

# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP JET-GROUTING GIA CỐ NỀN NHÀ GA NGẦM TUYẾN ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ

**ThS. TRẦN QUANG MINH**

*Công ty TNHH Giao thông vận tải - Trường ĐH GTVT*

**HOÀNG HỒNG THƯƠNG**

*Công ty cổ phần Đầu tư và Xây dựng giao thông Phương Thành*

**NGUYỄN HOÀNG BẢO DUY**

*Tổng công ty tư vấn thiết kế GTVT - CTC*

## TÓM TẮT:

Xử lý gia cố nền luôn là vấn đề luôn được quan tâm trong xây dựng công trình, đặc biệt là với những công trình xây dựng ở vùng địa chất phức tạp và các công trình xây dựng ngầm. Hiện nay, với sự phát triển của khoa học công nghệ, đã có nhiều biện pháp gia cố nền đất được ứng dụng và đạt được những hiệu quả nhất định, một trong những biện pháp hiện đại và đạt hiệu quả cao trong vấn đề gia cố nền đất là công nghệ Jet - grouting. Công nghệ Jet - Grouting (khoan phụt vừa cao áp) là một công nghệ trộn sâu bằng tia vừa có áp lực cao dạng ướt nhằm gia cố nền đất, cải thiện và nâng cao khả năng chống đỡ của nền. Bài báo này tập trung phân tích công tác gia cố nền nhà ga ngầm tuyến đường sắt đô thị bằng phương pháp Jet-grouting và hiệu quả khi áp dụng biện pháp.

## Từ khóa:

## ABSTRACT:

Treatment of foundation reinforcement is always a matter of concern in construction, especially for constructions in complex geological areas and underground constructions. Currently, with the development of science and technology, there have been many measures to strengthen the ground that have been applied and achieved certain effects, one of the modern and highly effective measures in the problem of soil reinforcement is Jet - grouting technology. Jet - Grouting technology (high pressure grout drilling) is a deep mixing technology with wet high pressure grout to reinforce the ground, improve and enhance the supportability of the foundation. This paper focuses on analyzing the reinforcement of the underground station foundation of urban railway lines by Jet-grouting method and its effectiveness when applying the method.

**Keywords:** Ground reinforcement, Jet-grouting, underground station, urban railway.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với nhu cầu xây dựng công trình giao thông nói chung và công trình ngầm thành phố nói riêng ngày càng nhiều, đặc biệt là ở các nước công nghiệp phát triển, hàng loạt các giải pháp kỹ thuật đã được hình thành và hoàn thiện tùy theo các điều kiện, yêu cầu thi công và

theo trình độ phát triển khoa học kỹ thuật. Khi thi công các công trình, đặc biệt là công trình ngầm, luôn có những yếu tố rủi ro cao, như điều kiện địa chất yếu không đảm bảo yêu cầu chịu lực, đất đá gây mất ổn định hay gặp phải lượng lớn nước ngầm dưới áp suất cao. Các yếu tố rủi ro này sẽ làm cho

công việc thi công gặp nhiều vấn đề, đó chính là lý do phải gia cố nền đảm bảo ổn định trước và sau khi thi công.

Gia cố nền đất yếu nhằm mục đích làm tăng sức chịu tải của nền đất, cải thiện một số tính chất cơ lý của nền đất như: Giảm tính nén lún, tăng độ chặt, tăng trị số mô đun biến dạng, tăng cường độ chống cắt...

Các công nghệ gia cố nền đất gồm nhiều loại. Việc lựa chọn công nghệ nào cần căn cứ vào điều kiện địa chất để áp dụng công nghệ gia cố phù hợp với yêu cầu của từng loại công trình. Các công nghệ gia cố nền đất gồm nhiều loại. Việc lựa chọn công nghệ nào cần căn cứ vào điều kiện địa chất để áp dụng công nghệ gia cố phù hợp với yêu cầu của từng loại công trình. Các biện pháp gia cố nền đất thường được áp dụng như: Vải địa kỹ thuật, đất trộn vôi, đất trộn xi măng, silicat khiến đất nền có khả năng chịu tải cao hơn, tính biến dạng giảm, từ đó độ ổn định của công trình được gia tăng, đảm bảo điều kiện làm việc. Một số công nghệ gia cố bằng giếng cát, bấc thấm kết hợp gia tải hút chân không, cọc vít ATT... cũng được áp dụng.

