



KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG GIỚI HẠN CỦA CỐT LIỆU ĐẤT GIA CƯỜNG TRONG THÍ NGHIỆM BA TRỤC TỶ LỆ LỚN

Hồ Văn Thắng¹

¹ Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 22/12/2014

Ngày chấp nhận: 17/08/2015

Title:

Analysis of confining effect of geogrid-reinforced gravel in triaxial tests

Từ khóa:

Lưới địa kỹ thuật, sự gia cường lưới địa, nén ba trục tỷ lệ lớn, ảnh hưởng giới hạn, biến dạng, cường độ đỉnh

Keywords:

Geogrids, geogrid reinforcement, large scale-triaxial, confining effect, deformation, peak strength

ABSTRACT

Large scale triaxial tests to investigate the reinforcing effect of geogrids had been carried out at Institute of Industrial Science, The University of Tokyo. Results of unreinforced and reinforced test series showed a significant increase of the peak strength as well as a reduction of the deformations of the tested specimens due to the reinforcement. The confining effect of the reinforcement was clearly identified and explained with a mechanical model.

TÓM TẮT

Chuỗi thí nghiệm nén ba trục tỷ lệ lớn để khảo sát tác dụng gia cường của lưới địa kỹ thuật được thực hiện tại Viện Khoa học Công nghiệp, Trường Đại học Tokyo. Kết quả của chuỗi thí nghiệm gia cường và không gia cường cho thấy sự gia tăng đáng kể của cường độ đỉnh cũng như sự giảm về biến dạng của mẫu thí nghiệm do bởi sự gia cường. Ảnh hưởng giới hạn của sự gia cường được xác định rõ ràng và được giải thích với mô hình cơ học.

1 GIỚI THIỆU

Việc sử dụng lưới địa kỹ thuật trong các dự án đường và đường sắt đang trở thành thực tiễn quan trọng trên toàn thế giới trong việc giải quyết nhiều vấn đề về thiết kế và xây dựng. Cốt liệu gia cường là vật liệu tổng hợp kết hợp hai đặc trưng về sức kháng của hai loại vật liệu khác nhau theo cách gia tăng khả năng chịu lực của vật liệu đó. Tuy nhiên, vẫn còn hạn chế trong sự hiểu biết về cách mà lưới địa kỹ thuật tham gia vào việc gia tăng khả năng chịu tải tại cấp độ biến dạng rất nhỏ. Để hiểu rõ hơn về loại vật liệu kết hợp này, một loạt thí nghiệm ba trục với tỷ lệ lớn đã được thực hiện với mẫu cốt liệu không gia cường và gia cường với kích thước cao 50 cm và mặt cắt là 23x23 cm, sử dụng thiết bị được phát triển tại Viện Khoa học Công nghiệp, Đại học Tokyo (Anh Đan *et al.*

2006). Cùng với sự biến đổi về áp suất buồng, chuỗi thí nghiệm cũng bao gồm sự thay đổi về loại lưới địa kỹ thuật.

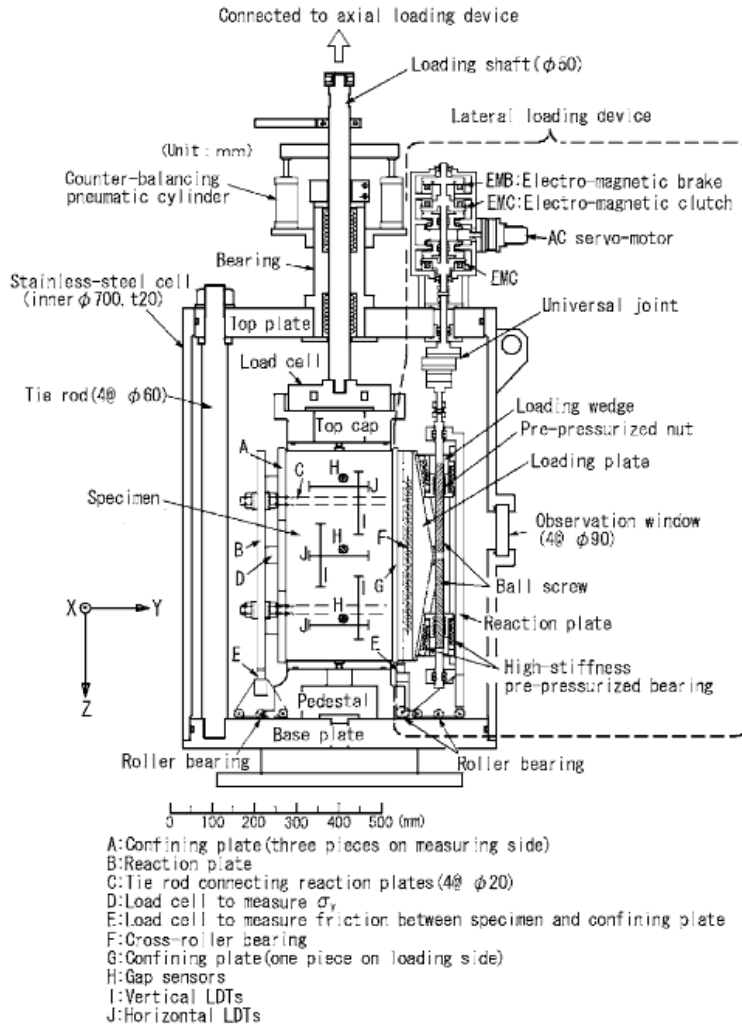
Loạt kết quả thí nghiệm không gia cường và gia cường cho thấy sự gia tăng rõ rệt của cường độ đỉnh cũng như sự giảm về biến dạng của mẫu thí nghiệm có được nhờ sự gia cường. Sự ảnh hưởng giới hạn bởi sự gia cường được mô tả thông qua mô hình cơ học. Một phương pháp tính toán dựa trên mô hình cơ học này được sử dụng để vẽ ra đường ứng suất cho loạt thí nghiệm gia cường.

