

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH ỨNG XỬ CỦA TẤM LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT TRONG KHỐI VẬT LIỆU ĐÁ ĐÁ CUỘI SỎI TỰ NHIÊN

Vũ Quốc Công, Nguyễn Chí Thanh, Trần Thị Nga,
Đỗ Xuân Cường, Luyện Lê Diệu Linh

Viện Thủy công

Phạm Phú Vinh

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Bài báo trình bày thí nghiệm kéo tấm lưới địa kỹ thuật TGX 200/50 trong đất cuội sỏi tự nhiên lòng suối nhằm đánh giá khả năng gia cố đập sử dụng vật liệu tại chỗ ở miền núi phía Bắc. Thí nghiệm được thực hiện với ba cấp tải trọng (35, 65, 95 kPa) trong điều kiện đất khô và ẩm (4%). Kết quả cho thấy lực kéo tối đa tỉ lệ thuận với tải trọng đứng, lưới không bị đứt mà bị kéo trượt, và góc ma sát giữa lưới – đất gần bằng góc ma sát trong của đất. Đất ẩm giúp lưới chịu kéo tốt hơn nhưng cần kiểm soát độ ẩm hợp lý. Các thông số thu được giúp xác định bố trí lưới hợp lý trong thiết kế đập sử dụng vật liệu địa phương.

Từ khóa: Lưới địa kỹ thuật, thí nghiệm kéo lưới, đất cuội sỏi tự nhiên.

Summary: This paper presents pullout tests on TGX 200/50 geogrid embedded in natural cobble-gravel soil from riverbeds, aiming to evaluate its reinforcement potential for dam construction using local materials in northern mountainous areas of Vietnam. The experiments were conducted under three vertical stress levels (35, 65, 95 kPa) in both dry and moist (4% moisture) soil conditions. Results showed that the maximum pullout force increased proportionally with the applied normal stress, the geogrid failed by pullout rather than rupture, and the interface friction angle between the geogrid and soil was close to the soil's internal friction angle. Moist soil improved geogrid performance, but moisture content must be properly controlled. The obtained parameters serve as a basis for optimizing geogrid placement in dam designs using in-situ materials.

Keywords: Geogrid reinforcement, pullout test, Cobble-gravel soil.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở khu vực miền núi phía Bắc nước ta hiện nay, nhu cầu cải tạo các đập hiện có và xây dựng đập mới đang trở nên cấp thiết để nâng cao năng lực phòng chống lũ quét và sạt lở đất cho khu vực. Tuy nhiên, với điều kiện địa hình hiểm trở, việc lựa chọn, vận chuyển vật liệu và thi công các công tác đất ở khu vực này gặp

không ít trở ngại nếu nguồn vật liệu phải được vận chuyển từ xa. Bên cạnh đó, theo các tiêu chuẩn hiện hành về vật liệu đắp đập, vật liệu đất đá cần được lựa chọn theo yêu cầu về kích thước hạt và cấp phối, như vậy về mặt trữ lượng cũng sẽ gặp khó khăn. Vì vậy, nếu tận dụng được vật liệu địa phương để làm vật liệu đắp đập tại chỗ sẽ giải quyết được rất nhiều khó khăn đã nêu.

Ngày nhận bài: 05/6/2025

Ngày thông qua phản biện: 22/7/2025

Ngày duyệt đăng: 07/8/2025

Theo hướng tiếp cận này, một trong những vấn đề chính cần phải xem xét tới là ổn định thân

