

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

**BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT**  
**THÍ NGHIỆM XUYÊN ĐỘNG (DCP) VÀ ỨNG DỤNG**  
**TRONG THỰC TẾ**

**Cán bộ thực hiện: TS. Nguyễn Văn Phóng**  
**Đơn vị: Bộ môn ĐKT – Khoa KH& KT Địa chất**

**Hà Nội, năm 2024**

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT  
THÍ NGHIỆM XUYÊN ĐỘNG (DCP) VÀ ỨNG DỤNG  
TRONG THỰC TẾ

Thực hiện

Bộ môn Địa chất công trình

TS. Nguyễn Văn Phóng

TS. Bùi Trường Sơn

Hà Nội, năm 2024

---

---

## MỤC LỤC

MỞ ĐẦU .....	4
1. PHƯƠNG PHÁP XUYÊN ĐỘNG (DCP) .....	5
1.1. Phương pháp và sơ đồ thí nghiệm .....	5
1.2. Thiết bị.....	5
2.2. Tiến hành thí nghiệm và xử lý số liệu .....	7
2. KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA THÍ NGHIỆM DCP.....	10
3. MỘT SỐ KẾT QUẢ ỨNG DỤNG THÍ NGHIỆM DCP.....	13
3.1. Phân chia địa tầng trong nền cát.....	13
3.2. Đánh giá cường độ của cọc đất xi măng.....	15
3.3. Đánh giá chất lượng xử lý đất yếu.....	17
3.3.1. Kết quả thí nghiệm trước gia cố .....	18
3.3.2. Kết quả thí nghiệm ngay sau gia cố.....	20
3.3.3. Kết quả thí nghiệm sau 10 ngày gia cố.....	21
3.3.4. Hiệu quả của quá trình nén chặt tức thời ngay sau khi thi công.....	24
3.3.5. Hiệu quả của quá trình cố kết sau thi công 10 ngày.....	25
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....	29
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	30

## MỞ ĐẦU

Thông tin địa kỹ thuật (ĐKT) là một một trong những thông tin quan trọng hàng đầu khi tiến hành quy hoạch, khai thác kinh tế lãnh thổ và tiến hành hoạt động xây dựng. Nó giúp các công tác này được hợp lý về kỹ thuật và kinh tế. Để có thông tin ĐKT chính xác và tin cậy, người ta tiến hành các hoạt động nghiên cứu, khảo sát ĐKT với các phương pháp, thiết bị khác nhau. Các phương pháp thí nghiệm ĐKT hiện trường như: thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT), xuyên tĩnh (CPT, CPTu và SCPTu), nén ngang (PMT, DMT), cắt cánh (VST), xuyên động (DCP),... đã được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tế. Trong các phương pháp thí nghiệm hiện trường, thí nghiệm xuyên động (DCP) là phương pháp thí nghiệm hiện trường đơn giản, gọn nhẹ, cho phép đánh giá độ đồng nhất, độ chặt hoặc trạng thái và xác định được một số chỉ tiêu cơ lý của đất. Dù vậy, phương pháp này ít được sử dụng ở nước ta do một số hạn chế như độ tin cậy thấp do ít tương quan thực nghiệm, kết quả chịu nhiều yếu tố ảnh hưởng liên quan đến hiệu quả truyền năng lượng đóng xuống mũi xuyên.

Hiện nay, nhu cầu và yêu cầu phát triển kinh tế xã hội cùng với sự phát triển đa dạng của hoạt động xây dựng, công nghệ nền móng kéo theo yêu cầu đối với công tác ĐKT có nhiều thay đổi. Ngày càng nhiều dự án có yêu cầu nhanh chóng thuận lợi, giá thành rẻ; nhiều công nghệ xử lý nền có yêu cầu thí nghiệm ở nhiều thời điểm; đối tượng khảo sát cũng phát sinh đa dạng (trước đây chỉ khảo sát điều kiện địa chất công trình, hiện nay còn cần khảo sát các kết cấu gia cố: cọc cát, cọc đất – xi măng,...). Chính vì vậy mà việc nghiên cứu đánh giá khả năng, mức độ đáp ứng của các phương pháp thí nghiệm hiện có với yêu cầu mới là rất cần thiết.

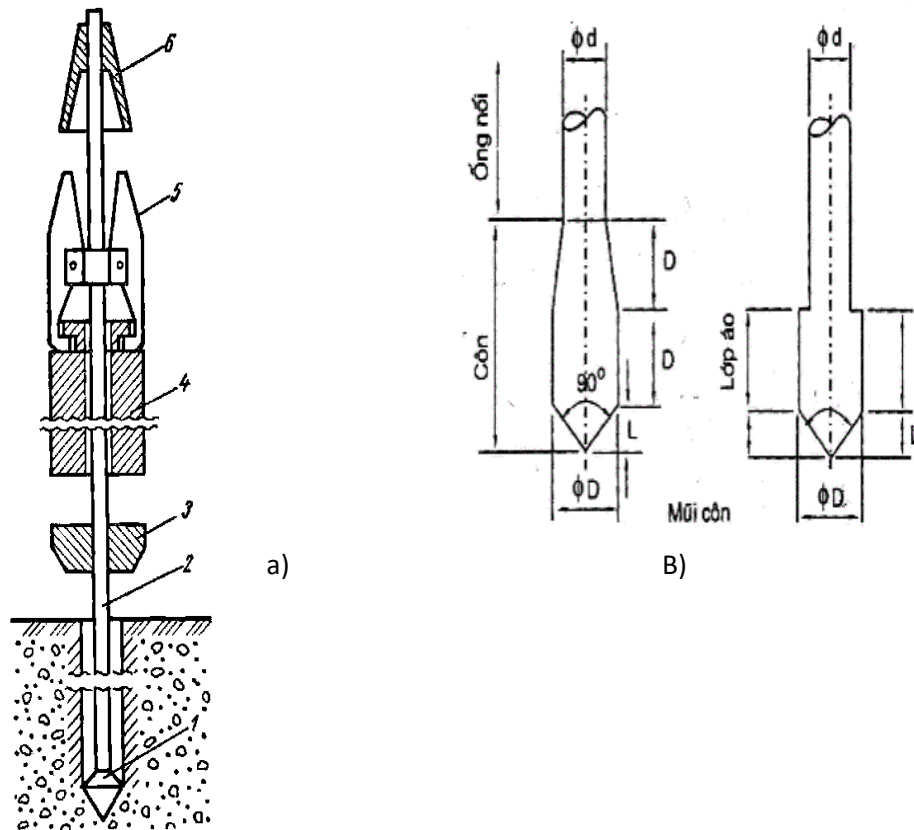
Thí nghiệm DCP với đặc điểm gọn, nhẹ, chi phí thấp nên thích hợp sử dụng trong các trường hợp điều kiện thi công chật hẹp, cần đánh giá sự biến đổi tính chất của nền theo giai đoạn, khối lượng thí nghiệm lớn hoặc sử dụng phương pháp khác không hiệu quả. Như vậy, việc nghiên cứu ứng dụng phương pháp thí nghiệm DCP trong điều kiện Việt Nam, tận dụng những ưu điểm và nâng cao hiệu quả sử dụng kết quả thí nghiệm này phù hợp với yêu cầu mới là cần thiết.

## 1. PHƯƠNG PHÁP XUYÊN ĐỘNG (DCP)

### 1.1. Phương pháp và sơ đồ thí nghiệm

Phương pháp xuyên động DCP là phương pháp thí nghiệm được tiến hành bằng cách đưa mũi xuyên hình chóp nón vào đất nhờ năng lượng của búa đóng vào đầu cần xuyên. Phương pháp xuyên động nhìn chung đơn giản, dễ sử dụng, tốc độ xuyên nhanh.

Sơ đồ nguyên lý xuyên động có mũi xuyên hình chóp nón như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm xuyên động (a) và mũi côn (b)

1. Mũi xuyên; 2. Cần xuyên; 3. Đe; 4. Búa; 5. Bộ cặp; 6. Bộ phận định vị

Nguyên lý của thí nghiệm DCP là đóng vào đất một dụng cụ gồm mũi xuyên hình chóp nón (Hình 1b) được gắn vào đầu cần xuyên. Toàn bộ cần và mũi xuyên được đóng vào đất nhờ búa có trọng lượng tiêu chuẩn, rơi tự do từ độ cao cố định. Kết quả xuyên động chịu ảnh hưởng có tính quyết định bởi các thông số kỹ thuật của thiết bị xuyên.

### 1.2. Thiết bị

Thiết bị thí nghiệm xuyên động bao gồm các bộ phận cơ bản sau:

- Mũi xuyên: Là bộ phận rất quan trọng có ảnh hưởng đến kết quả xuyên. Hiện nay mũi xuyên được tiêu chuẩn hoá có đường kính đáy mũi 74mm, góc chóp

nón 60°. Một số nước phương Tây sử dụng mũi xuyên có góc đỉnh 90°. Mũi xuyên được cấu tạo theo hai dạng: cấu trúc dương và cấu trúc âm. Mũi xuyên cấu trúc dương được cấu tạo đầu trên có ren để liên kết với cần xuyên. Mũi xuyên có cấu trúc âm không có bộ phận liên kết với cần. Khi xuyên hết chiều sâu thiết kế, cần xuyên được kéo lên và để mũi xuyên lại trong đất. Hình 2 là mũi xuyên động có góc đỉnh 90 độ.

- Cần xuyên: Thường có chiều dài 1000 hay 1500 mm. Đường kính cần được chế tạo nhỏ hơn đường kính mũi xuyên từ  $1,6 \div 2$  lần để làm giảm ma sát giữa cần và đất. Cần và mũi xuyên được chế tạo bằng thép đặc biệt, có khả năng không bị biến dạng khi xuyên.

- Búa: Là bộ phận đóng để đưa cần và mũi xuyên vào đất. Trọng lượng búa có thể khác nhau theo từng loại thiết bị và được chọn phù hợp với điều kiện đất nền. Búa có thể được đóng bằng thủ công hay thiết bị cơ khí. Bảng 1 là khối lượng và chiều cao rơi búa của một số thiết bị.

