

MỘT SỐ KINH NGHIỆM THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI QUA VÙNG CASTER CỦA CẦU ĐÁ BẠC - QUỐC LỘ 10

PGS.TS. Nguyễn viết Trung

KS . Lê quang Hanh

Bộ môn: Công trình giao thông thành phố - Khoa Công trình, Đại học giao thông vận tải.

I. Giới thiệu chung

Cầu Đá Bạc Km 6+262.981 nằm trong Dự án cải tạo và nâng cấp Quốc Lộ - 10 gói thầu B1, đoạn Bí Chợ - Ninh Bình, do Chính phủ Việt Nam nhận vốn vay của Quỹ hợp tác Kinh tế hải ngoại Nhật Bản để thực hiện. Cầu Đá Bạc với chiều dài 505m, rộng 12 m, được thiết kế theo tiêu chuẩn AASHTO 1996, , tải trọng thiết kế HS20-44 có cấu tạo như sau :

a) Cầu chính với ba nhịp dầm hộp liên tục bê tông cốt thép DƯL, hai nhịp biên dài 60m, nhịp chính dài 105m được xây dựng theo phương pháp đúc hẫng cân bằng.

b) Cầu dẫn hai bên nhịp chính là 4 nhịp dầm BTCT DƯL hình chữ I , L = 35 m được thiết kế thành các liên dầm (liên tục hoá sau khi lao lắp).

Trong thiết kế kỹ thuật hai trụ chính của nhịp liên tục được thiết kế đặt trên móng giếng chìm hờ. Tại trụ P5 (trụ đặt gối di động nhịp chính) đường kính giếng chìm là 12m, và tại trụ P6 (trụ đặt gối cố định của nhịp chính) đường kính giếng chìm là 14 m. Còn hai trụ biên của nhịp chính, các trụ của nhịp dẫn và hai móng được thiết kế đặt trên nền móng cọc khoan nhồi đường kính 1,5m. Do công nghệ thi công giếng chìm phải đầu tư rất nhiều thiết bị mới, và kết cấu móng giếng chìm ít được áp dụng tại Việt Nam không phù hợp với việc đầu tư thiết bị nên đơn vị trúng thầu Tổng Công ty xây dựng Thăng Long đã căn cứ vào điều khoản của Hồ sơ thầu đã xin phép Bộ giao thông - Ban quản lý các dự án 18 (PMU 18) đổi móng giếng chìm của hai trụ chính P5,P6 thành hệ móng cọc khoan nhồi đường kính 2 m đồng bộ với công nghệ thi công móng kết cấu bên dưới của toàn cầu.

c) Đặc điểm địa chất vùng xây dựng cầu Đá Bạc :

Địa chất tại khu vực xây dựng cầu rất xấu, cấu tạo địa tầng gồm lớp trên là bùn sét dẻo chảy, hoặc sét pha chiều dày trung bình khoảng 8-12 m, ngay sau lớp này là lớp đá phong hoá nứt nẻ mạnh, có rất nhiều hang Caster (Carst cave), xuất hiện tại tất cả các trụ cầu gây ra các khó khăn trong công tác thi công cọc khoan nhồi.

II. Tính toán khả năng chịu lực của cọc khi cọc đi qua vùng Caster theo AASHTO 1996

A- Khái niệm về chỉ số RQD

Hội cơ học đá quốc tế đề nghị phân loại đá dựa trên cơ sở cường độ của vật liệu đá, khoảng cách, hướng, độ nhám và những chất kẹp trong khối đá. Bởi vậy, trong tình trạng ở những nơi móng xây dựng trên nền đá gốc thì phải quyết định khảo sát cao độ tầng đá gốc, loại đá, độ sâu và kiểu phong hoá hiện diện của đường rãnh trong đá như những chỗ không liên tục , phân vĩa và các vĩa □