và nền đập khi sử dụng vật liệu đất đá tại chỗ không qua chọn lọc. Để khắc phục các vấn đề này, sử dụng kết hợp kết cấu đập hỗn hợp trong đó ổn định thân đập được gia cố bằng vật liệu địa kỹ thuật tổng hợp (geosynthetics) là giải pháp hiệu quả để tối ưu hóa kết cấu thân đập [1]–[4]. Trong các loại vật liệu địa kỹ thuật geosynthetic, lưới địa kỹ thuật là một vật liệu sợi tổng hợp được sử dụng rộng rãi trong xây dựng và gia cố các công trình hạ tầng, đặc biệt là trong các công trình chịu tải trọng lớn như tường chắn, nền móng, mái dốc, và đập [5]. Với các đặc tính vượt trội về độ bền cơ học, khả năng chịu kéo và chống mài mòn, lưới địa kỹ thuật đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao tính ổn định và tuổi thọ của công trình xây dựng [6]. Nghiên cứu ứng xử của lưới địa kỹ thuật trong đất là một bước quan trọng để đánh giá hiệu quả và khả năng chịu lực của lưới địa kỹ thuật trong kết cấu đập sử dụng vật liệu đất đá tại chỗ không qua chọn lọc. Vấn đề này được tiến hành nghiên cứu thông qua thí nghiệm kéo tấm lưới trong đất (pullout test) và đã được nhiều nhóm tác giả trên thế giới thực hiện với các loại vật liệu lưới khác nhau với các nhóm đất đá đa dạng [7]–[11]. Các yếu tố chính ảnh hưởng tới ứng xử của lưới trong đất bao gồm giá trị ứng suất pháp tác dụng, độ ẩm của đất, kích thước

đường kính và hình dạng hạt đất. Tuy nhiên chưa có nhiều nghiên cứu quốc tế áp dụng với đất đá tự nhiên là cuội sỏi lòng suối. Ở Việt Nam, hiện nay chưa có nhóm tác giả nào thực hiện thí nghiệm pullout test để nghiên cứu ứng xử kéo lưới trong đất.

Với mục đích nghiên cứu sử dụng vật liệu đất đá tại chỗ với cấp phối ngẫu nhiên làm vật liệu đắp đập, sử dụng cốt gia cố là lưới địa kỹ thuật, ứng xử của lưới địa kỹ thuật trong đất đá loại này cũng cần được đánh giá kỹ lưỡng. Theo đó, bài báo này sẽ trình bày nghiên cứu đánh giá ứng xử của lưới địa kỹ thuật trong khối đất cuội sỏi lòng suối. Ứng xử của lưới địa kỹ thuật sẽ được đánh giá bằng kết quả lực kéo tối đa mà tấm lưới có thể chịu được trước khi bị kéo đứt hoặc kéo tuột ra khỏi khối đất đá trong các điều kiện làm việc khác nhau. Từ đó, các thông số liên quan tới tương tác giữa lưới địa kỹ thuật và đất đá trường hợp cuội sỏi lòng suối cấp phối tự nhiên có thể được tính toán để phục vụ cho thiết kế đập sử dụng vật liệu địa phương.

2. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu sử dụng

Vật liệu lưới địa kỹ thuật sử dụng là Geogrid – TGX200/50 với các thông số kỹ thuật như trong Bảng 1.

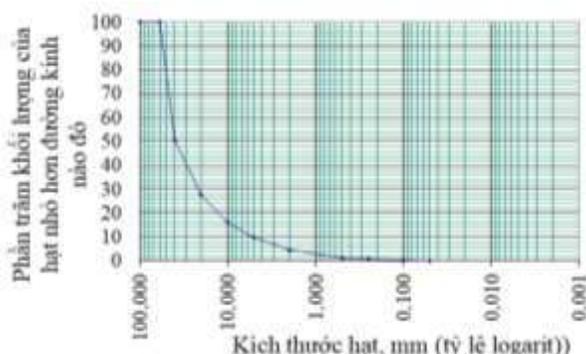
Bảng 1: Thông số kỹ thuật của lưới TGX 200/50

Các chỉ tiêu		TGX 200/50
Cường độ chịu kéo ngắn hạn sườn dài MD	(kN/m)	≥ 200
Cường độ chịu kéo ngắn hạn sườn ngắn CD	(kN/m)	≥ 50
Cường độ chịu kéo ngắn hạn sườn dài MD tại 5% biến dạng	(kN/m)	≥ 100
Độ giãn dài tại cường độ danh định MD	%	≤ 11
Hệ số rã nứt vật liệu (RF_{CR})	-	
- Thời gian thiết kế 60 năm		1.41
- Thời gian thiết kế 120 năm		1.43