Công nghệ khoan phụt vừa cao áp được phát minh ở Nhật Bản năm 1970. Sau đó các công ty của Ý, Đức đã mua lại phát minh trên và đến nay nhiều công ty xử lý nền móng hàng đầu thế giới hiện nay như công ty Layne Christensen (Mỹ), Bauer (Đức), Keller (Anh), Frankipile (Úc) đều có sử dụng công nghệ này. Trải qua hơn ba mươi năm hoàn thiện và phát triển, đến nay công nghệ này đã được

thừa nhận rộng khắp, được kiểm nghiệm và đưa vào tiêu chuẩn ở các nước phát triển trên thế giới

## 2. PHƯƠNG PHÁP GIA CỐ JET-GROUTING

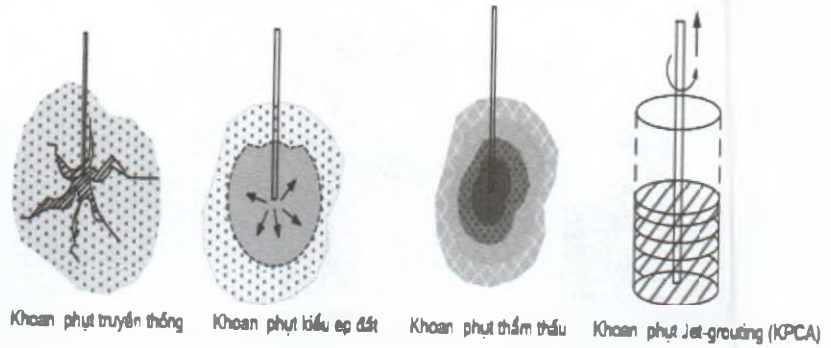
Công nghệ Jet - Grouting (khoan phụt vữa cao áp) là một công nghệ trộn sâu dạng ướt (wet mixing). Khoan sâu vào nền đất và tạo cọc bằng tia nước, tia vữa áp lực. Nhờ có tia nước với tia vữa phun ra với áp suất cao (200 - 400 atm), vận tốc lớn ( $\geq 100\text{m/s}$ ), các phần tử đất xung quanh lỗ khoan bị xói tơi ra và hòa trộn với vữa phụt đông cứng tạo thành một khối đồng nhất là cọc xi măng đất, có cường độ tốt hơn và hệ số thấm thấp hơn.

Thể tích của phần nền đất được xử lý sau một lần khoan. Các phần tử hông dụng nhất là dạng cọc hình trụ và dạng tấm phẳng. Các phần tử khoan phụt cao áp sẽ liên kết một phần hoặc toàn bộ với nhau theo kết cấu dạng màng, dạng sàn hay khối...

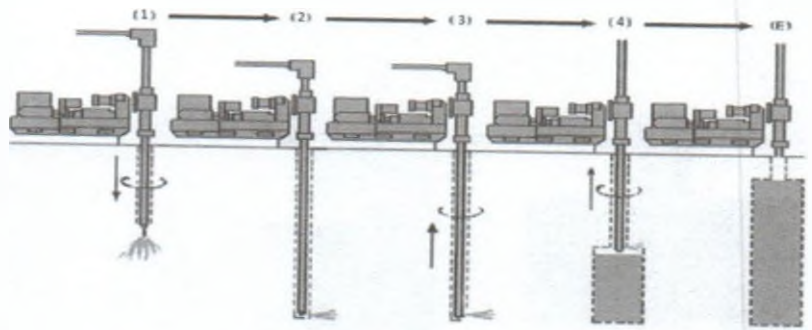
Công tác khoan phụt tia có thể thực hiện từ các công trình ngầm thẳng đứng, nghiêng hay nằm ngang. Trường hợp thực hiện từ công trình ngầm nằm ngang, kỹ thuật này chỉ nên áp dụng trong đất hạt mịn để hạn chế tác động của áp lực khoan phun gây ra các sự cố phá hủy như đẩy trôi khối đất trên mặt.

