì những lý do này nên ít khi dùng trong tính toán.

b) Phương pháp tính toán theo quan niệm nh- nòn t- ng

Nh- nòn trục vữa để d- iới ý mạng để xem nh- nòn rằng nhất với các bề mặt c- ứng để $\varphi_{td}; C_{td}; E_{td}$ để nồng cao (để tính từ $\varphi; C; E$ của để nh- nòn xung quanh trục vữa để liệu l- m trục). Cũng thực quy để t- ng để $\varphi_{td}; C_{td}; E_{td}$ dựa trên để cộng của cát xi măng- để, để vữa di- n tích để để thay thế bề cát xi măng- để. Giải m- l- t- l- giữa di- n tích cát xi măng- để thay thế trên di- n tích để nh- nòn.

$$m = \frac{A_p}{A_s}$$

$$\varphi_{td} = m\varphi_{cot} + (1-m)\varphi_{nen}$$

$$C_{td} = mC_{cot} + (1-m)C_{nen}$$

$$E_{td} = mE_{cot} + (1-m)E_{nen}$$

Trong Òã:

A_p - diÖn tÝch ÒÊt nÒn thay thÕ b»ng các xi m"ng ÒÊt

A_s - diÖn tÝch ÒÊt nÒn cÇn gia cè.

Theo ph--ng ph,p tÝnh to,n nuy, bụi to,n gia cè ÒÊt cũ 2 ti"u chuÈn cÇn kiÓm tra:

- Ti"u chuÈn vÒ c-êng Òé: $\varphi_{td}; C_{td}$ cũa nÒn Ò-íc gia cè ph¶i tháa m·n ÒiÒu kiÖn sÖc chÐu t¶i d-íi t,c ðông cũa t¶i trng c«ng tr×nh.

- Ti"u chuÈn biÖn ð¹ng: M_{td} Òun biÖn ð¹ng cũa nÒn Ò-íc gia cè E_{td} ph¶i tháa m·n ÒiÒu kiÖn lớn cũa c«ng tr×nh.

C thÓ ðĩng c,c c«ng thÖc gi¶i tÝch vµ c,c phÇn mÒm ÒÐa kü thuËt hiÖn cũ ÒÓ gi¶i quyÕt bụi to,n nuy.

c) Ph--ng ph,p tÝnh to,n theo quan ÒiÓm hÇn hĩp

*** C,ch tÝnh to,n cũa ViÖn kü thuËt ch©u , A.I.T**

+ SÖc chÐu t¶i cũa các Ò-n

Kh¶ n"ng chÐu t¶i cũa các xi m"ng ÒÊt Ò-íc quyÕt ÒÐnh bëi sÖc kh,ng c³t cũa ÒÊt sÐt y"u bao quanh (ÒÊt bÐ ph, ho¹i) hay sÖc kh,ng c³t cũa vËt liÖu các xi m"ng ÒÊt (các xi m"ng ÒÊt ph, ho¹i). Lo¹i ph, ho¹i ÒÇu phô thuéc c¶ vµo sÖc c¶n do ma s,t mÆt ngoµi các xi m"ng ÒÊt vµ sÖc chÐu ch©n các xi m"ng ÒÊt, lo¹i sau cũn phô thuéc vµo sÖc kh,ng c³t cũa vËt liÖu các xi m"ng ÒÊt. Kh¶ n"ng chÐu t¶i gi¶i h¹n

cña các xi m'ng ®Êt ®-n trong ®Êt sÐt yÕu khi ®Êt ph, ho'i ®-íc tÝnh theo biÓu thøc sau:

$$Q_{gh,dat} = (\pi d H_c + 2,25 \pi d^2) C_u$$

Trong ®ã:

d - ®-êng kýnh cña các xi m'ng ®Êt;

H_c - chiÒu dui các xi m'ng ®Êt;

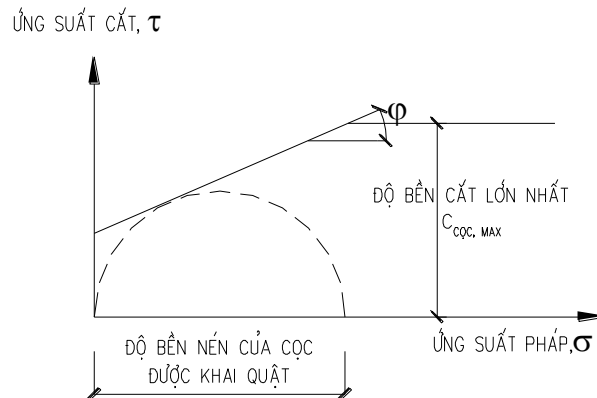
C_u - ®é bÒn c³t kh«ng tho,t n-íc trung b×nh cña ®Êt sÐt bao quanh, ®-íc x,c ®Þnh b»ng thÝ nghiÖm ngoi hiÖn tr-êng nh- thÝ nghiÖm c³t c,nh vµ xuyªn c«n.

Gi¶ thiÕt lµ s¾c c¶n mÆt ngoi b»ng ®é bÒn c³t kh«ng tho,t n-íc cña ®Êt sÐt C_u vµ s¾c chÐu ch©n ë ch©n các xi m'ng ®Êt t-ïng øng lµ $9C_u$. S¾c chÐu ë ch©n các xi m'ng ®Êt treo kh«ng ®ãng vµo tÇng nÐn chÆt, th-êng thÊp so víi mÆt ngoi. S¾c chÐu ë ch©n các xi m'ng ®Êt sã lín khi các xi m'ng ®Êt c³t qua tÇng Ðp lón vµo ®Êt còng n»m d-íi cã s¾c chÐu t¶i cao. PhÇn lín t¶i trãng t,c dông sã truyÒn vµo líp ®Êt ë d-íi qua ®,y các xi m'ng ®Êt. Tuy nhiªn s¾c chÐu ë ch©n các xi m'ng ®Êt kh«ng thÓ v-ít qua ®é bÒn nÐn cña b¶n th©n các xi m'ng ®Êt.

Trong tr-êng hîp các xi m'ng ®Êt ®· bÞ ph, ho'i tr-íc th× c,c các xi m'ng ®Êt ®-íc xem t-ïng tù nh- mét líp ®Êt sÐt còng nót nÊ. S¾c bÒn c³t cña hçn hîp sÐt ë d'ng c¾c hay hîp thÓ ®Æc tr-ng cho giúi h¹n trªn cña ®é bÒn. Khi x,c ®Þnh b»ng thÝ nghiÖm xuyªn hay c³t c,nh, giúi h¹n nµy vµo kho¶ng tõ 2-4 lÇn ®é

bồn cát đặc theo mặt liên kết khi x, c phân bố thí nghiệm nên cần hằng.

Sơ đồ bao phủ, hình của các xi măng bột trong bột dính bột thể hiện trên Hình 2.10.



Hình 2.10 : Sơ đồ bao phủ, hình của bột dính gia cường các xi măng bột

Sơ đồ bao phủ, hình thể hiện trên hình 2-10. Khi nén chặt thí nghiệm giới hạn nguy hiểm do các xi măng bột bao phủ, hình thể hiện rõ sự phân bố thể tích tổng hợp:

$$Q_{gh,coc} = A_{coc}(3,5C_{coc} + 3\sigma_n)$$

Trong đó: C_{coc} - lực dính kết của vật liệu các xi măng bột;

σ_n - áp lực ngang tăng cường thể tích tăng lên các xi măng bột thể tích mặt cắt giới hạn.

Giả thiết góc ma sát trong của bột là 30° . Hệ số tăng cường hệ số áp lực bột tăng K_b khi $\varphi_{gh,coc} = 30^\circ$.

$$\text{Giả thiết là: } \sigma_n = \sigma_p + 5C_u$$

Trong đó:

σ_p - áp lực tăng của các lớp phân bố trên;

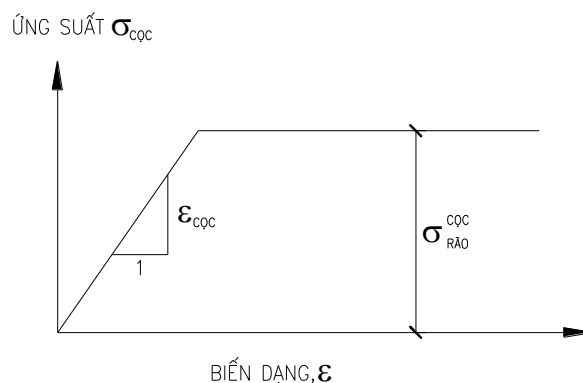
C_u - Ré bòn c³t kh«ng tho,t n-íc cña Êt sĐt kh«ng æn Đnh bao quanh.

C«ng thøc nuy Ê-íc dùng khi thiÕt kÕ cã xĐt ,p lúc tăng cña c,c líp phñ b³n tr³n, v× ,p lúc Êt bĐ Éng thay Æi khi chuyển vĐ ngang lín.

Do hiÕn t-ìng r·o, É bòn giúi h¹n l©u dui cña các xi m̀ng Êt thÊp h-n É bòn ng³n h¹n. SÉ bòn r·o cña các xi m̀ng Êt

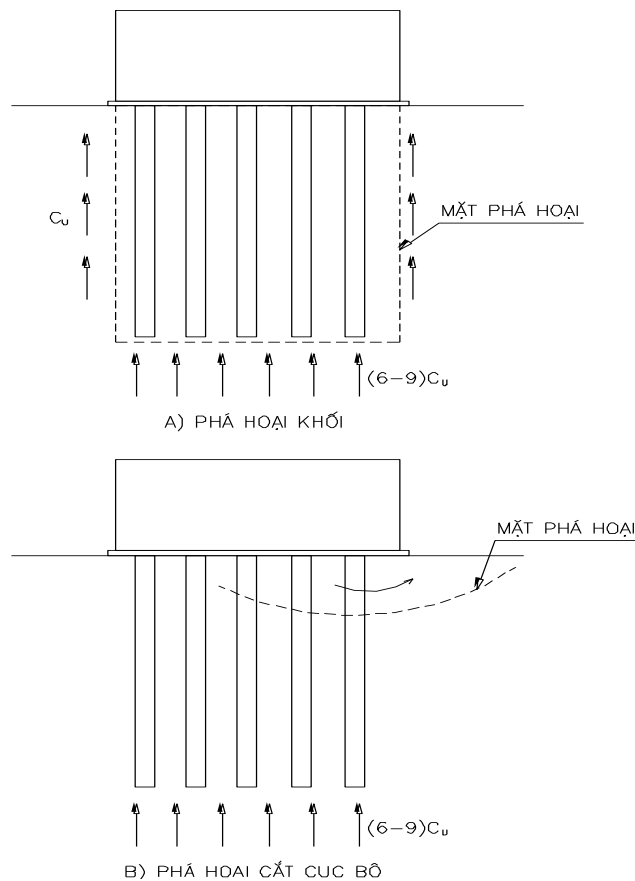
$$Q_{rao,coc} = (65\% - 85\%)Q_{gh,coc} .$$

Gi¶ thiÕt quan hÖ biÕn d¹ng- t¶i tr³ng lụ tủyõn tÝnh cho tii khi r·o nh- H×nh 2.11. Cã thÓ dùng quan hÖ nuy Ó tÝnh sù ph©n bè t¶i tr³ng $\sigma_{rao,coc}$ vù m« Òun Đp co cña vÊt liÖu các xi m̀ng Êt t-ìng øng É dèc cña Ê-êng quan hÖ. Khi v-ít qu, É bòn r·o, t¶i ẽ các xi m̀ng Êt Ê-íc coi lụ h»ng sè.



H×nh 2.11 : Quan hÖ øng suÊt- biÕn d¹ng vÊt liÖu xi m̀ng- Êt

* Kh¶ n¹ng chĐu t¶i giúi h¹n cña nhãm các xi m̀ng Êt



H×nh2.12 : Ph, ho¹i khèi vµ ph, ho¹i c³t cc bé

Kh¶ n¶ng chÐu t¶i gi¶i h¹n c¶a nh¶m c¶c xi m¶ng ®Êt ph thuéc vµo ®é bn c³t c¶a ®Êt ch-a x lý gi÷a c, c c¶c xi m¶ng ®Êt vµ ®é bn c³t c¶a vÊt liÖu c¶c xi m¶ng ®Êt. Sù ph, ho¹i quyÕt ®Þnh bëi kh¶ n¶ng chÐu t¶i c¶a khèi vói c¶c xi m¶ng ®Êt.

Trong tr-êng hîp ®Çu, sc chng c³t d¶c theo mÆt ph, ho¹i c³t qua tn bé khèi s¶ quyÕt ®Þnh kh¶ n¶ng chÐu t¶i vµ kh¶ n¶ng chÐu t¶i gi¶i h¹n c¶a nh¶m c¶c xi m¶ng ®Êt ®-îc tÝnh theo:

$$Q_{gh, nhom} = 2C_u H [B + L] + (6 \div 9) C_u BL$$

Trong ®ã: B, L vµ H- chiÒu rng, chiÒu dµi vµ chiÒu cao c¶a nh¶m c¶c xi m¶ng ®Êt. H sè 6 dÞng cho

mãng ch÷ nhÛt khi chiÒu dui lín h-n chiÒu rng nhiÒu (tøc lỵ $L \gg B$). Cßn hÛ s 9 dđng cho mãng vu«ng.

Trong thiÕt kÛ kiÕn nghÛ kh«ng dđng kh¶ nđng chĐu t¶i giúi h¹n v× ph¶i huy ®ng sc kh¶ng t¶i trng lín nhÛt lỵm cho biÕn dđng kh¶ lín, b»ng 5-10% b rng vđng chĐu t¶i.

Kh¶ nđng chĐu t¶i giúi h¹n, c xĐt ®n ph, ho¹i các bé  ra khi cc xi mđng ®t, ph thuc vµo ® bn chng ct trung b×nh ca ®t dc theo mt ph, ho¹i gÇn trßn nh- trong h×nh 1.21. S bn chng ct trung b×nh c th tÝnh nh- khi tÝnh æn ®Đnh m, i dc. Kh¶ nđng chĐu t¶i giúi h¹n c ch ý ®n ph, ho¹i các bé ®-íc tÝnh theo biểu thức:

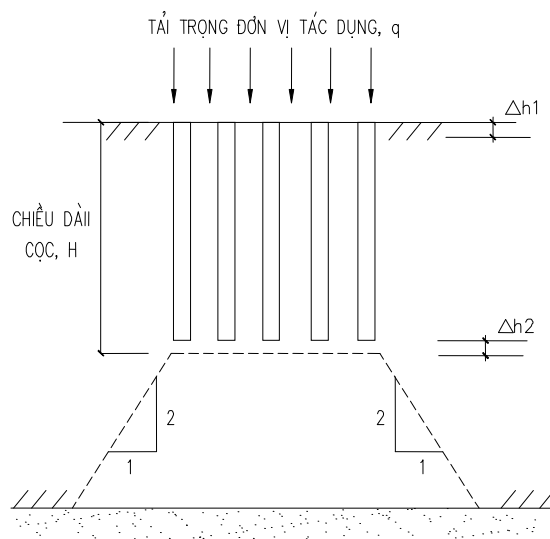
$$q_{gh} = 5,5C_b(1 + 0,2\frac{b}{L})$$

Trong ®:

b, L - chiÒu rng vµ chiÒu dui vđng chĐu t¶i các bé;

C_b - ® bn ct trung b×nh dc theo b mt ph, ho¹i gi¶ ®Đnh. S bn ct trung b×nh ca vđng æn ®Đnh chĐu ¶nh h-ng ca din tÝch tđng ®i ca cc xi mđng ®t $a, (bx1)$ vµ ® bn ct ca vt liu cc xi mđng ®t. S nghÛ kh«ng dđng hÛ s an toàn lỵ 2,5 khi tÝnh ton thiÕt kÛ.

* TÝnh ton biÕn dđng



H×nh 2.13 : Sơ đồ tải trọng đơn vị tác dụng.

Tầng ®é lón cña c«ng tr×nh x©y dùng trªn nÒn ®Êt gia cè b»ng các xi măng ®Êt nh- trªn H×nh 2.13. Tầng ®é lón lín nhÊt lÊy b»ng tầng ®é lón cc bé cña toạ khèi nÒn ®-íc gia c-êng (Δh_1) vµ ®é lón cc bé cña tÇng ®Êt n»m d-iíi ®.y khèi ®Êt ®-íc gia c-êng phÝa trªn (Δh_2)

$$\text{Tc lµ: } \Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2$$

Khi tÝnh ton Δh cũ th x¶y ra 2 tr-êng híp:

+ T¶i tăng ngoµi t, c đông t-ång ®èi nhá vµ các xi măng ®Êt ch-a bÐ ro:

Nu ®é lón dc trc c, c tr t-ång ng víi ®é lón phÇn sÐt yu xung quanh, th× sù phÇn t¶i trng dc trc các s ph thuéc vµo m« ®un lón cña vÊt liu các vµ cña ®Êt ®. gia c-êng, ®-íc tÝnh theo c«ng thc sau:

$$\sigma_{coc} = \frac{Q_{coc}}{A_{coc}} = \frac{q}{a + \left(\frac{M_d}{M_{coc}}\right)(1-a)}$$

Trong ®: q- t¶i trng ®-n vÐ, kG/cm^2 ;

a- diÖn tÝch t¬¬ng ®èi c¸a c¸c;

M_d vµ M_{coc} - m¸« ®un biÖn d¹ng c¸a ®Êt nÒn xung quanh vµ c¸a vÊt liÖu c¸c.