Các chỉ tiêu		TGX 200/50
Cường độ rào giới hạn		
- Thời gian thiết kế 60 năm	(kN/m)	141.8
- Thời gian thiết kế 120 năm	(kN/m)	139.9
Hệ số phá hủy do thi công (R_{FID})		
- Trong đất sét, bùn cát		1.06
- Cát pha sỏi		1.1
- Sỏi		1.1
Hệ số phá hủy do điều kiện môi trường (R_{CH})		
- Thời gian thiết kế 60 năm		1.03
- Thời gian thiết kế 120 năm		1.06
Cường độ chịu kéo dài hạn 60 năm		
- Trong đất sét, bùn cát	(kN/m)	129.9
- Cát pha sỏi	(kN/m)	125.2
- Sỏi	(kN/m)	125.2
Cường độ chịu kéo dài hạn 120 năm		
- Trong đất sét, bùn cát	(kN/m)	124.4
- Cát pha sỏi	(kN/m)	119.9
- Sỏi	(kN/m)	119.9

Bảng 2: Cấp phối của đất cuội sỏi lòng suối

Nhóm hạt	Cuội, dăm (mm)			Sỏi, sạn (mm)			Cát				Bụi		Sét
	To	Vừa	Nhỏ	To	Vừa	Nhỏ	Thô	Vừa	Nhỏ	Mịn	Thô	Mịn	
Đường kính	> 60	60 - 40	40 - 20	20 - 10	10 - 5	5 - 2	2 - 0.5	0.5 - 0.25	0.25 - 0.1	0.1 - 0.05	0.05 - 0.01	0.01 - 0.005	< 0.005
% Nhóm hạt	24.0	25.5	22.8	11.7	6.4	5.2	3.4	0.4	0.2	0.5			
	24.0	48.3		23.3			4.5				0.0		



Hình 1: Cấp phối của đất cuội sỏi lòng sông với cấp phối tự nhiên

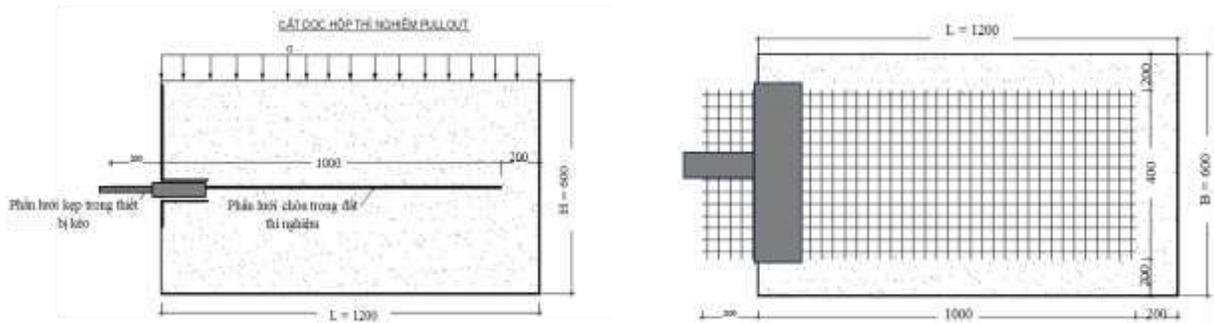
Vật liệu đất đá sử dụng trong thí nghiệm là đất cuội sỏi lòng suối. Thông tin về cấp phối thể hiện trong Bảng 2. Đường kính trung bình D_{50} xác định được là 40 mm, các thông số cấp đánh giá cấp phối $C_u = 10.5$, $C_c = 2.38$. Đất được phân loại là cuội sỏi cấp phối tốt.

2.2. Thiết bị thí nghiệm

Thiết bị thí nghiệm là hộp thí nghiệm kéo pullout test được chế bị theo mô tả của tiêu chuẩn ASTM D6706-190 [12]. Kích thước lòng hộp L x B x H là 1.2 x 0.7 x 0.6 m, thể tích lòng hộp là 0.5 m³. Tấm lưới khi thực hiện thí nghiệm phải có phần kích thước chôn trong đất là 0.8 m chiều dài và 0.4 m chiều rộng. Tổng chiều dài tấm lưới khi sử dụng phải tính thêm phần lưới cuộn vào chi tiết kéo lưới.



Hình 2: Hộp thí nghiệm kéo lưới địa kỹ thuật



Hình 3: Sơ đồ hộp thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện với ba cấp tải trọng thẳng đứng là 35 kPa, 65 kPa và 95 kPa, tương ứng với các mức ứng suất pháp sinh ra tại các vị trí đặt lưới trong một thân đập có chiều cao khoảng 6 m, lần lượt tại khu vực gần đỉnh đập, phần giữa thân đập và khu vực gần chân đập.

