

展開型ジオセルで補強された土の一面せん断特性

防衛大学校 学 〇大澤佳苗 正 宮本慎太郎

防衛大学校 正 宮田喜壽

1. はじめに

地震などで道路網が遮断された際、速やかに車両の通行を可能にする地盤技術が重要になる。一方で、近年、折紙工学による展開型構造が注目されており、様々な分野で使用されてきている。これより、著者らは、展開可能なハニカムセル構造¹⁾に着目し、展開型ジオセルの開発と地盤補強材としての適用性を検証した。本文では、展開型ジオセルを設置することによる車両走行性の向上を把握することを目的に、一面せん断試験を用いて展開型ジオセル設置境界部のせん断特性の把握と PIV 解析による補強メカニズムの解明を試みた。

2. 展開型ジオセルの概要

検討した展開型ジオセル（以下、単に「セル」と呼称）の概要を図-1 に示す。通常のジオセルとは異なり、1枚のシートから立体構造が作製されており、簡易に展開および成型が可能である¹⁾。また、展開角度 α や目合いの開き角度 θ を容易に変化させることができ、これによって長さ方向のセルの列数やセルの高さを調整することが可能である。しかしながら、展開角度を大きくすると必要なセルの列数は少なくなるものの、地盤内のセルの密度は小さくなる。そのため、地盤補強材としての適用を考える上で、展開角度と補強効果の関係を明らかにしておく必要がある。

3. 実験方法の概要

本研究で用いた一面せん断試験装置の概要とせん断方法を図-2 に示す。せん断箱は上箱が高さ 6.0cm、下箱が高さ 2.0cm であり、奥行きは 9.0cm である。下箱下部の載荷板から一定の鉛直応力 ($\sigma = 10\text{kN/m}^2$) を与え、せん断速度 1mm/min で上箱に変位を与えた。実験ケースを表-1 に示す。土試料は、PIV 解析を行うために、ケイ砂 6 号と同試料を黒く染めた色砂を重量比 1 : 1 で混合した混合砂を用いた²⁾。セルは基本的な寸法として、目開きの長さ $h = l = 10\text{mm}$ 、高さ $b = 40\text{mm}$ とし、セルの列数を 3, 6, 9, 12 と変化させたケースについて検討した。セルは上箱のせん断面から 2mm 程度上部に設置し、セル下部の土試料のせん断強度特性を把握した。

3. 実験結果と考察

一面せん断試験の結果として、せん断応力—せん断変位関係、垂直変位—せん断変位関係を図-3 に示す。セルの列数による大きな差はそれほどみられないが、セルの列数が多いほど、せん断応力は増加する傾向を示した。また、セルの列数が多いほど、垂直変位が小さくなり、土の体積変化が抑制される傾向がみられた。無補強が残留状態にあるせん断変位 $d = 5.0\text{mm}$ の供試体のせん断ひずみ分布を図-4, 5 に示す。図-4 は無補強、図-5 はセル補強の結果として 3 列補強のひずみ分布を例として示している。無補強の場合、単純せん断モードに近い変形モードが表れている。しかし、セル補強の場合には、上箱に設置されたセル内の土の変形が抑制されており、上箱内のせん断ひずみはほとんど発生しないことが確認される。このような傾向は、配置したセルの列数に関わらず、すべてのセル補強のケースでみられた。セルで補強した場合、セル内の土試料の変形が抑制されることで補強効果が発揮され、これによりせん断強度が増加すると考えられた。

4. まとめ

(1) 折紙工学を適用した展開型ジオセルを開発した。展開角度 α や目合いの開き角度 θ を容易に変化させることができ、これによって長さ方向のセルの列数やセルの高さを調整することが可能である。(2) 展開型ジオセルで補強されることで、セルの展開角度によらず、せん断変形時のセル内の土試料が拘束されてせん断強度が増加することを確認した。

キーワード ジオセル, 地盤補強, 一面せん断試験, PIV 解析

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 TEL. 046-841-3810 E-mail : miyamoto@nda.ac.jp

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (若手研究：18K13832) の助成を受けた。東京インキの皆様にはジオセルに関する情報提供や材料提供を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) Neville, R. M., Scarpa, F. and Pirrera, A.: Shape morphing Kirigami mechanical metamaterials, Nature, Scientific Report6, 31067, 2016.