2 THIẾT BỊ, VẬT LIỆU VÀ QUY TRÌNH THỬ NGHIỆM

Mục đích của việc nghiên cứu này là kiểm tra hiệu quả của lưới địa kỹ thuật đối với cường độ đỉnh (peak strength) và độ cứng biến dạng nhỏ (hay

còn gọi là mô đun đàn hồi E) của cốt liệu dưới dạng mẫu hình trụ lớn dưới thí nghiệm nén ba trục tải trọng đều và tải tuần hoàn biên độ lớn. Một bộ thiết bị chuyển đổi biến dạng cục bộ (local deformation transducers (LDTs, Goto *et al.*, 1991) và thiết bị chuyển đổi lân cận được sử dụng để đo biến dạng với mục đích làm giảm đến mức thấp nhất ảnh hưởng do các góc của mẫu, sự ngàm ở hai đầu tự do và tương quan hệ thống gây ra. Một máy

ba trục tỷ lệ lớn được sử dụng để thí nghiệm nén ba trục trên mẫu cốt liệu lớn được đầm chặt (Anh Dan *et al.* 2006). Thiết bị ba trục tỷ lệ lớn và hệ thống điều khiển ứng suất được mô tả trong Hình 1 và 2 theo thứ tự. Thiết bị bao gồm buồng nén ba trục, thiết bị gia tải đứng và ngang và một thiết bị điều khiển ứng suất buồng. Thiết bị gia tải đứng sử dụng một bộ truyền động thủy lực điện có công suất 490 kN và hệ thống cân bằng điểm mức.



Hình 1b: Cấu tạo máy ba trục tỷ lệ lớn

Trong thí nghiệm không gia cường, biến dạng thẳng đứng (ϵ_1) được đo bằng ba cặp LDTs đứng (ký hiệu V-LDTs). Biến dạng ngang theo hai hướng (ϵ_3) được đo bằng ba cặp LDTs ngang (ký hiệu H-LDTs). Trong thí nghiệm gia cường, biến dạng thẳng đứng (ϵ_1) và biến dạng ngang (ϵ_3) được đo bằng bốn cặp LDT đứng và ngang ở mỗi bên của mẫu. Sơ đồ giản lược cho biết vị trí tất cả các

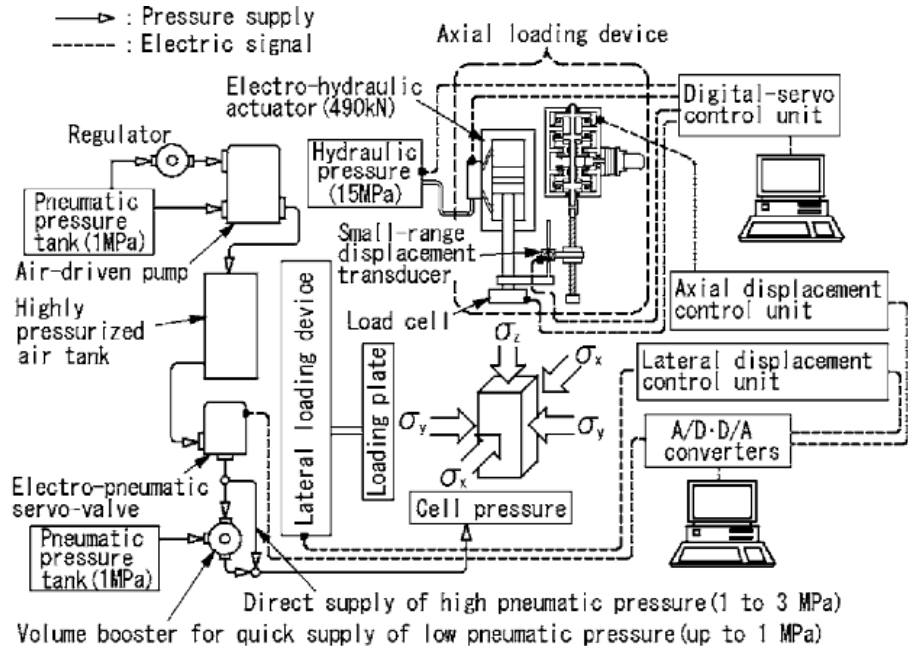
LDT trên mẫu trong trường hợp gia cường và không gia cường như Hình 3. Giá trị trung bình đo được với ba hay bốn cặp LDT được dùng cho mỗi hướng của phép đo biến dạng cục bộ trong phân tích kết quả thí nghiệm. Vật liệu thí nghiệm là loại đá hiện trường với cấp phối tốt, gọi là đá Tochigi. Nó bao gồm các hạt có góc hoặc gần như có góc với hệ số đồng đều $C_u=32$ và tỷ trọng $G_s=2.68$. Hàm lượng nước tối thuận và tỷ trọng khô lớn