2.3. Quy trình thí nghiệm

Các bước tiến hành thí nghiệm như sau:

- Chuẩn bị hộp mẫu và đổ đất vào nửa dưới của hộp. Khối lượng đất khô được tính toán để sau khi đổ đất và đầm theo thiết kế, đất trong hộp đạt được dung trọng theo yêu cầu.
- Đặt tấm lưới vào vị trí và bắt vào bộ phận kẹp truyền lực ở cửa kéo của hộp. Sau đó kết nối các cảm biến đo ứng suất và chuyển vị vào các vị trí yêu cầu trên tấm lưới.
- Đổ đất vào đầy hộp với yêu cầu về độ đầm chặt như bước 1.
- Đặt nắp hộp và tác dụng tải trọng thẳng đứng, xem xét thời gian chờ để đất trong hộp đạt trạng thái ổn định
- Tác dụng lực ngang tới khi lưới bị phá hoại hoặc kéo tụt ra khỏi đất, hoặc khi chuyển vị đạt giá trị giới hạn.

Nhằm đánh giá ảnh hưởng của độ ẩm đất đến ứng xử của tấm lưới, các thí nghiệm được tiến hành trong hai điều kiện: đất khô và đất ẩm với độ ẩm lựa chọn là 4%. Đây là độ ẩm gần với độ ẩm tối ưu của loại đất cuội sỏi sử dụng trong nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Quan hệ giữa giá trị lực kéo tác dụng lên lưới và dịch chuyển của mép lưới trong các trường hợp được thể hiện trong Hình 2. Một số hình

ảnh của tấm lưới trước và sau khi kết thúc thí nghiệm được thể hiện ở Hình 3.

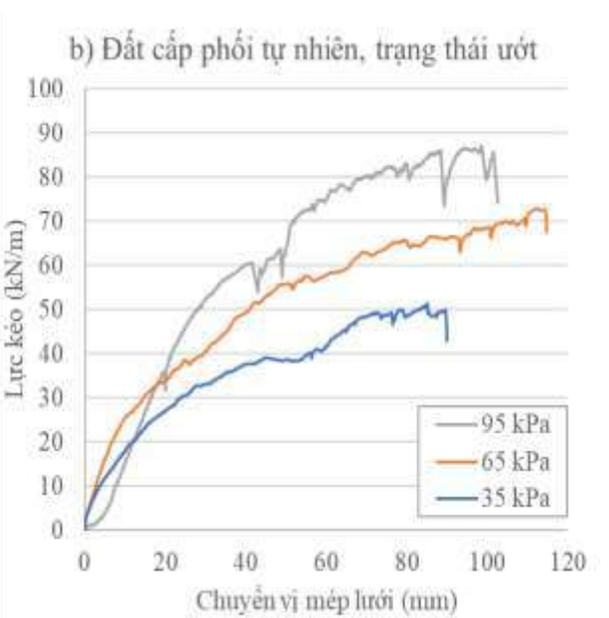
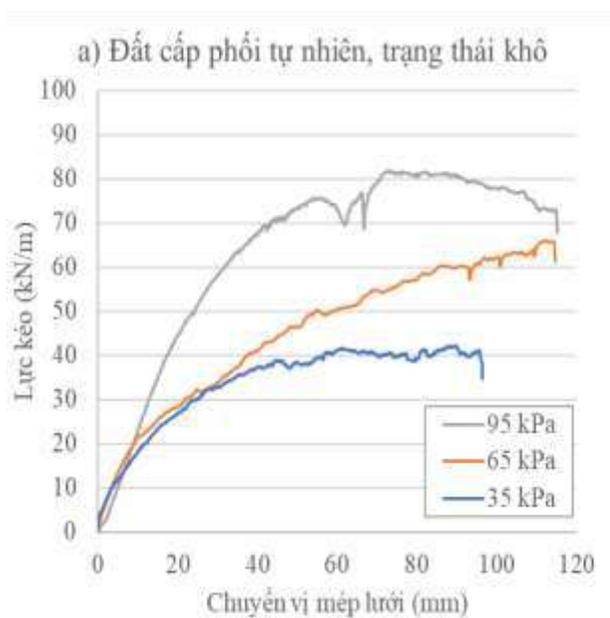
Bảng 3: Giá trị lực kéo lớn nhất và hệ số tương tác của lưới trong đất