- Đe: Khi búa rơi đập vào đe và truyền lực tác động của búa vào cần và mũi xuyên để đưa mũi xuyên vào đất. Đe cũng được chế tạo từ loại thép tốt để tránh hư hỏng khi búa đập liên tục trong quá trình xuyên.

*Bảng 1. Khối lượng và chiều cao rơi búa của một số thiết bị DCP.*

Loại xuyên	Khối lượng búa, (kg)	Chiều cao rơi H, cm	Nước sản xuất
R AБ 10	10	50	Đức
RA –50	50	50	Đức
DPA, DPB	63,5	75	UB Châu Âu
Yb II - 15	60	80	Liên Xô

*Bảng 2. Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị xuyên động theo GOXT – 19912 – 74*

Thành phần và đặc trưng của thiết bị	Các thông số của thiết bị theo từng loại xuyên động		
	Nhẹ	Trung bình	Nặng
Mũi xuyên: - Dạng hình học - Đường kính đáy chóp, mm	Chóp nón, góc đỉnh 60° 74		
Cần xuyên: - Đường kính, mm - Chiều dài từng đoạn, mm	42 1500		
Bộ phận đóng:			

- Khối lượng búa, kg	30	60	120
- Chiều cao rơi búa, cm	40	80	100
Bộ phận đo:			
- Giá trị vạch chia của thang, cm	1 ± 0,1		

Thiết bị xuyên loại nhẹ được sử dụng khi  $q_d \leq 7 \text{ kG/cm}^2$ ; loại trung bình sử dụng khi  $7 < q_d \leq 175 \text{ kG/cm}^2$  và loại nặng sử dụng khi  $q_d > 175 \text{ kG/cm}^2$ . Trên Hình 3 là thiết bị xuyên động loại 10kg của hãng Tecnotest (Italy)



Hình 2. Thiết bị xuyên động loại 10kg của hãng Tecnotest (Italy)

## 2.2. Tiến hành thí nghiệm và xử lý số liệu

Nhìn chung, thủ tục thí nghiệm tuân thủ theo tiêu chuẩn áp dụng và hướng dẫn sử dụng từ nhà sản xuất. Hiện nay thường áp dụng các tiêu chuẩn SNip 44-72, TCXD 112: 1984, TCVN 10272:2014, ASTM D6951-03, EN ISO 22476-3 tùy theo mục đích sử dụng thí nghiệm.

Trước khi tiến hành xuyên động phải lắp đặt thiết bị xuyên đúng vị trí thiết kế và kiểm tra toàn bộ thiết bị. Thí nghiệm sử dụng búa có khối lượng m được nâng lên độ cao H (các thiết bị phổ thông thường có  $H = 50\text{cm}$ ) và thả rơi xuống đóng vào đe để ấn mũi xuyên đi vào đất. Trong quá trình xuyên phải đóng liên tục, búa phải rơi tự do và đúng chiều cao quy định, độ nghiêng cần xuyên  $\leq 2\%$ , nhịp đập của búa 20 – 60 búa/phút, tốt nhất là 30 búa/ phút. Quá trình xuyên được tiến hành liên tục đến độ sâu thiết kế hoặc khi tốc độ xuyên giảm rõ rệt, chỉ được ngừng xuyên để nối cần.

Việc xử lý số liệu phụ thuộc vào tiêu chuẩn áp dụng. Trong đó, chỉ số quan trọng cần xác định là sức kháng xuyên động ( $q_d$ ).

a) Theo SNip 44-72

Khả năng kháng xuyên động được định nghĩa là số búa cần thiết (n) để đẩy mũi xuyên đi vào đất một độ sâu nhất định (s = 10cm). Các đại lượng cần được xác định trong thí nghiệm DCP là cường độ sức kháng xuyên động giả định (N) và sức kháng xuyên động đơn vị (q<sub>d</sub>). Theo SNip 44-72, N và q<sub>d</sub> được xác định theo các biểu thức (1) và (2).

$$N = \frac{10n}{s(\alpha + \beta - 1)} \tag{1}$$

trong đó:

n - số nhất búa cần thiết để đưa mũi xuyên đi được một khoảng s (thường s = 10cm);

α - hệ số hiệu chỉnh ma sát, tra theo Bảng 2;

β - hệ số hiệu chỉnh trọng lượng cần, tra theo Bảng 2.

$$q_d = N \cdot \Pi_o \Phi \frac{(m + e^2 \cdot m')}{(m + m')} \tag{2}$$

Π<sub>o</sub> - hệ số xét đến ảnh hưởng của thiết bị và chiều cao rơi búa (bằng 30 kG/cm với loại nhẹ, 110 kG/cm với loại trung bình, 280 kG/cm với loại nặng);

m – khối lượng búa, kg

m' - khối lượng của thiết bị tác động lên đầu xuyên, kg;

e - hệ số phục hồi năng lượng đàn hồi: e = 0,56;

Φ - hệ số xét đến ảnh hưởng của ma sát giữa cần và đất, xác định theo Bảng 1;

Bảng 3. Bảng tra hệ số Φ

Chiều sâu xuyên, m	0.5-1.5	1.5-4	4-8	8-12	12-16	16-20
Φ	1	0.92	0.84	0.76	0.68	0.60

Bảng 4. Giá trị các hệ số hiệu chỉnh α, β theo V. A. Durante

Khoảng độ sâu xuyên, m	Hệ số hiệu chỉnh α	Hệ số hiệu chỉnh β
0-3	1,00	1,00
3-6	1,13	1,08
6-9	1,26	1,17
9-12	1,39	1,24
12-15	1,51	1,30
15-18	1,64	1,37
18-21	1,77	1,42



b) Theo TCXD 112: 1984 và EN ISO 22476-3

Sức kháng xuyên động  $q_d$  được tính theo công thức được gọi là công thức Hà Lan (Sanglerat 1972; Cassan 1988):

$$q_d = \frac{gHm^2}{(m + m')A} 10n$$

Với A là diện tích tiết diện ngang của mũi côn.

Kết quả thí nghiệm DCP được biểu diễn trên biểu đồ  $q_d$  hoặc n theo độ sâu.

c) Theo TCVN 10272:2014, ASTM D6951-03

Theo các tiêu chuẩn này, cần xác định độ sâu tích lũy theo số búa, tính độ xuyên cho mỗi nhát búa (được gọi là chỉ số DCP) và biểu diễn theo độ sâu. Từ chỉ số DCP, xác định được chỉ tiêu CBR theo tương quan:

- Đất thuộc nhóm CL có CBR < 10:  $CBR = 1 / (0.017019 * DCP)^2$
- Đất thuộc nhóm CH:  $CBR = 1 / 0.002871 * DCP$

## 2. KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA THÍ NGHIỆM DCP

Nhiệm vụ của công tác khảo sát ĐKT là cung cấp đủ thông tin cho công tác thiết kế, thi công, kiểm tra chất lượng của giải pháp nền móng. Để thu thập thông tin, cần tiến hành các phương pháp thí nghiệm trong phòng và hiện trường. Mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng riêng nên trong thực tế thường phải kết hợp nhiều phương pháp thí nghiệm (tổ hợp các phương pháp) nhằm tăng độ tin cậy và nâng cao tính hiệu quả của phương án khảo sát. Để có được tổ hợp phương pháp hợp lý (đảm bảo tin cậy, hiệu quả), cần nắm rõ ưu nhược điểm và khả năng sử dụng của mỗi phương pháp.

Thí nghiệm DCP có ưu điểm gọn nhẹ, thi công đơn giản, giá thành thấp. Thông thường, phương pháp xuyên động sử dụng khi nghiên cứu đất rời có hiệu quả rất tốt. Trong khảo sát địa chất công trình trước đây, phương pháp DCP được dùng để giải quyết các nhiệm vụ sau:

- Phân chia địa tầng và đánh giá mức độ đồng nhất của các lớp đất;
- Đánh giá được độ chặt của đất rời và trạng thái của đất loại sét;
- Xác định được một số đặc trưng về độ bền và biến dạng của đất;
- Cho phép xác định được chiều sâu và lớp đặt mũi cọc.

Khi khảo sát ĐKT đối với đất rời, việc áp dụng phương pháp xuyên động sẽ cho phép bổ sung đầy đủ hơn các thông tin ĐKT của đất nền phục vụ thiết kế công trình.

Ngoài ra, hiện nay thí nghiệm DCP còn được dùng để đánh giá chất lượng nền đắp (chỉ số CBR - TCVN 10272:2014), đánh giá cường độ của kết cấu gia cố. Do đặc điểm gọn nhẹ, giá thành rẻ nên có thể tiến hành thí nghiệm DCP ở nhiều thời điểm, diện tích thi công hẹp. Nhờ vậy, phương pháp còn cho phép đánh giá được mức độ gia tăng tính chất xây dựng của đất yếu và mức độ gia tăng cường độ của kết cấu gia cố theo thời gian. Tuy nhiên, do thí nghiệm DCP không trực tiếp xác định được các chỉ tiêu tính chất của đất nên khi sử dụng cần có sự kết hợp với các phương pháp thí nghiệm khác như thí nghiệm cắt, nén trong phòng, thí nghiệm cắt cánh hiện trường, ...

Sử dụng kết quả xuyên có thể xác định một số đặc trưng cơ lý của một số loại đất (chủ yếu là đất loại cát) như sức chịu tải quy ước ( $R_0$ ), mô đun tổng biến dạng ( $E_0$ ), độ chặt của cát (Lê Trọng Thắng, 2014).

Sức chịu tải quy ước của đất cát có thể được xác định theo Bảng 5.

