

Phụ lục 6 : Phương pháp sửa chữa hốc rỗng bằng đất ổn định hóa dạng lỏng đóng bao

1. Giới thiệu

Tại Nhật Bản, hiện tượng ăn mòn và thủng cọc ván thép trong các tường chắn dạng cọc ván đã làm đất đắp phía sau tường bị rửa trôi, dẫn đến hình thành hốc rỗng và sập bản mặt bến. Vấn đề này đã trở thành mối quan tâm trên phạm vi toàn quốc. Một ví dụ điển hình về sự sập bản mặt phía sau tường chắn được thể hiện ở Ảnh 1, và những rủi ro sập đổ tương tự vẫn còn tồn tại tại nhiều địa điểm trên cả nước.

Vì vậy, đối với các công trình hiện hữu, việc vừa loại bỏ nguyên nhân gây sập, vừa phát hiện sớm các hốc rỗng có thể dẫn đến sập trong tương lai là hết sức cần thiết, để có thể triển khai các biện pháp xử lý phù hợp.

Đối với sửa chữa các hốc rỗng, tùy theo quy mô, thường áp dụng phương pháp đào mở hoặc các phương pháp bơm lấp bằng nhiều loại vật liệu khác nhau. Với các lỗ có hình dạng đặc biệt phức tạp, đất ổn định hóa dạng lỏng (Liquefied Stabilized Soil – LSS)¹⁾ là vật liệu phù hợp. Tuy nhiên, do LSS có tính kiềm cao, việc sử dụng trong môi trường cảng hoặc sông ngòi gây lo ngại về tác động môi trường. Để giải quyết vấn đề này, một kỹ thuật bơm lấp mới sử dụng bao chứa đã được phát triển.

Trong phương pháp này, LSS được bơm vào bên trong các bao đặt trong hốc rỗng, ngăn không cho vật liệu rò rỉ ra ngoài nhưng vẫn đảm bảo khả năng sửa chữa hiệu quả. Ngoài ra, LSS với cường độ được điều chỉnh có thể đào lại trong tương lai, giúp phương pháp này có lợi thế cho việc cải tạo hoặc thay mới công trình. Phần này trình bày tổng quan phương pháp sửa chữa hốc rỗng và giới thiệu các trường hợp sửa chữa điển hình.

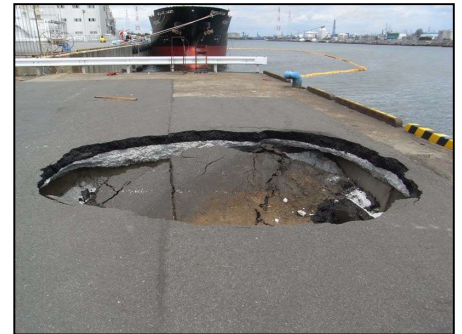
2. Phương pháp sửa chữa hốc rỗng bằng bao chứa đất ổn định hóa dạng lỏng

2.1 Tổng quan về phương pháp LSS

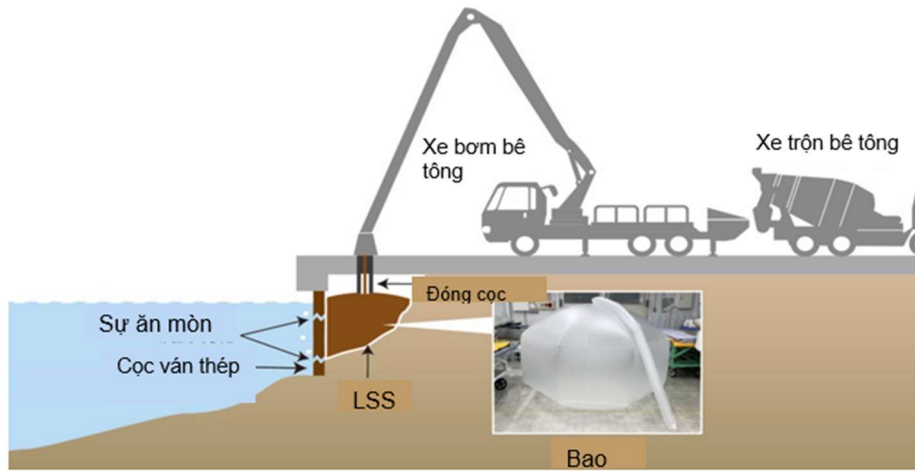
Đất ổn định hóa dạng lỏng (Liquefied Stabilized Soil – LSS) là một loại vật liệu được phát triển nhằm tái sử dụng hiệu quả các phế thải xây dựng như đất đào và bùn thải công trình.