Công nghệ khoan phụt vữa cao áp là công nghệ sử dụng bơm vữa xi măng với áp lực cao để cắt đất trộn với vữa xi măng tại chỗ dưới sâu. Công tác khoan thực hiện bằng công nghệ khoan xoay và xói nước bằng tia thẳng đứng (phân biệt với cơ chế phụt vữa: tia vữa đi ra theo phương nằm ngang), sử dụng loại cần khoan và mũi khoan chuyên dụng.

Quy trình phun vữa được thực hiện từ dưới lên trên, vữa phun vừa xoay và rút cần khoan lên. Hỗn hợp đất - nước - xi măng thừa sẽ trào lên mặt đất theo khe hở bên thành hố khoan. Dòng trào ngược là một trong những yếu tố quan trọng phản ánh chất lượng của vật liệu xi măng- đất tạo thành, và do đó cần



Hình 1. Một số công nghệ khoan phụt vữa



Hình 2. Trình tự thi công

được lấy mẫu theo một quy trình nhất quán để phân tích, thí nghiệm. Ngoài ra, trong quá trình phụt phải liên tục theo dõi các thông số thiết kế khác như áp suất phụt vữa, lưu lượng vữa tiêu hao...

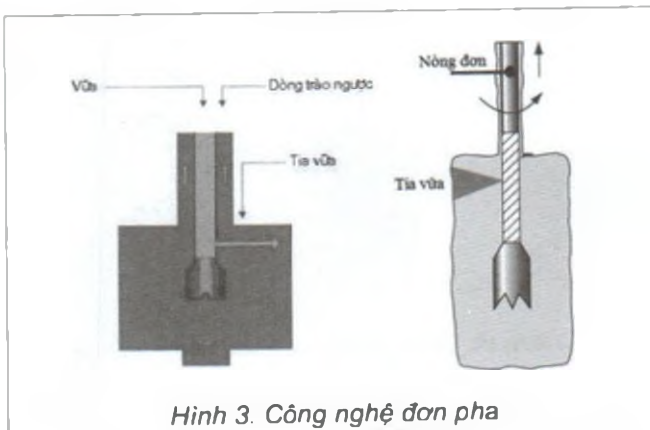
Theo lịch sử phát triển, đã có 3 công nghệ đơn pha (S), hai pha (D) và ba pha (T) ra đời nhằm đạt được mục tiêu tạo cọc có đường kính lớn hơn và chất lượng trộn đồng đều hơn.

Công nghệ đơn 1 pha (Công nghệ S): Sử dụng cần khoan nòng đơn với đầu mũi chỉ có một lỗ phun (nozzel). Vữa phụt ra với vận tốc  $100\text{m/s}$ , vừa cắt đất vừa trộn vữa với đất một cách đồng thời, tạo ra một cọc đất-xi măng đồng đều. Theo công nghệ này, thông thường đường kính cọc tạo ra từ 60 đến 80 cm tùy vào loại đất. Khả năng tạo chiều dài cọc đến 25m. Đây là thể hệ thiết bị loại đầu, nay ít dùng.