T¶i tr¸ng ph©n bè ®Òu q (do c¸ng tr¸nh hay nÒn ®Êt ®¸p b¸n tr¸n truyÒn xuÒng), mét ph©n truyÒn cho trß q_1 , ph©n kh¸c truyÒn cho ®Êt q_2 . NÕu trß vµ ®Êt xung quanh c¸ cïng chuyÖn v¶ t¬¬ng ®èi c¸ thó dïng quan hÖ sau:

$$\frac{q_1}{aM_{coc}} = \frac{q_2}{(1-a)M_d}$$

Sé lón c¸c bé c¸a khèi ®Êt sau khi ®-íc gia c-êng b»ng c¸c xi m¸ng ®Êt lµ:

$$\Delta h_1 = \frac{qH}{aM_{coc} + (1-a)M_d}$$

Sé lón c¸c bé c¸a tÝng ®Êt d-úi m¸i c¸c Δh_2 c¸ thó tÝnh to¸n theo ph¬¬ng ph¸p th¸ng th-êng, hay c¸ thó tÝnh to¸n theo c¸ng th¸c sau:

$$\Delta h_2 = \beta \Delta h_0$$

Trong ®¸: Δh_0 - ®é lón cuèi cïng c¸a tÝng ®Êt d-úi m¸i c¸c;

β - tû sè gi÷a t¸ng ®é lón c¸a khèi ®Êt ®· gia c-êng b»ng c¸c xi m¸ng ®Êt víi t¸ng ®é lón c¸a chÝnh khèi ®Êt ®¸ ë tr¹ng th¸i tù nhi¸n:

$$\beta = \frac{M_d}{aM_{coc} + (1-a)M_d}$$

+ T¶i tr¸ng ngoµi t, c d¸ng lín vµ c¸c xi m¸ng ®Êt b¶ r¸o:

Nh- tr-êng hâp 1, t¶i q ®-íc ph©n ra lµm 2 phÇn q_1 truyÒn cho c¸c vµ q_2 truyÒn cho ®Êt xung quanh c¸c, chóng ®-íc tÝnh to¸n nh- sau:

$$q_1 = \frac{nQ_{rao,coc}}{BL} \quad \text{vµ} \quad q_2 = (q - q_1)$$

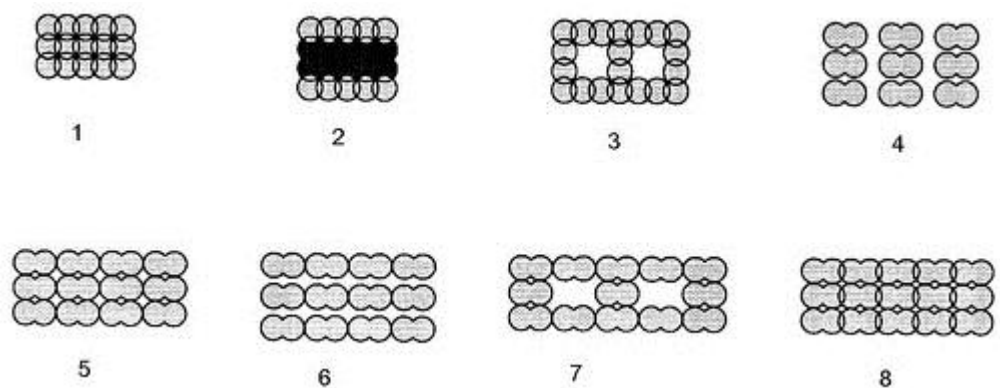
Thµnh phÇn q_1 dïng ®Ó tÝnh ®é ln cc bé Δh_2 , vµ thµnh phÇn q_2 dïng ®Ó tÝnh Δh_1 .

Cng ngh- thi cng :

Hi-n nay ở Vi- Nam ph bi-n hai cng ngh- thi cng cc xi m¸ng ®¸t : Cng ngh- trn kh (Dry Jet Mixing) v¸ Cng ngh- trn ¼t (Wet Mixing hay cn gi l¸ Jet-grouting) l¸ cng ngh- c¼a Nh¸t B¸n.

- Trn kh l¸ qu¸ trình phun trn xi m¸ng kh vi ®¸t c ho¸c khng c ch¸t ph¼ gia.

- Trn ¼t l¸ qu¸ trình bm trn v¼ xi m¸ng với ®¸t c ho¸c khng c ch¸t ph¼ gia.



Hình 2.14 : Một số cách bố trí cọc xi măng đất

Ưu nhược điểm của cọc xi măng đất

• Ưu điểm:

So với mt s gi¸i ph¸p xử lý n-n hi-n c, cng ngh- cc xi m¸ng ®¸t c ưu ®i-m l¸ kh¸ năng xử lý s¸u (đ-n 50m), thch hợp với c¸c lo¸i ®¸t y- (t¼ cát thô cho đ-n bùn y-), thi cng đ¼c cả trong đi-u ki-n n-n ng¸p s¸u trong n¼c ho¸c đi-u ki-n hi-n tr¼ng ch¸t hp, trong nhi-u tr¼ng hp đ¸ đ¼a l¸i

hiệu quả kinh tế rõ rệt so với các giải pháp xử lý khác. Nếu sử dụng phương pháp cọc bê tông ép hoặc cọc khoan nhồi thì rất tốn kém do tầng đất yếu bên trên dày.

Ưu điểm nổi bật của cọc xi măng đất là: Thi công nhanh, kỹ thuật thi công không phức tạp, không có yếu tố rủi ro cao. Tiết kiệm thời gian thi công đến hơn 50% do không phải chờ đúc cọc và đạt đủ cường độ (Ví dụ tại dự án Sunrise). Tốc độ thi công cọc rất nhanh. Hiệu quả kinh tế cao. Giá thành hạ hơn nhiều so với phương án cọc đóng, đặc biệt trong tình hình giá vật liệu leo thang như hiện nay. Rất thích hợp cho công tác xử lý nền, xử lý móng cho các công trình ở các khu vực nền đất yếu như bãi bồi, ven sông, ven biển. Thi công được trong điều kiện mặt bằng chật hẹp, mặt bằng ngập nước. Khả năng xử lý sâu (có thể đến 50m). Địa chất nền là cát rất phù hợp với công nghệ gia cố xi măng, độ tin cậy cao.

- Nhược điểm:

So với móng cọc với chiều dài cọc lớn thì nó sẽ lún nhiều hơn nhưng vẫn đảm bảo giới hạn cho phép.

Phụ thuộc nhiều vào công nghệ thi công nên yêu cầu có hệ thống quy chuẩn, quy định các quy trình thi công nghiêm ngặt và quy trình nghiệm thu kiểm tra hoàn thiện. Cần nghiên cứu thêm về công nghệ máy móc, thiết bị hiện đại.

2.9 Phương pháp cố kết chân không

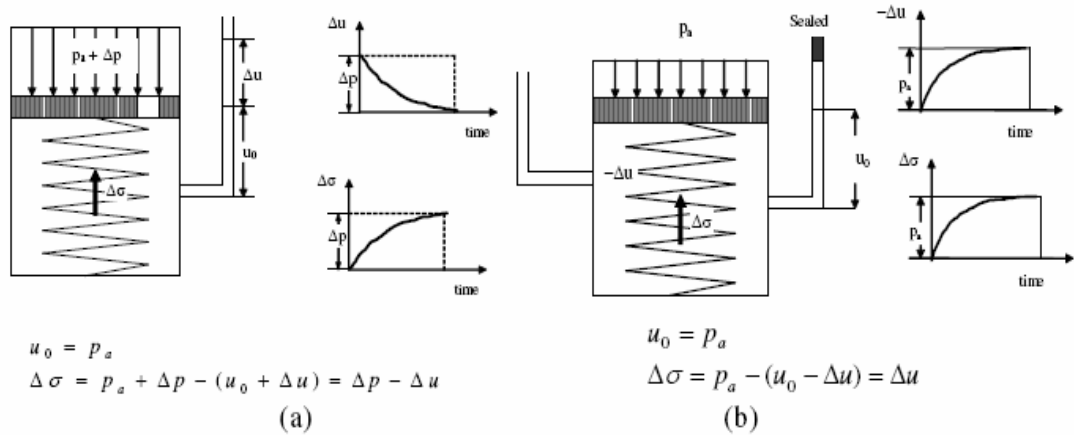
Phương pháp nén trước bằng chân không là một trong những phương pháp gia cố nền đất sét yếu, theo đó, áp suất chân không được áp dụng lên một diện tích nền được bao bởi các tấm (màng) vật liệu kín khí (airtight membrane), để bơm thoát nước lỗ rỗng chứa trong nền làm cho đất cố kết nhanh.

Công nghệ này được thực hiện thông qua vài lần làm áp lực bằng chân không kết hợp với số lần biến đổi năng lượng thích hợp để đóng nền từ đó hạ thấp tỷ lệ chứa nước trong đất, nâng cao mật độ đất, sức tải của nền, giảm sự sụt lún sau khi thi công và sự sụt lún sai khác ở nền đất. Theo các chuyên gia trong lĩnh vực xử lý nền đất thì phương pháp này sẽ tạo ra được một áp lực (trên 1 atmosphere) không chế sức tải của mặt đất, tạo độ dày cần thiết theo yêu cầu kỹ thuật, khống chế được độ lún và tạo độ lún đồng đều cho mặt đất.

Phương pháp này được thừa nhận là hiệu quả nhằm gia cố đất rất yếu, đặc biệt khi thiếu vật liệu gia tải.

Phương pháp hút chân không thay thế cho phần gia tải trong công nghệ cố kết tức là vẫn có cột thoát nước thẳng đứng (Trường hợp cần thoát nước nhanh hơn vẫn sử dụng cả gia tải). Quá trình cố kết của đất được mô tả trên hình 2.15. Tại hình 2.15, a, khi chất tải đơn thuần, Δp là áp lực nước lỗ rỗng

khi chịu tải, khi đất bão hòa nước, áp lực nước lỗ rỗng lớn trội ban đầu Δu tương tự như Δp khi chất tải đơn thuần, dần dần áp lực nước lỗ rỗng lớn trội và tải trọng chuyển từ nước sang cốt liệu đất (dạng lò xo). Lượng tăng ứng suất hữu hiệu bằng lượng giảm áp lực nước lỗ rỗng, khi kết thúc giai đoạn cố kết $\Delta u = 0$. Khi tải trọng chân không được sử dụng như hình 2.15, b, áp lực nước lỗ rỗng trong đất giảm, ứng suất hữu hiệu trong đất tăng, dần dần lò xo bị nén, nghĩa là cốt liệu đất đã tạo ra ứng suất hữu hiệu. Lượng tăng ứng suất hữu hiệu bằng lượng giảm áp lực nước lỗ rỗng (Tải chân không thường bằng 80% áp suất khí quyển, bằng 80 kPa) [1].



Hình 2.15 : Mô hình hoá kiểu lò xo cho quá trình cố kết.

(a) Dưới tác động của chất tải đơn thuần;

(b) Dưới tác động của gia tải chân không

Hệ thống gia tải chân không điển hình giới thiệu trên hình 2.16. Ống bắc thấm và các ống ngang được dùng để phân bố áp lực chân không và làm mất nước lỗ rỗng, ống ngang và đầu trên của bắc thấm nằm trong lớp cát gia tải, truyền chân không vào các ống bắc thấm. Các ống chứa bắc thấm đường kính từ 50-100 mm có gân gờ dùng làm ống ngang, những ống này có đục lỗ ở thân ống và được quấn bằng vải thấm nước. Ống ngang nối với ống chủ để phân bố áp lực chân không. Ba lớp PVC (nylon) mỏng phủ trên mặt khu vực hút chân không có mép ngoài đặt trong rãnh theo 4 cạnh bao quanh khu vực hút chân không, do đó vùng cần hút chân không được chia thành các khu nhỏ để đặt các lớp nylon.

Phương pháp cố kết chân không đã được áp dụng thành công ở một số nước như Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc... và đã đạt được hiệu quả cao về kinh tế. Tại Việt Nam, công nghệ cố kết bằng hút chân không cũng đã được áp dụng tại một số công trình như Khí điện đạm Cà Mau, Cảng Đình Vũ, nhà máy sợi Polyester Đình Vũ, nhà máy điện Nhơn Trạch – Đồng Nai. Theo đánh giá của các chuyên gia, việc áp dụng công nghệ này đã làm giảm đáng kể thời gian và chi phí thi công, đó là một trong những ưu điểm vượt trội của

- Rất khó làm kín khí
- Có giới hạn về độ sâu gia công
- Hiệu quả thấp đối với nền gồm các tầng cát với hệ số thấm cao nằm xen kẽ



- ## 2.10 Giải pháp sử dụng cọc bê tông cốt thép

57

tải và các công trình có tải trọng lớn.

Dùng cọc bê tông cốt thép khi gặp nền đất yếu (bùn, cát chảy...) không chịu được trực tiếp tải trọng từ công trình. Tùy theo cách làm việc, chia cọc thành hai loại: cọc chống và cọc ma sát. Cọc chống truyền tải trọng qua mũi cọc lên lớp đất cứng hoặc đá. Cọc ma sát (cọc treo) có mũi cọc tựa lên lớp đất bị nén co, truyền tải trọng vào đất một phần lớn qua ma sát ở các mặt bên và một phần qua mũi cọc.

Các loại cọc bê tông cốt thép thường dùng hiện nay bao gồm cọc bê tông tiết diện nhỏ, cọc khoan nhồi, cọc bê tông dự ứng lực... Cọc tiết diện nhỏ được hiểu là các loại cọc có đường kính hoặc cạnh từ 10 đến 25cm. Cọc nhỏ có thể được thi công bằng công nghệ đóng, ép, khoan phun. Cọc nhỏ được dùng để gia cố nền móng cho các công trình nhà, đường sá, đất đắp và các dạng kết cấu khác. Cọc nhỏ là một giải pháp tốt để xử lý nền đất yếu vì mang lại hiệu quả kinh tế và kỹ thuật. Công nghệ cọc nhỏ cho phép giảm chi phí vật liệu, thi công đơn giản, đồng thời truyền tải trọng công trình xuống các lớp đất yếu hơn, giảm độ lún tổng cộng và độ lún lệch của công trình. Cọc khoan nhồi có tiết diện và độ sâu mũi cọc lớn hơn nhiều so với cọc chế sẵn do vậy sức chịu tải lớn hơn nhiều so với cọc chế tạo sẵn. Khả năng chịu lực cao hơn 1,2 lần so với các công nghệ khác thích hợp với các công trình lớn, tải trọng nặng, địa chất nền móng là đất hoặc có địa tầng thay đổi phức tạp. Cọc bê tông dự ứng lực là loại cọc sử dụng bê tông cường độ cao, cốt thép dự ứng lực, tiết kiệm vật liệu (Do diện tích cốt thép nhỏ, hình dáng cọc thường là cọc tròn, rỗng). Cọc bê tông dự ứng lực được sử dụng ngày càng rộng rãi do tính kinh tế, dễ thi công...

***Tính toán cọc bê tông cốt thép**

a) Tính toán sức chịu tải theo vật liệu cọc

Hầu hết trường hợp thiết kế thực tế là cọc chịu lực nén đúng tâm do đài truyền vào từ công trình bên trên, vật liệu cọc bê tông cốt thép thường. Dùng công thức tính toán như cấu kiện bê tông chịu nén đúng tâm của TCVN 5574:2012 như sau:

$$P_{VL} = \varphi(R_b A_b + R_{sc} A_{st})$$

Diễn giải công thức:

A_{st} là tổng diện tích cốt thép dọc trong cọc

A_b là diện tích bê tông trong cùng tiết diện cọc

R_{sc} là cường độ tính toán về nén của cốt thép

R_b là cường độ tính toán về nén của bê tông cọc, bằng cường độ tính toán gốc của bê tông nhân với các hệ số điều kiện làm việc γ_{cb} . γ_{cb} như sau:

$\gamma_{cb} = 0,85$ kể đến đổ bê tông trong khoảng không gian chật hẹp của hố

khoan, ống vách

γ'_{cb} kể đến phương pháp thi công cọc, trường hợp phổ biến là cọc khoan nhồi tương ứng trường hợp ghi trong TCVN 10304:2014 là trong các nền, việc khoan và đổ bê tông vào lòng hố khoan dưới dung dịch khoan hoặc dưới nước chịu áp lực dư (không dùng ống vách) $\gamma'_{cb}=0,7$.

Với cọc bê tông cốt thép đúc sẵn đóng, ép, các hệ số $\gamma_{cb}=\gamma'_{cb}=1$.