Vật liệu này được tạo ra bằng cách trộn chất ổn định với đất hoặc bùn phát sinh từ xây dựng theo tỷ lệ thích hợp để duy trì độ chảy cần thiết trong quá trình thi công. LSS được sử dụng rộng rãi làm vật liệu lấp lại ở các khu vực đô thị chật hẹp, nơi việc đầm nén gặp khó khăn.

LSS có độ đồng nhất cao và khả năng tự lấp đầy rất tốt, nên đặc biệt phù hợp với các môi trường thi công hạn chế không gian và khó đầm nén. Vật liệu này cũng cho phép điều chỉnh cường độ dễ dàng, có thể đào lại khi cần nâng cấp trong tương lai, đồng thời góp phần giảm tác động môi trường nhờ tận dụng phế thải xây dựng. Hình 1 trình bày tổng quan phương pháp sửa chữa hốc rỗng bằng bao chứa LSS²⁾.



Ảnh 1 Sân bãi sập lún phía sau tường chắn

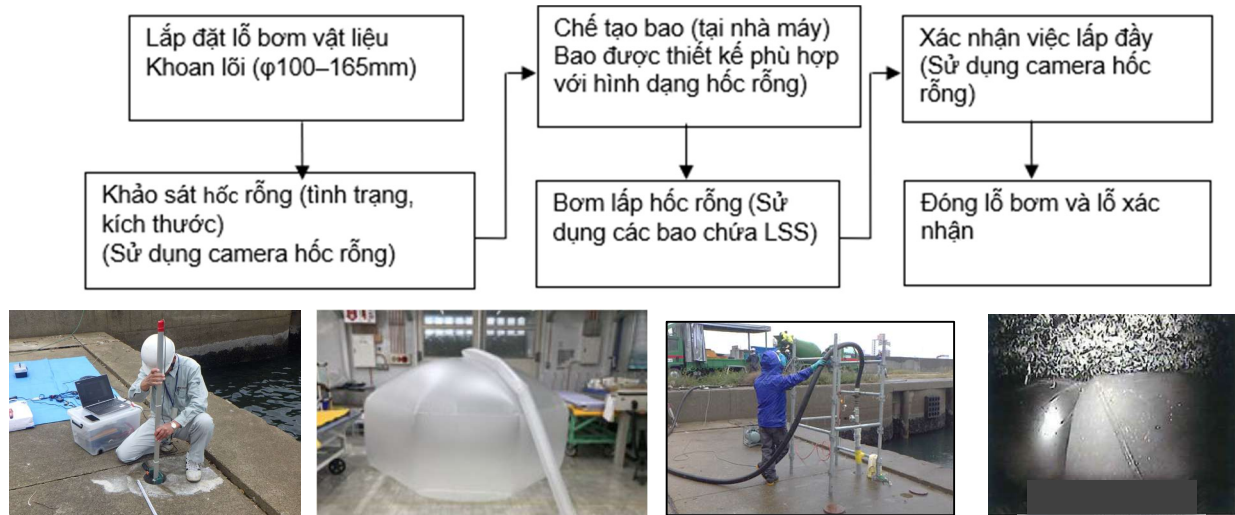


Hình 1 Tổng quan về phương pháp sửa chữa hố rỗng bằng bao đất ổn định hóa dạng lỏng LSS

Trong công nghệ này, một lỗ bơm vật liệu ($\phi 100-200$ mm) được tạo phía trên hố rỗng, sau đó một bao có khả năng gấp gọn và giãn nở được đưa vào bên trong. Đất ổn định hóa dạng lỏng (LSS) được bơm vào bao để lấp và sửa chữa hố rỗng. Do LSS có độ chảy cao nhưng được giữ bên trong bao, vật liệu không bị rò rỉ ra ngoài. Ngoài ra, LSS với cường độ được điều chỉnh có thể đào lại, cho phép thi công đào mở khi cần nâng cấp công trình trong tương lai khi cần thiết.

2.2 Trình tự thi công

Hình 2 trình bày sơ đồ quy trình thi công. Khi tiến hành sửa chữa theo phương pháp này, trước hết cần thực hiện khảo sát sơ bộ để xác định sự tồn tại và phạm vi của các hố rỗng.



Hình 2 – Quy trình thi công lấp đầy hố rỗng

Trước hết, một lỗ bơm được tạo bằng máy khoan lỗ, sau đó dùng camera khảo sát hố rỗng để kiểm tra tình trạng bên trong. Camera được trang bị chức năng đo khoảng cách bằng laser giúp xác định chính xác hình dạng và kích thước hố rỗng. Dựa trên dữ liệu đo được, một bao chứa phù hợp với hình dạng lỗ được chế tạo tại nhà máy. Đồng thời, vị trí tối ưu cho các lỗ kiểm tra được xác định và được khoan tại hiện trường.