TH	σ (kPa)	τ_{max}	C_i
2400kg-kho	36.0	42.2	0.84
4000kg-kho	66.3	66.1	0.71
6000kg-kho	93.4	81.7	0.62
2400kg-âm	37.8	51.4	0.97
4000kg-âm	64.9	73.0	0.80
6000kg-âm	87.8	87.0	0.71

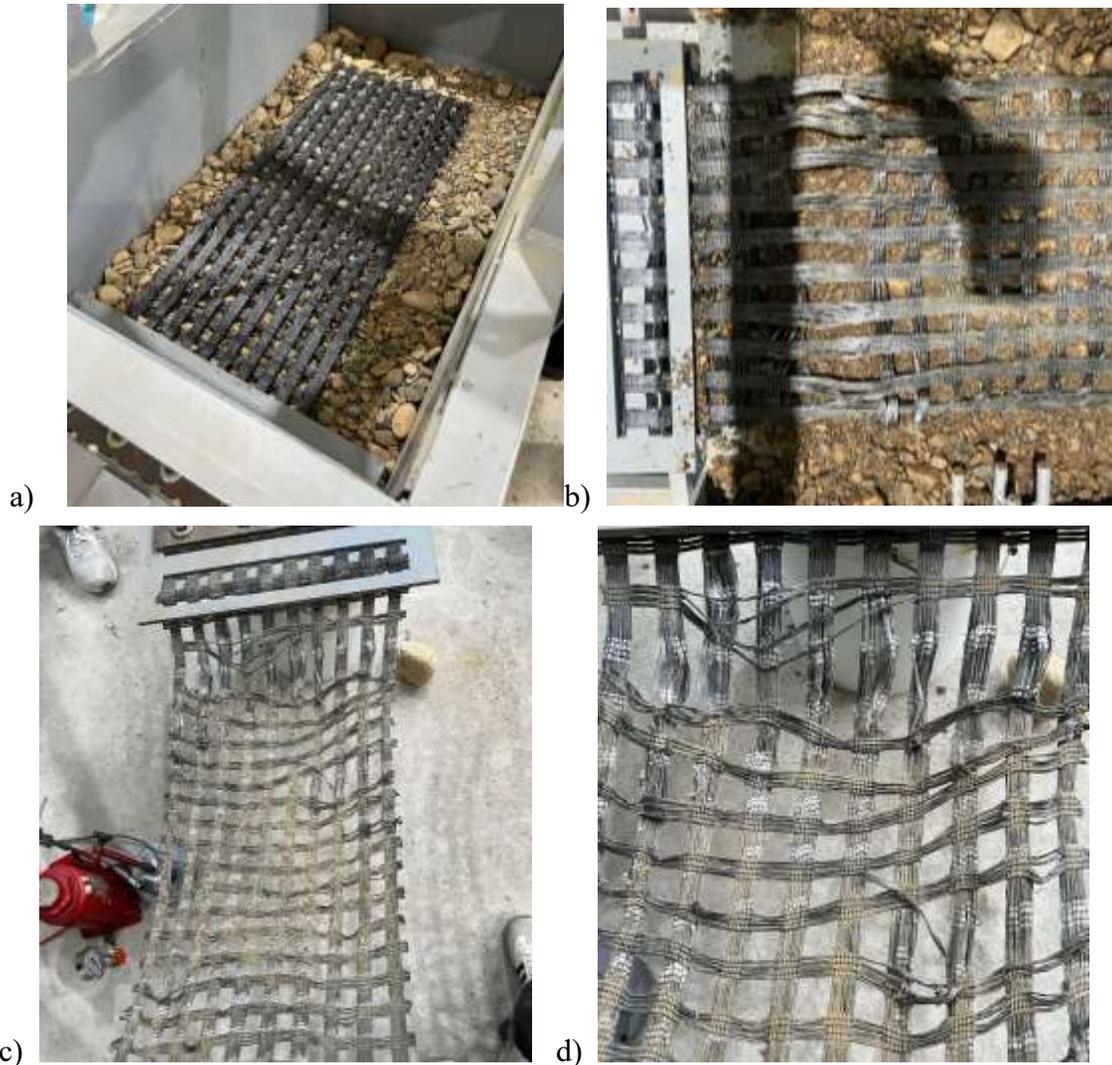
Để đánh giá mức độ tương tác giữa tấm lưới và hạt đất, hệ số tương tác C_i được sử dụng. Hệ số tương tác của lưới trong đất được định nghĩa là tỷ lệ giữa ứng suất cắt tại mặt tiếp xúc giữa lưới và đất τ_{gd} , và ứng suất trong khối đất τ_d dưới cùng tác dụng của lực pháp tuyến[13] :