φ là hệ số giảm khả năng chịu lực do ảnh hưởng của uốn dọc, theo TCVN 5574:2012:

Với $\lambda \leq 28$, $\varphi=1$

Với $28 < \lambda \leq 120$, $\varphi = 1,028 - 0,0000288\lambda^2 - 0,0016\lambda$

Khi tính toán theo cường độ vật liệu, xem cọc như một thanh ngàm cứng trong đất tại chiều sâu cách đáy đài một khoảng: $l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon}$

l_0 là chiều dài đoạn cọc kể từ đáy đài đến cao độ san nền

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{kb_p}{\gamma_c EI}}$$

k là hệ số tỷ lệ, phụ thuộc vào loại đất bao quanh cọc theo bảng A.1 của TCVN 10304:2014

E là module đàn hồi của vật liệu làm cọc (bê tông)

$\gamma_c=3$ là hệ số điều kiện làm việc đối với cọc độc lập

$\frac{2}{\alpha_\varepsilon}$ không được vượt quá chiều sâu đến mũi cọc từ đáy đài h

$\lambda = \frac{l_1}{r}$ là độ mảnh của cọc, $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$ là bán kính quán tính của tiết diện

cọc.

Lưu ý với cọc thí nghiệm, cường độ chịu nén gốc của bê tông cọc cần nhân với hệ số điều kiện làm việc $\gamma_{b2} = 1,1$ do tính chất tải trọng nén tĩnh là tạm thời, ngắn hạn.

Trong trường hợp vật liệu cọc dùng bê tông cốt thép ứng suất trước, sức chịu tải theo vật liệu cọc tính toán theo hướng dẫn của TCVN 7888:2008.

b. Tính toán sức chịu tải cọc theo đất nền

Sức chịu tải của cọc theo đất nền xác định đối với cọc chịu nén như sau:

$$Q_a = \frac{\gamma_0}{\gamma_n} \frac{R_{c,u}}{\gamma_k} - W_c$$

$R_{c,u}$ là sức chịu tải trọng nén cực hạn

W_c là trọng lượng bản thân cọc có kể đến hệ số độ tin cậy bằng 1,1

γ_o là hệ số điều kiện làm việc, kể đến yếu tố tăng mức độ đồng nhất của nền đất khi sử dụng móng cọc, lấy bằng 1 đối với cọc đơn và lấy bằng 1,15 trong móng nhiều cọc

γ_n là hệ số tin cậy về tầm quan trọng của công trình, lấy bằng 1,2; 1,15 và 1,1 tương ứng với tầm quan trọng của công trình cấp I, II và III (Phụ lục F của tiêu chuẩn)

γ_k là hệ số độ tin cậy theo đất xác định theo điều 7.1.11 của tiêu chuẩn

Trong thực hành thiết kế hiện nay phổ biến tính toán sức chịu tải cọc theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) dùng 2 công thức Meyerhof và công thức của Viện kiến trúc Nhật Bản như sau:

Công thức Meyerhof:

Sức chịu tải trọng nén cực hạn:

$$R_{c,u} = q_b A_b + u \sum f_i l_i \text{ (kN)}$$

q_b là cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc $q_b = k_1 N_p$

k_1 là Hệ số, $k_1 = 40h/d \leq 400$ với cọc đóng/ép và $k_1 = 120$ với cọc khoan nhồi

h là chiều sâu hạ cọc

N_p là chỉ số SPT trung bình trong khoảng 1d phía dưới mũi cọc và 4d phía trên mũi cọc

f_i là cường độ sức kháng của đất theo thân cọc

+ trong các lớp đất rời $f_i = k_2 N_{s,i}$

+ trong các lớp đất dính $f_i = \alpha c_{u,i}$

k_2 là hệ số lấy bằng 2,0 với cọc đóng/ép và bằng 1,0 với cọc khoan nhồi

α là hệ số xác định theo biểu đồ trên hình G.2 của tiêu chuẩn

$N_{s,i}$ là chỉ số SPT trung bình của lớp đất thứ i trên thân cọc

$c_{u,i}$ là cường độ sức kháng cắt không thoát nước của lớp đất thứ i trên thân cọc $c_{u,i} = 6,25 N_{c,i}$ (kPa)

$N_{c,i}$ là chỉ số SPT trong đất dính của lớp đất thứ i trên thân cọc.

Công thức của Viện kiến trúc Nhật Bản:

$$R_{c,u} = q_b A_b + u \sum (f_{c,i} l_{c,i} + f_{s,i} l_{s,i})$$

q_b là cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc, xác định như sau:

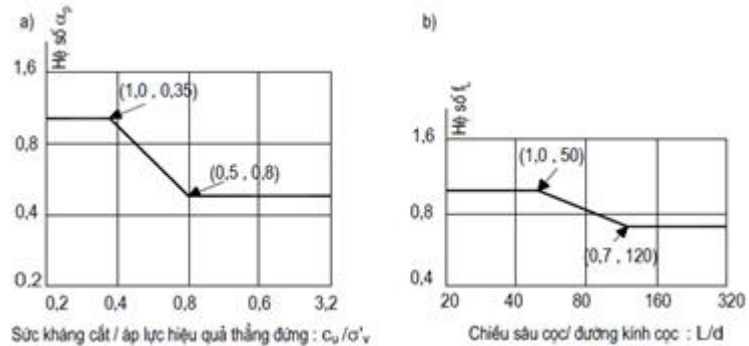
+ Khi mũi cọc nằm trong lớp đất rời $q_b = 300 N_p$ cho cọc đóng/ép và $q_b = 150 N_p$ cho cọc khoan nhồi

+ Khi mũi cọc nằm trong lớp đất dính $q_b = 9 c_{cu}$ cho cọc đóng/ép và $q_b = 6 c_{cu}$ cho cọc khoan nhồi

$f_{s,i}$ là cường độ sức kháng trung bình trên đoạn cọc nằm trong lớp đất rời thứ i $f_{s,i} = 10N_{s,i}/3$

$f_{c,i}$ là cường độ sức kháng trung bình trên đoạn cọc nằm trong lớp đất dính thứ i $f_{c,i} = \alpha_p f_L c_{u,i}$

α_p là hệ số điều chỉnh cho cọc đóng/ép và f_L là hệ số điều chỉnh theo độ mảnh h/d của cọc đóng, bằng 1 cho cọc khoan nhồi, xác định như các biểu đồ sau của tiêu chuẩn:



$l_{s,i}$ là chiều dài đoạn cọc nằm trong lớp đất rời thứ i

$l_{c,i}$ là chiều dài đoạn cọc nằm trong lớp đất dính thứ i

N_p Đối với các loại đất cát, nếu trị số $N_p > 50$ thì chỉ lấy $N_p = 50$, nếu trị số $N_{s,i} > 50$ thì lấy $N_{s,i} = 50$

Đối với nền đá hoặc cuội sỏi trạng thái chặt, khi $N_p > 100$ thì lấy $q_b = 20\text{MPa}$ cho cọc đóng/ép và cọc khoan nhồi có biện pháp làm sạch mũi cọc tin cậy và bơm vữa xi măng gia cường đất dưới mũi cọc.

Thông thường đối với nền có nhiều lớp đất dính dọc theo thân cọc, giá trị sức chịu tải đất nền tính theo công thức Nhật Bản thường lớn hơn công thức Meyerhof. Người thiết kế nên chọn giá trị làm sức chịu tải dự báo theo một trong hai công thức trên, từ đó quyết định giá trị tải trọng thí nghiệm nén tĩnh max làm căn cứ điều chỉnh cho cọc đại trà sau này.

NHẬN XÉT :

- Qua xem xét, tìm hiểu các giải pháp xử lý nền đất yếu đã và đang được áp dụng trong và ngoài nước, kết hợp với nghiên cứu địa chất, địa hình, điều kiện tự nhiên của thành phố Hải Phòng ta thấy :

+ Hải Phòng là một thành phố có địa hình, địa chất phức tạp, nền đất yếu, không chịu được tải trọng khi xây dựng các công trình, đặc biệt là vùng cửa sông, ven biển.

+ Các công trình xây dựng, đặc biệt là các công trình có tải trọng lớn, cần có biện pháp xử lý nền phù hợp để đảm bảo sự ổn định của công trình trong cả quá trình thi công và vận hành, sử dụng.

+ Với điều kiện địa chất, thủy văn của thành phố, ta nhận thấy các phương pháp xử lý nền sâu như : gia cố nền bằng cọc bê tông cốt thép; gia cố nền bằng bác thấm; gia cố nền bằng cọc xi măng - đất; gia cố nền bằng vải địa kỹ thuật.. là phù hợp, và đạt hiệu quả cao. Trong giai đoạn khảo sát, thiết kế, cần nghiên cứu kỹ lưỡng và kết hợp các phương pháp xử lý nền để đạt kết quả mong muốn.

**CHƯƠNG III : ỨNG DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NỀN ĐẤT
YẾU TRONG XÂY DỰNG CÁC CÔNG TRÌNH TRÊN ĐỊA BÀN HẢI
PHÒNG : CÔNG TRÌNH CẢNG HÀNG KHÔNG QUỐC TẾ CÁT BI**

3.1. Giới thiệu về cảng hàng không quốc tế Cát Bi

Cảng hàng không Cát Bi nằm trên địa bàn Quận Hải An, phía Đông Nam thành phố Hải Phòng. Với vị trí địa lý thuận lợi, được sự quan tâm của Đảng, Chính phủ, Bộ Giao thông vận tải, ngành Hàng không dân dụng và UBND thành phố Hải Phòng, Cảng hàng không Cát Bi ngày càng phát triển mạnh mẽ. Từ lúc chỉ có 01 chuyến bay/tuần vào năm 1985 từ Hải Phòng đi thành phố Hồ Chí Minh và ngược lại, với loại tàu bay IL18, TU134, IAK40, hiện nay, mỗi ngày có từ 22 đến 26 lần chuyến bay từ Cảng hàng không Cát Bi đi TP. Hồ Chí Minh, Đà Nẵng, Buôn Ma Thuột và ngược lại với các loại tàu bay tiên tiến, hiện đại như A320, A321, ATR72...

Nhằm mở rộng và nâng cao khả năng tiếp nhận máy bay của Cảng hàng không Cát Bi, từ năm 2013, UBND TP. Hải Phòng đã triển khai dự án đầu tư xây dựng đường cất hạ cánh có khả năng tiếp thu máy bay B747-400 và tương đương; triển khai giai đoạn I đầu tư mở rộng sân đậu máy bay để tăng vị trí đậu máy bay từ 02 vị trí lên 10 vị trí, dự kiến giai đoạn I sẽ hoàn thành vào tháng 12/2015.

3.2. Quy mô dự án Cảng hàng không quốc tế Cát Bi

1. Tên Dự án: Quy hoạch tổng thể Cảng hàng không quốc tế Cát Bi - thành phố Hải Phòng giai đoạn đến năm 2015 và định hướng đến năm 2025.

2. Địa điểm: Cảng hàng không quốc tế Cát Bi - thành phố Hải Phòng.

3. Nội dung quy hoạch:

a) Cấp sân bay: 4E (theo mã chuẩn của Tổ chức hàng không dân dụng quốc tế ICAO) và sân bay quân sự cấp I.

b) Vai trò, chức năng trong mạng cảng hàng không dân dụng toàn quốc: là Cảng hàng không quốc tế.

c) Tính chất sử dụng: sân bay dùng chung dân dụng và quân sự.

d) Phương án tổng thể: chọn phương án 1 trong hồ sơ quy hoạch.

đ) Quy hoạch khu bay:

- Đường cất hạ cánh:

+ Giai đoạn đến năm 2015 kéo dài, nâng cấp đường cất hạ cánh hiện có đạt kích thước 3050 x 50 m, đảm bảo tiếp nhận máy bay A321, B767 và tương đương.

+ Giai đoạn định hướng đến năm 2025 nâng cấp đáp ứng loại máy bay B747-400 (hạn chế tải trọng), B777 và tương đương.

- Hệ thống đường lăn: giai đoạn đến năm 2015 đầu tư hệ thống đường lăn gồm 01 đường lăn song song đường cất hạ cánh và 05 đường lăn nổi.

- Hệ thống sân đỗ máy bay: giai đoạn đến năm 2015 sử dụng sân đỗ hiện có và xây mới 01 sân đỗ đáp ứng 08 vị trí đỗ máy bay các loại. Định hướng đến năm 2025 mở rộng đáp ứng 11 vị trí đỗ.

e) Quy hoạch khu hàng không dân dụng:

- Nhà ga hành khách:

+ Đến năm 2015 xây dựng mới nhà ga đáp ứng công suất 800 hành khách/giờ cao điểm.

+ Định hướng đến năm 2025 mở rộng nhà ga đáp ứng 1.440 hành khách/giờ cao điểm. Nhà ga 2 cao trình. Tính chất sử dụng: quốc tế và nội địa.

- Nhà ga hàng hoá:

+ Đến năm 2015 xây dựng nhà ga công suất 17.000 tấn hàng/năm.

+ Định hướng đến năm 2025 mở rộng đạt công suất 82.000 tấn/năm.

- Nhà điều hành:

+ Đến năm 2015 xây dựng nhà điều hành diện tích sử dụng khoảng 1.500 m².

+ Định hướng đến năm 2025 mở rộng đạt 2.100 m².

- Khu thương mại, dịch vụ cảng hàng không:

+ Đến năm 2015 bố trí trong nhà ga hành khách với diện tích 2.000 m².

+ Định hướng đến năm 2025 xây mới khu thương mại, dịch vụ có diện tích 4.000 m².

- Khu chế biến suất ăn:

+ Đến năm 2015 xây dựng khu chế biến suất ăn diện tích 760 m².

+ Định hướng đến năm 2025 mở rộng đạt diện tích 3.030 m².

- Khu khí tượng:

+ Đến năm 2015 xây dựng với tổng diện tích 225 m², bao gồm 01 trung tâm và hệ thống thiết bị quan trắc khí tượng tự động.

- Nhà xe ngoại trường:

+ Giai đoạn đến năm 2015 xây dựng với diện tích 1.200 m² và sân 5.400 m².

+ Định hướng đến năm 2025 mở rộng đạt diện tích nhà 2.250, sân 5.400 m².

- Trạm cứu nguy, cứu hoả: cấp 9 (theo phân cấp của ICAO).

- Khu cấp nhiên liệu:

+ Định hướng đến năm 2025 xây dựng kho nhiên liệu. Phương thức nhập liệu cho máy bay: dùng phương thức hòng nạp nhiên liệu tại sân đỗ.

- Quy hoạch cấp điện: lấy điện từ lưới quốc gia.

+ Đến năm 2015 hệ thống cấp điện đạt công suất 3.000 KVA, máy phát dự phòng có tổng công suất 1.000 KVA.

+ Định hướng đến năm 2025 nâng cấp mở rộng đạt công suất 5.800 KVA.

- Quy hoạch cấp nước: nguồn nước lấy từ hệ thống cấp nước của thành phố Hải Phòng.

+ Đến năm 2015 xây dựng hệ thống cấp nước đạt 800 m³/ngày đêm.

+ Định hướng đến năm 2025 nâng cấp đạt 1.400 m³/ngày đêm.

- Quy hoạch thoát nước: thoát nước mặt khu bay theo hệ thống mương.

+ Đến năm 2015 xây dựng 01 hồ điều hoà và 01 trạm bơm có công suất 3.600 m³/giờ.

+ Định hướng đến năm 2025 xây dựng thêm 01 trạm bơm công suất 3.600 m³/giờ. Thoát nước mặt các khu khác qua hệ thống mương hở, kanevo.

- Tường rào bảo vệ: được xây dựng trong giai đoạn đến năm 2015, chiều dài 12.000 m.

g) Quy hoạch hệ thống quản lý điều hành bay:

- Các công trình thông tin, dẫn đường: sử dụng đài K1, K2 và hệ thống dẫn đường DVOR/DME hiện hữu.

- Đến năm 2015 đầu tư xây mới hệ thống trang thiết bị hạ cánh ILS và đèn đêm CAT-I; Trung tâm Điều hành chỉ huy bay ATC.

- Đến năm 2025 nâng cấp, xây dựng hệ thống trang thiết bị hạ cánh chính xác ILS đạt cấp CAT-II, hệ thống đèn tiếp cận đầu 07 đường cất hạ cánh theo tiêu chuẩn CAT-II, hệ thống đèn tiếp cận giản đơn đầu 25,

h) Quy hoạch giao thông:

- Đường trục ra vào Cảng hàng không: đến năm 2025 sử dụng đường trục đã có hiện nay (do thành phố đầu tư xây dựng).

- Hệ thống đường nội bộ, đường công vụ: được xây dựng ngay trong giai đoạn đến năm 2015.

- Sân đỗ ô tô:

- + Giai đoạn đến năm 2015 xây dựng đạt diện tích 12.440 m² trước nhà ga hành khách và 5.000 m² trước nhà ga hàng hoá.

- + Giai đoạn định hướng đến năm 2025 mở rộng sân trước nhà ga hành khách đạt 22.440 m² và sân trước nhà ga hàng hoá đạt 19.000 m².

i) Quy hoạch sử dụng đất đai:

Tổng diện tích toàn Cảng hàng không: 491,13 ha

Trong đó:

- Diện tích quy hoạch dùng chung 211,00 ha

- Diện tích đất do Hàng không quản lý: 78,00 ha

- Diện tích đất quy hoạch cho quân sự: 202,13 ha.

4. Các chỉ tiêu đạt được của quy hoạch:

a) Đến năm 2015:

- Cấp sân bay: 4E (theo phân cấp của ICAO), sân bay quân sự cấp I.

- Số máy bay tiếp nhận tại giờ cao điểm: 08 máy bay.

- Loại máy bay tiếp nhận: A321, B767, B747-400 (hạn chế tải trọng) và tương đương.