Chất lượng và độ bền của khối đá phụ thuộc rất nhiều vào khoảng cách gián đoạn, các khoảng cách này có thể đo được ở các vết lộ, các rãnh, các mẫu khoan hoặc quan sát ở hố khoan bằng camera và kính tiềm vọng. Sự gián đoạn này được xác định bằng cách đo các khoảng cách giữa hai gián đoạn liên kế vượt quá chiều dài nhỏ nhất của mẫu (3.3m). Chỉ định chất lượng của đá (RQD) được định nghĩa :

$$RQD = \frac{\text{Chiều dài của các đoạn lõi 10 cm và dài hơn}}{\text{Chiều dài hành trình của lõi}} \times 100$$

Chỉ số RQD là viết tắt của tên tiếng Anh - Rock Quality Designation. RQD là một chỉ số chất lượng chung của đá cho mục đích kỹ thuật, được đo trực tiếp ở nhiều vết nứt và tổng số những chỗ bị mềm hoặc có những biến đổi trong khối đá. Nó được xác định bằng cách lấy tổng của tất cả các mẫu lấy được có chiều dài 10 cm hoặc dài hơn. Trong việc xác định RQD, nếu như lõi bị vỡ do vận chuyển hoặc quá trình khoan thì các miếng vỡ còn mới sẽ được gắn lại với nhau và được tính là một miếng liên.

Trong thực tế công trình cầu Đá Bạc việc lấy mẫu để tính toán trị số RQD rất khó khăn do các nguyên nhân sau :

- Theo qui định của qui trình lấy mẫu khoan trị số RQD thì phải dùng thùng lấy lõi đá cỡ N khoan hai nòng có đường kính ngoài 75mm, có thùng bên trong không quay để lấy lõi đá được an toàn và chất lượng tốt. Nhưng hiện nay ở Việt Nam rất ít công ty có loại thùng lấy lõi đá này.

- Thêm vào đó tầng đá ở vị trí xây dựng cầu Đá Bạc là tầng đá có cường độ cao nhưng lại nứt nẻ mạnh hơn nữa lại gặp rất nhiều hang Caster sống (mất vữa sét) nên việc lấy mẫu nguyên dạng rất khó khăn. Vì vậy đơn vị khoan địa chất đã phải khắc phục bằng cách cho tốc độ máy khoan địa chất rất chậm, áp lực khoan chỉ còn 1.4 Mpa đến 1.7 Mpa và đã lấy được mẫu đá nguyên dạng đạt yêu cầu.

B- Nguyên lý tính toán cọc khi cọc ngầm vào trong đá.

Về nguyên lý cơ bản tính toán khả năng chịu lực của cọc cũng giống như các quy trình của Việt Nam hay của Nga (Liên Xô cũ) thì đều có hai thành phần là lực kháng do ma sát thành bên và lực kháng đầu cọc. Nhưng tiêu chuẩn AASHTO có các điều qui định khác hoàn toàn về tính toán lực kháng của cọc ngầm trong đá như sau: Theo qui trình AASHTO 1996, khi xác định khả năng chịu lực của cọc trong đá, lực ma sát bên của cọc trong các lớp đất nằm trên tầng đá sẽ bị bỏ qua không tính đến trong khả năng chịu lực của cọc.

Đối với cọc khoan nằm trong đá nếu như tải trọng tác dụng vào cọc mà gây ra chuyển vị đầu cọc lớn hơn 0.4 in thì lực ma sát thành bên của cọc (giữa đá và bê tông cọc) sẽ không còn khả năng chịu lực nữa mà tất cả các tải trọng tác dụng sẽ được truyền vào lực kháng đầu cọc.

1. Lực kháng ma sát bên :

Sức kháng bên cực hạn (Q_{SR}) đối với lỗ khoan trong đá sẽ được xác định theo công thức sau:

$$Q_{SR} = \pi BrDr (0.144q_{SR}) \quad (\text{AASHTO 4.6.5.3.1-1})$$

Trong đó :

Giá trị q_{SR} được nội suy từ hình vẽ 4.6.5.3.1A (AASHTO 1996). Giá trị q_{SR} này phụ thuộc vào cường độ nén không kiểm chế của bê tông (σ_c) hoặc của khối đá gốc (C_m). So sánh hai giá trị này và lấy giá trị nào nhỏ hơn để nội suy q_{SR} . Giá trị C_m được tính theo mối quan hệ sau :

$$C_m = \alpha_E C_0 \quad (\text{AASHTO 4.6.5.3.1-2})$$

α_E là một hàm của giá trị RQD, tham chiếu với mục AASHTO 1996 - 4.4.8.2.2 thì α_E thể hiện hệ số giảm nhỏ được tính toán do sự không liên tục của khối đá và được tính bằng :

$$\alpha_E = 0.0231 (RQD) - 1.32 \geq 0.15 \quad (\text{AASHTO 4.4.8.2.2-4})$$

Br : Đường kính của lỗ khoan trong đá (ft).