Bảng 5. Xác định sức chịu tải của đất cát theo  $q_d$  (SNip - 448 -72)

Sức kháng xuyên động đơn vị, $q_d$ , kG/cm <sup>2</sup>	Sức chịu tải quy ước $R_o$ , kG/cm <sup>2</sup>
10	1.0
30	2.5
50	4.0
70	5.5

Mô đun tổng biến dạng của đất loại sét được xác định theo biểu thức (3), với đất loại cát  $E_o$  được xác định theo Bảng 6.

$$E_o = 6q_d \quad (3)$$

Bảng 6. Mô đun tổng biến dạng của cát theo  $q_d$  (SNip - 448 -72)

Sức kháng xuyên động đơn vị, $q_d$ , kG/cm <sup>2</sup>	Mô đun biến dạng E, kG/cm <sup>2</sup>		
	Hạt to và hạt vừa	Hạt nhỏ	Hạt mịn
20	160÷200	130	80
35	210÷260	190	130
70	340÷390	290	220
110	440÷490	350	280
140	500÷550	400	320
175	550÷600	450	350

Độ chặt của đất loại cát được xác định theo  $q_d$  như Bảng 7.

Bảng 7. Phân loại độ chặt kết cấu của cát theo sức kháng xuyên đơn vị  $q_d$  (SNip - 448 -72)

Thành phần và trạng thái của cát	$q_d$ , kG/cm <sup>2</sup>	Độ chặt
Cát có kết cấu tự nhiên hạt to và vừa, không phụ thuộc độ ẩm	< 35	Rời
	35 ÷ 125	chặt vừa
	> 125	chặt
Hạt nhỏ, ẩm ít	< 30	Rời
	30 ÷ 110	chặt vừa
	> 110	chặt
Hạt nhỏ ẩm ít và hạt nhỏ bão hoà nước	< 20	Rời

---

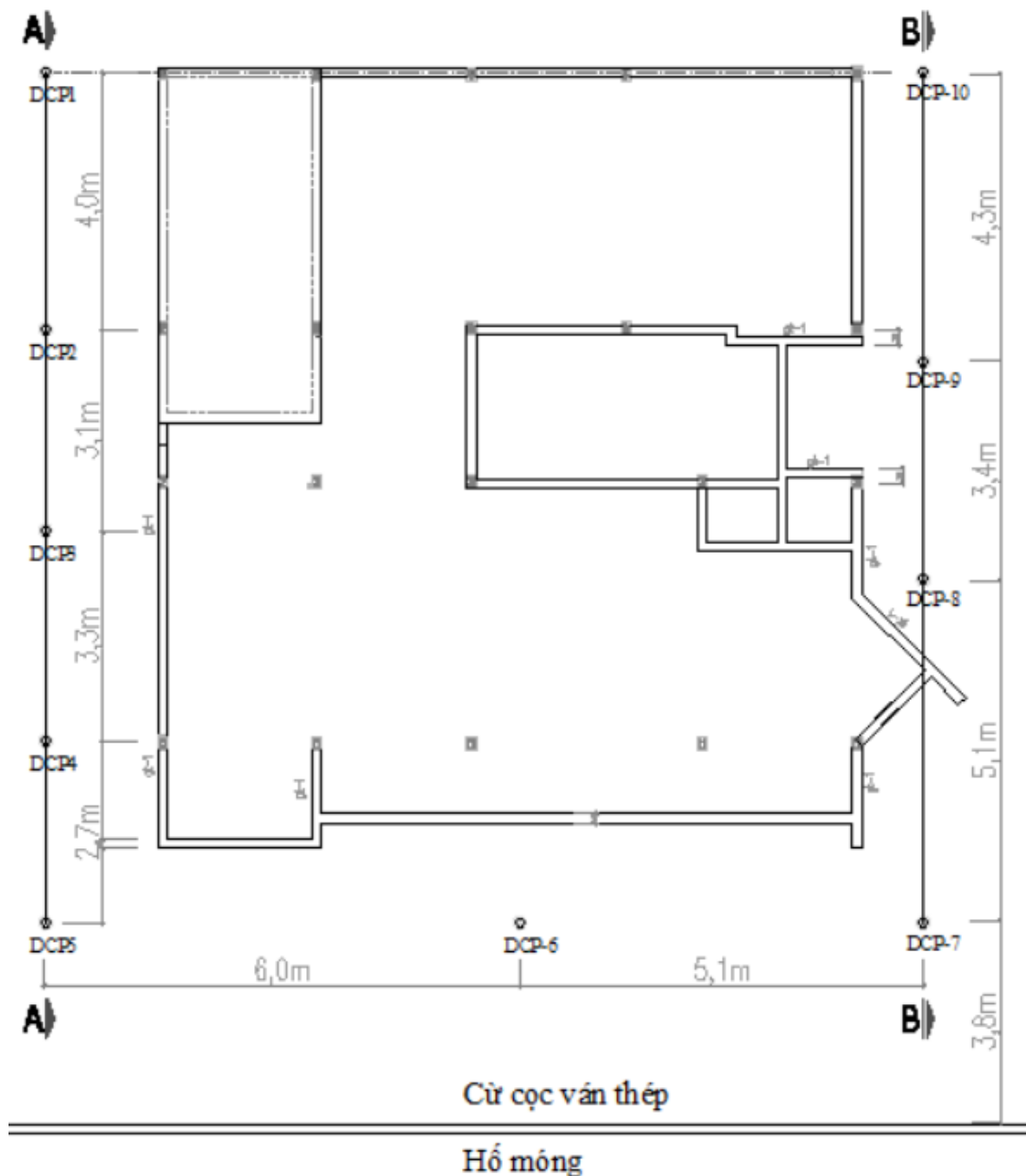
---

	20 ÷ 85 > 85	chặt vừa chặt
Cát mới đắp dưới nước (sau 1 tháng) hạt nhỏ, hạt vừa, ẩm ít	< 35 35 ÷ 110 > 110	Rời chặt vừa chặt
Hạt nhỏ và hạt vừa bão hoà nước	< 20 20 ÷ 85 > 85	Rời chặt vừa chặt

### 3. MỘT SỐ KẾT QUẢ ỨNG DỤNG THÍ NGHIỆM DCP

#### 3.1. Phân chia địa tầng trong nền cát

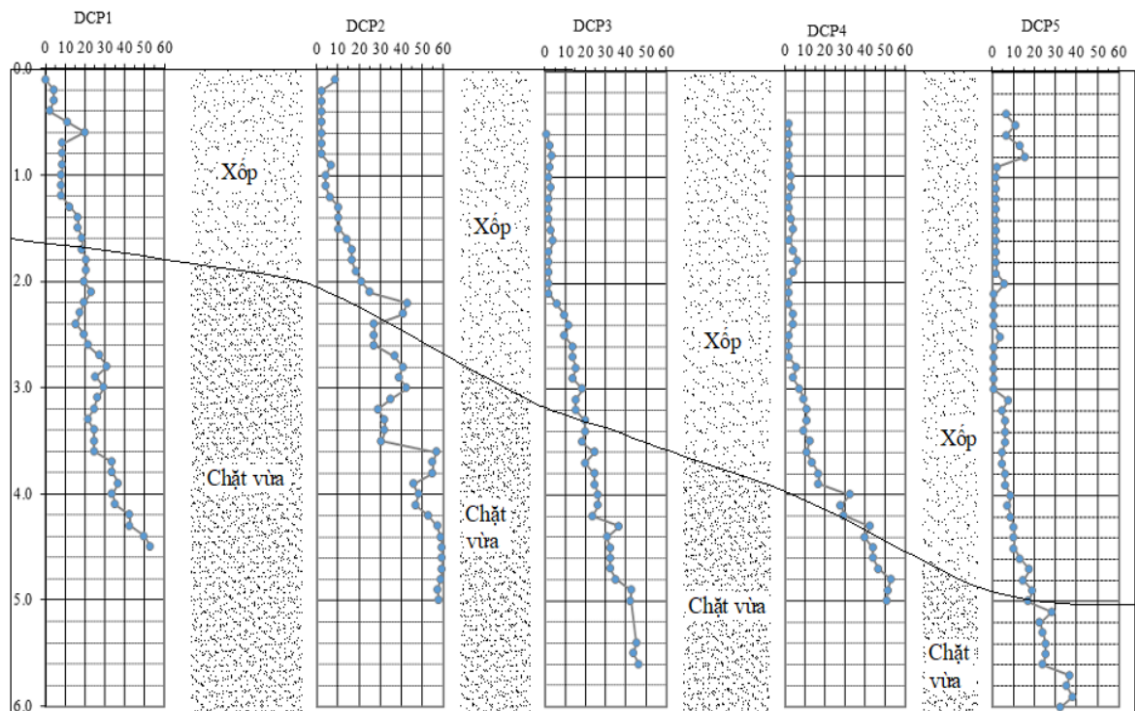
Nền đất Công trình nhà dân tại số 102, Xuân Diệu, Tây Hồ, Hà Nội trong phạm vi 10m chỉ có mặt đất cát mịn. Để có số liệu thiết kế giải pháp nền móng cho công trình, cần phân chia địa tầng, khoan vùng theo độ chặt của lớp cát. Phương án đưa ra là tiến hành thí nghiệm 10 hố DCP trong phạm vi khảo sát, từ đó xác định  $q_d$  và biểu diễn theo độ sâu. Sơ đồ bố trí các hố DCP được biểu diễn trên Hình 3. Tổng hợp kết quả được biểu diễn trong Bảng 11. Trong đó, cát hạt nhỏ bão hòa nước ở trạng thái xốp khi  $q_d \leq 20 \text{ kG/cm}^2$ . Tổng hợp kết quả xác định địa tầng được biểu diễn trong Bảng 8 và các hình 4, 5.