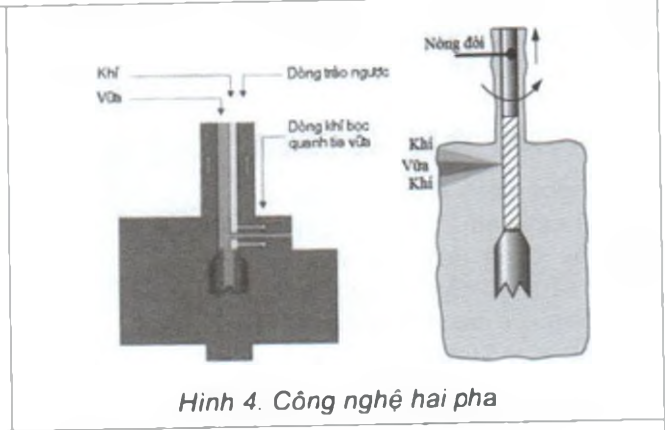
Công nghệ hai pha (Công nghệ D): Sử dụng cần khoan nòng đôi, lõi trong bơm vữa, lõi ngoài bơm khí. Lỗ phun kép có 2 vòng, vòng trong phun vữa, vòng ngoài phun

khí. Hỗn hợp vữa được bơm ở áp suất cao ( $> 200\text{ atm}$ ) phun ra ở vòng trong, đồng thời bơm khí nén ( $> 20\text{atm}$ ) phun ra ở vòng ngoài. Tia khí nén sẽ bao bọc quanh tia vữa làm giảm ma sát, cho phép vữa xâm nhập sâu vào trong đất, do vậy tạo ra cọc đất-xi măng có đường kính lớn. Theo công nghệ này, thông thường đường kính cọc tạo ra từ 80 đến 150 cm tùy vào loại đất. Khả năng tạo chiều dài cọc đến 45m. Đây là thiết bị phổ biến hiện nay.

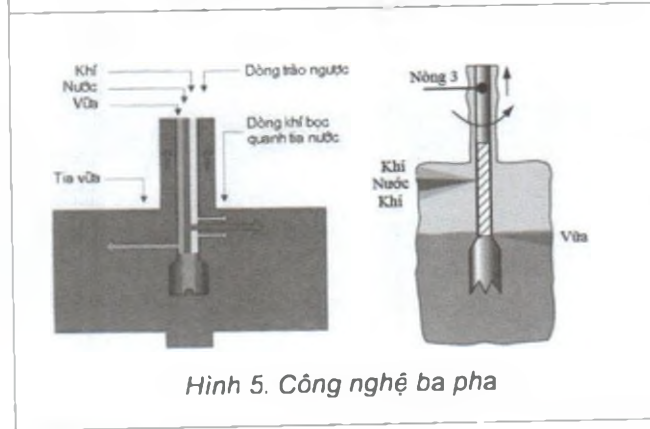
Công nghệ ba pha (Công nghệ T): Sử dụng cần khoan nòng 3. Đầu mũi khoan gắn 2 lỗ phun, lỗ phun đơn phía dưới để phun vữa, lỗ phun kép nằm phía trên để phun nước và khí. Nước được bơm dưới áp suất cao, kết hợp với dòng khí nén xung quanh tia nước có tác dụng phá vỡ đất sơ bộ. Vữa được bơm qua một vòi riêng biệt nằm dưới lớp dày vữa vào các phần tử đất vữa được phá vỡ. Theo công nghệ này, thông thường đường kính cọc tạo ra từ 100 đến 500 cm tùy vào loại đất. Khả năng tạo chiều dài cọc đến 50m. Loại thiết



Hình 3. Công nghệ đơn pha



Hình 4. Công nghệ hai pha



Hình 5. Công nghệ ba pha



Hình 6. Tổng quan tuyến đường sắt đô thị thi điểm thành phố Hà Nội

bị này ít phổ biến, chỉ sử dụng khi có những yêu cầu phải tạo cọc có đường kính 3 ~ 5m hoặc những yêu cầu đặc biệt khác