nhất được xác định bằng thí nghiệm đầm nén Protor hiệu chuẩn với giá trị là $w_{opt}=4.0\%$ và $\rho_d=2.168\text{ g/cm}^3$.

Mẫu được chuẩn bị bằng cách đầm nén bằng tay đến khi đạt độ ẩm tối thuận (Bảng 1). Mẫu

được chia thành 10 lớp để đầm nén với độ dày mỗi lớp khoảng 5 cm.

Trước khi đặt vật liệu cho lớp kế tiếp, bề mặt lớp trước đó được cào nhẹ với độ sâu khoảng 2 cm để đảm bảo sự liên kết tốt giữa hai lớp nằm kế cận.



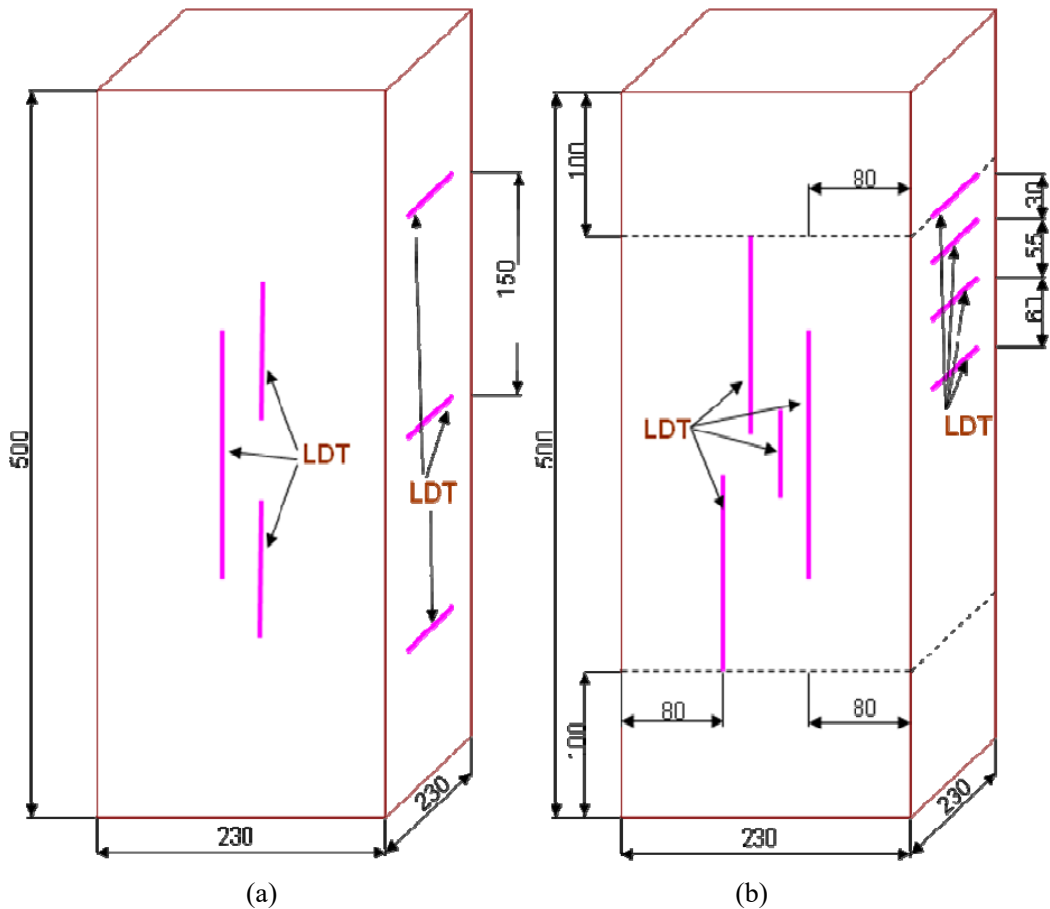
Hình 2: Hệ thống điều khiển ứng suất của máy ba trục tỷ lệ lớn