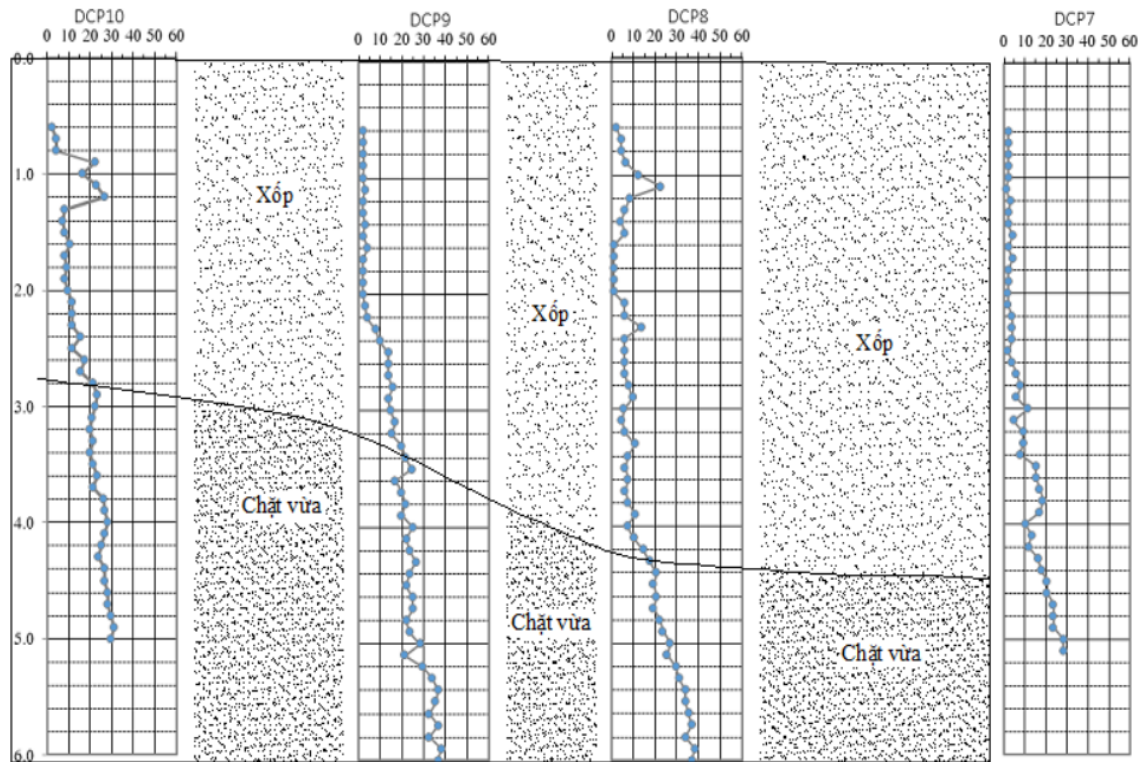
Hình 3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm DCP tại VT2

Bảng 8. Bảng tổng hợp kết quả xác định phạm vi phân bố thí nghiệm DCP

Ký hiệu hố xuyên	Độ sâu (m)	Phạm vi phân cần xử lý ( $q_d \leq 20 \text{ kG/cm}^2$ )		Bề dày đất xốp
		Từ (m)	Đến (m)	Dày (m)
DCP1	4.5	0.0	1.8	1.8
DCP2	5	0.0	2.0	2.0
DCP3	5.3	0.5	3.3	2.8
DCP4	5	0.5	3.9	3.4
DCP5	6	0.3	5.0	4.7
DCP6	6	0.6	4.6	4.0
DCP7	5.1	0.5	4.5	4.0
DCP8	6	0.5	4.4	3.9
DCP9	6	0.6	3.3	2.7
DCP10	5	0.5	2.8	2.3



Hình 4. Mặt cắt A-A



Hình 5. Mặt cắt B-B

### 3.2. Đánh giá cường độ của cọc đất xi măng

Dự án Nhà máy nhiệt điện Hải Dương được triển khai tại huyện Kinh Môn, tỉnh Hải Dương, Việt Nam. Khu vực bãi xỉ của Nhà máy nằm trên nền đất yếu và được xử lý bằng cọc đất – xi măng (CDM). Trước khi thi công đại trà, đơn vị thi công tiến hành thi công thử 4 cọc CDM. Phạm vi xử lý từ độ sâu 2,0m đến độ sâu 10m. Chất lượng của cọc được đánh giá sau 3 ngày tuổi bằng cách kết hợp thí nghiệm DCP và thí nghiệm cường độ mẫu thân cọc. Cường độ của mẫu thân cọc tại 3 ngày tuổi ( $q_{u3}$ ) được kiến nghị lấy bằng 60% cường độ mẫu thử tại 28 ngày tuổi. Kết hợp số liệu thí nghiệm cường độ mẫu thân cọc và sức kháng xuyên động tại 3 ngày tuổi ( $q_{d3}$ ), xác định được trị số sức kháng xuyên động tối thiểu là  $q_{d3} = 10 \text{ kG/cm}^2$  để cọc đảm bảo cường độ yêu cầu.

Thí nghiệm DCP được tiến hành tại tất cả các cọc thử với khối lượng 4 hó. Khối lượng, vị trí và độ sâu thí nghiệm được tổng hợp trong Bảng 9.

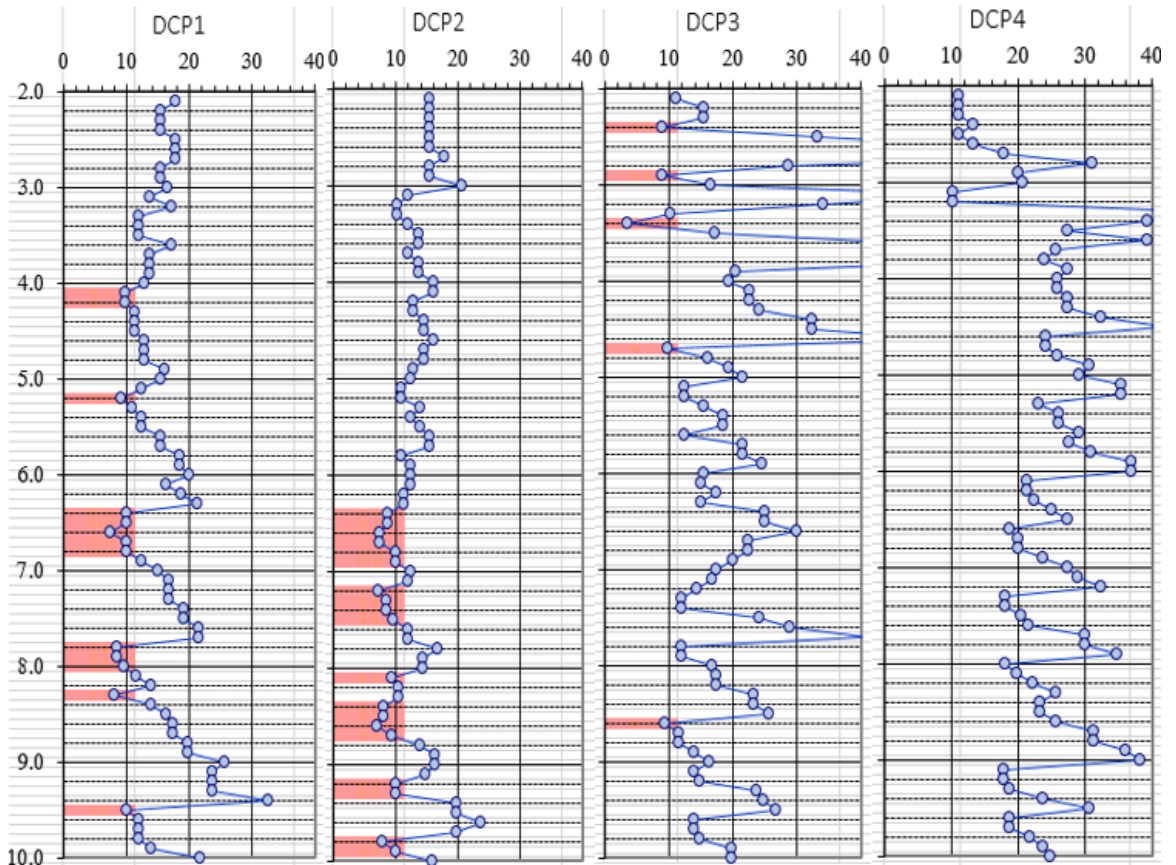
Kết quả đánh giá chất lượng cọc CDM bằng thí nghiệm DCP dựa trên biểu đồ  $q_{d3}$  theo độ sâu được biểu diễn trên Hình 6. Các biểu đồ này cho phép đánh giá mức

độ đồng nhất của cọc, đồng thời xác định được các vị trí có cường độ cọc không đạt (vị trí được bôi đậm trên biểu đồ Hình 10). Dựa vào biểu đồ  $q_{d3}$  trên Hình 10 và số liệu trong Bảng 12, có thể thấy các cọc CQ-14, CQ-16 tương đối đồng nhất (độ lệch chuẩn thấp), nhưng có tỷ lệ đoạn cọc không đạt về cường độ khá lớn, lần lượt là 15,9% và 23,2%, chủ yếu tập trung ở phần dưới cọc; Cọc CQ-18 rất không đồng nhất (có độ lệch chuẩn lớn nhất), độ lệch giữa giá trị lớn nhất ( $Max = 72,9 \text{ kG/cm}^2$ ) và nhỏ nhất ( $Min = 3,4 \text{ kG/cm}^2$ ) rất lớn, thể hiện chất lượng thi công kém; Duy nhất cọc CQ-20 không có đoạn cọc không đạt.