- Lượng hành khách tiếp nhận: 2.000.000 lượt hành khách/năm.
- Lượng hàng hoá tiếp nhận: 17.000 tấn/năm.
- Lượng hành khách giờ cao điểm: 800 hành khách/giờ cao điểm.
- Tiếp cận hạ cánh: thiết bị hạ cánh chính xác theo tiêu chuẩn CAT-I.
- Cấp cứu nguy, cứu hoả: cấp 9.

b) Định hướng đến năm 2025:

- Cấp sân bay: 4E (theo phân cấp của ICAO), sân bay quân sự cấp I.
- Số máy bay tiếp nhận tại giờ cao điểm: 11 máy bay.
- Loại máy bay tiếp nhận: A321, B767, B747-400 và tương đương.
- Lượng hành khách tiếp nhận: 4.000.000 lượt hành khách/năm.
- Lượng hàng hoá tiếp nhận: 82.000 tấn/năm.
- Lượng hành khách giờ cao điểm: 1.440 hành khách/giờ cao điểm.
- Tiếp cận hạ cánh: thiết bị hạ cánh chính xác theo tiêu chuẩn CAT-II.
- Cấp cứu nguy, cứu hoả: cấp 9.

3.3. Điều kiện tự nhiên của công trình

3.3.1 Điều kiện địa chất công trình:

a. Kết quả khoan khảo sát, thí nghiệm và phân lớp như sau:

Theo kết quả khảo sát địa chất công trình hiện trường và kết quả thí nghiệm các mẫu đất, đá trong phòng. Tại khu vực khảo sát, theo thứ tự từ trên xuống dưới khu vực nghiên cứu, địa tầng địa chất được phân thành các lớp như sau:

- Lớp 1: Lớp phủ bề mặt: Hỗn hợp sét pha màu xám vàng, nâu vàng, xám đen lẫn gạch đá vụn, thân rễ thực vật, đôi chỗ là bùn đáy ao lẫn mùn hữu cơ.

Lớp 1 phân bố trên toàn bộ mặt bằng khu vực dự kiến xây dựng, nằm ngay trên bề mặt tự nhiên. Lớp 1 có chiều dày trong khoảng 0.4m (HKTK3)

đến 2.7m (HKTK9). Trung bình lớp dày khoảng 1.4m. Lớp này có nguồn gốc nhân sinh, thành phần không đồng nhất. Chiều sâu gập mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp được tổng hợp trong bảng 1:

Bảng 1: Chiều sâu gập mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp 1

STT	Tên hố khoan	Chiều sâu gập mặt lớp (m)	Chiều sâu gập đáy lớp (m)	Bề dày lớp
1	HKTK1	0.0	1.6	1.6
2	HKTK2	0.0	1.7	1.7
3	HKTK3	0.0	0.4	0.4
4	HKTK4	0.0	0.5	0.5
5	HKTK5	0.0	1.5	1.5
6	HKTK6	0.0	0.6	0.6
7	HKTK7	0.0	2.5	2.5
8	HKTK8	0.0	1.2	1.2
9	HKTK9	0.0	2.7	2.7
10	HKTK10	0.0	1.7	1.7
11	HKTK11	0.0	1.7	1.7
12	HKTK12	0.0	2.0	2.0
13	HKTK13	0.0	1.8	1.8
14	HKTK14	0.0	2.2	2.2
15	HKTK15	0.0	1.5	1.5
16	HKTK16	0.0	0.7	0.7
17	HKTK17	0.0	0.7	0.7
18	HKTK18	0.0	0.8	0.8
19	HKTK19	0.0	1.3	1.3
20	HKTK20	0.0	1.5	1.5
21	HKTK21	0.0	1.5	1.5

- Lớp 2: Sét, sét pha màu xám đen, ghi đen, nâu đen, đôi chỗ lẫn mùn thực vật, vỏ sò, vỏ hến vỡ vụn và xen kẹp những lớp mỏng cát hạt mịn, trạng thái chảy đến dẻo chảy, đôi chỗ dẻo mềm.

Lớp 2 nằm dưới lớp 1 phân bố toàn bộ khu vực khảo sát. Bề dày của lớp biến đổi từ 9.6m (HKTK11) đến 30.8m (HKTK16, HKTK17), trung bình lớp này dày 19.3m. Thành phần của lớp là sét, sét pha màu xám đen, ghi đen, nâu đen, đôi chỗ lẫn mùn thực vật, vỏ sò, vỏ hến vỡ vụn và xen kẹp những lớp mỏng cát hạt mịn, trạng thái chảy đến dẻo chảy, đôi chỗ dẻo mềm. Trong lớp đã tiến hành 161 lần thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT cho giá trị $N_{30} = 3$ búa/30cm và lấy 163 mẫu, thí nghiệm 160 mẫu. Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp được tổng hợp trong bảng 2, các chỉ tiêu cơ lý của lớp được tổng hợp trong bảng 3:

Bảng 2: Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp 2

STT	Tên hố khoan	Chiều sâu gặp mặt lớp (m)	Chiều sâu gặp đáy lớp (m)	Bề dày lớp (m)	Ghi chú
1	HKTK1	1.6	20.4	18.8	
2	HKTK2	1.7	19.8	18.1	
3	HKTK3	0.4	19.3	18.9	
4	HKTK4	0.5	18.9	18.4	
5	HKTK5	1.5	19.2	17.7	
6	HKTK6	0.6	18.2	17.6	
7	HKTK7	2.5	19.3	16.8	
8	HKTK8	1.2	19.1	17.9	
9	HKTK9	2.7	15.2	12.5	
10	HKTK10	1.7	12.7	11.0	
11	HKTK11	1.7	11.3	9.6	
12	HKTK12	2.0	19.1	17.1	
13	HKTK13	1.8	17.3	15.5	
14	HKTK14	2.2	29.6	27.4	
15	HKTK15	1.5	31.2	29.7	Kết thúc tại 31.2m, chưa gặp

STT	Tên hố khoan	Chiều sâu gấp mặt lớp (m)	Chiều sâu gấp đáy lớp (m)	Bề dày lớp (m)	Ghi chú
					đáy lớp
16	HKTK16	0.7	31.5	30.8	
17	HKTK17	0.7	31.5	30.8	
18	HKTK18	0.8	30.4	29.6	
19	HKTK19	1.3	19.5	18.2	
20	HKTK20	1.5	19.2	17.7	
21	HKTK21	1.5	22.5	21.0	

Bảng 3: Các chỉ tiêu cơ lý của lớp 2

STT	Các chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị		
				Max	Min	TB
1	Độ ẩm tự nhiên	W ₀	%	68.8	24.5	45.8
2	Giới hạn chảy	W _L	%	66.3	26.1	49.0
3	Giới hạn dẻo	W _p	%	34.2	19.6	27.8
4	Chỉ số dẻo	I _p	%	34.3	6.4	21.2
5	Độ sệt	B	-	1.75	0.51	0.85
6	Khối lượng thể tích tự nhiên	γ ₀	g/cm ³	1.97	1.52	1.73
7	Khối lượng thể tích khô	γ _c	g/cm ³	1.58	0.90	1.19
8	Khối lượng riêng hạt	ρ	g/cm ³	2.72	2.67	2.70
9	Độ lỗ rỗng	n	%	66.5	41.0	56.0
10	Hệ số lỗ rỗng	e ₀	-	1.989	0.694	1.271
11	Độ bão hoà	G	%	100.0	84.1	97.3
12	Góc ma sát trong	φ	Độ	16 37'	3 55'	6 58'
13	Lực dính kết	c	kG/cm ²	0.156	0.069	0.097
14	Hệ số nén lún	a ₁₋₂	cm ² /kG	0.154	0.047	0.086
15	Hệ số cố kết	C _v	cm ² /s x 10 ⁻³	4.11	0.36	1.04
16	Hệ số thấm cố kết	K _v	cm/s x 10 ⁻⁷	0.91	0.06	0.33
17	Chỉ số nén	C _c	-	0.589	0.066	0.344
18	Chỉ số nén	C _r	-	1.222	0.014	0.087

STT	Các chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị		
				Max	Min	TB
19	<u>Áp lực tiền cố kết</u>	P _C	kG/cm ²	1.70	0.10	0.86
20	Lực dính kết (sơ đồ UU)	C	kG/cm ²	0.248	0.139	0.172
21	Góc nội ma sát (sơ đồ UU)	φ	Độ	0°0'	0°0'	0°0'
22	Lực dính kết (sơ đồ CU)	C	kG/cm ²	0.146	0.101	0.109
23	Góc ma sát trong (sơ đồ CU)	φ	Độ	17 20'	14 12'	15 53'
24	Lực dính h.quả (sơ đồ CU)	C'	kG/cm ²	0.121	0.088	0.095
25	Góc MS trong h.quả (sơ đồ CU)	φ'	Độ	26 42'	21 48'	24 15'
26	Hàm lượng hữu cơ	-	%	3.5	1.1	1.92
27	Áp lực tính toán quy ước	R ₀	kG/cm ²	0.59		
28	Mô đun tổng biến dạng	E ₀	kG/cm ²	26.0		

- Lớp 3: Sét pha màu xám nâu, xám vàng, nâu đen, đôi chỗ vân xám ghi, ghi xanh, đôi chỗ xen kẹp lớp mỏng cát hạt mịn, trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng.

Lớp 3 nằm dưới lớp 2, phân bố không đều trong khu vực khảo sát, chỉ gặp ở hố khoan HKTK20, HKTK21. Bề dày của lớp khoảng 5.6m tại hố khoan HKTK20, chưa xác định được tại hố khoan HKTK21 vì kết thúc ở độ sâu 30,0m chưa xuyên qua lớp này. Thành phần của lớp là Sét pha màu xám nâu, xám vàng, nâu đen, đôi chỗ vân xám ghi, ghi xanh, đôi chỗ xen kẹp lớp mỏng cát hạt mịn, trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng. Trong lớp đã tiến hành 6 lần thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT cho giá trị N₃₀ =12 búa/30cm và lấy 6 để thí nghiệm. Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp được tổng hợp trong bảng 4, các chỉ tiêu cơ lý của lớp được tổng hợp trong bảng 5:

Bảng 4: Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp 3

STT	Tên hố khoan	Chiều sâu gặp mặt lớp	Chiều sâu gặp đáy lớp	Bề dày lớp (m)	Ghi chú
-----	--------------	-----------------------	-----------------------	----------------	---------

		(m)	(m)		
1	HKTK20	19.2	24.8	5.6	
2	HKTK21	22.5	30.0	7.5	Kết thúc tại 30.0m, chưa gặp đáy lớp

Bảng 5: Các chỉ tiêu cơ lý của lớp 3

STT	Các chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị		
				Max	Min	TB
1	Độ ẩm tự nhiên	W_0	%	32.5	27.6	29.1
2	Giới hạn chảy	W_L	%	42.1	39.7	40.8
3	Giới hạn dẻo	W_P	%	25.3	22.6	23.6
4	Chỉ số dẻo	I_P	%	18.2	16.7	17.2
5	Độ sệt	B	-	0.58	0.23	0.32
6	Khối lượng thể tích tự nhiên	γ_0	g/cm ³	1.95	1.89	1.92
7	Khối lượng thể tích khô	γ_C	g/cm ³	1.52	1.43	1.49
8	Khối lượng riêng hạt	ρ	g/cm ³	2.72	2.70	2.72
9	Độ lỗ rỗng	n	%	47.2	44.2	45.1
10	Hệ số lỗ rỗng	e_0	-	0.893	0.792	0.823
11	Độ bão hoà	G	%	98.3	93.3	95.9
12	Góc ma sát trong	ϕ	Độ	18 01'	14 09'	16 48'
13	Lực dính kết	C	kG/cm ²	0.231	0.182	0.217
14	Hệ số nén lún	a_{1-2}	cm ² /kG	0.029	0.029	0.029
15	Hệ số cố kết	C_v	cm ² /s x 10 ⁻³	0.39	0.10	0.27
16	Hệ số thấm cố kết	K_v	cm/s x 10 ⁻⁷	0.27	0.02	0.09
17	Chỉ số nén	C_C	-	0.489	0.141	0.215
18	Chỉ số nén	C_r	-	0.076	0.035	0.044
19	Áp lực tiền cố kết	P_C	kG/cm ²	1.65	0.93	1.36
20	Áp lực tính toán quy ước	R_0	kG/cm ²	1.47		
21	Mô đun tổng biến dạng	E_0	kG/cm ²	127.0		

- Lớp 4a: Sét màu xám nâu, nâu vàng, nâu đỏ, xám ghi, xám xanh, loang lổ, đôi chỗ lẫn dăm sạn, trạng thái nửa cứng.

Lớp 4a phân bố không đều trong khu vực khảo sát, chỉ gặp ở các hố khoan HKTK1, HKTK3, HKTK4, HKTK5, HKTK8, HKTK14, HKTK16, HKTK17, HKTK18, HKTK20, nằm ngay dưới lớp 2. Bề dày của lớp dao động trong khoảng 2.2m (HKTK8) đến 7.8m (HKTK3), trung bình lớp dày khoảng 4.5m (tại các vị trí xác định được bề dày). Thành phần của lớp chủ yếu là Sét màu xám nâu, nâu vàng, nâu đỏ, xám ghi, xám xanh, loang lổ, đôi chỗ lẫn dăm sạn, trạng thái nửa cứng. Trong lớp đã tiến hành 16 lần thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT cho giá trị $N_{30} = 17$ búa/30cm và lấy 16 mẫu, thí nghiệm 15 mẫu. Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp được tổng hợp trong bảng 6, các chỉ tiêu cơ lý của lớp được tổng hợp trong bảng 7:

Bảng 6: Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp 4a

STT	Tên hố khoan	Chiều sâu gặp mặt lớp (m)	Chiều sâu gặp đáy lớp (m)	Bề dày lớp (m)	Ghi chú
1	HKTK1	20.4	24.4	4.0	
2	HKTK3	19.3	27.1	7.8	
3	HKTK4	18.9	24.5	5.6	
4	HKTK5	19.2	22.3	3.1	
5	HKTK8	19.1	21.3	2.2	
6	HKTK14	29.6	32.0	2.4	Kết thúc tại 32.0m, chưa gặp đáy lớp
7	HKTK16	31.5	33.7	2.2	Kết thúc tại 33.7m, chưa gặp đáy lớp
8	HKTK17	31.5	34.0	2.5	Kết thúc tại 34.0m, chưa gặp đáy lớp
9	HKTK18	30.4	34.0	3.6	Kết thúc tại 34.0m, chưa gặp đáy lớp
10	HKTK20	19.2	30.7	5.9	Kết thúc tại 30.7m, chưa gặp đáy lớp

Bảng 7: Các chỉ tiêu cơ lý của lớp 4a

STT	Các chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị		
				Max	Min	TB
1	Độ ẩm tự nhiên	W_0	%	32.8	20.5	26.8
2	Giới hạn chảy	W_L	%	43.9	27.9	40.1
3	Giới hạn dẻo	W_P	%	25.2	20.1	23.2
4	Chỉ số dẻo	I_P	%	19.2	7.8	16.9
5	Độ sệt	B	-	0.41	0.04	0.22
6	Khối lượng thể tích tự nhiên	γ_0	g/cm^3	2.04	1.89	1.96
7	Khối lượng thể tích khô	γ_C	g/cm^3	1.69	1.42	1.54 <u>1</u>
8	Khối lượng riêng hạt	ρ	g/cm^3	2.73	2.69	2.72
9	Độ lỗ rỗng	n	%	47.7	37.1	43.2
10	Hệ số lỗ rỗng	e_0	-	0.911	0.589	0.761
11	Độ bão hoà	G	%	98.4	91.4	95.6
12	Góc ma sát trong	φ	Độ	18 38'	13 55'	17 24'
13	Lực dính kết	C	kG/cm^2	0.271	0.189	0.271
14	Hệ số nén lún	a_{1-2}	cm^2/kG	0.028	0.025	0.027
15	Hệ số cố kết	C_v	$\frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \times 10^{-3}$	0.67	0.14	0.45
16	Hệ số thấm cố kết	K_v	$\frac{\text{cm}}{\text{s}} \times 10^{-7}$	0.14	0.02	0.07
17	Chỉ số nén	C_c	-	0.206	0.088	0.14
18	Chỉ số nén	C_r	-	0.040	0.015	0.03
19	<u>Áp lực tiền cố kết</u>	P_c	kG/cm^2	1.43	1.08	1.27
20	Áp lực tính toán quy ước	R_0	kG/cm^2	1.80		
21	Mô đun tổng biến dạng	E_0	kG/cm^2	157.0		

- Lớp 4: Sét màu xám vàng, xám nâu, đôi chỗ xám ghi, ghi xanh, trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng.