Phương pháp gia cố bằng Jet-grouting có phạm vi ứng dụng rộng: Mặt bằng thi công nhỏ, ít chấn động, ít tiếng ồn, hạn chế tối đa ảnh hưởng tới các công trình lân cận để thi công những khu vực như các thành phố, các nơi công cộng dân cư đông đúc là hợp lý. Có thể xử lý lớp đất yếu một cách cục bộ mà không làm ảnh hưởng tới lớp đất tốt

### 3. ỨNG DỤNG VÀ PHÂN TÍCH HIỆU QUẢ PHƯƠNG PHÁP JET-GROUTING CHO GA NGẦM 12 THUỘC TUYẾN ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ THI ĐIỂM THÀNH PHỐ HÀ NỘI

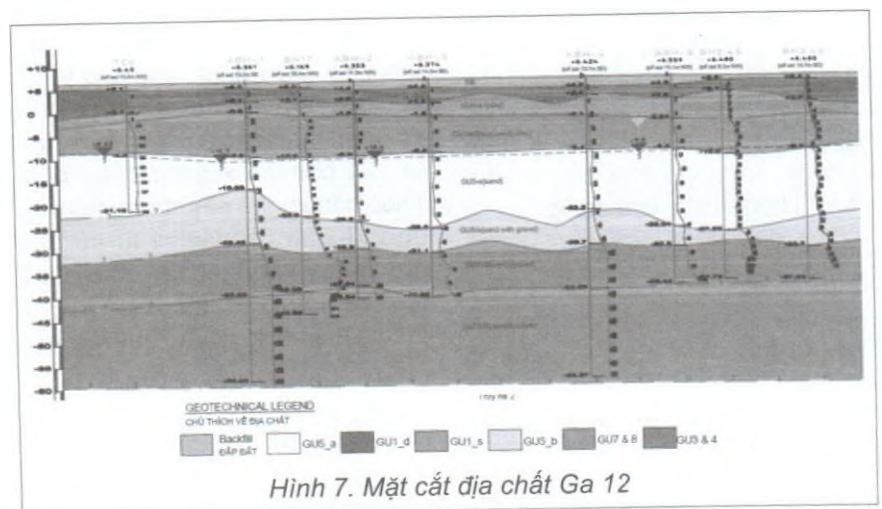
Tuyến đường sắt đô thị thi điểm thành phố Hà Nội, đoạn Nhon - ga Hà Nội là một dự án quan trọng của thành phố. Theo quy hoạch tổng thể giao thông vận tải thành phố Hà nội đến năm 2020, tổng chiều dài tuyến đường sắt đô thị

kéo dài từ Nhon đến Hoàng Mai là 21,5km. Đoạn Nhon - ga Hà Nội có chiều dài 12,5km (gồm 8,5km đi trên cao và 4km đi ngầm).

Ga 12 nằm trên phố Trần Hưng Đạo, gần nút giao đường Lê Duẩn và đường Trần Hưng Đạo, 50-60m về phía Đông Nam của Ga Hà Nội. Có rất nhiều các tòa nhà thương mại bao gồm ngân hàng và các tòa nhà tập thể cũ vây quanh vị trí đề xuất của Ga với khoảng cách

rất gần, một số tòa nhà có khoảng cách tiếp giáp dưới 1m so với Ga như Tòa nhà Capital Tower.

Theo báo cáo địa chất, phía dưới Ga 12 có một lớp cát mịn với chiều dày giới hạn. Bên dưới lớp cát mịn là lớp cát và sỏi thô có chiều dày lớn. Do chiều sâu lớp thâm nước này chưa xác định được nên việc tăng độ sâu của tường vây sẽ khiến chân tường đặt vào lớp hạt thô.