Bảng 9. Tổng hợp khối lượng thí nghiệm DCP kiểm tra chất lượng cọc CDM

Ký hiệu cọc CDM	Chiều dài cọc, m	Hố xuyên động		Sức kháng xuyên động $q_{d3}$ , $\text{kG/cm}^2$				Đoạn cọc không đạt	
		Ký hiệu	Độ sâu	Max	Min	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Chiều dài, m	Tỷ lệ, %
CQ-14	8,0	DPT1	10,0	32,6	7,5	15,2	4,6	1,30	15,9
CQ-16	8,0	DPT2	10,0	23,7	7,0	13,1	3,5	1,90	23,2
CQ-18	8,0	DPT3	10,0	72,9	3,4	22,0	12,4	0,50	6,1
CQ-20	8,0	DPT4	10,0	46,1	10,2	25,1	7,6	0,00	0,0





Hình 6. Kết quả đánh giá chất lượng cọc CDM theo thí nghiệm DCP (đoạn cọc không đạt được bồi đậm)

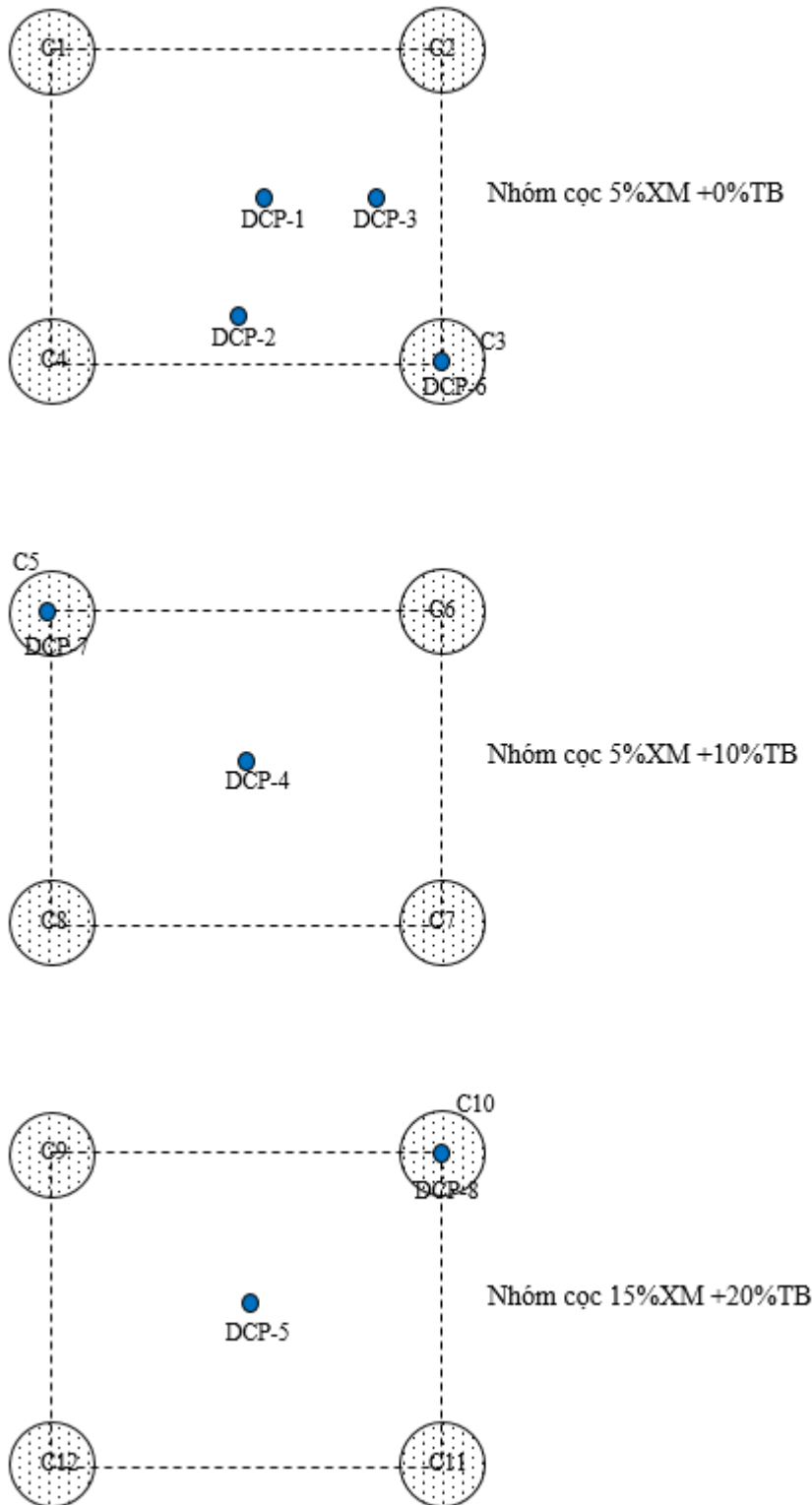
### 3.3. Đánh giá chất lượng xử lý đất yếu

Công tác thực nghiệm gia cố nền đất yếu bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay thuộc đề tài mã số RD 40-20 được triển khai thực tế tại Khu Công nghiệp Lai Cách, tỉnh Hải Dương.

Thí nghiệm xuyên động (DCP) được tiến hành từ ngày 18/11/2021 đến ngày 28/11/2021 nhằm kiểm tra, đánh giá chất lượng gia cố nền đất yếu bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay.

Quá trình triển khai thí nghiệm DCP tại hiện trường tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn kỹ thuật (TCXD 112 : 1984 và ASTM D6951/D6951M-18).

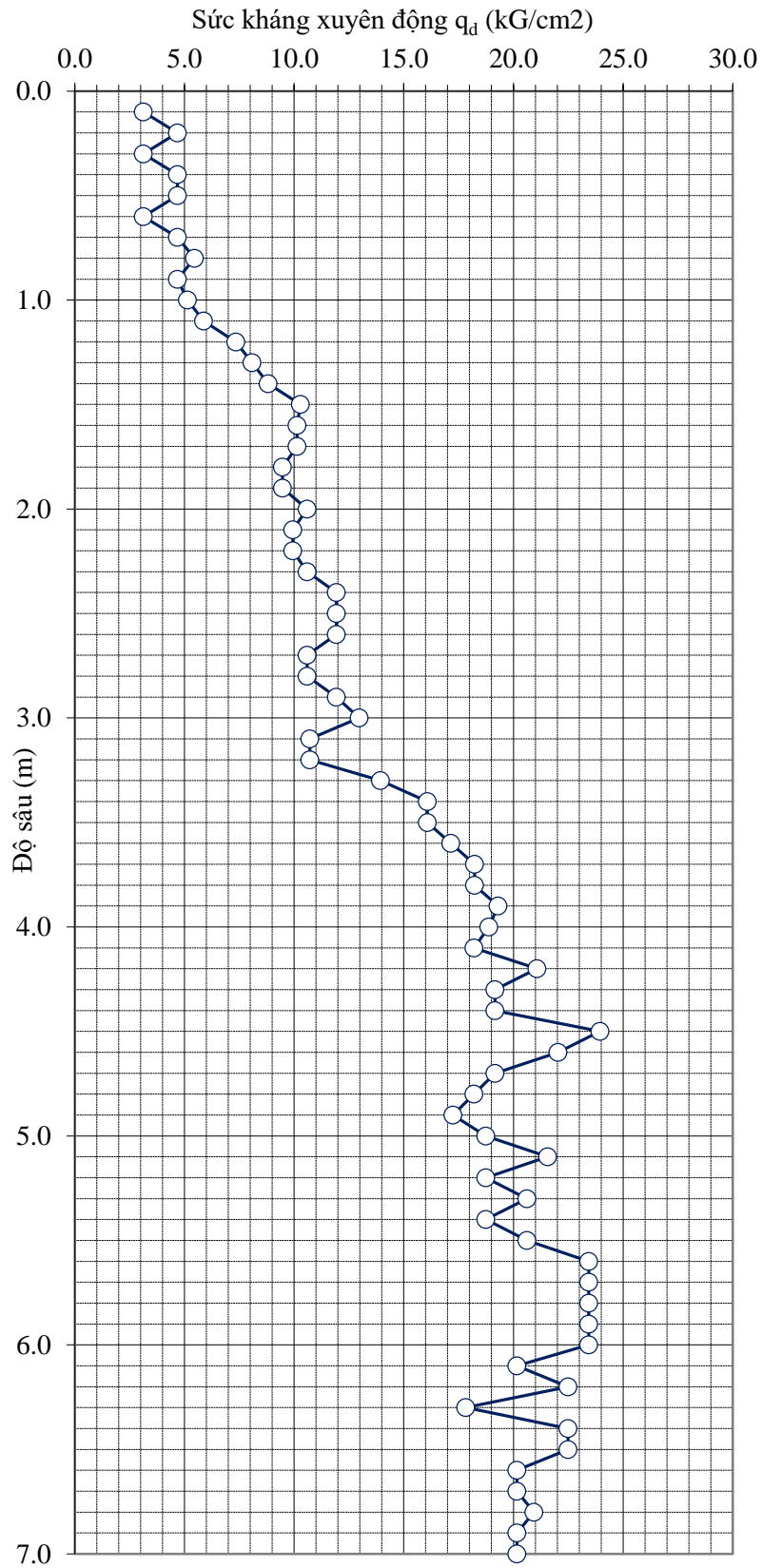
Sơ đồ bố trí thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 7.



Hình 7. Vị trí các hố xuyên DCP thực tế

### 3.3.1. Kết quả thí nghiệm trước gia cố

Hố xuyên DCP-1 được tiến hành thí nghiệm trước khi gia cố nền, kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 8 và Bảng 10.