Lớp 4 nằm dưới lớp 2, lớp 3 và lớp 4a, phân bố không đều trong khu vực khảo sát, gặp ở các hố khoan HKTK2, HKTK5, HKTK6, HKTK7, HKTK8, HKTK9, HKTK10, HKTK11, HKTK12, HKTK13, HKTK19. Bề dày của lớp dao động trong khoảng 8.2m (HKTK2, HKTK12) đến 12.6m (HKTK9), trung bình lớp dày khoảng 9.5m (tại những vị trí xác định được bề dày). Thành phần

của lớp là sét màu xám vàng, xám nâu, đôi chỗ xám ghi, ghi xanh, trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng. Trong lớp đã tiến hành 54 lần thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT cho giá trị $N_{30} = 10$ búa/30cm và lấy 53 mẫu, thí nghiệm 51 mẫu. Chiều sâu gập mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp được tổng hợp trong bảng 8, các chỉ tiêu cơ lý của lớp được tổng hợp trong bảng 9:

Bảng 8: Chiều sâu gập mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp 4

STT	Tên hố khoan	Chiều sâu gập mặt lớp (m)	Chiều sâu gập đáy lớp (m)	Bề dày lớp (m)	Ghi chú
1	HKTK2	19.8	28.0	8.2	
2	HKTK5	22.3	31.2	8.9	
3	HKTK6	18.2	30.0	11.8	Kết thúc tại 30.0m, chưa gập đáy lớp
4	HKTK7	19.3	30.4	11.4	Kết thúc tại 30.4m, chưa gập đáy lớp
5	HKTK8	21.3	30.0	8.7	Kết thúc tại 30.0m, chưa gập đáy lớp
6	HKTK9	15.2	27.8	12.6	
7	HKTK10	12.7	32.0	19.3	Kết thúc tại 32.0m, chưa gập đáy lớp
8	HKTK11	11.3	21.0	9.7	
9	HKTK12	19.1	27.3	8.2	
10	HKTK13	17.3	30.5	13.2	Kết thúc tại 30.5m, chưa gập đáy lớp
11	HKTK19	19.5	30.2	10.7	Kết thúc tại 30.2m, chưa gập đáy lớp

Bảng 9: Các chỉ tiêu cơ lý của lớp 4

STT	Các chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị		
				Max	Min	TB
1	Độ ẩm tự nhiên	W_0	%	50.0	26.8	34.2
2	Giới hạn chảy	W_L	%	57.2	38.2	43.3
3	Giới hạn dẻo	W_p	%	30.5	21.5	24.8
4	Chỉ số dẻo	I_p	%	26.7	15.1	18.5
5	Độ sệt	B	-	0.74	0.16	0.51
6	Khối lượng thể tích tự nhiên	γ_0	g/cm^3	1.96	1.70	1.86
7	Khối lượng thể tích khô	γ_c	g/cm^3	1.54	1.14	1.39
8	Khối lượng riêng hạt	ρ	g/cm^3	2.72	2.69	2.71

STT	Các chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị		
				Max	Min	TB
9	Độ lỗ rỗng	n	%	57.9	43.3	48.7
10	Hệ số lỗ rỗng	e ₀	-	1.377	0.762	0.951
11	Độ bão hoà	G	%	99.5	93.5	97.5
12	Góc ma sát trong	φ	Độ	18 21'	71 32'	13 54'
13	Lực dính kết	C	kG/cm ²	0.290	0.098	0.129
14	Hệ số nén lún	a ₁₋₂	cm ² /kG	0.049	0.029	0.035
15	Hệ số cố kết	C _v	cm ² /s X 10 ⁻³	1.40	0.23	0.67
16	Hệ số thấm cố kết	K _v	cm/s X 10 ⁻⁷	0.42	0.05	0.19
17	Chỉ số nén	C _c	-	1.990	0.133	0.302
18	Chỉ số nén	C _r	-	0.091	0.025	0.051
19	Áp lực tiền cố kết	P _c	kG/cm ²	1.70	0.79	1.13
20	Hàm lượng hữu cơ	-	%	1.10	0.10	0.57
21	Áp lực tính toán quy ước	R ₀	kG/cm ²	1.04		
22	Mô đun tổng biến dạng	E ₀	kG/cm ²	108		

Lớp 5: Cát hạt nhỏ màu xám ghi, ghi xanh, xám nâu, đôi chỗ xen lẫn lớp mỏng cát pha, sét pha, trạng thái chặt vừa đến chặt.

Lớp 5 nằm dưới lớp 4a và lớp 4, phân bố không đều trong khu vực khảo sát, chỉ gặp tại các hố khoan HKTK1 HKTK2, HKTK3, HKTK4, HKTK5, HKTK11, HKTK12. Bề dày của lớp chưa xác định, vì tại độ sâu kết thúc các hố khoan này í chưa gặp đáy lớp. Thành phần của lớp chủ yếu là Cát hạt nhỏ màu xám ghi, ghi xanh, xám nâu, đôi chỗ xen lẫn lớp mỏng cát pha, sét pha, trạng thái chặt vừa đến chặt, trạng thái chặt vừa đến chặt. Trong lớp đã tiến hành 18 lần thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT cho giá trị N₃₀ = 25 búa/30cm và lấy 17 mẫu, thí nghiệm 14 mẫu. Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp được tổng hợp trong bảng 10, các chỉ tiêu cơ lý của lớp được tổng hợp trong bảng 11:

Bảng 10: Chiều sâu gập mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp 5

STT	Tên hố khoan	Chiều sâu gập mặt lớp (m)	Chiều sâu gập đáy lớp (m)	Bề dày lớp (m)	Ghi chú
1	HKTK1	29.4	32.4	8.0	Kết thúc tại 32.4m, chưa gập đáy lớp
2	HKTK2	28.0	31.7	3.7	Kết thúc tại 31.7m, chưa gập đáy lớp
3	HKTK3	27.1	30.0	2.9	Kết thúc tại 30.0m, chưa gập đáy lớp
4	HKTK4	24.5	30.0	5.5	Kết thúc tại 30.0m, chưa gập đáy lớp
5	HKTK5	31.2	32.4	1.2	Kết thúc tại 32.4m, chưa gập đáy lớp
6	HKTK11	21.0	31.0	10.0	Kết thúc tại 31.0m, chưa gập đáy lớp
7	HKTK12	27.3	31.0	3.7	Kết thúc tại 31.0m, chưa gập đáy lớp

Bảng 11: Các chỉ tiêu cơ lý của lớp 5

STT	Các chỉ tiêu		Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị TB		
					Max	Min	TB
1	Khối lượng riêng hạt		ρ	g/cm^3	2.69	2.66	2.67
2	Đối với các mẫu cát	Góc nghỉ ướt	$\alpha_{\text{ướt}}$	độ	25	22	23
3		Góc nghỉ khô	$\alpha_{\text{khô}}$	độ	35	33	34
4		Khối lượng thể tích xốp	ρ_{min}	g/cm^3	1.26	1.21	1.24
5		Khối lượng thể tích chặt	ρ_{max}	g/cm^3	1.61	1.55	1.58
6		Hệ số rỗng lớn nhất	ρ_{max}	-	1.198	1.111	1.145
7		Hệ số rỗng nhỏ nhất	ρ_{min}	-	0.716	0.652	0.684
8	Đối với các mẫu cát pha	Độ ẩm tự nhiên	W_0	%	28.5	19.1	24.8
9		Giới hạn chảy	W_L	%	29.5	23.2	27.4
10		Giới hạn dẻo	W_P	%	22.7	17.1	20.8
11		Chỉ số dẻo	I_P	%	6.90	6.10	6.7
12		Độ sệt	B	-	0.85	0.33	0.61
13		K/lượng thể tích tự nhiên	γ_0	g/cm^3	1.98	1.91	1.94
14		Khối lượng thể tích khô	γ_C	g/cm^3	1.66	1.50	1.55
15		Độ lỗ rỗng	n	%	44.3	38.0	41.7
16		Hệ số lỗ rỗng	e_0	-	0.796	0.612	0.716
17		Độ bão hoà	G	%	96.9	83.6	92.4
18		Góc ma sát trong	φ	Độ	20 21'	15 39'	17 10'

STT	Các chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị TB		
				Max	Min	TB
19	Lực dính kết	C	kG/cm ²	0.141	0.105	0.129
20	Hệ số cố kết	C _V	cm ² /s x 10 ⁻³	2.68	0.38	1.24
21	Hệ số thấm cố kết	K _V	cm/s x 10 ⁻⁷	0.36	0.07	0.22
22	Chỉ số nén	C _C	-	0.172	0.099	0.147
23	Chỉ số nén	C _r	-	0.053	0.025	0.040
24	Áp lực tiền cố kết	P _C	kG/cm ²	1.37	0.85	1.15
25	Hàm lượng hữu cơ	-	%	0.4	0.4	0.4
26	<u>Áp lực tính toán quy ước</u>	R ₀	kG/cm ²	1.53		
27	Mô đun tổng biến dạng	E ₀	kG/cm ²	162		

- **Thấu kính TK2: Sét pha màu xám xanh, ghi xanh, xám nâu, nâu vàng, đôi chỗ lẫn dăm sạn, trạng thái cứng đến rất cứng.**

Thấu kính TK2 chỉ xuất hiện tại hố khoan HKTK9, nằm ngay dưới lớp 4. Bề dày của thấu kính chưa xác định vì tại độ sâu kết thúc các hố khoan này chưa gặp đáy thấu kính. Thành phần của thấu kính chủ yếu là sét pha màu xám xanh, ghi xanh, xám nâu, nâu vàng, đôi chỗ lẫn dăm sạn, trạng thái cứng đến rất cứng. Trong lớp đã tiến hành 2 lần thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT cho giá trị N₃₀ = 35 búa/30cm và lấy 2 mẫu để thí nghiệm. Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và bề dày lớp được tổng hợp trong bảng 12, các chỉ tiêu cơ lý của lớp được tổng hợp trong bảng 13:

Bảng 12: Chiều sâu gặp mặt, đáy và bề dày thấu kính TK2

STT	Tên hố khoan	Chiều sâu gặp mặt thấu kính (m)	Chiều sâu gặp đáy thấu kính (m)	Bề dày thấu kính (m)	Ghi chú
1	HKTK9	27.8	31.0	3.2	Kết thúc tại 31.0m, chưa gặp đáy thấu kính

Bảng 13: Các chỉ tiêu cơ lý của thấu kính TK2

STT	Các chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Giá Trị		
				Max	Min	TB
1	Độ ẩm tự nhiên	W_0	%	28.6	26.2	27.4
2	Giới hạn chảy	W_L	%	44.2	42.7	43.5
3	Giới hạn dẻo	W_P	%	26.5	26.3	26.4
4	Chỉ số dẻo	I_P	%	17.7	16.4	17.1
5	Độ sệt	B	-	0.12	-0.01	0.06
6	Khối lượng thể tích tự nhiên	γ_0	g/cm ³	1.96	1.94	1.95
7	Khối lượng thể tích khô	γ_C	g/cm ³	1.55	1.51	1.53
8	Khối lượng riêng hạt	ρ	g/cm ³	2.72	2.72	2.72
9	Độ lỗ rỗng	n	%	44.5	42.9	43.7
10	Hệ số lỗ rỗng	e_0	-	0.803	0.751	0.777
11	Độ bão hoà	G	%	96.9	94.8	95.9
12	Góc ma sát trong	φ	Độ	18 09'	17 33'	17 51'
13	Lực dính kết	C	kG/cm ²	0.251	0.246	0.249
14	Hệ số nén lún	a_{1-2}	cm ² /kG	0.026	0.026	0.026
15	Hệ số cố kết	C_V	cm ² /s x 10 ⁻³	0.55	0.55	0.55
16	Hệ số thấm cố kết	K_V	cm/s x 10 ⁻⁷	0.14	0.14	0.14
17	Chỉ số nén	C_C	-	0.153	0.153	0.153
18	Chỉ số nén	C_r	-	0.048	0.048	0.048
19	<u>Áp lực tiền cố kết</u>	P_C	kG/cm ²	1.24	1.24	1.24
20	Áp lực tính toán quy ước	R_o	kG/cm ²	1.69		
21	Mô đun tổng biến dạng	E_o	kG/cm ²	172		

b. Kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT.

Bảng 14: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT

Số hiệu lớp	Số lần	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình	
Lớp 2	161	1	8	3	
Lớp 3	6	9	16	12	
Lớp 4a	16	12	33	17	
Lớp 4	54	5	18	10	
Lớp 5	18	5	41	25	
Lớp TK2	2	32	38	35	

c. Kết quả thí nghiệm cắt cánh hiện trường.

Trong các hố khoan, tiến hành thí nghiệm cắt cánh tại lớp đất yếu số 2 bằng thiết bị cắt cánh PILCON. Kết quả được tổng hợp trong bảng 9:

Bảng 15: Tổng hợp kết quả thí nghiệm cắt cánh

STT	Tên Hố khoan	Giá trị trung bình		
		Sức kháng cắt (kG/cm^2)		Độ nhay
		τ_1	τ_2	S_r
1	HKTK1	0.224	0.140	1.69
2	HKTK2	0.204	0.107	1.91
3	HKTK3	0.167	0.082	2.04

STT	Tên Hố khoan	Giá trị trung bình		
		Sức kháng cắt (kG/cm ²)		Độ nhay
		τ_1	τ_2	S_r
4	HKTK4	0.167	0.088	1.88
5	HKTK5	0.146	0.085	1.72
6	HKTK6	0.163	0.095	1.71
7	HKTK7	0.204	0.116	1.77
8	HKTK8	0.160	0.092	1.75
9	HKTK9	0.207	0.105	1.96
10	HKTK10	0.158	0.092	1.72
11	HKTK11	0.245	0.128	1.92
12	HKTK12	0.250	0.138	1.81
13	HKTK13	0.166	0.077	2.21
14	HKTK14	0.210	0.112	1.88
15	HKTK15	0.190	0.094	2.04
16	HKTK16	0.167	0.090	1.85
17	HKTK17	0.175	0.097	1.80
18	HKTK18	0.190	0.114	1.69
19	HKTK19	0.153	0.074	2.07
20	HKTK20	0.204	0.092	2.22
21	HKTK21	0.199	0.102	1.97

3.3.2 Điều kiện về thủy văn và địa chất thủy văn:

Tại các hố khoan trong thời gian khảo sát quan sát thấy mực nước xuất hiện trong hầu hết các hố khoan (trừ các hố khoan ngập nước), mực nước này dao động từ 0.95m (HKTK11, HKTK12, HKTK13) đến 1.5m (HKTK5), đây là mực nước quan sát trong khoảng thời gian ngắn, có thể thay đổi theo mùa, để có mực nước ngầm chính xác cần quan trắc trong thời gian dài hơn.

Về tính ăn mòn của nước ngầm lấy tại các hố khoan địa chất trong khu

vực khảo sát đã xác định được bằng thí nghiệm và có kết luận sau:

- Nước trong khu vực này là nước mặn đến rất mặn, tên nước là Clorua Natri (theo công thức Kurllov).
- Nước có độ xâm thực yếu đến mạnh đối với bê tông theo chỉ tiêu SO₄, (TCVN3994 - 1985).

Về tính ăn mòn của mẫu nước lấy tại 2 giếng là giếng cạnh nhà vòm khu bãi gỗ và giếng cạnh miếu Cát Bi đã xác định được bằng thí nghiệm và có kết luận sau:

- Nước trong 2 giếng này đều có vị lợ, tên nước là Bicacbonat, Clorua Natri (theo công thức Kurllov).
- Nước không ăn mòn đối với bê tông theo TCVN3994 - 1985.

3.3.3 Các hiện tượng địa chất động lực công trình:

Tại thời điểm khảo sát chưa thấy xuất hiện hiện tượng địa chất động lực công trình với quy mô lớn trong khu vực khảo sát.

Tuy nhiên, cần chú ý tới hiện tượng lún không đều khi tiến hành xây dựng, cải tạo và mở rộng công trình.

3.3.4 Thời tiết, khí hậu:

Cảng HKQT Cát Bi nằm trong vành đai nhiệt đới gió mùa châu Á, sát biển Đông nên chịu ảnh hưởng của gió mùa. Mùa gió Bắc (mùa Đông) lạnh và khô kéo dài từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Mùa gió nồm (mùa Hè) mát mẻ, nhiều mưa và kéo dài từ tháng 5 đến tháng 10;

Mùa Đông gió thổi chủ yếu theo hướng Bắc, mùa hè thổi theo hướng Đông. Tốc độ gió trung bình 3,8m/s, tốc độ gió lớn nhất 75m/s quan sát được trong ngày 9/9/1968. Hệ số sử dụng đường CHC đạt trên 98%;

Lượng mưa tập trung chủ yếu vào mùa mưa, từ tháng 5 đến tháng 10. Lượng mưa trung bình hàng năm 1.757mm. Lượng mưa ngày cực đại 361,8mm quan sát được vào ngày 31/8/1975. Số ngày mưa trung bình hàng năm 153 ngày;

Nhiệt độ trung bình năm là 23°C. Nhiệt độ tối cao tuyệt đối: 38,7°C (8/5/1991), tối thấp tuyệt đối: 4,9°C (15/12/1975). Nhiệt độ trung bình ngày cao nhất của tháng nóng nhất: 32,1°C;

Độ ẩm trung bình: 85,1%. Độ ẩm tối thấp trung bình: 69,9%, tối thấp tuyệt đối: 22%;

Số giờ nắng trung bình hàng năm đạt 1.631h, trung bình 136h/tháng, 4,5h/ngày. Bức xạ mặt đất trung bình 117Kcal/cm².phút;

Lượng mây tổng quan trung bình 7,9. Lượng mây mặt đất trung bình 6,1;

Ngày có thời tiết đặc biệt. Hàng năm Cảng HKQT Cát Bi có trung bình 29,1 ngày bị sương mù; 84,5 ngày có giông bão; 1 cơn bão; 15,6 ngày có mưa phùn và 7,9 ngày bị khô nóng.