Việc đầm nén được thực hiện với mục đích đạt được tỷ trọng khô của mẫu càng gần giá trị có được từ thí nghiệm Proctor càng tốt. Trong thực tế xấp xỉ 95% của tỷ trọng lớn nhất đạt được bằng cách lấy trung bình. Áp suất giới hạn (σ'_3) được tác dụng bởi máy bơm (áp lực âm) hoặc áp lực buồng nén dương và giữ ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm. Hai lớp lưới địa kỹ thuật được đặt trong mẫu gia cường với khoảng không gian gia cường

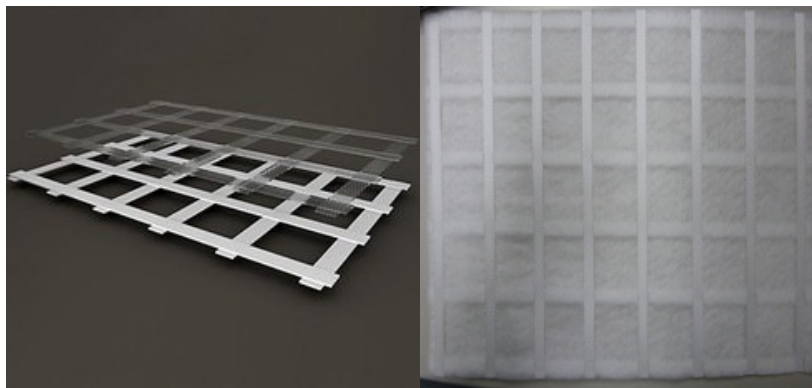
theo phương đứng gần bằng 0.3 m. Kết quả thí nghiệm trong bài báo này có được từ mẫu gia cường với loại lưới hai trục (biaxial) làm từ polypropylene và combi-polypropylene với cường độ danh nghĩa là 40kN/m và các thanh được gắn chặt, được kéo trước. Kích cỡ khẩu độ lưới là 31mm x 31mm và lực kéo tại biến dạng 2% là 16kN/m, các thông số được cung cấp bởi nhà máy sản xuất. Chúng được thể hiện trong Hình 4.

Bảng 1: Điều kiện thí nghiệm

Test name	Reinforcement	σ'_3 (kPa)	γ_d	e	ω (%)
IIS-0E	Unreinf	25	2.053	0.31	3.73
IIS-0G	Unreinf	150	2.096	0.28	2.41
IIS-2D	Geogrid	150	2.089	0.28	3.81
IIS-2E	Geogrid	25	2.066	0.30	2.53
IIS-COM-C	Combi-grid	25	2.112	0.27	2.25
IIS-COM-D	Combi-grid	150	2.080	0.29	2.11



Hình 3: Vị trí các LDTs trong trường hợp thí nghiệm a) không gia cường và b) gia cường