Hình 8. Biểu đồ kết quả thí nghiệm DCP trước khi gia cố nền

Bảng 10. Kết quả thí nghiệm trước gia cố

Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4
Sức kháng xuyên động	$q_d$	$\text{kG/cm}^2$	3.90	5.12	9.69	17.24
Mô đun tổng biến dạng (Theo G. K. Bôndaric)	$E_o$	$\text{kG/cm}^2$	12.05	15.83	29.94	53.26
Sức chịu tải quy ước (Theo CHuΠ II.15 – 74)	$R_o$	$\text{kG/cm}^2$	0.54	0.63	0,98	1.54

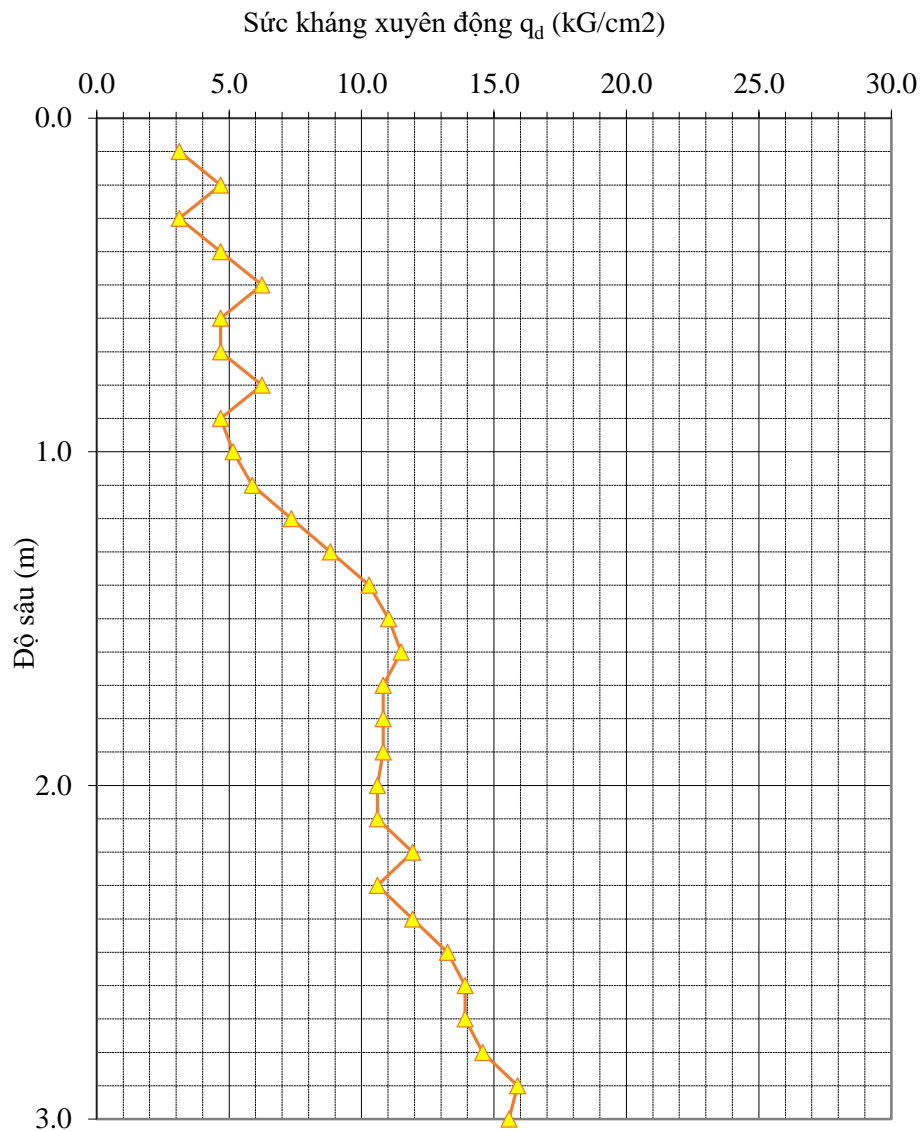
Kết quả trong bảng 4 cho thấy các lớp 1, 2, 3 là các lớp có  $E_o < 50 \text{ kG/cm}^2$ ;  $R_o < 1,0 \text{ kG/cm}^2$ . Do vậy, công tác kiểm tra hiệu quả gia cố nền chủ yếu tập trung trong các lớp đất này.

### 3.3.2. Kết quả thí nghiệm ngay sau gia cố

Hố xuyên DCP-2 được tiến hành thí nghiệm trong nền ngay sau khi gia cố nền, kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 9 và Bảng 11.

Bảng 11. Kết quả thí nghiệm ngay sau gia cố

Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3
Sức kháng xuyên động	$q_d$	$\text{kG/cm}^2$	3.90	5.61	10.72
Mô đun tổng biến dạng (Theo G. K. Bôndaric)	$E_o$	$\text{kG/cm}^2$	12.05	17.34	33.13
Sức chịu tải quy ước (Theo CHuΠ II.15 – 74)	$R_o$	$\text{kG/cm}^2$	0.54	0.67	1.05

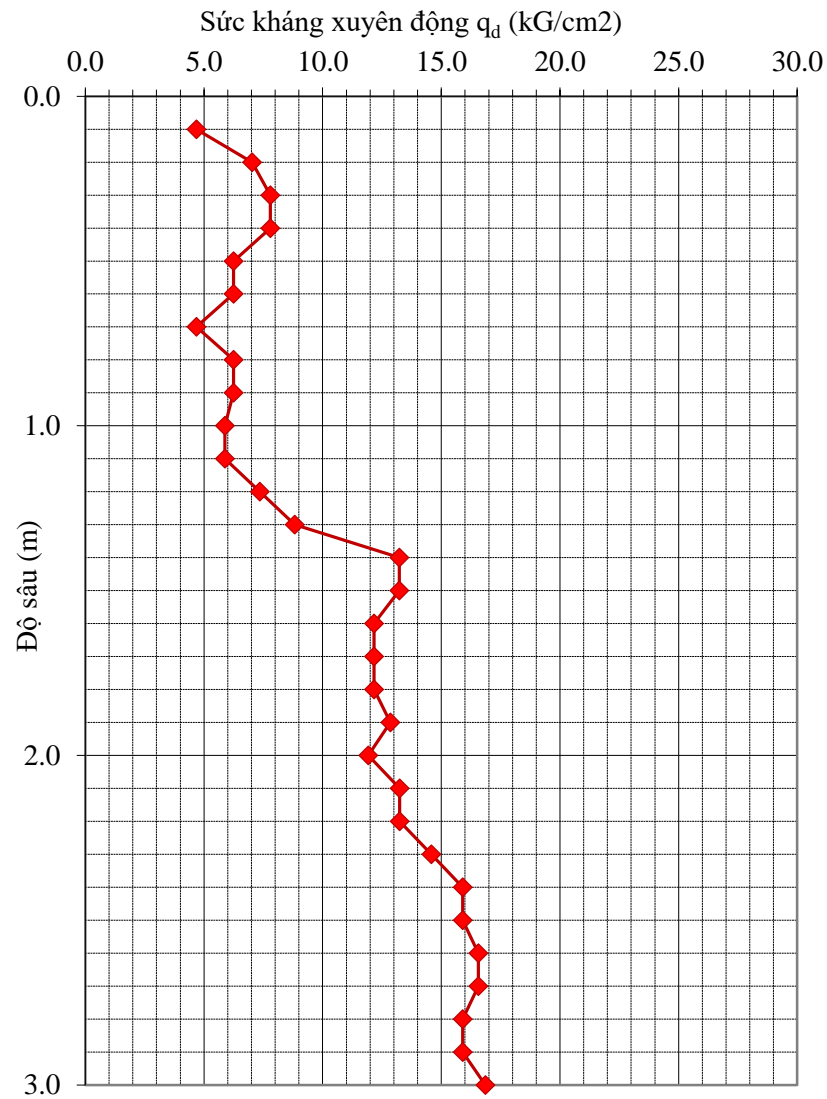


Hình 9. Biểu đồ kết quả thí nghiệm DCP ngay sau khi gia cố nền

### 3.3.3. Kết quả thí nghiệm sau 10 ngày gia cố

\* Tại vị trí nhóm cọc 5% xi măng, 0% tro bay

Hố xuyên DCP-3 được tiến hành thí nghiệm trong nền sau 10 ngày gia cố nền bằng cọc cát biển – xi măng – tro bay với hàm lượng 5% xi măng + 0% tro bay (5%XM+0%TB), kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 10 và bảng 12.



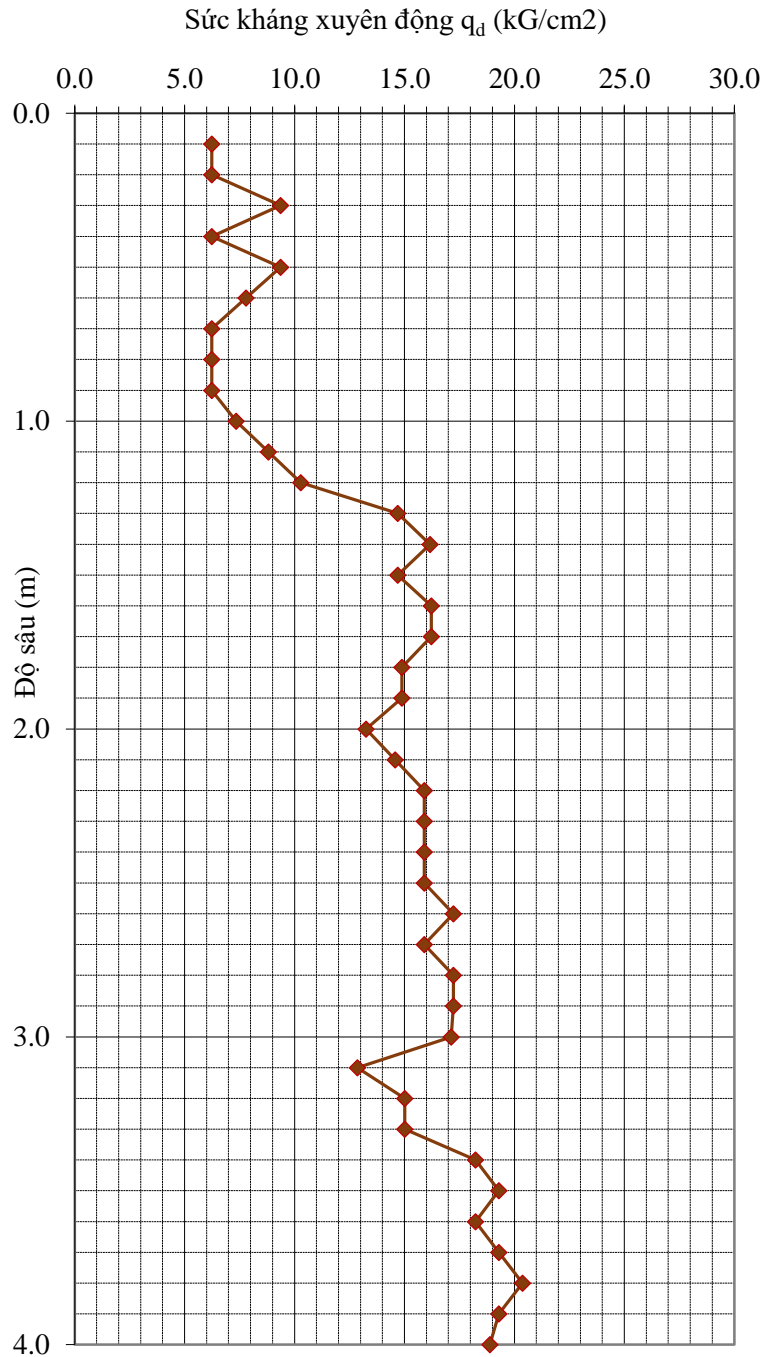
Hình 10. Biểu đồ kết quả thí nghiệm DCP sau 10 ngày gia cố (5%XM+0%TB)