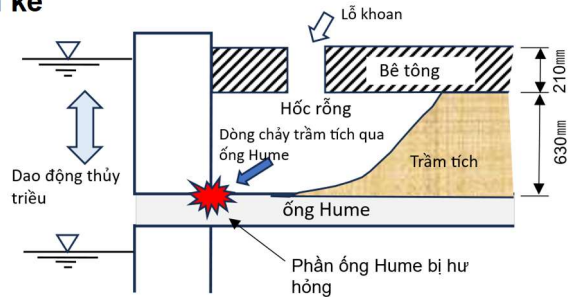
Sau khi bao được chế tạo xong, nó được đưa vào lỗ và làm giãn nở bằng áp lực khí để khớp với hình dạng lỗ. Tiếp theo, LSS được bơm vào bao bằng máy bơm vữa. Trong quá trình này, áp lực được kiểm soát nghiêm ngặt nhằm đảm bảo an toàn và hạn chế ảnh hưởng đến nền đất xung quanh. Tham chiếu theo tiêu chuẩn công tác bơm lấp, áp lực bơm tối đa được giới hạn ở 0,2 MPa.

Tình trạng lấp đầy được kiểm tra thông qua các lỗ kiểm tra đã lắp đặt. Nếu trong vùng ảnh hưởng có các công trình quan trọng, các thiết bị quan trắc như ống đo nghiêng (inclinometer) hoặc thiết bị giám sát khác sẽ được lắp đặt trước để theo dõi trong suốt quá trình thi công.

3. Lắp đầy hốc rỗng hình thành phía sau công trình kè

3.1 Nguyên nhân hình thành hốc rỗng

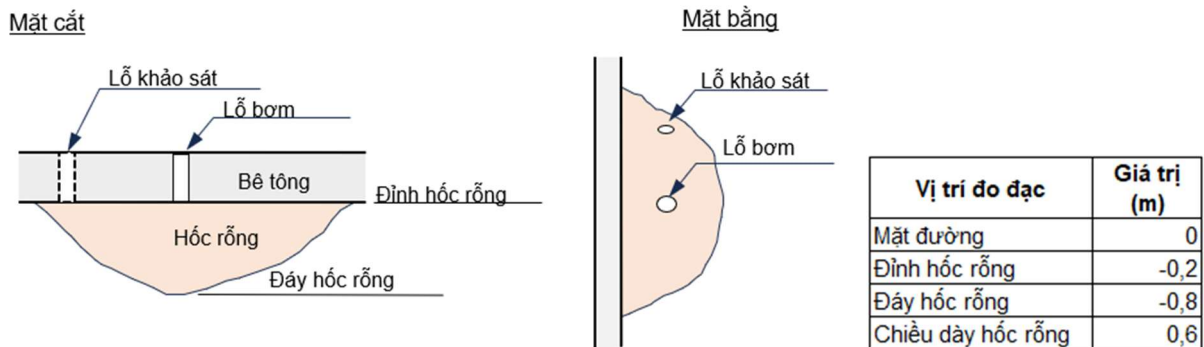
Phương pháp này được áp dụng để sửa chữa một hốc rỗng được phát hiện phía sau công trình kè. Qua điều tra cơ chế hình thành hốc rỗng cho thấy có một ống Hume (ống bê tông cốt thép đúc sẵn) được chôn ở trung tâm lỗ, như minh họa trong Hình 3. Ngoài ra, do ống Hume nằm ngay bên dưới lỗ đã bị hư hỏng, nước biển liên tục chảy vào và ra qua ống theo thủy triều, làm rửa trôi đất xung quanh và dẫn đến sự phát triển của hốc rỗng.



Hình 3 – Nguyên nhân hình thành hốc rỗng

3.2 Khảo sát chi tiết bằng camera kiểm tra hốc rỗng

Một cuộc khảo sát chi tiết đã được thực hiện bằng camera kiểm tra hốc rỗng nhằm xác định tình trạng hiện tại của cửa lỗ (chiều cao, phương phát triển, mức độ ngập nước), xác định kích thước bao phù hợp, theo dõi khả năng biến đổi lâu dài và ước tính thể tích cần bơm lấp. Hình 4 thể hiện kết quả khảo sát chi tiết bằng camera. Hốc rỗng phát triển lan ra từ lỗ bơm, trong đó phần ngay bên dưới lỗ sâu hơn, và độ sâu giảm dần về hai phía.



Hình 4 Kết quả khảo sát hốc rỗng

3.3 Vật liệu và cấp phối

LSS được chế tạo bằng cách bổ sung chất ổn định vào bùn nước tạo ra từ quá trình tái chế bùn thải xây dựng (đất đào + nước). Xi măng lò cao loại B được sử dụng làm chất ổn định. Bảng 1 trình bày cấp phối LSS sử dụng và kết quả các thí nghiệm kiểm tra chất lượng. Đối với bao chứa, tấm polyurethane dày 200 µm với tính thi công tốt và khả năng gấp gọn cao đã được sử dụng.