3.3.5 Đánh giá chung về điều kiện tự nhiên:

Phạm vi cải tạo, nâng cấp đường CHC, đường lãn, sân đỗ - Cảng HK Cát Bi nằm trong khu vực có:

1. Nền đất của khu vực gồm nhiều lớp đất tương đối đồng nhất, lớp đất số 2 có môđun tổng biến dạng < 50kG/cm², hệ số rỗng cao, bão hòa nước - là lớp đất yếu không đảm bảo điều kiện làm nền móng công trình, cần có giải pháp xử lý đào bỏ hoặc gia cố nền;

2. Mực nước ngầm cao, hàm lượng muối nhiều, có tác nhân ăn mòn vật liệu xây dựng;

3. Địa hình bằng phẳng, cao ráo so với khu vực xung quanh, ít bị ngập lụt;

4. Điều kiện thời tiết thuận lợi. Số ngày có sương mù, bão, mưa phùn và khô nóng tương đối ít. Tuy nhiên cần chú ý mùa mưa vì vào giai đoạn này thường có giông, chủ yếu vào tháng 8, tháng 9;

3.4. Quy mô và các giải pháp thiết kế của dự án

3.4.1 Quy mô xây dựng dự án

A. Đường CHC, sân chò:

1. Đường cát hạ cánh mới:

a. Quy mô xây dựng:

- Đường cát hạ cánh mới dài 3050m, rộng 45m;
- Lề vật liệu hai bên đường cát hạ cánh rộng 7.5m;
- Dải hãm phanh đầu 07, đầu 25 dài 100m, rộng 60m;
- Dải bảo hiểm sườn Bắc, Nam dài 3050m, rộng 50m;
- Dải bảo hiểm đầu 07, đầu 25 dài 300m, rộng 160m;

b. Vị trí xây dựng:

- Vị trí xây dựng đường cát hạ cánh mới cách đường cát hạ cánh hiện hữu 200m về phía Nam;
- Kéo dài về phía sông Lạch Tray (đầu 07) khoảng 600m;
- Kéo dài về phía phường Tràng Cát, quận Hải An (đầu 25) khoảng 50m.

2. Sân chò:

a. Sân chò đầu 07 (sân quay):

- Trong giai đoạn đầu tư đến năm 2015 khi đường lăn song song chưa được đầu tư xây dựng hoàn chỉnh, sân chò đầu 07 được đầu tư xây dựng làm sân quay đảm bảo cho các loại máy bay quay đầu khi cất cánh, hạ cánh trên đường băng;

- Sân quay được thiết kế dạng hình thang:

+ Cạnh nhỏ là 80m, cạnh lớn 130m;

+ Chiều rộng sân quay là 80m;

+ Diện tích sân quay: $12354.58m^2$.

- Vị trí xây dựng: tiếp giáp với đường lăn nối đầu 07.

b. Sân chò đầu 25:

- Trong giai đoạn đầu tư đến năm 2015 khi đường cát hạ cánh hiện hữu chưa được cải tạo, nâng cấp thành đường lăn song song, sân chò đầu 25 được

đầu tư xây dựng làm sân quay cho các loại máy bay có tải trọng >68 tấn, đảm bảo cho các loại máy bay quay đầu khi cất cánh, hạ cánh trên đường băng, đảm bảo một máy bay cấp E chờ cất cánh khi một máy bay cấp c có tải trọng ≤ 68 lần qua đường lăn nối đầu 25 lần vào đường cất hạ cánh hiện hữu và đi vào sân đỗ máy bay;

- Sân chờ được thiết kế dạng hình thang:
 - + Cạnh nhỏ là 80m, cạnh lớn 189m;
 - + Chiều rộng sân quay là 80m;
 - + Diện tích sân quay: $17722.93m^2$.
- Vị trí xây dựng: tiếp giáp với đường lăn nối đầu 25 và nối với đầu 25 đường cất hạ cánh hiện hữu.

B. Đường lăn:

1. Đường lăn song song:

- Cải tạo một phần đường cất hạ cánh hiện hữu thành đường lăn song song;
- Vị trí xây dựng: nằm giữa hai đường lăn tắt từ đường lăn song song vào sân đỗ máy bay, cách đầu 07 đường cất hạ cánh mới khoảng 1500m;
- Chiều dài đường lăn song song 457.4m;
- Chiều rộng đường lăn 23m;
- Lề vật liệu hai bên rộng 10.5m;
- Bán kính tiếp nối giữa đường lăn song song với đường lăn nối vào sân đỗ và đường lăn nối với đường hạ cất cánh 30m;
- Chiều dài đoạn vuốt nối mở rộng: 68.8m;
- Dải bảo hiểm đường lăn hai bên rộng 25m;
- Diện tích xây dựng $20537.25m^2$.

2. Đường lăn nối từ đường cất hạ cánh vào đường lăn song song:

- Xây dựng mới 01 đường lăn nối từ đường cất hạ cánh vào đường lăn song song;

- Vị trí xây dựng: nằm cách đầu 07 đường cất hạ cánh mới khoảng 1500m;

- Chiều dài đường lăn 166m;
- Chiều rộng đường lăn 23m (chưa kể phần mở rộng bụng);
- Lề vật liệu hai bên rộng 10.5m;
- Bán kính tiếp nối giữa đường lăn nối với đường cất hạ cánh 30m;
- Bán kính tiếp nối giữa đường lăn nối với đường lăn song song 30m;
- Chiều dài đoạn vượt nối mở rộng: 68.8m;
- Dải bảo hiểm đường lăn hai bên rộng 25m;
- Diện tích xây dựng 6397.67m².

3. Đường lăn tắt từ đường lăn song song với sân đỗ:

- Xây dựng mới 02 đường lăn tắt từ đường lăn song song vào sân đỗ máy bay;

- Chiều dài đường lăn 77m;
- Chiều rộng đường lăn 40m (bao gồm cả phần mở rộng bụng);
- Lề vật liệu hai bên rộng 10.5m;
- Bán kính tiếp nối giữa đường lăn tắt với sân đỗ máy bay 30m;
- Bán kính tiếp nối giữa đường lăn tắt với đường lăn song song 30m;
- Chiều dài đoạn vượt nối mở rộng: 68.8m;
- Dải bảo hiểm đường lăn hai bên rộng 25m;
- Diện tích xây dựng 5675.34m².

4. Nút đường lăn nối vuông góc theo quy hoạch:

- Xây dựng 02 nút đường lăn nối với đường cất hạ cánh;
- Vị trí xây dựng: nằm cách đầu 07 đường cất hạ cánh khoảng 400m và 2650m;

- Chiều dài đường lăn 90m (tính từ tim đường cất hạ cánh);
- Chiều rộng đường lăn 23m (chưa kể phần mở rộng bụng);
- Lề vật liệu hai bên rộng 10.5m;

- Bán kính tiếp nối giữa đường lẩn với đường cất hạ cánh 30m;
- Bán kính tiếp nối giữa đường lẩn với đường lẩn song song 30m;
- Dải bảo hiểm đường lẩn hai bên rộng 25m;
- Diện tích xây dựng 6213.60m^2 .

5. Nút đường lẩn thoát nhanh theo quy hoạch:

- Xây dựng 02 nút đường lẩn thoát nhanh với đường cất hạ cánh;
- Vị trí xây dựng: nằm cách đầu 07 đường cất hạ cánh 1970m và 2070m;
- Chiều dài đường lẩn 90m (tính từ tim đường cất hạ cánh);
- Chiều rộng đường lẩn 23m (chưa kể phần mở rộng bụng);
- Lề vật liệu hai bên rộng 10.5m;
- Góc giao giữa đường cất hạ cánh và đường lẩn thoát nhanh: 30 độ;
- Bán kính tiếp nối giữa đường lẩn nối với đường cất hạ cánh 550m;
- Dải bảo hiểm đường lẩn hai bên rộng 25m;
- Diện tích xây dựng 10087.46m^2 .

C. Sân đỗ máy bay:

- Mở rộng sân đỗ máy bay đáp ứng 08 vị trí đỗ máy bay A321/giờ cao điểm và nối với sân đỗ máy bay hiện hữu (tương đương 8 vị trí đỗ máy bay các loại: 04 vị trí máy bay cấp E, 01 vị trí đỗ máy bay cấp D, 03 vị trí đỗ máy bay cấp C);

- Vị trí xây dựng: tiếp giáp phía Tây sân đỗ hiện hữu;
- Chiều dài sân đỗ (dọc theo đường cất hạ cánh): 345.65m;
- Chiều rộng sân đỗ (vuông góc với đường cất hạ cánh): 163m;
- Đường lẩn trên sân đỗ dài 240m, rộng 23m;
- Lề vật liệu sân đỗ rộng 10.5m;
- Lề vật liệu sân đỗ tiếp giáp với nhà ga xây dựng mới: 14.5m;
- Bán kính tiếp nối giữa sân đỗ máy bay với đường lẩn nối 30m;
- Chiều dài đoạn vuốt nối mở rộng 68.8m;
- Dải bảo hiểm sân đỗ rộng 25m;

- Diện tích xây dựng: 64550.58m².

3.4.2 Các giải pháp thiết kế của dự án

1. Cơ sở và quan điểm thiết kế:

- Địa thế khu vực sân đỗ mở rộng được thiết kế căn cứ vào:
 - + Hồ sơ Báo cáo khảo sát
 - + Sân bay dân dụng - Yêu cầu chung về thiết kế và khai thác TCVN 8753:2011;
 - + Tiêu chuẩn thiết kế SNIP 32.03.96 và SNIP 2.05.08.85;
 - + Khuyến cáo của ICAO trong ANNEX 14 - 2009.
 - + Đảm bảo khớp nối với sân đỗ máy bay hiện hữu và sân đỗ máy bay xây dựng mới trong dự án Mở rộng sân đỗ máy bay và dự án Xây dựng nhà ga hành khách - Cảng hàng không quốc tế Cát Bi do Tổng Công ty Cảng hàng không Việt Nam làm Chủ đầu tư;
 - + Đảm bảo khối lượng đào đắp đất hợp lý và kinh tế nhất;
 - + Đảm bảo cảnh quan - môi trường, tiếp êm với địa hình xung quanh, phù hợp với địa hình khu vực;
 - + Đảm bảo việc ổn định nền đất đắp, bảo vệ các dòng chảy và chống xói lở,...
- Lựa chọn cao trình đường CHC, đường lăn, sân đỗ máy bay:
 - + Cao trình đường cất hạ cánh hiện hữu hiện hữu:
 - Theo kết quả khảo sát cao trình trung bình của đường CHC hiện hữu là 2.2m;
 - Trải qua hơn 60 năm khai thác, được đảm bảo thoát nước tốt khu bay chưa từng bị ngập.
 - + Cao độ đường trục vào Cảng hàng không 2.3m;
 - + Cao độ sân đỗ hiện hữu 2.37m;
 - + Mức nước cao nhất quan trắc tại trạm Kiến An ở sông Lạch Tray trong

vòng 60 năm qua là 2.45m (năm 2005);

+ Mức nước cao trung bình hàng năm quan trắc tại trạm Kiến An ở sông Lạch Tray trong vòng 60 năm qua là 1.85m;

+ Mức nước thấp nhất trung bình hàng năm quan trắc tại trạm Kiến An ở sông Lạch Tray trong vòng 60 năm qua là -1.51 m;

+ Cốt cao độ san nền theo thiết kế quy hoạch san nền khu vực quận Hải An là 4.5 - 5.0m (theo cốt cao độ Hải đồ), tương đương với cao độ 2.3 - 2.8m (theo cao độ Quốc gia), khoảng chênh lệch giữa hai cao độ này được Công ty ADCC đo tham chiếu với hệ cao độ Dự án Xây dựng đường bao Đông Nam là 2.21m;

+ Cao độ tuyến đường giao thông và khu vực dân cư phường Tràng Cát trung bình 2.35m.

Kiến nghị chọn: Cao trình sân bay thiết kế hai đầu đường hạ cát cánh mới là 2.5m, cao độ thiết kế các dải bảo hiểm, sân đỗ máy bay,... đảm bảo tiếp giáp với các công trình hiện hữu.

2. Tiêu chuẩn thiết kế địa thế:

STT	Khu vực thiết kế	Tiêu chuẩn		
		SNIP 2.05.08.85	ICAO	Việt Nam
1	Đường CHC			
	- Độ dốc dọc lớn nhất:	0.0125	0.0125	0.0125
	- Độ dốc ngang:			
	+ Dốc ngang lớn nhất	0.015	0.015	0.015
	+ Dốc ngang nhỏ nhất	0.008	0.008	0.008
	- Bán kính cong đứng nhỏ nhất (m)	30 000	30 000	30 000
	- Độ gầy góc lớn nhất	0.00133	0.00133	0.00133
2	Lề vật liệu:			
	- Độ dốc ngang:			

	+ Dốc ngang lớn nhất	0.025	0.025	0.025
	+ Dốc ngang nhỏ nhất	0.015	0.015	0.015
3	Các dải hãm phanh đầu:			
	- Độ dốc dọc lớn nhất:	0.0125	0.008	0.008
	- Độ dốc ngang:			
	+ Dốc ngang lớn nhất	0.025	0.015	0.015
	+ Dốc ngang nhỏ nhất	0.008	0.008	0.008
4	Dải bảo hiểm đầu:			
	- Độ dốc dọc lớn nhất:	0.02	0.02	0.015
	- Độ dốc ngang:			
	+ Dốc ngang lớn nhất	0.02	0.03	0.015
	+ Dốc ngang nhỏ nhất	0.007	0.005	0.005
5	Dải bảo hiểm sườn:			
	- Độ dốc dọc lớn nhất:	0.02	0.02	0.015
	- Độ dốc ngang:			
	+ Dốc ngang lớn nhất	0.025	0.025	0.025
	+ Dốc ngang nhỏ nhất	0.007	0.007	0.007
6	Đường lãn nối:			
	- Độ dốc dọc lớn nhất:	0.015	0.015	0.015
	- Độ dốc ngang:			
	+ Dốc ngang lớn nhất	0.015	0.015	0.015
	+ Dốc ngang nhỏ nhất	0.005	0.005	0.005
	- Bán kính cong đứng nhỏ nhất (m)	3 000	3 000	3 000
	- Độ gãy góc lớn nhất	0.0133	0.0133	0.0133
7	Sân đỗ máy bay			
	- Độ dốc dọc lớn nhất	0.01	0.01	0.01
	- Độ dốc ngang:			

	+ Dốc ngang lớn nhất	0.01	0.01	0.01
	+ Dốc ngang nhỏ nhất	0.005	0.005	0.005

3. Kết quả thiết kế:

a. Địa thế thiết kế dải bay:

- Đường cất hạ cánh:

- + Độ dốc dọc nhỏ nhất: 0.01%
- + Độ dốc dọc lớn nhất: 0.03%;
- + Độ dốc dọc trung bình: 0.02%;
- + Độ gầy góc lớn nhất: 0.02%;
- + Độ dốc ngang: 1.0%.

- Lề vật liệu đường cất hạ cánh:

- + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường CHC;
- + Độ dốc ngang: 1.5%.

- Dải hãm phanh đầu:

- + Độ dốc dọc lớn nhất: 0.1%;
- + Độ dốc dọc nhỏ nhất: 0.06%;
- + Độ dốc ngang: 1.0%

- Dải bảo hiểm sườn:

- + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường CHC;
- + Độ dốc ngang lớn nhất: 2.5%;
- + Độ dốc ngang nhỏ nhất: 1.0%.

- Dải bảo hiểm đầu:

- + Độ dốc dọc lớn nhất: 0.1%;
- + Độ dốc dọc nhỏ nhất: 0.06%;
- + Độ dốc ngang lớn nhất: 1.5%;
- + Độ dốc ngang nhỏ nhất: 0.5%.

b. Địa thế thiết kế đường lăn song song:

- Đường lãn:
 - + Độ dốc dọc: 0.01%;
 - + Độ dốc ngang: 1.0%.
- Lề vật liệu đường lãn:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường lãn;
 - + Độ dốc ngang: 1.5%.
- Dải bảo hiểm sườn:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường lãn;
 - + Độ dốc ngang lớn nhất: 1.5%;
 - + Độ dốc ngang nhỏ nhất: 1.25%.

c. Địa thế thiết kế đường lãn nổi:

- Đường lãn:
 - + Độ dốc dọc lớn nhất: 0.6%;
 - + Độ dốc dọc nhỏ nhất: 0.35%;
 - + Độ gầy góc: 0.95%
 - + Độ dốc ngang: 0.5%.
- Lề vật liệu đường lãn:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường lãn;
 - + Độ dốc ngang: 1.5%.
- Dải bảo hiểm sườn:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường lãn;
 - + Độ dốc ngang lớn nhất: 1.0%;
 - + Độ dốc ngang nhỏ nhất: 0.5%.

d. Địa thế thiết kế đường lãn thoát nhanh:

- Đường lãn:
 - + Độ dốc dọc trung bình: 0.026%;
 - + Độ dốc ngang một mái: 1.0%.