Bảng 12. Kết quả thí nghiệm ngay sau 10 ngày gia cố (5%XM+0%TB)

Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3
Sức kháng xuyên động	$q_d$	kG/cm <sup>2</sup>	6.83	6.09	12.31
Mô đun tổng biến dạng (Theo G. K. Bôndaric)	$E_o$	kG/cm <sup>2</sup>	21.09	18.83	38.03
Sức chịu tải quy ước (Theo CHuΠ II.15 – 74)	$R_o$	kG/cm <sup>2</sup>	0.76	0.71	1.17

**\* Tại vị trí nhóm cọc 5% xi măng, 10% tro bay**

Hố xuyên DCP-4 được tiến hành thí nghiệm trong nền sau 10 ngày gia cố nền với hàm lượng 5% xi măng + 10% tro bay, kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 11 và Bảng 13.



Hình 11. Biểu đồ kết quả thí nghiệm DCP sau 10 ngày gia cố (5%XM+10%TB)

Bảng 13. Kết quả thí nghiệm ngay sau 10 ngày gia cố (5%XM+10%TB)

Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4
Sức kháng xuyên động	$q_d$	kG/cm <sup>2</sup>	7.02	7.79	15.15	18.58
Mô đun tổng biến dạng (Theo G. K. Bôndaric)	$E_o$	kG/cm <sup>2</sup>	21.69	24.08	46.81	57.40
Sức chịu tải quy ước (Theo CHuΠ II.15 – 74)	$R_o$	kG/cm <sup>2</sup>	0.78	0.83	1.39	1.64

## \* Tại vị trí nhóm cọc 15% xi măng, 20% tro bay

Hố xuyên DCP-5 được tiến hành thí nghiệm trong nền sau 10 ngày gia cố nền bằng cọc cát biển – xi măng – tro bay với hàm lượng 15% xi măng + 20% tro bay (15%XM+20%TB), kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên bảng 14.

Bảng 14. Kết quả thí nghiệm ngay sau 10 ngày gia cố (15%XM+20%TB)

Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3
Sức kháng xuyên động	$q_d$	kG/cm <sup>2</sup>	8.97	8.55	15.71
Mô đun tổng biến dạng (Theo G. K. Bôndaric)	$E_o$	kG/cm <sup>2</sup>	27.72	26.42	48.56
Sức chịu tải quy ước (Theo CHuΠ II.15 – 74)	$R_o$	kG/cm <sup>2</sup>	0.92	0.89	1.43

## 3.3.4. Hiệu quả của quá trình nén chặt tức thời ngay sau khi thi công

Ngay sau khi thi công cọc cát biển – xi măng – tro bay, tiến hành thí nghiệm DCP tại vị trí giữa nhóm cọc (Hố DCP – 2, Hình 1). Kết quả cho thấy sức kháng xuyên động  $q_d$  và mô đun tổng biến dạng  $E_o$  tăng 9,50% trong lớp 2, và tăng 10,70% trong lớp 3; Sức chịu tải quy ước tăng 5,80% ở lớp 2 và 7,90% trong lớp 3. Kết quả được biểu diễn chi tiết trong Bảng 15.



Bảng 15. Đánh giá hiệu quả của quá trình nén chặt tức thời ngay sau khi thi công

Chỉ tiêu đánh giá	Lớp 2			Lớp 3		
	Trước gia cố	Ngay sau gia cố	Gia tăng	Trước gia cố	Ngay sau gia cố	Gia tăng
$q_d$ (kG/cm <sup>2</sup> )	5.12	5.61	9.50 %	9.69	10.72	10.70 %
$E_o$ (kG/cm <sup>2</sup> )	15.83	17.34	9.50 %	29.94	33.13	10.70 %
$R_o$ (kG/cm <sup>2</sup> )	0.63	0.67	5.80 %	0.98	1.05	7.90%

### 3.3.5. Hiệu quả của quá trình cố kết sau thi công 10 ngày

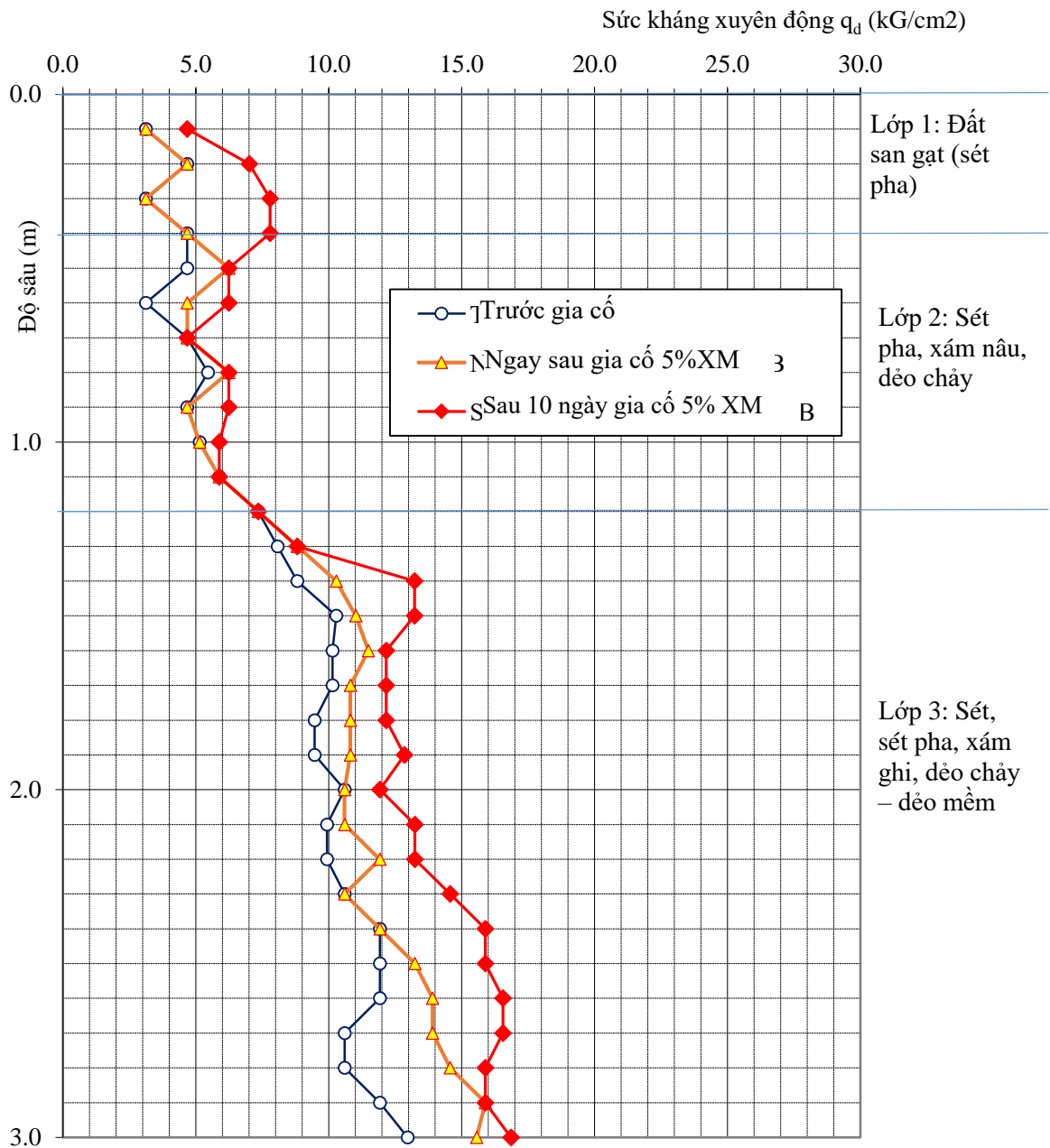
#### 1) Trong nhóm cọc 5%XM+0%TB

Sau thời gian 10 ngày gia cố cọc cát biển – xi măng – tro bay với hàm lượng 5%XM+0%TB, tiến hành thí nghiệm DCP tại vị trí giữa nhóm cọc (Hố DCP – 3, Hình 1). Kết quả cho thấy sức kháng xuyên động  $q_d$  và mô đun tổng biến dạng  $E_o$  tăng 18,90% trong lớp 2, và tăng 27,00% trong lớp 3; Sức chịu tải quy ước tăng 11,50% ở lớp 2 và 20,1% trong lớp 3. Kết quả được biểu diễn chi tiết trong Bảng 16.

Mức độ gia tăng  $q_d$  theo độ sâu tại các thời điểm trước và sau gia cố được biểu diễn chi tiết trên hình 12.