Dr : Chiều dài của lỗ khoan trong đá gốc (ft).

C_0 : Cường độ nén một trục của mẫu đá nguyên dạng (ksf).

2. Lực kháng đầu cọc :

Khi tính toán sức kháng đầu cọc đối với cọc ngầm trong đá sẽ phải tính đến ảnh hưởng không liên tục của vỉa địa tầng đá gốc. Lực kháng đầu cọc Q_{TR} sẽ được tính theo công thức sau:

$$Q_{TR} = N_{ms} C_0 A_t \quad (\text{AASHTO 4.6.5.3.2-1})$$

Trong đó :

Giá trị N_{ms} là hệ số hiệu chỉnh được tra theo Bảng 4.4.8.1.2.A (AASHTO 1996). Giá trị này phụ thuộc vào chất lượng của đá và chỉ số RQD.

A_t : Diện tích đầu cọc (ft^2).

Ngoài các điều trên ra qui trình AASHTO còn qui định một số điều kiện sau :

- Nếu lỗ khoan trong đá mà đi vào các lớp xen kẽ nhau giữa lớp đá khoẻ và đá yếu thì phải lấy cường độ của lớp đá yếu để tính toán.

- Lực kháng bên được cung cấp bởi các lớp đá mềm hoặc phong hoá sẽ phải bỏ qua trong việc xác định chiều dài yêu cầu của cọc khi mà lỗ khoan phải kéo dài xuyên qua các lớp đá mềm hoặc phong hoá đến lớp đá gốc có đủ cường độ. Đá được định nghĩa là đá mềm khi cường độ nén một trục của lớp đá yếu ít hơn 20% cường độ của đá khoẻ hoặc chỉ số RQD ít hơn 20%.

- Mũi cọc khoan trong trường hợp địa tầng lớp đá khoẻ nằm dưới lớp đá yếu thì không được đặt mũi cọc vào lớp đá yếu mà phải kéo dài cọc xuyên qua lớp đá yếu cho mũi cọc chống vào lớp đá gốc.

- Khi địa tầng là vỉa đá nghiêng thì mũi cọc yêu cầu phải ngầm vào đá để đảm bảo tỷ đầy đủ mũi cọc vào đá gốc

- Hệ số an toàn :

Cọc khoan trong đá sẽ phải tính toán với hệ số an toàn nhỏ nhất là 2.0 khi tính toán cọc dựa trên các cơ sở thí nghiệm tại hiện trường. Còn ngoài ra thì phải tính toán với hệ số an toàn nhỏ nhất là 2.5.

3. Các bước tính toán cọc khoan nhồi khi ngầm vào trong đá:

- Xác định các tải trọng tác dụng lên đầu cọc (M, Q, H)

- Thu thập số liệu địa chất (Cường độ đá, chỉ số RQD, Hình trụ lỗ khoan)

- Kiểm tra ước tính độ lún của cọc trong đá

- Nếu kết quả tính toán nhỏ hơn 0.4in thì tính theo cọc theo sức kháng bên, nếu như độ lún lớn hơn 0.4 in thì phải tính toán theo cọc chống.