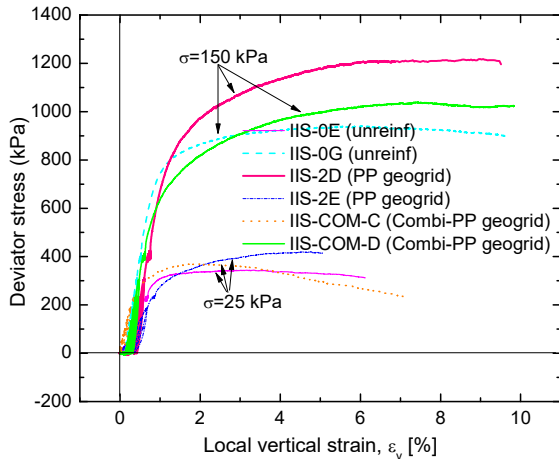


Hình 4: Chi tiết của lưới PP và Combi-PP theo thứ tự

3 KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

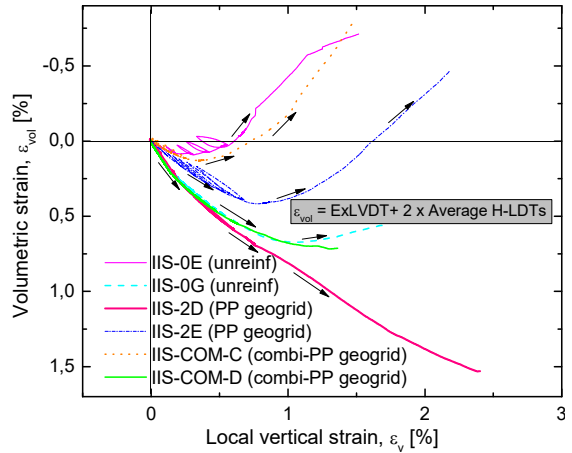
Đường cong ứng suất - biến dạng của mẫu thí nghiệm gia cường và không gia cường được đàm nén với tỷ trọng proctor đạt 95% được cho trong Hình 5 đối với hai loại lưới địa kỹ thuật tại hai cấp áp lực 25kPa và 150kPa. Sự gia tăng của cường độ đỉnh (peak strength) do bởi sự gia cường có thể

thấy rõ ràng. Tuy nhiên, độ cứng ban đầu của cả hai mẫu không gia cường và mẫu gia cường gần như giống nhau đối với biến dạng đứng (vertical strain) đến khoảng 0.3%. Điều này phù hợp với biến dạng thể tích (volumetric strain) được tính toán từ biến dạng đứng và biến dạng hông, thể hiện rõ sự nén hoàn toàn khi mới bắt đầu thí nghiệm (Hình 6).



Hình 5: Tương quan ứng suất-biến dạng

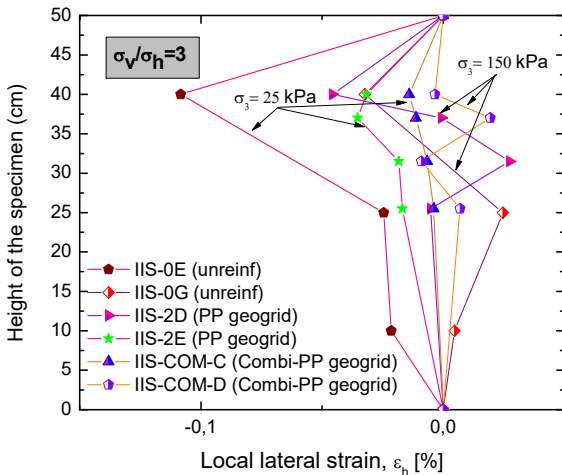
Ngay khi mẫu bắt đầu nở hông, lưới địa kỹ thuật bắt đầu gia tăng đặc tính kháng, và sau đó dẫn đến sự gia tăng độ cứng và cường độ đỉnh. Đặc tính kháng của lực trong lưới địa kỹ thuật đi kèm với sự giảm của hiệu ứng trương nở (dilatancy). Xa hơn, như được mô tả trong Hình 7 biến dạng ngang đo bởi các LDT ngang (H-LDTs) của loạt thí nghiệm gia cường giảm đáng kể khi so sánh với kết quả của thí nghiệm không gia cường tại áp lực 25kPa. Điều tương tự cũng được quan sát thấy trong các thí nghiệm của Ziegler và Ruiken (2008), họ cũng thực hiện thí nghiệm nén ba trục với mẫu không gia cường và mẫu gia cường. Họ thấy rằng biến dạng giảm đáng kể do sự gia cường. Mặt khác, trong thí nghiệm hiện tại, tại áp lực giới hạn cao hơn 150 kPa, biến dạng ngang (lateral strain) không cho thấy sự giảm đáng kể nào. Điều này có thể thấy rõ hơn ở Hình 8, ảnh hưởng của sự gia



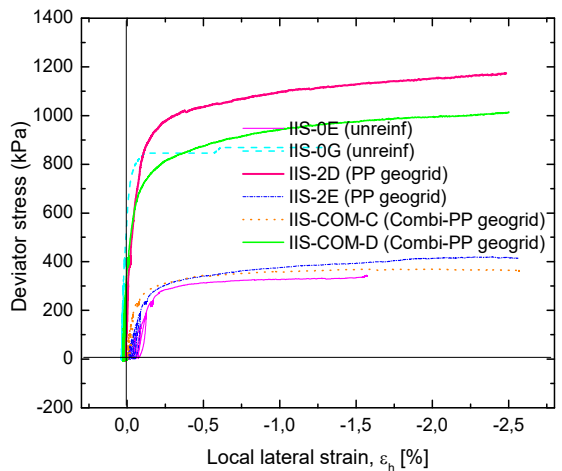
Hình 6: Biến dạng thể tích của mẫu không gia cường và gia cường

cường trên biến dạng ngang tại áp lực giới hạn nhỏ (25kPa), hay nói cách khác chính là áp lực tại độ sâu nhỏ, nhiều hơn đáng kể so với ảnh hưởng của sự gia cường tại áp lực giới hạn lớn (150kPa). Có nghĩa là tại áp lực giới hạn lớn, thí nghiệm có gia cường lưới địa kỹ thuật và không gia cường đều có biến dạng ngang như nhau. Kết quả ghi được từ thiết bị đo biến dạng (strain gauge) được biểu thị trong Hình 9 cho thấy có sự gia tăng của biến dạng ngang trong lưới địa kỹ thuật.