Hình 7. Mặt cắt địa chất Ga 12

Bảng 1: Đặc điểm địa chất ga 12

STT	Lớp	Bề dày		Giá trị SPT/Giá trị trung bình	Mô tả
		Phạm vi biến đổi	Trung bình		
1	Backfill	1~3.5	1.93	5	Đất lấp: Sét pha, cát, sạn, gạch
2	GU1_s	2~12.3	5.3	7~73/16	(CL, CH) Sét gầy, sét chứa cát đến sét béo màu xám xanh, nâu đỏ, trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng
3	GU3&4	1.7~14.9	7.74	0~10/4	(CH, MH, ML, CL): Bụi dẻo, sét gầy đến sét lẫn cát màu xám, xám nâu, xám xanh, lẫn ít hữu cơ, trạng thái dẻo chảy đến dẻo mềm
4	GU5_a	7.7~15.7	11.93	5~44/20	(SC, SC-SM, SP): Cát sét, cát bụi, Cát cấp phối xấu, cát cấp phối xấu lẫn bụi màu xám ghi, xám nâu. Trạng thái chặt vừa đến chặt
5	GU5_b	1~7.7	3.6	32~59/43	(SP, SC-SM, SW): Cát bụi, Cát cấp phối xấu, cát cấp phối tốt lẫn sỏi sạn, màu xám ghi, nâu vàng, xám nâu. Kết cấu chặt đến rất chặt
6	GU7&8	7.4~8.9	8.2	>50	(GP, GW): Sỏi sạn cấp phối xấu lẫn cát đến sỏi sạn cấp phối tốt màu xám trắng, xám nâu. Kết cấu rất chặt

Căn cứ trên kết quả khảo sát thu được có thể nhận định sơ bộ về địa chất thủy văn khu vực xây dựng nhà ga S12 như sau: phạm vi tuyến đường sắt đô thị thi điểm thành phố Hà Nội đều nằm trong lớp địa chất không tốt, đặc biệt là tại nhà ga S12.

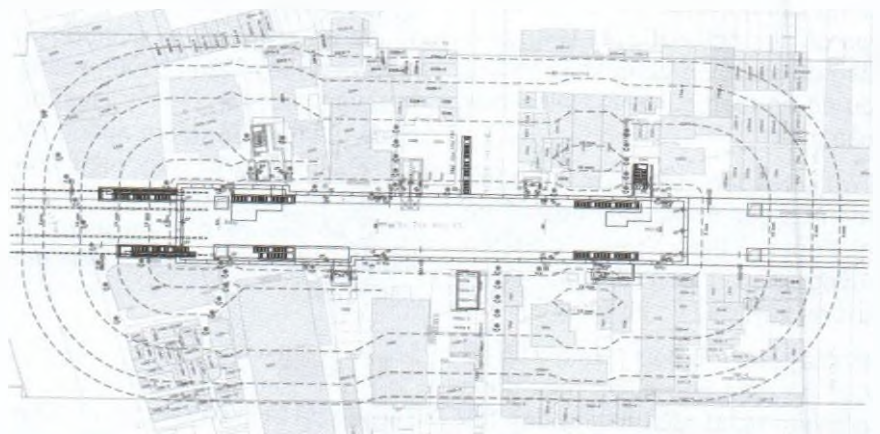
Dưới tác dụng của tải trọng đất, áp lực thủy động, có nguy cơ xảy ra các vấn đề như sau khi thi công tương vây nổi riêng và công trình nhà ga ngầm nói chung:

- Mất ổn định hệ chống tạm trong quá trình thi công

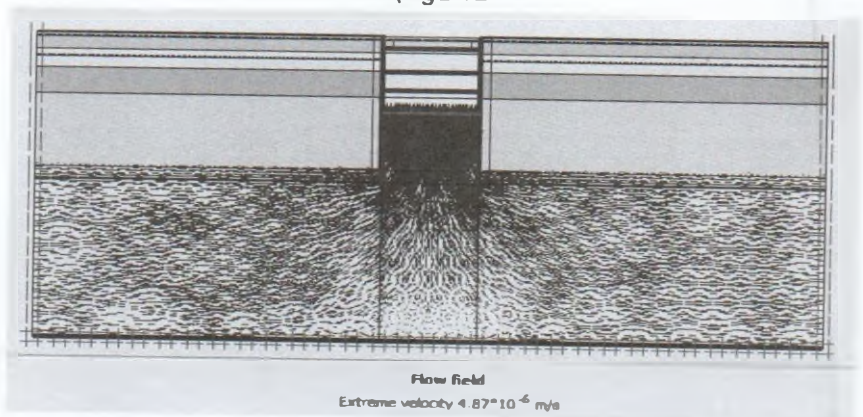
- Lún sụt xung quanh khu vực đào do chênh lệch áp lực trước và sau khi đào