4. Áp dụng vào tính toán cọc khoan nhồi ĐK2 m ở trụ chính Cầu Đá Bạc P5,P6

Sau khi đã tính toán nội lực đầu cọc, và thu thập số liệu địa chất bước tiếp theo là tính toán độ lún của cọc trong đá:

ƯỚC TÍNH ĐỘ LÚN CỦA CỌC TRONG ĐÁ

Tính toán độ lún của cọc trong đá bao gồm có hai thành phần:

A. Độ co ngắn đàn hồi của cọc khoan ρ_n (mm), được tính như sau :

$$\rho_N = (\sum P_i) * H_s / A_{soc} * E_c \quad (\text{C.10 - AASHTO 1998})$$

Trong đó :

HS =	Chiều cao của lỗ khoan (mm) =	2500 (MM)
ΣP_i =	Tổng tải trọng tác dụng vào cọc khoan (N) =	12533747 (N)
ASOC =	Diện tích mặt cắt ngang của lỗ khoan (mm ²) =	3141593 (MM2)
Ec =	Modulus đàn hồi của bê tông cọc khoan nhồi, có xét đến bất kỳ thanh cốt thép nào trong cọc (Mpa) =	26380 (MPA)

$\rho_N = (\Sigma P_i) * H_s / (A_{SOC} * E_c) =$	0,378 (MM)
---	------------

B. Độ lún cơ bản của cọc khoan , ρ_{BASE} (MM), được tính như sau $\square\square$

$$\rho_{BASE} = (\Sigma P_i) * I_p / D_s * E_R$$

Trong đó :

IP = Hệ số ảnh hưởng thu được từ hình vẽ C1 (DIM) = 0,55 (DIM)

Do $H_s/D_s = 1,25$

DS = Đường kính cơ bản của lỗ khoan (mm) = 2000 (MM)

ER = Modulus đàn hồi của đá tại lỗ khoan (Mpa)

Được tính toán như sau:

$$ER = KE * EI \quad (C10.8.3.5-3 \text{ AASHTO } 1998)$$

Trong đó :

EI = Mô đun của đá nguyên dạng được tính theo hình vẽ C2(Mpa)

EI = 160000 (MPA)

KE = Tỷ số sửa đổi Modulus, liên quan đến chất lượng đá (RQD), như hình vẽ C3 (DIM) = 0,16 (DIM)

$$ER = KE * EI = 25600 \text{ (MPA)}$$

Kết quả là :

$\rho_{BASE} = (\Sigma P_i) * I_p / D_s * E_R =$	0,135 (MM)
SUM : $\rho_{BASE} + \rho_E =$	0,513 (MM)

Tổng độ lún của cọc khoan là 0,513 mm < 0,4 in = 10,16 mm

VẬY TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA CỌC THEO SỨC KHÁNG BÊN

Tính toán khả năng chịu lực của cọc theo sức kháng bên:

TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA CỌC

CỌC 7 (LỖ KHOAN P6-7)

Tên cầu :

DABAC BRIDGE

Trụ

P6

Loại cọc

2

('1'= Đúc sẵn, '2'= Đổ tại chỗ)

ĐK: 2000 (mm)

SỐ LIỆU ĐẦU VÀO

Cao độ đáy bệ	-8,742			
Cao độ tầng đá gốc	-15,415			
Hệ số an toàn	FP=	2,50		
Chiều dài cọc	L=	12,40	m	
Chu vi mặt cắt ngang cọc	P=	6,28	m	
Diện tích mặt cắt ngang cọc	A _t =	3,140	m ² =	19,01 ft ²
Cường độ bê tông cọc	f _c =	30	Mpa=	3060 (T/m ²)
Trọng lượng đơn vị của bê tông	γ _c =	25	KN/m ³	
Cường độ nền một trục nguyên dạng	C ₀ =	1221,22	Ksf =	5960 T/m2

TÍNH TOÁN

CƯỜNG ĐỘ KHÁNG BÊN CỦA CỌC KHOAN

(Áp dụng điều 4.6.5.3.1 và hình vẽ 4.6.5.3.1A trong

Công thức

$$Q_{SR} = \pi \cdot Br \cdot Dr \cdot (0,144 \cdot q_{SR})$$

AASHTO 1996 - tham khảo AASHTO 1998)

Trong đó :

Dr= Chiều dài lỗ khoan đá (ft)

Br= Đường kính lỗ khoan đá (ft)

q_{SR}= Sức kháng ma sát bên đơn vị dọc theo bề mặt cọc khoan và đá (psi)

Tính toán cọc khoan trong đá sẽ dựa vào cường độ nền không kiểm chế của khối đá hoặc của

bê tông lấy giá trị nào nhỏ hơn.