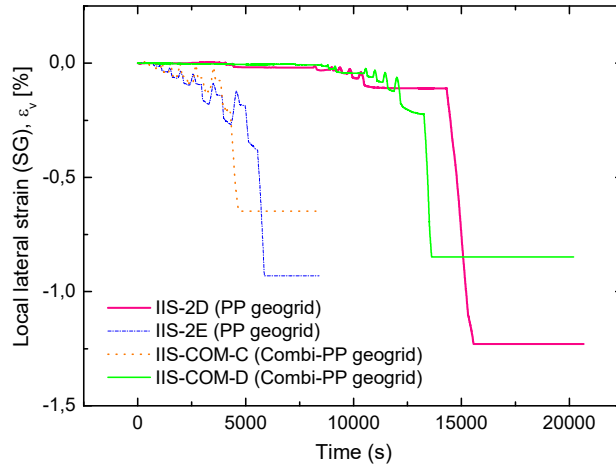
Mô hình cơ học được biểu thị trong Hình 10 có được là từ kết quả thí nghiệm ba trục lớn của cốt liệu lớn có gia cường. Do bởi sức nén thẳng đứng trong quá trình gia tải, mẫu bắt đầu nở hông. Như trên đã nói, điều này đi kèm với sự kích hoạt của lưới địa kỹ thuật, mà theo đó thì sự biến dạng được giảm đi và cường độ đỉnh tăng lên.



Hình 7: Biến dạng ngang dọc theo chiều cao mẫu



Hình 8: Sự gia tăng cường độ đỉnh do sự gia cường lưới địa kỹ thuật

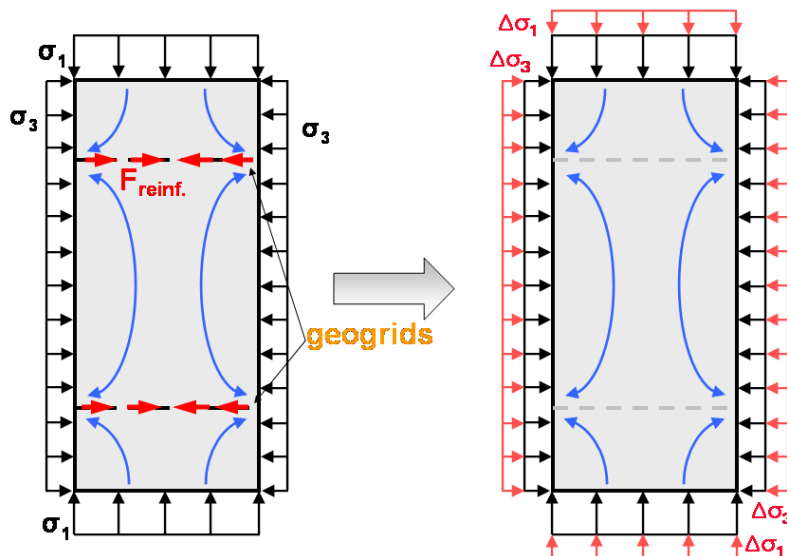


Hình 9: Sự phân bố biến dạng trong lưới địa kỹ thuật

Với sự biến dạng gia tăng dần của mẫu, áp lực giới hạn của lưới địa kỹ thuật cũng gia tăng theo. Với một giả thuyết đơn giản hóa, điều này có thể được xem như một áp lực giới hạn tương đương $\Delta\sigma_3$ tác dụng đồng nhất trên suốt chiều cao mẫu (Hình 10), cho thấy khoảng không gian đứng giữa những lớp gia cường là đủ nhỏ.

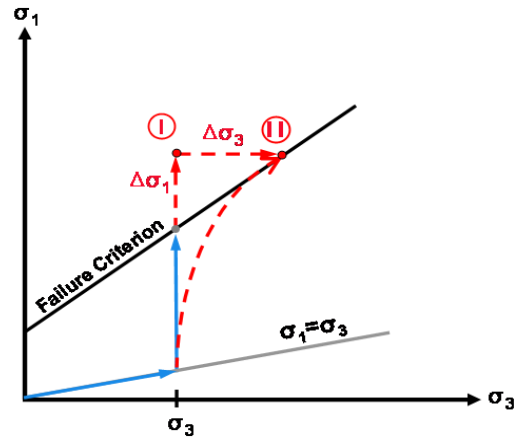
Trong Hình 11 đường ứng suất của mẫu gia cường và mẫu không gia cường được vẽ dưới dạng định tính. Tỷ lệ trục của biểu đồ được biểu thị khác so với thường lệ để thể hiện được rõ chi tiết. Do đó, đường thẳng $\sigma_1 = \sigma_3$, như thường lệ là đường chia đôi góc thì được vẽ ít nghiêng hơn. Trong cả hai thí nghiệm, mẫu được cố kết dưới điều kiện đẳng hướng trước khi gia tải. Đường ứng suất trong thí nghiệm không gia cường (trường hợp 1) cho thấy một sự gia tăng của σ_1 cho đến khi mẫu bị