Bảng 16. Đánh giá hiệu quả của quá gia cố trong nhóm cọc 5%XM+0%TB

Chỉ tiêu đánh giá	Lớp 2			Lớp 3		
	Trước gia cố	Ngay sau gia cố	Gia tăng	Trước gia cố	Ngay sau gia cố	Gia tăng
$q_d$ (kG/cm <sup>2</sup> )	5.12	6.09	18.9%	9.69	12.31	27.0%
$E_o$ (kG/cm <sup>2</sup> )	15.83	18.83	18.9%	29.94	38.03	27.0%
$R_o$ (kG/cm <sup>2</sup> )	0.63	0.71	11.5%	0.98	1.17	20.1%



Hình 12. Biểu đồ so sánh mức độ gia tăng  $q_d$  của nền đất theo độ sâu  
 Trong nhóm cọc 5%XM+0%TB

2) Trong nhóm cọc 5%XM+10%TB

Sau 10 ngày gia cố cọc cát biển – xi măng – tro bay vôi, tiến hành thí nghiệm DCP tại vị trí giữa nhóm cọc có hàm lượng 5%XM+10%TB (Hố DCP – 4, Hình 1). Kết quả cho thấy sức kháng xuyên động  $q_d$  và mô đun tổng biến dạng  $E_0$  của lớp 2 tăng 52,1%, lớp 3 tăng 56,4%; Sức chịu tải quy ước tăng 31,5% ở lớp 2 và 41,9% trong lớp 3.

Bảng 17. Kết quả đánh giá trong nhóm cọc 5%XM+10%TB

Chi tiêu đánh giá	Lớp 2			Lớp 3		
	Trước gia cố	Ngay sau gia cố	Gia tăng	Trước gia cố	Ngay sau gia cố	Gia tăng
$q_d$ (kG/cm <sup>2</sup> )	5.12	7.79	52.1%	9.69	15.15	56.4%
$E_o$ (kG/cm <sup>2</sup> )	15.83	24.08	52.1%	29.94	46.81	56.4%
$R_o$ (kG/cm <sup>2</sup> )	0.63	0.83	31.5%	0.98	1.39	41.9%

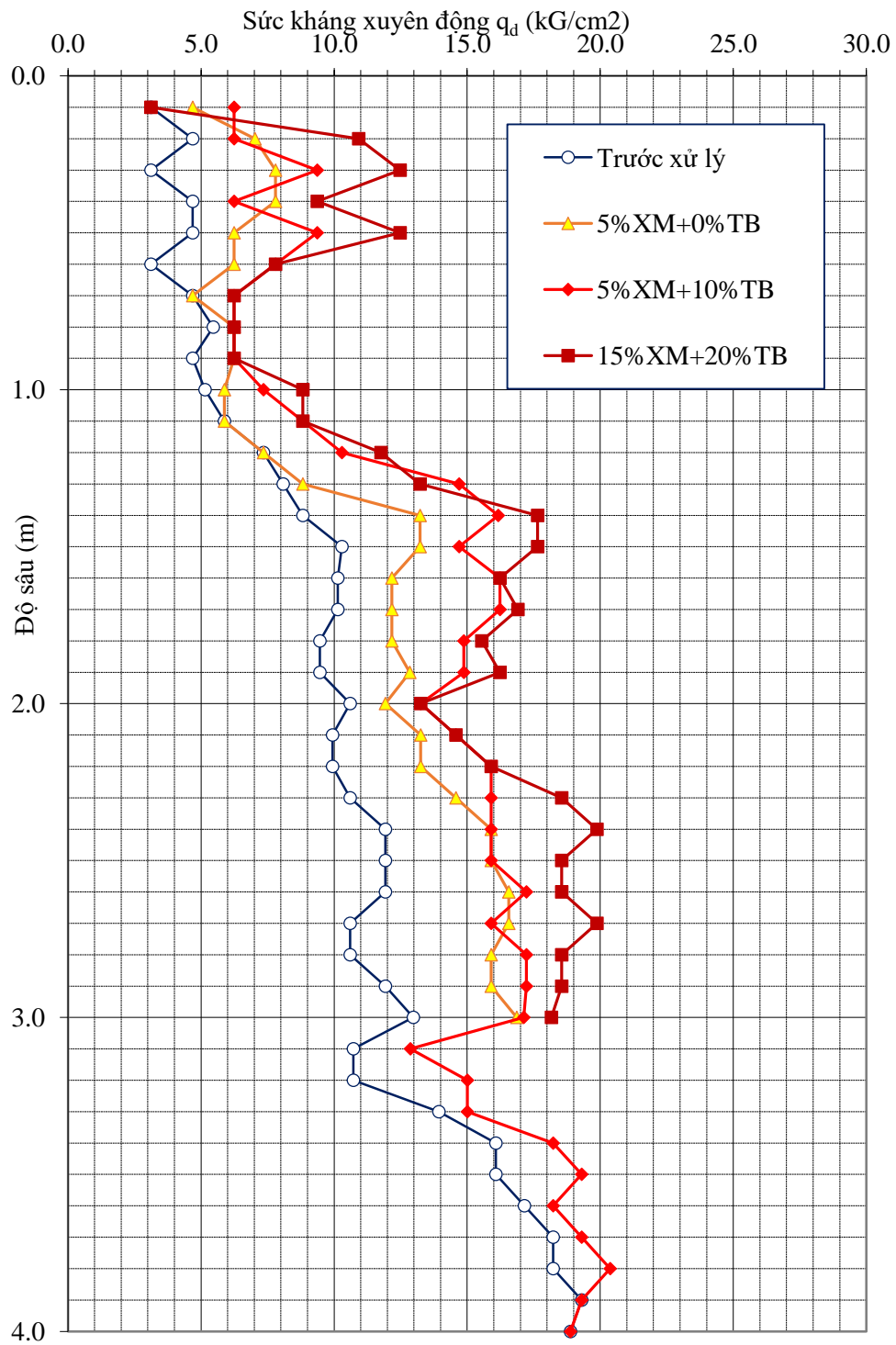
## 3) Trong nhóm cọc 15%XM+20%TB

Sau 10 ngày gia cố cọc cát biển – xi măng – tro bay vôi, tiến hành thí nghiệm hố xuyên DCP -5 (hình 1) tại vị trí giữa nhóm cọc có hàm lượng 15%XM+20%TB. Kết quả cho thấy sức kháng xuyên động  $q_d$  và mô đun tổng biến dạng  $E_o$  của lớp 2 tăng 66,8%, lớp 3 tăng 62,2%; Sức chịu tải quy ước tăng 40,5% ở lớp 2 và 46,3% trong lớp 3.

Bảng 18. Kết quả đánh giá trong nhóm cọc 15%XM+20%TB

Chi tiêu đánh giá	Lớp 2			Lớp 3		
	Trước gia cố	Ngay sau gia cố	Gia tăng	Trước gia cố	Ngay sau gia cố	Gia tăng
$q_d$ (kG/cm <sup>2</sup> )	5.12	8.55	66.8%	9.69	15.71	62.2%
$E_o$ (kG/cm <sup>2</sup> )	15.83	26.42	66.8%	29.94	48.56	62.2%
$R_o$ (kG/cm <sup>2</sup> )	0.63	0.89	40.5%	0.98	1.43	46.3%

Mức độ gia tăng  $q_d$  theo độ sâu của đất nền giữa các nhóm cọc có hàm lượng khác nhau được biểu diễn chi tiết trên hình 13.



Hình 13. Biểu đồ so sánh mức độ gia tăng  $q_d$  của nền đất trong nhóm cọc có hàm lượng khác nhau

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Khi khảo sát địa kỹ thuật với đối tượng nghiên cứu là đất nền, sử dụng thí nghiệm DCP có ưu điểm gọn nhẹ, thi công đơn giản, giá thành thấp, kết hợp với khoan cho phép xác định được ranh giới địa tầng và đánh giá mức độ đồng nhất của các lớp đất, cho phép xác định một số chỉ tiêu tính chất xây dựng của đất. Đối với công trình giao thông, thí nghiệm DCP cho phép đánh giá độ đồng nhất, độ chặt và chỉ số CBR, qua đó cho phép xác định được mô đun đàn hồi của đất đắp.

Trong xử lý nền đất yếu, thí nghiệm DCP cho phép tiến hành với cả nền đất và kết cấu gia cố mà việc triển khai thí nghiệm ít tác động đến đối tượng nghiên cứu. Thêm vào đó, phương pháp này cho phép tiến hành với khối lượng lớn, ở nhiều thời điểm, do đó đánh giá được hiệu quả của mỗi quá trình xử lý nền đất, cũng như quá trình gia tăng cường độ của kết cấu gia cố.

Tuy nhiên, sử dụng kết quả thí nghiệm DCP xác định các chỉ tiêu tính chất cơ lý của đất nền cũng như kết cấu gia cố có độ tin cậy thấp do ít số liệu thực nghiệm. Vì vậy, cần có thêm nhiều nghiên cứu thực nghiệm phương pháp thí nghiệm này nhằm tăng độ tin cậy, phát huy ưu điểm của phương pháp, thích ứng với yêu cầu và nhiệm vụ mới của lĩnh vực ĐCCT – ĐKT.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] EN ISO 22476-3: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 2: Dynamic probing test, 2005.
- [2] Roy E. Hunt: Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)
- [3] Lê Trọng Thắng, 2014. Các phương pháp nghiên cứu và khảo sát địa chất công trình. Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
- [4] EUROCODE-7 Part 1 (1997) Geotechnical Design. General Rules.
- [5] Miura K et al. (1997). Physical characteristics of sands -with different primary properties. Soils and Foundations, Vol. 37, No. 3, pp. 53- 54
- [6] ASTM D6951-03: Sử dụng thiết bị chùy xuyên động (DCP) cho mặt đường có chiều sâu không lớn.
- [7] TCXD 112: 1984: Hướng dẫn thực hành khảo sát đất xây dựng bằng thiết bị mới - thí nghiệm xuyên động.
- [8] TCVN 10272:2014: Xác định chỉ số CBR của nền đất và các lớp vật liệu rời làm móng đường - Phương pháp chùy xuyên động.