$$\alpha_E = 0.0231 * (RQD) - 1.32 \geq 0.15$$

$C_m = \alpha_E \cdot C_0$
 Lựa chọn q_{SR}
 (Lấy giá trị từ hình vẽ 4.6.5.3.1.A)

Lớp	Chiều sâu	RQD	α_E	C_0	C_m, P_c	C_m	q_{SR}	Q_{SR}
	m	%		T/m ²	T/m ²	psi	psi	T
1	1,300	7,00	0,150	3175	476,3	680,357	68	390,86
2	1,200	17,00	0,150	3175	476,3	680,357	68	360,79
3	1,200	20,00	0,150	3175	476,3	680,357	68	360,79
4	1,000	65,00	0,182	5960	1081,7	1545,34	100	442,15
5	1,030	68,00	0,251	5960	1494,8	2135,38	125	569,27
Tổng	5,730							2123,86

Lực đẩy nổi, $W_{Pile} = \gamma_c \cdot L \cdot A_t - A_t \cdot L \cdot \gamma_n = 584,18 \text{ (KN)}$
 trọng lượng bản thân $= 59,55 \text{ (T)}$

KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA CỌC

K/N CHỊU LỰC CỦA CỌC	$Q_T = (Q_{SR} - W_{PILE}) / FS$	825,72 (T)
----------------------	----------------------------------	------------

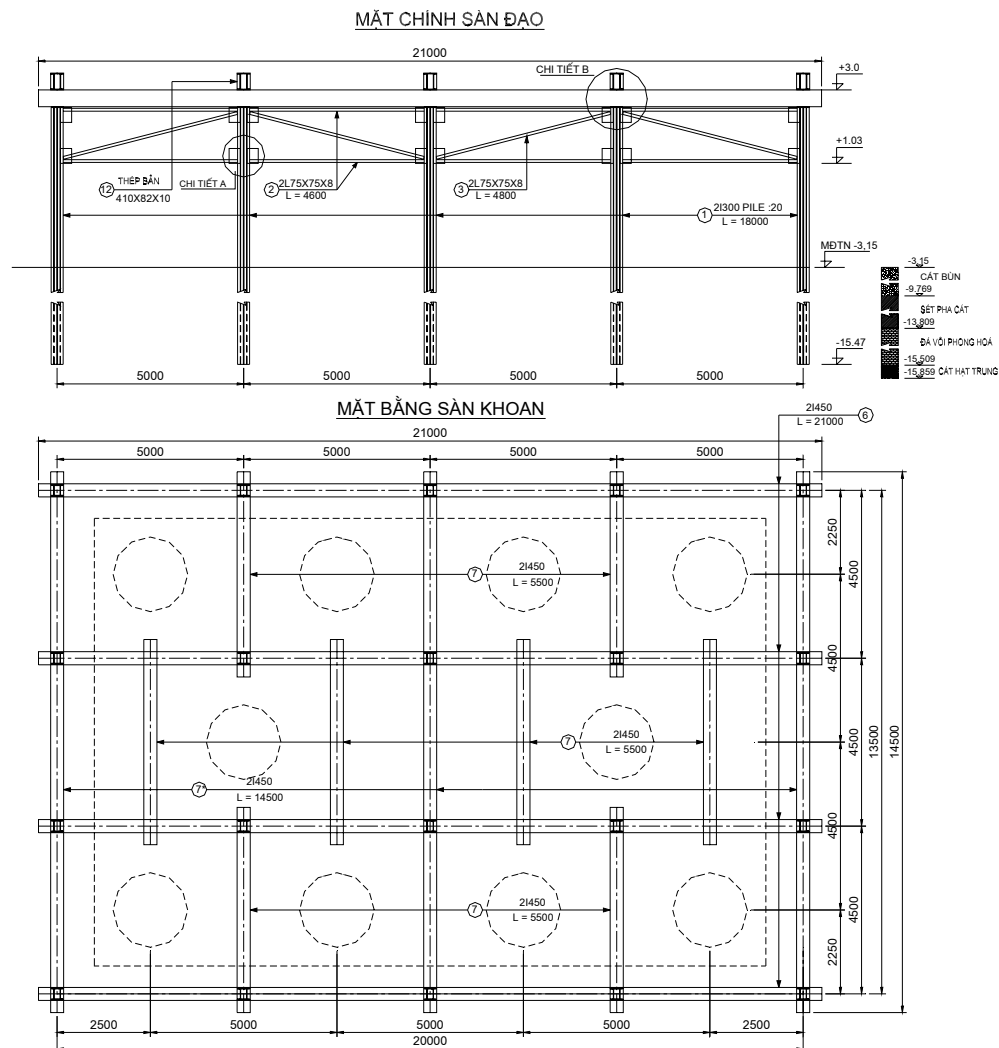
TỔNG HỢP:

K/N CHỊU LỰC CỦA CỌC = 825,72 (T)
 NỘI LỰC ĐẦU CỌC = 764,73 (T)
 VỚI CAO ĐỘ MŨI CỌC LÀ -21,145 (OK)

III. Phương án thi công cọc khoan nhồi qua vùng Caster của Cầu Đá Bạc

- Phương án thi công cọc khoan nhồi

Dùng máy khoan QJ 250-1 trên hệ sàn đạo để khoan cọc khoan nhồi. Các bước thi công bình thường như các công nghệ khoan khác. Ngoài ra có các biện pháp xử lý khi khoan qua hang Caster sông (mất dung dịch khoan) và hang Caster chết (không mất dung dịch khoan) như sau:



Hình vẽ 2. Cấu tạo hệ sàn đạo thi công cọc khoan nhồi trụ P5 - Cầu Đá Bạc

1. Biện pháp xử lý khi khoan cọc qua hang Caster chết (Không mất dung dịch hay nước)

Dùng đất sét thả xuống lỗ khoan khi khoan đến hang Caster. Tức là dùng đất sét để bịt kín hang Caster lại rồi lại khoan qua bình thường. Dùng phương án này kết hợp với dung dịch Bentonit.

2. Biện pháp xử lý khi khoan cọc qua hang Caster sống (mất nước hoặc dung dịch khoan).

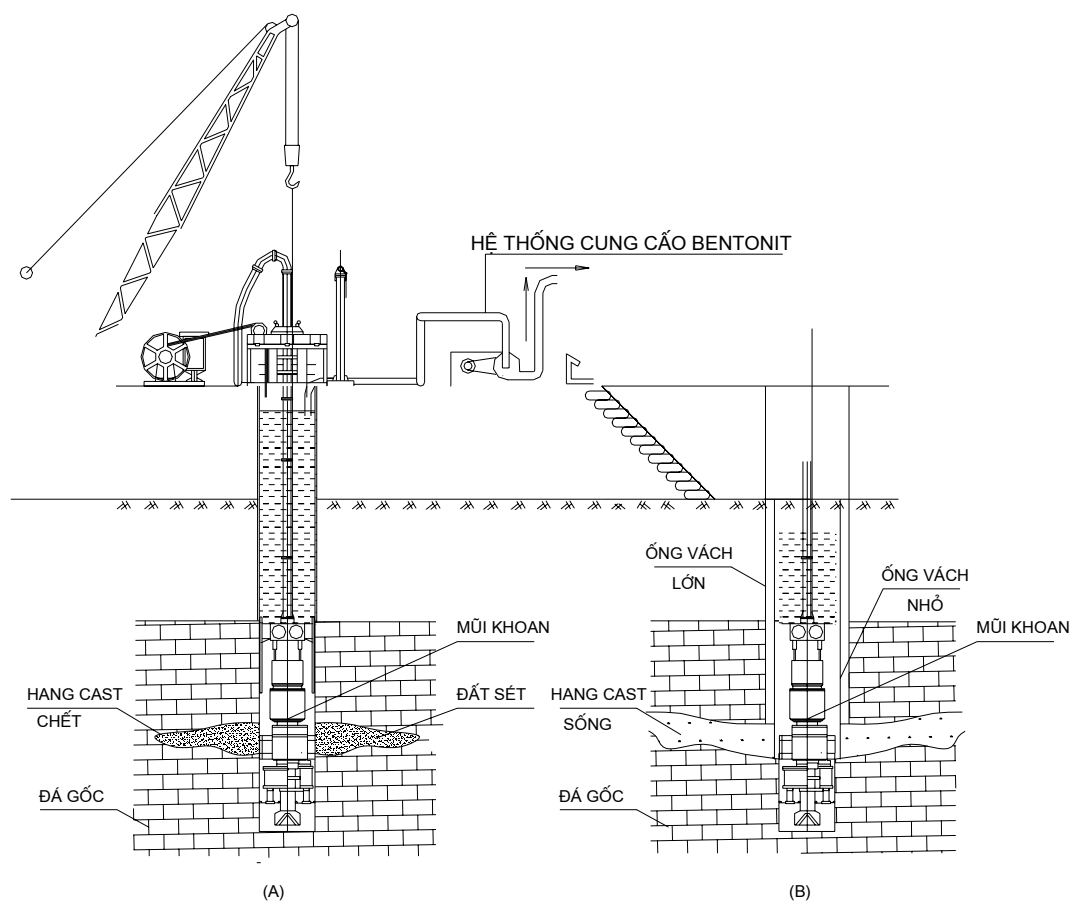
a) Nếu chiều cao hang nhỏ và nước trong hang không có vận tốc phương án xử lý như đối với hang chết .