phá hoại trong khi áp suất giới hạn σ_3 được giữ cố định không đổi. Trong thí nghiệm gia cường (trường hợp 2), xuất hiện sự gia tăng của σ_1 vượt xa hơn giới hạn tới hạn của thí nghiệm không gia cường, mặc dù áp suất giới hạn vẫn được giữ cố định như trường hợp thí nghiệm không gia cường. Điều kiện ứng suất tại điểm phá hủy cho trường hợp 1 là $\{\sigma_1 + \Delta\sigma_1; \sigma_{3,cell}\}$. Tuy nhiên, do bởi sự biến dạng dưới sự tác động của lưới địa kỹ thuật cùng với mô hình mô tả phía trên, điều kiện ứng suất cho trường hợp 2 sẽ bị ảnh hưởng bởi lượng gia tăng của áp suất giới hạn, cụ thể là $\Delta\sigma_{3,rein}$. Trong suốt quá trình gia tải, khi sự phá hủy mẫu xuất hiện dĩ nhiên, điều kiện ứng suất đạt đến mức tiêu chuẩn phá hủy của đất không gia cường (trường hợp 1), nhưng tại trạng thái ứng suất cao hơn $\{\sigma_1 + \Delta\sigma_1; \sigma_{3,cell} + \Delta\sigma_{3,rein}\}$.



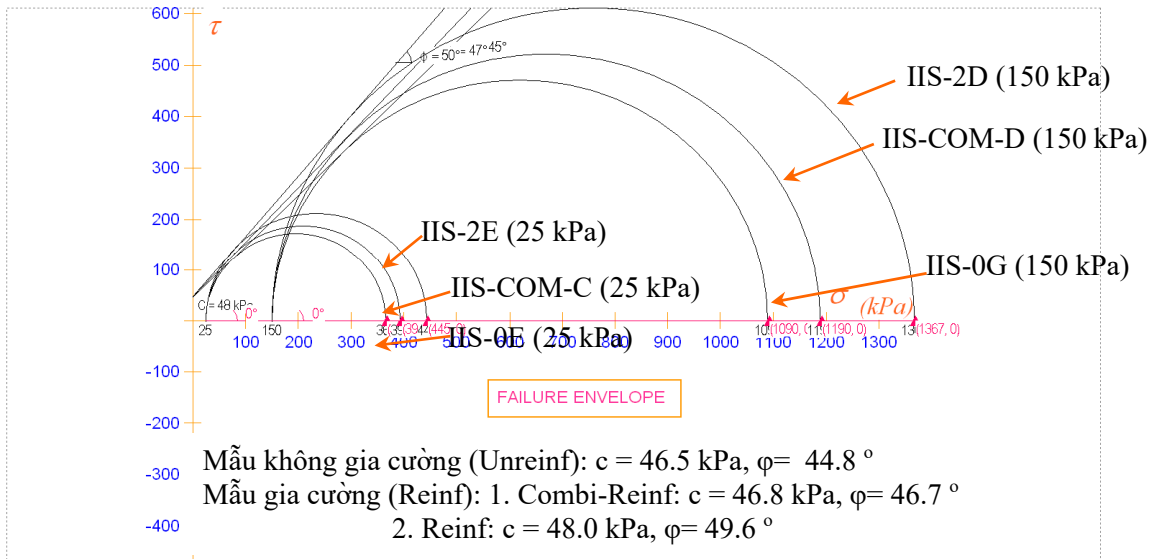
Hình 10: Sự gia tăng cường độ do sự gia cường

Các thông số cường độ đỉnh của thí nghiệm không gia cường và thí nghiệm gia cường được mô tả dưới dạng vòng tròn Mohr ứng suất trong Hình 12. Có thể dễ dàng nhận thấy trong thí nghiệm không gia cường, lực dính c và góc ma sát trong φ nhỏ hơn các giá trị tương ứng trong thí nghiệm gia cường. Độ cứng của mẫu có được từ việc gia tải tuần hoàn biên độ nhỏ được biểu thị trong Hình 13. Có thể dễ dàng nhận thấy rằng, sự gia cường không ảnh hưởng lớn đối với độ cứng biến dạng nhỏ (Mô đun đàn hồi, Young's Moduli) của mẫu dưới cả hai áp suất giới hạn thấp và cao. Hình 14 cho thấy biến dạng ngang của mẫu gia cường ít hơn so với mẫu không gia cường. Tại áp lực giới hạn cao hơn, sự gia cường gần như không ảnh hưởng đến biến dạng ngang.