$$C_i = \frac{\tau_{gd}}{\tau_d}$$

Trong đó, ứng suất cắt tại mặt tiếp xúc giữa lưới và đất τ_{gd} được tính theo giá trị lực kéo lớn nhất ghi nhận được trong quá trình thí nghiệm tính trên phần diện tích của lưới nằm trong đất. Kết quả này được thể hiện trong Bảng 3.



Hình 4: Kết quả ứng xử của lưới trong đất cấp phối tự nhiên



Hình 5: Một số hình ảnh lưới trước và sau khi tiến hành thí nghiệm kéo lưới trong đất

4. THẢO LUẬN

Kết quả thí nghiệm kéo lưới ở 3 cấp tải trọng trong cả 2 trường hợp đất ẩm và đất khô đều cho thấy giá trị lực kéo lớn nhất tỉ lệ thuận với giá trị áp lực thẳng đứng của cấp tải trọng tương ứng. Khi dùng quan hệ này để xác định góc ma sát trong giữa lưới và đất, kết quả trên Hình 6 cho thấy giá trị này rất gần với góc ma sát trong của đất, là 35° . Kết quả này tương đồng với các kết quả khảo sát của các tác giả khác [14], vì vậy có thể xem xét sử dụng giá

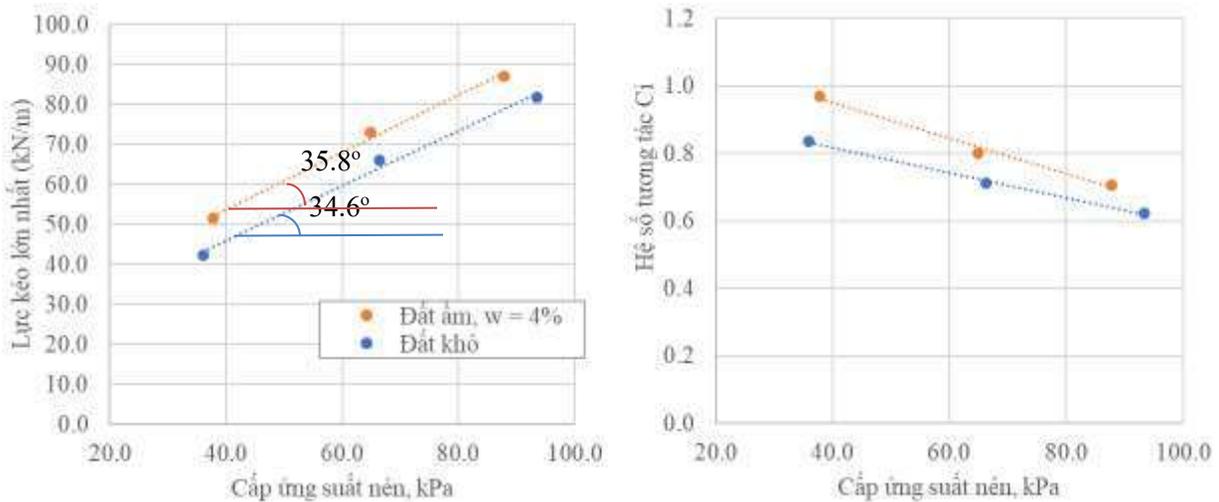
trị góc ma sát trong của đất để làm góc ma sát trong giữa lưới và đất để áp dụng vào thiết kế.

Từ giá trị cường độ chịu kéo của lưới, hệ số tương tác giữa lưới và đất được tính ra trong Bảng 3. Kết quả hệ số tương tác cho thấy giá trị này cũng phụ thuộc vào cấp tải trọng. Như vậy khi tính toán thiết kế bố trí lưới địa kỹ thuật trong thân đập để gia cố, các kết quả lực chịu kéo tối đa và hệ số tương tác có thể được dùng để xác định ra sự bố trí khoảng cách và chiều dài tấm lưới phù hợp với kích thước thực

tế của công trình.