- Dưới áp lực thủy động của nước ngầm, có thể gây bùng nền trong quá trình thi công. Đây là hiện tượng nguy hiểm, có thể gây mất ổn định cho toàn bộ nhà ga, phá hủy các kết cấu đã xây dựng đồng thời ảnh hưởng đến các công trình xung quanh

Với địa chất yếu và vùng ảnh hưởng của khu vực thi công lớn, các nguy cơ trong quá trình thi công là rất lớn. Tiến hành tính toán và đánh giá trước khi gia cố nền đất, dưới đây là kết quả phân tích:



Hình 8. Vùng ảnh hưởng khi thi công công trình tương vây ngầm tại ga 12



Hình 9. Kết quả phân tích nền đất khi không gia cố nền đất

- Lưu lượng nước vào hố móng  
 $Q = 3.46 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s/m)}$

- Vận tốc dòng chảy qua hố móng:  
 $V = 4.87 \cdot 10^{-6} \text{ (m/s)}$

Khi đào đất hố móng đi thì do áp lực nước trong đất lớn hơn sẽ chảy về hố móng, do tường chắn không cho thấm nước và lớp dưới cùng là lớp cát có thoát nước do đó nước từ dưới sẽ chảy lên và vào hố móng đã đào, quá trình phân tích bằng phần mềm cho quá trình này có kết quả là không đạt. Đáy hố móng bị bùng trong quá trình thi công.

Để đảm bảo an toàn trong quá trình thi công nhà ga ngầm S12 thuộc tuyến đường sắt đô thị thì điểm thành phố Hà Nội, việc giảm thiểu ảnh hưởng của áp lực thủy động lên kết cấu là vô cùng cần thiết. Biện pháp được đề xuất và áp dụng thực tế trong thi công là: hạ mực nước ngầm xuống mức cho phép sau đó tiến hành jet-grouting gia cố nền đất trước khi tiến hành đào do các biện pháp khác không đủ độ an toàn cũng như hiệu quả cần thiết.

Lớp vữa đệm sẽ được thi công thành 2 giai đoạn. Giai đoạn 1 và giai đoạn 2 theo phương án phân luồng giao thông để lắp dựng tường vây, đào và thi công Ga 12.

Độ dày của lớp đệm vữa gia cố hố đào để đảm bảo được ngắt dòng chảy và ngăn hiện tượng đẩy trôi được xác định trong phân tích ổn định thủy lực là 3 m. Phần này là để bổ sung cho các phân tích được

trình bày trong báo cáo phân tích ổn định thủy lực bằng cách xem xét, ngoài ngoài sự phá hoại di đáy trôi, phá hoại kết cấu của lớp đệm vữa gia cố hố đào.

Sau khi phân tích các cơ chế phá hoại, kích thước vữa được lựa chọn như sau:

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Tỉ trọng của lớp đất (GU5 b)	kN/m <sup>3</sup>	20
Tỉ trọng của lớp đệm vữa	kN/m <sup>3</sup>	20
Độ dày lớp đất không trộn vữa	m	7,5
Độ dày lớp đệm vữa	m	3
Cường độ nén một trục nở hông	Mpa	3,0