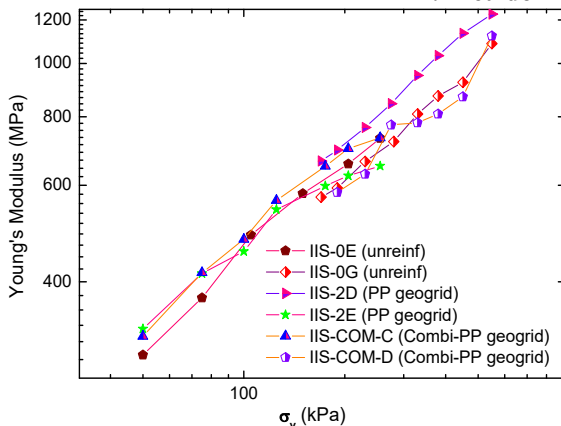


Hình 11: Đường ứng suất của tải do sự gia cường

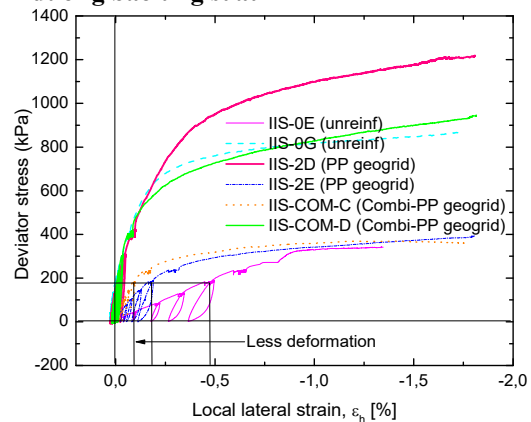
MOHR CIRCLE



Hình 12: Biểu đồ Mohr đường bao ứng suất



Hình 13: Độ cứng của mẫu không gia cường và mẫu gia cường



Hình 14: Sự giảm biến dạng ngang do ảnh hưởng của sự gia cường

4 KẾT LUẬN

Thí nghiệm ba trục tỷ lệ lớn trên mẫu gia cường và mẫu không gia cường cho thấy một sự gia tăng đáng kể của cường độ đỉnh và sự giảm của biến dạng do bởi lưới địa kỹ thuật. Lưới địa kỹ thuật gia cường trong đất phát triển thêm một áp suất ảnh hưởng do sự tác động của lưới địa kỹ thuật. Ảnh hưởng gia cường tương đối cao hơn trong trường hợp áp suất giới hạn ngang nhỏ, tương đương với với độ sâu nhỏ.

Ứng suất cắt bị ảnh hưởng bởi hai thông số là lực dính và góc ma sát trong cho thấy lưới địa kỹ thuật tạo nên sự gia tăng về cường độ cắt và độ cứng của đất. Điều này phù hợp với tất cả thí nghiệm tại các cấp áp lực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AnhDan, L.Q., Koseki, J., and Sato, T. (2002): Comparison of Young's Moduli of dense sand and gravel measured by dynamic and static methods, *Geotechnical Testing Journal*, ASTM, Vol 25, No.4, pp 349-368.
2. Abu-Hejleh, N., Zornberg, J.G., Wang, T. & Watcharamonthein, J. (2002): Monitored displacements of unique geosynthetic-reinforced bridge abutments. *Geosynthetics International*, Vol. 9, No. 1.
3. Moghaddas-Nejad, F. and Small, J.C. (2003): Resilient and permanent characteristics of reinforced granular materials by repeated load triaxial tests, *Geotechnical Testing Journal*, ASTM, Vol. 26, Issue 2.
4. AnhDan, L.Q., Koseki, J., and Sato, T. (2006): Evaluation of quasi-elastic properties of gravel using a large-scale true triaxial apparatus, *Geotechnical Testing Journal*, ASTM, Vol 29, No.5, pp 374-384.
5. Ruiken, A., Ziegler M. (2008): Effect of Reinforcement on The Load Bearing Capacity of Geosynthetic Reinforced Soil, *EuroGeo4*, IGS, Edinburgh, UK.
6. Maqbool, S., Koseki, J. (2010): Large-Scale Triaxial Tests to Study Effect of Compaction Energy and Large Cyclic Loading History on Shear Behavior of Gravel, *Soils and Foundations*, Vol 50, No.5, pp 633-644.
7. Lenart, S., Koseki, J., Sato, T., Miyashita, Y., Thang, H.V.: Large-scale triaxial tests of dense gravel material at low confining pressure, *Hokkaido International Conference*, 2012.