Bảng 1 Tỷ lệ phối trộn

Vật liệu	Tỷ lệ phối trộn			Kết quả kiểm tra			Cường độ nén σ_{28} (kN/m ²)
	Khối lượng riêng của bùn (g/cm ³)	Khối lượng riêng (kg/m ³)		Khối lượng riêng (g/cm ³)	Giá trị độ chảy (mm)	Tỷ lệ nở (%)	
		Chất rắn hóa	Bùn				
LSS	1,21	130	1158	1,34	255	2,13	240

3.4 Công tác bơm lấp

Bao chứa được đưa vào qua lỗ bơm $\phi 150$ mm và được làm giãn nở bằng khí nén. Tình trạng giãn nở được kiểm tra bằng camera quan sát lỗ đưa vào qua lỗ kiểm tra. Bao được điều chỉnh bằng cách bơm – xả khí nhiều lần và cuối cùng được mở rộng để phủ kín toàn bộ hốc rỗng.

Sau đó, LSS được bơm vào bao đã lấp đặt bằng máy bơm vữa (ống bơm $\phi 50$ mm). Áp lực bơm được theo dõi liên tục bằng đồng hồ áp suất gắn trên ống. Khi xác nhận LSS đã đến lỗ kiểm tra, việc bơm được dừng lại và tiến hành quan sát trong 30 phút. Không phát hiện hiện tượng lún hay biến dạng, và công tác bơm lấp được hoàn tất. Không ghi nhận rò rỉ LSS từ ống Hume bị hư hỏng hoặc bất kỳ vị trí nào khác, xác nhận chất lượng bơm lấp đạt yêu cầu.

3.5 Nhận xét

Hốc rỗng phía sau công trình kè đã được sửa chữa thành công bằng phương pháp bao chứa LSS. Kiểm tra trong quá trình thi công xác nhận bao không bị thủng hay hư hỏng và có độ bền đáp ứng yêu cầu. Quá trình bơm lấp diễn ra theo đúng kế hoạch: thể tích thực tế $1,5 \text{ m}^3$ so với thể tích thiết kế $1,4 \text{ m}^3$, tương đương tỷ lệ hao hụt khoảng 7%. Không ghi nhận hiện tượng rò rỉ hoặc phát tán LSS ra môi trường xung quanh, qua đó xác nhận tính an toàn môi trường của phương pháp.

4. Ví dụ sửa chữa sụp lún phía sau công trình kè

Dự án này bao gồm công tác bơm lấp và sửa chữa khẩn cấp tại năm vị trí sụp lún xảy ra phía sau công trình kè trong một khu công nghiệp tư nhân. Ảnh 1–3 thể hiện trình tự thi công.

Nguyên nhân sụp lún là do các khe nối trong kè cọc ván bê tông bị mở ra bởi quá trình xuống cấp lâu dài và biến dạng nền đất, làm vật liệu đắp phía sau bị trôi ra ngoài. Trong quá trình xem xét biện pháp khẩn cấp, việc sửa chữa các khe nối từ phía biển được đánh giá là khó khả thi về thời gian và chi phí. Vì vậy, phương pháp bơm lấp bằng bao chứa LSS đã được lựa chọn, do cho phép thực hiện toàn bộ công việc từ phía đất liền mà không cần đóng kín các khe mở, đồng thời vẫn ngăn chặn được hiện tượng thất thoát đất tiếp diễn.

LSS được vận chuyển từ trạm trộn chuyên dụng bằng xe bồn khuấy và được bơm bằng xe bơm bê tông. Nhờ áp dụng phương pháp này, không cần thi công trên biển và toàn bộ công việc có thể hoàn thành từ phía đất liền.



Ảnh 1 Tình trạng hốc rỗng



(a)



(b)

Ảnh 2 Lắp đầy bao



Ảnh 3 Sau khi hoàn thành

Tham khảo

- 1) https://www.tokura.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2021/12/20211102_CBK-210001-A.pdf
- 2) Izumi, A., Hirakawa, R., Toyoda, K. and Kaneda, K. : "Development of Cavity Repair Method Behind Revetments Using Bagged Liquefied Stabilized Soil", Proc. of the 60th Annual Conference of Japanese Geotechnical Society (JGS), Paper No. DS-4-05, 2025.7 (Izumi, A., Hirakawa, R., Toyoda, K. and Kaneda, K. : " Phát triển phương pháp sửa chữa hốc rỗng phía sau kè bằng đất ổn định hóa lỏng đóng bao", Kỹ yếu Hội nghị thường niên lần thứ 60 của Hiệp hội Địa kỹ thuật Nhật Bản (JGS), Bài báo số DS-4-05, tháng 7 năm 2025.)