Lực kéo lớn nhất ghi nhận được trong tất cả các trường hợp đều bé hơn cường độ chịu kéo của lưới theo thông tin của nhà sản xuất, cho thấy hình thức bị phá hoại của lưới là bị kéo trượt ra khỏi khối đất chứ không phải bị kéo đứt. Các hình ảnh của lưới sau khi kết thúc thí nghiệm cũng đã xác nhận điều này, một vài hình ảnh trong số đó được thể hiện ở Hình 5. Tuy nhiên trên biểu đồ thể hiện kết quả lực

kéo theo chuyển vị ở Hình 4, xuất hiện các bước nhảy tạm thời rõ rệt trên các đường kết quả của trường hợp lưới kéo ở cấp tải trọng 95 kPa, trong cả 2 điều kiện khô và ẩm. Các bước nhảy tạm thời này có thể được giải thích là do một số sợi lưới ngang đã bị kéo đứt trong quá trình thí nghiệm, và điều này cũng có thể quan sát được ở Hình 5d.



Hình 6: Kết quả lực kéo lớn nhất và hệ số tương tác C_i của lưới trong đất cấp phối tự nhiên

Trong tất cả các trường hợp, độ biến dạng dài của lưới đạt tới khoảng 9 – 12 cm, giá trị biến đổi theo các trường hợp. Tuy nhiên mức độ biến dạng không phân bố đều dọc theo chiều dài lưới mà tập trung chủ yếu ở phạm vi gần sát cửa kéo (Hình 5c). Hiện tượng này tương tự như kết quả đã được nhiều nhóm tác giả báo cáo [15][16].

Thí nghiệm đã được tiến hành với trường hợp đất khô và đất ở độ ẩm 4%, kết quả cho thấy tấm lưới có thể chịu được lực kéo tốt hơn khi đất ở trạng thái ẩm. Do trong điều kiện đất ẩm, lượng nước vừa đủ sẽ giúp các hạt đất được sắp xếp lại chặt hơn trong quá trình đất chịu nén, nhờ đó khả năng chịu kéo của tấm lưới cũng tăng lên. Tuy nhiên, các

kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Chen và các công sự cho thấy khi độ ẩm vượt qua độ ẩm tối ưu, cường độ chịu kéo của tấm lưới bị suy giảm nhanh chóng [17]. Do đó, ảnh hưởng của độ ẩm của đất tới ứng xử của tấm lưới cần được nghiên cứu thêm để có được đánh giá đầy đủ về điều kiện làm việc đảm bảo an toàn. Trong các bước thiết kế và thi công đập sử dụng vật liệu đất đá tại chỗ kết hợp lưới địa kỹ thuật để gia cố, cần phải đặc biệt chú ý vào hệ thống tiêu nước để đảm bảo an toàn cho công trình.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã thực hiện thí nghiệm kéo tấm lưới địa kỹ thuật TGX 200/50 trong khối đất cuội sỏi tự nhiên nhằm đánh giá khả năng làm

việc của lưới khi ứng dụng trong các công trình đập sử dụng vật liệu tại chỗ. Kết quả cho thấy, góc ma sát giữa lưới và đất gần tương đương với góc ma sát trong của đất, do đó có thể sử dụng giá trị này trong tính toán thiết kế. Lực kéo lớn nhất và hệ số tương tác giữa lưới và đất phụ thuộc đáng kể vào giá trị ứng suất pháp thẳng đứng, là cơ sở để xác định chiều dài và khoảng cách bố trí hợp lý của tấm lưới trong thân đập. Ngoài ra, điều kiện ẩm của đất có ảnh hưởng rõ rệt đến khả năng chịu kéo của lưới, do đó cần chú trọng kiểm soát độ ẩm và thiết kế hệ thống tiêu thoát nước

hợp lý nhằm đảm bảo hiệu quả gia cố và an toàn cho công trình.