Khi đất được gia cố, thi công đến bản đáy của nhà ga ngầm, vẫn xuất hiện hiện tượng áp lực nước tập trung tại đáy móng. Tuy nhiên, khi đất được gia cố đã giảm được lưu lượng nước vào hố móng cũng như vận tốc vòng chảy qua hố móng giảm rõ rệt (giảm xuống rất bé). Điều này cho thấy hiệu quả rõ rệt của phương án xử lý, các thông số đều nằm trong phạm vi cho phép theo tiêu chuẩn đánh giá hiện hành.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày sơ bộ về công nghệ gia cố nền đất bằng Jet-grouting và áp dụng công nghệ này vào gia cố nền nhà ga S12

tuyến đường sắt đô thị. Sau khi gia cố, nền đất được cải thiện rõ rệt về các tính chất cơ lý, đảm bảo an toàn trong quá trình thi công, khai thác. Jet-grouting là biện pháp hiệu quả và có mức độ an toàn cao đối với các công trình ngầm. ■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ban quản lý dự án đường sắt đô thị thành phố Hà Nội, Báo cáo thiết kế thi công phun vữa áp lực cao gia cố đáy hố đào cho Ga 12 - Ga Hà Nội

[2]. Lê Hồng Anh, "Công tác phụt, thông số vữa và mô hình hóa phụt vữa", Hội thảo - Công nghệ khoan phụt tiên tiến trong xây dựng đập lớn.

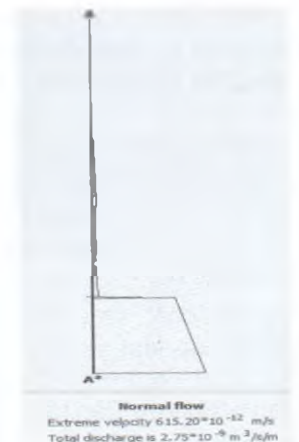
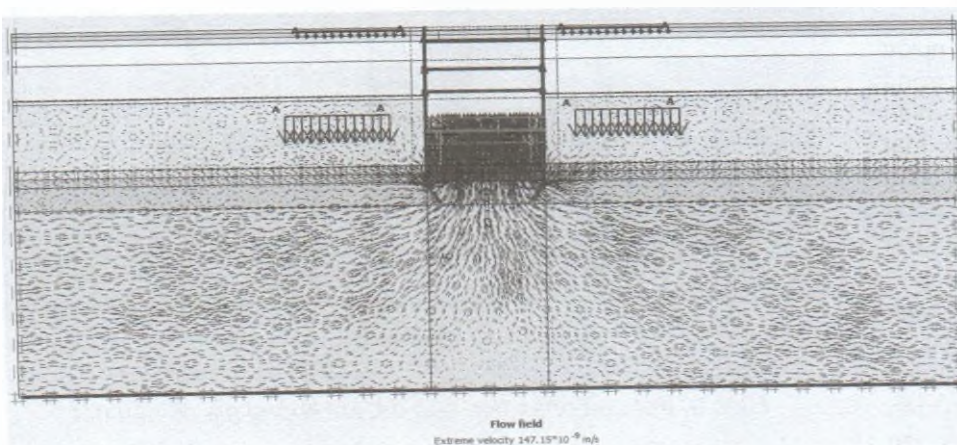
[3]. Nghiêm Hữu Hạnh (2009), Giáo trình môn học Công trình Ngầm - Bộ môn Địa kỹ thuật, Trường Đại học Thủy Lợi, Hà Nội.

[4]. Nguyễn Quốc Dũng, Nguyễn Quốc Huy, Nguyễn Quý Anh. "Giới thiệu kết quả ứng dụng công nghệ khoan phụt cao áp (Jet-grouting) để chống thấm cho một số công trình thủy lợi".

[5]. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9906:2014, Công trình thủy lợi - Cọc xi măng đất thi công theo phương pháp jet-grouting - Yêu cầu thiết kế thi công và nghiệm thu cho xử lý nền đất yếu, 2014.

Phản biện: TS. Trần Việt Hưng

TS. Hoàng Việt Hải



Hình 10. Kết quả phân tích nền đất khi không gia cố nền đất