b) Với trường hợp chiều cao hang nhỏ nước có vận tốc và chiều cao hang lớn đã xử lý như sau:

Trong giai đoạn khoan kiểm tra địa chất của mỗi cọc đã xác định được vị trí và tình trạng của hang Caster vì vậy để thi công trong giai đoạn khoan tạo lỗ đơn vị thi công đã chuẩn bị các ống vách thép có bề rộng lớn hơn cọc khoan 20-50cm tương ứng với việc dùng mũi khoan với đường kính lớn hơn đường kính cọc thiết kế. Sau khi khoan đến hang Caster thì dùng ống vách thép có đường kính nhỏ hơn nhưng vẫn lớn hơn đường kính cọc thiết kế hạ vào bên trong lỗ đã khoan để đi qua hang Caster. Công việc tiếp theo tiến hành bình thường. Trường hợp nếu như càng có nhiều hang Caster sống thì càng phải có nhiều ống vách nhỏ hơn hạ vào trong lỗ khoan, đương nhiên ống vách đầu tiên sẽ lớn hơn nhiều so với đường kính cọc thiết kế, giá trị này tùy thuộc vào số lượng hang Caster xuất hiện theo chiều dài cọc.

Trong giai đoạn đổ bê tông cọc khoan nhồi đã thực hiện như sau:

Chế tạo ống vách thép có bề dày nhỏ có đường kính bằng với đường kính cọc thiết kế và được gắn vào lồng thép cọc (ống vách thép này coi như ván khuôn cọc và được để lại sau khi đổ bê tông cọc). Cao độ mũi của ống vách thép này phải thấp đáy hang cuối cùng là 2.5 m đến 3 m để đảm bảo bê tông cọc khoan nhồi không trào ra khi đổ bê tông còn cao độ đỉnh của ống vách thép phải lớn hơn cao độ kết thúc đổ bê tông cọc.



Hình vẽ 3. (A) Phương án xử lý khi khoan cọc qua hang Caster chết (Không mất nước, dung dịch)

(B) Phương án xử lý khi khoan cọc qua hang Caster sống (Mất nước, dung dịch)

IV Tài liệu tham khảo

- 1 - Hồ sơ thiết kế sửa đổi từ giếng chìm sang móng cọc khoan nhồi của TCT XD Thăng Long.
- 2 - Qui trình AASHTO 1996, LRFD 1998
- 3 - Hồ sơ thi công cọc khoan nhồi của Tổng công ty XD Thăng Long.
- 4 - Móng cọc trong thực tế xây dựng, Nhà xuất bản xây dựng 2000.
- 5 - Nguyễn viết Trung, Phạm huy Chính - Các công nghệ thi công cầu. NXB Xây dựng 6 - 2003
- 6 - Nguyễn viết Trung, Lê thanh Liêm , Cọc khoan nhồi trong công trình giao thông, NXB Xây dựng 4 - 2003