LỜI CẢM ƠN: Bài báo sử dụng kết quả nghiên cứu của đề tài: “*Nghiên cứu sử dụng vật liệu hỗn hợp tại chỗ (đất, đá, cuội sỏi) để xây dựng công trình đập dâng, đập đầu mối hồ chứa vừa và nhỏ khu vực miền núi phía Bắc*”, mã số ĐTKHCN.44/23. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã tạo điều kiện để Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam và nhóm nghiên cứu thực hiện đề tài này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. P. Giroud, “Geosynthetics in dams: two decades of experience,” *Geotech. Fabr. Rep.*, no. 10(5), July/August, 1992.
- [2] W. W. Müller and F. Saathoff, “Geosynthetics in geoenvironmental engineering,” *Sci. Technol. Adv. Mater.*, vol. 16, no. 3, pp. 1–20, 2015, doi: 10.1088/1468-6996/16/3/034605.
- [3] A. D. M. Penman, *Materials for embankment dams.*, vol. 35, no. 1, Jan. 1983. 1983. doi: 10.1016/0148-9062(85)92801-3.
- [4] D. N. Arnepalli, R. Karpurapu, K. Rajagopal, and D. N. Arnepalli, “State-of-the-Art on the Applications of Geosynthetics for Dam Repair and Rehabilitation,” no. December, 1980, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/279832877>
- [5] M. Ziegler, “Application of Geogrid Reinforced Constructions: History, Recent and Future Developments,” *Procedia Eng.*, vol. 172, pp. 42–51, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.015.
- [6] M. Al-Barqawi, R. Aqel, M. Wayne, H. Titi, and R. Elhajjar, “Polymer geogrids: A review of material, design and structure relationships,” *Materials (Basel).*, vol. 14, no. 16, 2021, doi: 10.3390/ma14164745.
- [7] J. Zhang, N. Yasufuku, K. Omine, and T. Kobayashi, “Sandy soil-geogrid interface behavior under changes of water content,” *9th Int. Conf. Geosynth. - Geosynth. Adv. Solut. a Challenging World, ICG 2010*, no. 2008, pp. 721–724, 2010.
- [8] M. Alfaro, N. Miura, and D. Bergado, “Soil-Geogrid Reinforcement Interaction by Pullout and Direct Shear Tests,” *Geotech. Test. J.*, vol. 18, no. 2, pp. 157–167, 1995, doi: 10.1520/gtj10319j.
- [9] M. Pisano, G. Cardile, N. Moraci, and P. Recalcatti, “Long-term pullout tests to analyse the soil-geogrid interaction,” *Geosynth. Lead. W. to a Resilient Planet*, no. Figure 1, pp. 617–622, 2023, doi: 10.1201/9781003386889-66.

- [10] A. O. A. Mohammed, B. K. Karnamprabhakara, and U. Balunaini, “Experimental Studies on Pullout Resistance of Overlapping Geogrids,” *Int. J. Geosynth. Gr. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–10, 2023, doi: 10.1007/s40891-023-00438-x.
- [11] A. Duszyńska and A. F. Bolt, “Pullout tests of geogrids embedded in non-cohesive soil,” *Arch. Hydroengineering Environ. Mech.*, vol. 51, no. 2, pp. 135–147, 2004.
- [12] ASTM D6706-01, “Standard Test Method for Measuring Geosynthetic Pullout Resistance in Soil,” *ASTM Int.*, 2011.
- [13] R. M. Koerner, *Designing with Geosynthetics*, Fifth Edit. PEARSON Prentice Hall.
- [14] R. W. Lentz and J. N. Pyatt, “Pull-out resistance of geogrids in sand,” *Transp. Res. Rec.*, no. 1188, pp. 48–55, 1988.
- [15] F. B. Ferreira, J. Fernandes, C. S. Vieira, and M. L. Lopes, “Soil-geosynthetic interface shear behaviour: Insights from inclined plane and direct shear tests,” *Geosynth. Lead. W. to a Resilient Planet*, pp. 418–424, 2023, doi: 10.1201/9781003386889-37.
- [16] A. C. C. F. Sieira, D. M. S. Gerscovich, and A. S. F. J. Sayão, “Displacement and load transfer mechanisms of geogrids under pullout condition,” *Geotext. Geomembranes*, vol. 27, no. 4, pp. 241–253, 2009, doi: 10.1016/j.geotexmem.2008.11.012.
- [17] C. W. Chen and J. Y. Wu, “Effects of wetting on the soil-geogrid interaction,” *9th Int. Conf. Geosynth. - Geosynth. Adv. Solut. a Challenging World, ICG 2010*, no. M1, pp. 669–674, 2010.