- Lề vật liệu đường lăn:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường lăn;
 - + Độ dốc ngang: 1.5%

e. Địa thế thiết kế sân quay:

- Sân quay:
 - + Độ dốc dọc: 0.0%;
 - + Độ dốc ngang: 0.5%.
- Lề vật liệu sân quay:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc dọc sân quay;
 - + Độ dốc ngang: 1.5%.
- Dải bảo hiểm sườn:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường lăn;
 - + Độ dốc ngang lớn nhất: 1.5%;
 - + Độ dốc ngang nhỏ nhất: 1.0%.

f. Địa thế thiết kế sân đỗ máy bay

- Sân đỗ máy bay:
 - + Độ dốc dọc: 0.0%;
 - + Độ dốc ngang: 0.5%.
- Lề vật liệu sân đỗ:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc dọc sân quay;
 - + Độ dốc ngang: 1.5%.
- Dải bảo hiểm sườn:
 - + Độ dốc dọc: theo độ dốc đường lăn;
 - + Độ dốc ngang lớn nhất: 1.5%;
 - + Độ dốc ngang nhỏ nhất: 1.0%.

3.5. Giải pháp xử lý nền đất yếu:

Sau quá trình nghiên cứu địa chất thành phố Hải Phòng nói chung trong đó có khu vực xây dựng Cảng hàng không quốc tế Cát Bi và các giải pháp xử lý nền đất yếu đã và đang được áp dụng tại Việt Nam và thế giới. Ta nhận thấy phương pháp gia cố nền công trình Cảng hàng Không quốc tế Cát Bi bằng cọc xi măng đất là khả thi nhất trong điều kiện địa chất, thủy văn cũng như giảm được thời gian thi công, tiết kiệm chi phí. Sau tính toán sơ bộ, ta chọn phương án gia cố nền công trình Cảng hàng Không quốc tế Cát Bi bằng cọc xi măng đất có đường kính cọc $D = 800\text{mm}$.

3.5.1. Tiêu chuẩn áp dụng:

Công tác gia cố sân nền đường CHC, đường lăn, sân đỗ máy bay được thực hiện dựa trên các tiêu chuẩn kỹ thuật sau:

- Quy trình khảo sát, thiết kế nền đường ô tô đắp trên nền đất yếu - Tiêu chuẩn thiết kế 22TCN 262 - 2000;
- Quy trình khảo sát, thiết kế nền đường ô tô đắp trên nền đất yếu - Tiêu chuẩn thiết kế 22TCN 262 - 2000 (dự thảo Bổ sung, sửa đổi 22TCN 262 - 2000);
- Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8753:2001 - Sân bay dân dụng - Yêu cầu chung về thiết kế và khai thác;
- Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 02 :2009/CHK - Quy trình thiết kế mặt đường sân bay dân dụng Việt Nam;
- Tiêu chuẩn thiết kế sân bay của Liên Xô;
- Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 385:2006 - Phương pháp gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng;
- Tiêu chuẩn thực hành Đất và các vật liệu đắp khác có gia cường (có cốt) - Tiêu chuẩn Anh BS 8006 :1995.

3.5.2. Xác định lớp đất yếu:

- Theo tiêu chuẩn 22TCN 262-2000, đất yếu là loại đất có độ ẩm ở trạng

thái tự nhiên gần bằng hoặc cao hơn giới hạn chảy, hệ số rỗng lớn (sét $e \geq 1.5$, á sét $e \geq 1$), lực dính C theo kết quả cắt nhanh không thoát nước $\leq 0.15 \text{ daN/cm}^2$, góc nội ma sát φ từ $0 - 10^\circ$ hoặc lực dính từ kết quả thí nghiệm cắt cánh hiện trường $C_u \leq 0.35 \text{ daN/cm}^2$;

- Theo Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 02:2009/CHK, CHIIP 2-05-08-85 và CHIIP 32-03-1996, đất yếu là đất có E tổng biến dạng $< 50 \text{ kG/cm}^2$.

- Lớp đất số 2 "Sét, sét pha màu xám đen, ghi đen, nâu đen, đôi chỗ lẫn mùn thực vật, vỏ sò, vỏ hến vỡ vụn và kẹp những thớ cát mỏng mịn, trạng thái chảy đến dẻo chảy, đôi chỗ dẻo mềm" là lớp đất yếu.

- Lớp đất số 3, số 4, số 4a lớp đất có sức chịu tải tốt, tuy nhiên các lớp này đều nằm dưới mực nước ngầm và có độ bão hòa $> 80\%$, trong tính toán vẫn phải xem xét độ lún cố kết theo thời gian.

3.5.3. Yêu cầu thiết kế:

Dự án đầu tư xây dựng mở rộng Khu bay - Cảng HKQT Cát Bi được xây dựng trên nền đất yếu sau khi xử lý bằng cọc đất gia cố xi măng phải đảm bảo các yêu cầu theo tiêu chuẩn TCCS 02:2009/CHK, TCXDVN 385 :2006, CHIIP 2-05- 08-85 và CHIIP 32-03-1996, cụ thể như sau:

- Chiều sâu 6m bên dưới kết cấu mặt đường không còn đất yếu, mô đun biến dạng của các lớp đất $E > 50 \text{ kG/cm}^2$;

- Trị số tính toán độ lún của nền S_d trong quá trình khai thác mặt đường không được vượt quá trị số giới hạn S_u trong bảng sau:

Bảng 2.5. Tiêu chuẩn TCCS 02 :2009/CHK

Mặt đường sân bay	Trị số giới hạn độ lún của nền đất S_u (m) đối với:		
	Đường CHC	ĐL chính	SĐ, ĐL và các SD khác
- Mặt đường cứng:			
+ Bê tông, bê tông cốt thép đổ tại chỗ, bê tông lưới thép	0.02	0.03	0.04

Mặt đường sân bay	Trị số giới hạn độ lún của nền đất S_u (m) đối với:		
	Đường CHC	ĐL chính	SĐ, ĐL và các SD khác
+ Bê tông cốt thép lắp ghép	0.03	0.04	0.06
- Mặt đường mềm cấp cao	0.03	0.04	0.06
- Mặt đường mềm cấp thấp	0.04	0.05	0.08

- Phương án xây dựng đường cất hạ cánh bằng BTXM lưới thép, cốt thép đổ tại chỗ, tổng độ lún còn lại trong thời hạn 20 năm khai thác (tuổi thọ tính toán mặt đường BTXM) $\leq 2\text{cm}$ (Sau khi thi công xong kết cấu áo đường, độ lún cố kết cho phép trong thời gian 20 năm tính từ khi đưa công trình vào khai thác $\leq 2\text{cm}$);

- Phương án xây dựng đường cất hạ cánh bằng BTN, tổng độ lún còn lại trong thời hạn 10 năm khai thác (tuổi thọ tính toán mặt đường BTN) $\leq 3\text{cm}$ (Sau khi thi công xong kết cấu áo đường, độ lún cố kết cho phép trong thời gian 10 năm tính từ khi đưa công trình vào khai thác $\leq 3\text{cm}$);

- Phương án xây dựng sân đỗ máy bay, sân chờ bằng BTXM lưới thép, cốt thép đổ tại chỗ, tổng độ lún còn lại trong thời hạn 20 năm khai thác (tuổi thọ tính toán mặt đường BTXM) $\leq 4\text{cm}$ (Sau khi thi công xong kết cấu áo đường, độ lún cố kết cho phép trong thời gian 20 năm tính từ khi đưa công trình vào khai thác $\leq 4\text{cm}$);

- Phương án xây dựng đường lăn nối bằng BTN, tổng độ lún còn lại trong thời hạn 10 năm khai thác (tuổi thọ tính toán mặt đường BTN) khu vực đường lăn nối $\leq 6\text{cm}$ và đường lăn song song $\leq 4\text{cm}$ (Sau khi thi công xong kết cấu áo đường, độ lún cố kết cho phép trong thời gian 10 năm tính từ khi đưa công trình vào khai thác $\leq 6\text{cm}$ và $\leq 4\text{cm}$).

3.5.4 Tính toán độ lún tổng cộng:

Lựa chọn phương pháp tính lún theo hệ số rỗng của đất:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_{1i} - \varepsilon_{2i}}{1 + \varepsilon_{1i}} h_i$$

Trong đó:

S: độ lún tổng cộng của các lớp đất;

S_i : Độ lún của lớp đất thứ i;

ε_{1i} : Hệ số rỗng tương ứng với áp lực P_{1i} , tra theo biểu đồ thí nghiệm ép lún trong Báo cáo khảo sát địa chất;

ε_{2i} : Hệ số rỗng tương ứng với áp lực P_{2i} , tra theo biểu đồ thí nghiệm ép lún Báo cáo khảo sát địa chất;

P_{1i} : áp lực của bản thân nền đất;

P_{2i} : áp lực của nền đất đắp, tải trọng lâu dài và bản thân nền đất;

$$P_{2i} = P_{1i} + P_{tt}$$

$$P_{tt} = P_{tx} \times I$$

P_{tx} : là áp lực của đất đắp và tải trọng tại mặt tiếp xúc với nền đất;

I: là hệ số phân bố ứng suất theo chiều sâu, xác định theo toán đồ Osterberg (tiêu chuẩn 22 TCN 262 - 2000, phụ lục II - trang 44)

Chiều sâu vùng đất yếu bị lún dưới tác dụng của tải trọng:

$$\sigma_{za} = 0.15 \times \sigma_{vza}$$

Độ lún S_t sau một thời gian t kể từ lúc đặt tải trọng nền đường được xác định theo công thức sau:

$$S_t = S \times U_v$$

S: là độ lún cuối cùng khi đã cố kết hoàn toàn.

U_v : là độ cố kết theo thời gian. Trị số U_v xác định theo Bảng IV-1, trang 34 "Tiêu chuẩn 22 TCN 262 -2000 Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên nền đất yếu" phụ thuộc vào nhân tố thời gian T_v .

$$T_v = \frac{C_v \times t}{h_t^2}$$

C_v : hệ số cố kết trung bình theo hướng thẳng đứng:

$$C_v = \frac{K_v(1+e_{tb})}{a_{tb} \times \gamma_n}$$

hoặc

$$C_v = \frac{H^2}{\left(\sum \frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}} \right)}$$

C_{vi} : hệ số cô kết trung bình theo hướng thẳng đứng của lớp đất thứ i xác định từ thí nghiệm cô kết ứng với cấp tải trọng tính toán p_{2i}

e_{tb} : hệ số rỗng trung bình:

$$e_{tb} = \frac{H}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1+e_{li}} \right)} - 1$$

a_{tb} : hệ số nén trung bình.

$$a_{tb} = \frac{1+e_{tb}}{H} \sum_{i=1}^n \frac{a_i \times h_i}{1+e_{tb}}$$

K_v : hệ số thấm trung bình theo hướng thẳng đứng:

$$K_{tb} = \frac{H}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{K_{vi}} \right)}$$

Trong đó:

t: thời gian lún của đất khi có ứng suất gây lún.

H: bề dày toàn bộ của các lớp đất bị nén: $H = \sum h_i$

$\gamma_n = 1.0$, trọng lượng thể tích của nước.

h_i : chiều dày lớp đất thứ i.

K_{vi} : hệ số thấm theo chiều thẳng đứng lớp đất thứ i.

e_{li} : hệ số rỗng tự nhiên của lớp đất thứ i.

a_i : hệ số nén của lớp đất thứ i.

n: số lớp đất bị nén.

3.5.5. Phương án xử lý nền đất bằng cọc đất xi măng:

1. Đặc trưng của cọc đất xi măng D=800mm:

Dựa vào Báo cáo kết quả thí nghiệm đất gia cố xi măng, trên cơ sở các thông số khảo sát, căn cứ vào Tiêu chuẩn TCXDVN 385 - 2006. Gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng (phương pháp trộn ướt) để tiến hành chế bị mẫu, thí nghiệm và tổng hợp đánh giá kết quả.

Mẫu đất được sử dụng là tất cả các mẫu đất nguyên dạng tại các lớp đất yếu tại các lỗ khoan.

Để đảm bảo chất lượng công trình, nguồn xi măng được lựa chọn để gia cố là xi măng PCB 40 được sản xuất theo công nghệ lò quay, phương pháp trộn khô, có hệ thống điều khiển tự động của các nước phát triển.

- Trong giai đoạn lập dự án:

Các hàm lượng xi măng được lựa chọn làm thí nghiệm trong phòng là: 120-180 - 240kg/m³.

Sau khi trộn, đúc, mẫu được bảo dưỡng trong điều kiện chuẩn và thí nghiệm cường độ chịu nén 1 trục nở hông ở tuổi: 7, 14 và 28 ngày và thí nghiệm chỉ tiêu cơ lý ở tuổi 28 ngày.

Kết quả thí nghiệm các cấp phối này như sau:

Bảng 1: Cường độ chịu nén 1 trục nở hông của các lớp đất được gia cố

Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Tỷ lệ gia cố 120 kg/m ³	Tỷ lệ gia cố 180 kg/m ³	Tỷ lệ gia cố 240 kg/m ³
R nén ở tuổi 07 ngày	Kg/cm ²	2.63	6.80	9.45
R nén ở tuổi 14 ngày	Kg/cm ²	3.51	8.00	12.90
R nén ở tuổi 28 ngày	Kg/cm ²	4.23	9.31	16.25

Chỉ có các mẫu đất thí nghiệm với tỉ lệ gia cố 180 - 240 kg/m³ là đạt yêu cầu cường độ. Do vậy, lựa chọn hàm lượng gia cố 180 kg/m³ để tính toán.

Trong giai đoạn thiết kế :

Các hàm lượng xi măng được lựa chọn làm thí nghiệm trong phòng là: 180 - 200 - 220 - 240 - 260 kg/m³.

Sau khi trộn, đúc, mẫu được bảo dưỡng trong điều kiện chuẩn và thí nghiệm cường độ chịu nén 1 trục nở hông ở tuổi: 7, 14 và 28 ngày và thí nghiệm chỉ tiêu cơ lý ở tuổi 28 ngày.

Kết quả thí nghiệm các cấp phối này như sau:

Bảng 2: Cường độ chịu nén 1 trục nở hông của các lớp đất được gia cố

Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Tỷ lệ gia cố 180 kg/m ³	Tỷ lệ gia cố 200 kg/m ³	Tỷ lệ gia cố 220 kg/m ³	Tỷ lệ gia cố 240 kg/m ³	Tỷ lệ gia cố 260 kg/m ³
R nén ở tuổi 07 ngày	Kg/cm ²	5.18	6.25	7.10	7.65	11.07
R nén ở tuổi 14 ngày	Kg/cm ²	5.80	7.44	8.02	9.62	13.49
R nén ở tuổi 28 ngày	Kg/cm ²	6.68	8.93	10.27	11.09	14.36

Giai đoạn thiết kế, chỉ có các mẫu đất với tỉ lệ gia cố xi măng 200 - 260 kg/m³ là đạt yêu cầu cường độ. Chọn hàm lượng gia cố 220 kg/m³ để tính toán thiết kế. Lượng xi măng gia cố sẽ được quyết định sau khi có kết quả đánh giá thí công các cọc thử nghiệm tại hiện trường.

Lượng xi măng dự kiến gia cố 220kg/m³, chưa xét đến xi măng hao phí do công nghệ. Lượng xi măng khi thi công đại trà sẽ được quyết định sau khi thi công các cọc thử nghiệm tại hiện trường.

- Tuổi thiết kế cọc: 28 ngày;
- Lựa chọn phương án gia cố đất có đường kính D=800mm, khoảng cách bước cọc là 1,2m và 1,4m;
- Mô đun biến dạng của vật liệu cọc $E_{\text{cọc}} = 230 \text{ kG/cm}^2$; $q_u = q_{28 \text{ ngày}}^{\text{tn}} \times 0,25$ (hệ số tương quan giữa mẫu thí nghiệm trộn trong phòng và mẫu thực tế hiện trường) $= 10,27 \times 0,25 = 2,30 \text{ kG/cm}^2$;
- Tỉ lệ gia cố đất: 25.6% (bước cọc 1.4m) và 34,9% (bước cọc 1.2m);

- Chiều dài cọc: lựa chọn theo từng khu vực để đảm bảo yêu cầu xử lý độ lún.

2. Điều kiện tải trọng:

2.1. Kết cấu mặt đường bê tông nhựa:

- BTN dày 23cm;
- Bê tông nghèo M150 dày 25cm;
- Cấp phối đá gia cố xi măng dày 40cm;
- Cấp phối đá dăm loại 2, K98 dày 30cm;
- Lớp cát đệm dưới đáy móng 50cm;

Do vậy tải trọng gây lún sẽ bao gồm:

- BTN+BTXM dày 48cm, $\gamma_1 = 2,4T/m^3$; CPDD gia cố xi măng dày 40cm, $\gamma_2 = 2,3T/m^3$; Cấp phối đá dăm loại 2 dày 30cm, $\gamma_3 = 2,2T/m^3$; cát đệm dày 50cm, $\gamma_4 = 1,8T/m^3$.

Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên đầu cọc: $p_{tc} = \sum_1^4 h_i \times \gamma_i = 3.64T/m^2$.

2.2. Kết cấu mặt đường bê tông xi măng:

- BTXM M350/45 dày 40cm;
- Bê tông nghèo M150 dày 25cm;
- Cấp phối đá gia cố xi măng dày 20cm;
- Cấp phối đá dăm loại 2, K98 dày 30cm;
- Lớp cát đệm dưới đáy móng 50cm;
- Bề rộng sân đỗ máy bay 163m (sân đỗ máy bay) + 14.5m (sân trước nhà ga) + 10.5m lề vật liệu.

Do vậy tải trọng gây lún sẽ bao gồm:

- BTXM dày 40cm, $\gamma_1 = 2,4T/m^3$; Bê tông nghèo M150 dày 25cm, $\gamma_2 = 2,4T/m^3$; CPDD gia cố xi măng dày 20cm, $\gamma_3 = 2,3T/m^3$; Cấp phối đá dăm loại 2 dày 30cm, $\gamma_4 = 2,2T/m^3$; cát đệm dày 50cm, $\gamma_5 = 1,8T/m^3$.

Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên đầu cọc: $p_{tc} = \sum_1^5 h_i \times \gamma_i = 3,59T / m^2$

3. Tính toán thiết kế:

3.1. Tính toán thiết kế:

Tính toán thiết kế dựa trên giả thiết cọc đất xi măng là cọc nửa cứng, cọc đất gia cố tương tác và cùng làm việc với nền đất tự nhiên xung quanh chủa gia cố, nền đất sau khi gia cố là nền hỗn hợp.

3.2. Lựa chọn sơ bộ khoảng cách bố trí cọc:

Khoảng cách bố trí cọc được lựa chọn trên cơ sở đảm bảo mô đun biến dạng của nền hỗn hợp (đã gia cố) $> 50kG/cm^3$.

$$E_{tb} = a.E_{coc} + (1-a).E_{dat}$$

Trong đó: $a = A/c^2$; A - diện tích tiết diện cọc $D = 800mm, = 0,502m^2$
c - khoảng cách giữa các tâm cọc, m.

Bảng tính E nền trung bình theo E cọc = 230 kG/cm²:

Khoảng cách (m)	E nền đất		(kG/cm ²)		E cọc	E nền trung bình (kG/cm ²)				Kết luận
	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4a	Lớp 4		E2	E3	E4a	E4	
1.2	26	127	157	108	230	97	163	182	151	OK
1.4	26	127	157	108	230	78	153	176	139	OK
1.6	26	127	157	108	230	66	147	171	132	OK

Lựa chọn khoảng cách giữa các tim cọc 1,2m - 1,4m, E cọc = 230 kG/cm².

4.3. Kiểm tra điều kiện cường độ:

a. Kiểm tra cường độ vật liệu cọc:

Toàn bộ tải trọng kết cấu mặt đường truyền xuống đỉnh cọc đất xi măng thông qua lớp cát dày 50cm. Giả thiết toàn bộ tải trọng này đều do cọc đất xi măng chịu (kiểm toán cường độ vật liệu cọc).

- Tải trọng lên đầu cọc:

+ Khu vực sân đỗ: $Q_{tt} = q \times c^2 = 3,59 \times 1,2 \times 1,2 = 5,17$ Tấn;

+ Khu vực sân quay: $Q_{tt} = q \times c^2 = 3,59 \times 1,4 \times 1,4 = 7,04$ Tấn;

+ Khu vực đường CHC, ĐL: $Q_{tt} = q \times c^2 = 3,64 \times 1,4 \times 1,4 = 7,14$ Tấn;

- Cường độ cọc theo vật liệu: $Q_{coc} = 0,65.A.q_u = 0,65 \times 0,502 \times 23 = 7,50$ Tấn;

- Hệ số an toàn về cường độ: $Q_{coc}/Q_{tt} = 1,45 > 1,0 \rightarrow$ Đạt yêu cầu.

$$Q_{coc}/Q_{tt} = 1,06 > 1,0 \rightarrow \text{Đạt yêu cầu.}$$

$$Q_{coc}/Q_{tt} = 1,05 > 1,0 \rightarrow \text{Đạt yêu cầu.}$$

b. Kiểm tra cường độ chịu tải của đất nền tại cao độ mũi cọc:

Việc kiểm toán này nhằm đảm bảo tải trọng gây lún $q_{tt} = 4,57 \text{ T/m}^2$ không vượt quá sức chịu tải của đất tại cao độ mũi cọc (lớp đất số 2. Bùn sét dẻo chảy lẫn hữu cơ), áp dụng 10.6.3.1.2b-1 AASHTO 1998:

$$q_{all} = \varphi \cdot 1_{ult} = \varphi \cdot (c \cdot N_{cm} + g \cdot \gamma \cdot D_f \cdot N_{qm} \cdot 10^{-9}) \text{ MPa}$$

Trong đó:

$\varphi = 0,6$ cho sức kháng cắt xác định trong phòng thí nghiệm,

$$c = c_u = 0,109 \text{ kG/cm}^2.$$

$N_{cm} = N_c = 5$ với nền đường.

$$G = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

$\gamma = 750$ (lấy theo lớp 2) có xét đến áp lực đẩy nổi.

$N_{qm} = 1,0$ cho bùn sét bão hòa và nền tương đối bằng.

Như vậy, nếu thiết kế cọc sâu $\geq 6,0\text{m}$ thì $D_f \geq 6,0\text{m}$ (chiều sâu từ mặt nền thi công cọc đến mũi cọc đất xi măng).

Vậy $q_{all} \geq 30,1 \text{ T/m}^2 > \text{tải trọng gây lún } p_{tt} = 4,57 \text{ T/m}^2$ (giả thiết tải trọng truyền hoàn toàn xuống mũi cọc) $\rightarrow$ Đạt yêu cầu.

c. Tính toán chiều dày lớp cát đắp trên đầu cọc:

Để đảm bảo phân bố tải trọng xuống đầu cọc, lớp đất đắp trên đầu cọc phải tuân thủ mối liên hệ dưới đây giữa chiều cao nền đắp và kích thước mũi

cọc:

$$H \geq 0,7 \times (c - D) = 0,7 \times (1,4 - 0,8) = 0,42(\text{cm})$$

Chọn chiều dày lớp cát đắp đầu cọc dày 50cm.

4. Tính toán biến dạng của nền gia cố:

Độ lún tổng cộng của nền gia cố được xác định bằng tổng độ lún của bản thân khối gia cố và độ lún của đất dưới khối gia cố:

$$S = S_1 + S_2$$

S_1 - độ lún bản thân của khối gia cố.

S_2 - độ lún của đất chưa gia cố, dưới đáy khối gia cố.

a. Độ lún của bản thân khối gia cố:

Tính toán dựa trên giả thiết độ lún của cọc bằng độ lún của phần đất tự nhiên chưa gia cố, công thức tính như sau:

$$S_1 = \frac{qH}{E_{tb}} = \frac{q.H}{aE_c + (1-a).E_s}$$

Trong đó:

q - tải trọng gây lún truyền lên khối gia cố.

H - chiều sâu khối gia cố. a - tỉ số diện tích (A/c^2).

E_c - mô đun biến dạng của cọc.

E_s - mô đun tổng biến dạng của đất.

STT	Lớp đất	h_i (m)	q (T/m)	E_s (T/m)	E_c (T/m)	Độ lún S_{1i} (m)	Độ lún S_{1i} (cm)
1	Lớp ĐC ₁	2,5	4,317	320	2470	0,014	1,381
2	Lớp ĐC ₂	10	4,317	320	2470	0,066	6,627
3	Lớp ĐC ₃	0	4,317	900	2470	0,000	0,000
4	Lớp ĐC _{4a}	0	4,317	1720	2470	0,000	0,000
5	Lớp ĐC ₄	0	4,317	920	2470	0,000	0,000
6	Độ lún tổng cộng trong khối đất gia cố					0,080	8,01

Độ lún cô kết của khối đất gia cố :

STT	Thời gian t (tháng)	f(n)	U	S1 (cm)	S1t (cm)	ΔS (cm)
1	1	2.031	0.64	6.19	3.97	2.22
2	2	2.031	0.87	6.19	5.40	0.79
3	3	2.031	0.95	6.19	5.91	0.28
4	4	2.031	0.98	6.19	6.09	0.10
5	5	2.031	0.99	6.19	6.16	0.03
6	6	2.031	1.00	6.19	6.18	0.01

Như vậy, sau 2-3 tháng thi công xong, khối đất nền gia cố cọc xi măng đất tắt lún. Sau 5 tháng thì tắt lún hoàn toàn.

Biến dạng lún của nền hỗn hợp :

Chiều sâu ảnh hưởng tại vị trí hố khoan HK1 : 32,4 m

Năm (t)	T	U1	S	S(t) (cm)	$\Delta S(t)$ (cm)	Độ lún còn lại trong thời gian khai thác tính toán (cm)
1	0.0034	0.0800	21.94	1.76		Năm đầu thi công nền
2	0.0068	0.0970	21.94	2.13	0.37	
3	0.0103	0.1158	21.94	2.54	0.41	
4	0.0137	0.1323	21.94	2.90	0.36	
5	0.0171	0.1473	21.94	3.23	0.33	
6	0.0205	0.1619	21.94	3.55	0.32	
7	0.0239	0.1743	21.94	3.82	0.26	
8	0.0274	0.1867	21.94	4.10	0.25	
9	0.0308	0.1977	21.94	4.34	0.24	
10	0.0342	0.2083	21.94	4.57	0.22	
11	0.0376	0.2184	21.94	4.79	0.23	2.99
12	0.041	0.2278	21.94	5.00	0.22	
13	0.0444	0.2372	21.94	5.20	0.21	

14	0.0479	0.2466	21.94	5.41	0.21	
15	0.0513	0.2549	21.94	5.59	0.21	
16	0.0547	0.2632	21.94	5.77	0.18	4.02
17	0.0581	0.2715	21.94	5.96	0.18	
18	0.0615	0.2795	21.94	6.13	0.18	
19	0.065	0.2872	21.94	6.30	0.17	
20	0.0684	0.2949	21.94	6.47	0.17	4.72
100	0.3419	0.6469	21.94	14.19		7.75

Như vậy tổng độ lún còn lại của khối đất tự nhiên dưới đáy khối gia cố sau 10 năm (tuổi thọ khai thác mặt đường) : $S = 2,99 \text{ cm} \leq 3 \text{ cm}$.

Đạt yêu cầu của tiêu chuẩn và không ảnh hưởng đến khai thác.

5. Kết quả tính toán thiết kế cọc đất gia cố xi măng như sau:

- Đường kính cọc $D=800\text{mm}$;
- Bước cọc $L=1.2 - 1.4\text{m}$;
- Bố trí cọc dạng ô vuông;
- Lượng xi măng dự kiến gia cố 220kg/m^3 (có thể điều chỉnh sau khi có kết quả thi công đại trà);
- Tuổi thiết kế của cọc: 28 ngày;
- Mô đun biến dạng của vật liệu cọc

$$E_{\text{cọc}} = 230\text{kG/cm}^2; q_u = q_{28\text{ngày}}^{tn} 2.3\text{kG/cm}^2;$$

- Tỷ lệ gia cố đất: 25.6% (bước cọc 1.4m) và 34,9% (bước cọc 1.2m);
- Chiều dài cọc tùy theo từng khu vực từ 6.0m đến 14.5m;

Căn cứ vào mặt cắt địa chất trong hồ sơ khảo sát, xác định vị trí khu vực chuyển tiếp khi chiều sâu cọc thay đổi, chiều dài bố trí cọc chuyển tiếp đảm bảo bước cọc theo thiết kế và chiều dài mỗi hàng cọc liên kế thay đổi trong phạm vi 0,5m - 1,0m.

Sau khi tính toán thiết kế, thi công thử nghiệm ta có kết quả quan trắc lún của khối gia cố như sau : (Bảng số liệu quan trắc lún kèm theo)

KẾT LUẬN :

Sau quá trình nghiên cứu, tính toán dựa trên các điều kiện tự nhiên, điều kiện địa chất của công trình ta có thể rút ra kết luận : Cọc xi măng đất phù hợp để gia cố đất nền của công trình Cảng hàng không quốc tế Cát Bi với các lý do sau :

- Gia cường đất nền đạt hiệu quả cao về mặt kỹ thuật
- Phù hợp với điều kiện thi công, nguồn nguyên vật liệu của khu vực.
- Đảm bảo thời gian thi công so với yêu cầu tiến độ.
- Tiết kiệm chi phí.

CHƯƠNG IV : KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận :

Qua nghiên cứu tổng quan về đất yếu và các phương pháp xử lý nền đất yếu, ta có thể rút ra các kết luận sau :

- Đất yếu là một trong những đối tượng nghiên cứu và xử lý rất phức tạp, đòi hỏi công tác khảo sát, điều tra, nghiên cứu, phân tích và tính toán công phu. Để xử lý đất yếu đạt hiệu quả cao cũng phải có yếu tố tay nghề thiết kế và bề dày kinh nghiệm xử lý của tư vấn trong việc lựa chọn giải pháp hợp lý.

- Mỗi một phương pháp xử lý đất yếu đều có phạm vi áp dụng thích hợp và đều có những ưu điểm và nhược điểm nói riêng. Do đó, căn cứ vào điều kiện cụ thể của nền đất yếu, địa hình, điều kiện địa chất, phương pháp thi công và kinh nghiệm của tư vấn thiết kế mà có thể lựa chọn ra phương pháp xử lý phù hợp đối với từng vùng, từng công trình cụ thể.

- Đối với thành phố Hải Phòng, là một vùng đất có địa chất rất phức tạp, vấn đề đặt ra với công tác thiết kế là : Phải khảo sát, nghiên cứu kỹ địa chất, điều kiện tự nhiên của từng công trình cụ thể, đưa ra những giải pháp hợp lý nhất, đảm bảo an toàn cho công trình trong khi thi công cũng như quá trình vận hành, khai thác.

- Luận văn này là một tài liệu khoa học, góp phần làm phong phú thêm tài liệu, làm cơ sở để các kỹ sư có thể đưa ra các giải pháp xử lý nền đất hiệu quả cho từng công trình cụ thể.

4.2. Kiến nghị :

- Như đã trình bày ở trên, đất yếu là một trong những đối tượng nghiên cứu và xử lý rất phức tạp, các phương pháp xử lý nền đất yếu có ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng khác nhau. Do đó, đề nghị các cơ quan chức năng nghiên cứu, cập nhật và đưa ra những tiêu chuẩn thiết kế, thi công... làm cơ sở áp dụng cho các công trình.

- Áp dụng khoa học, kỹ thuật tiên tiến, nghiên cứu sâu hơn về địa chất, đưa ra những giải pháp, công nghệ mới xử lý nền đất đạt hiệu quả cao về kỹ thuật cũng như kinh tế.

- Phương án xử lý nền cho từng công trình cụ thể phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố (mục đích sử dụng, địa chất, tải trọng công trình, tiến độ, tài chính, vật liệu có sẵn tại địa phương....), do vậy cần xem xét, nghiên cứu kỹ lưỡng để đưa ra giải pháp hợp lý nhất.

- Kiến nghị sử dụng kết hợp các giải pháp xử lý nền đất yếu một cách hợp lý để đạt kết quả tốt nhất về mặt kỹ thuật, thời gian và kinh tế.

4.3. Hạn chế của đề tài :

- Thời gian nghiên cứu có hạn, số liệu, tài liệu khảo sát chưa thật đầy đủ, các tài liệu tham khảo còn hạn chế. Do đó, đánh giá về địa chất thành phố Hải Phòng còn mang tính chất tổng quát, chưa cụ thể, đầy đủ.

- Cần nghiên cứu sâu hơn về địa chất, địa tầng cũng như các giải pháp xử lý nền đã và đang được ứng dụng trong và ngoài nước, từ đó đưa ra các giải pháp hợp lý.

4.4. Tài liệu tham khảo :

1. Bài giảng môn cơ học đất, nền và móng - PGS. TS. Phạm Văn Thứ, (chương trình đào tạo sau đại học), Hải Phòng.

2. Công trình trên nền đất yếu trong điều kiện Việt Nam –Pierre Laréal, Nguyễn Thành Long, Lê Bá Lương, Nguyễn Quang Chiêu, Vũ Đức Lực.

3. Bài giảng chuyên đề nền móng – T.S Tô Văn Lận

4. TCXD 245- 2000: Gia cố nền đất yếu bằng bắc thấm thoát nước - Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội - 2000.

5. TCVN 9355:2012 : Gia cố nền đất yếu bằng bắc thấm thoát nước

6. TCVN 9403: 2012 Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng.

7. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 385:2006 - Phương pháp gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng;
8. Tiêu chuẩn 22 TCN 262 -2000 - Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên nền đất yếu.
9. Tạp chí Khoa học công nghệ Hàng Hải
10. Quy trình của Thụy Điển về tính toán nền gia cố cọc đất xi măng (Lime and Lime Cement Columns - Guide for project Planning, construction and inspection. Swedish Geotechnical Society, SGF Report 4: 95E,1997).
11. Các phương pháp cải tạo đất yếu trong xây dựng - Nguyễn Ngọc Bích (2010).
12. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8753:2001 - Sân bay dân dụng - Yêu cầu chung về thiết kế và khai thác;
13. Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 02 :2009/CHK - Quy trình thiết kế mặt đường sân bay dân dụng Việt Nam;
14. Tiêu chuẩn thực hành Đất và các vật liệu đắp khác có gia cường (có cốt) - Tiêu chuẩn Anh BS 8006 :1995.