2) Miyamoto, S. and Miyata, Y.: Visualization of bearing capacity mechanism of geocell reinforced soil foundations, Proc. of Transportation Soil Engineering in Cold Regions, Volume 2, pp.3-12, 2019.

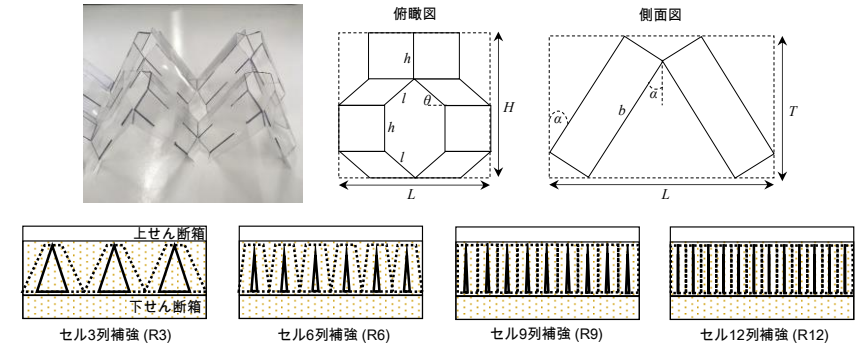
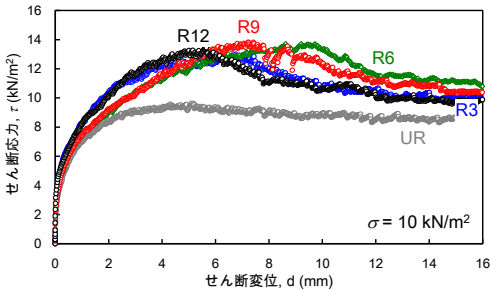


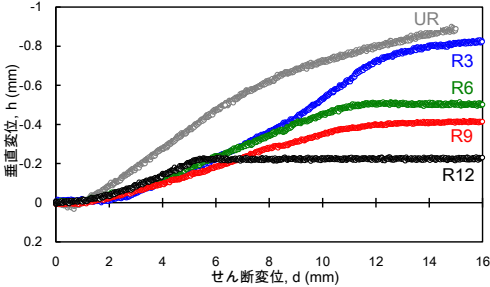
図-1 展開型ジオセルの概要

表-1 実験ケース

ケース名	混合砂		展開型セル						実験条件と結果	
	相対密度 Dr (%)	セル列数	展開角度 α (°)	目開き角度 θ (°)	セル長さ L (mm)	セル高さ T (mm)	セル幅 H (mm)	材料剛性 J _{sec} (kN/m)	上載圧 σ (kN/m ²)	せん断強度 τ (kN/m ²)
UR	80	—	—	—	—	—	—	—	10	9.8
R3	80	3	29	30	53	39	37	71.8	10	12.0
R6	80	6	7	30	27	41	37	71.8	10	13.2
R9	80	9	0	30	18	40	37	71.8	10	14.5
R12	80	12	0	48	13	40	37	71.8	10	16.0



(a) せん断応力—せん断変位関係



(b) 垂直変位—せん断変位関係
図-3 一面せん断試験結果

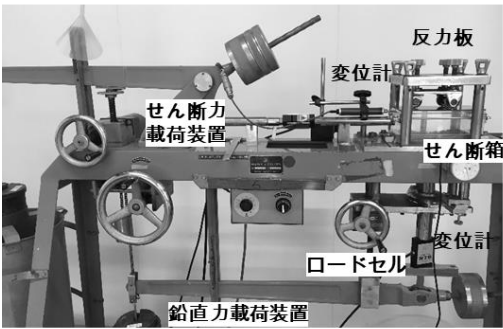


図-2 試験装置の概要とせん断方法

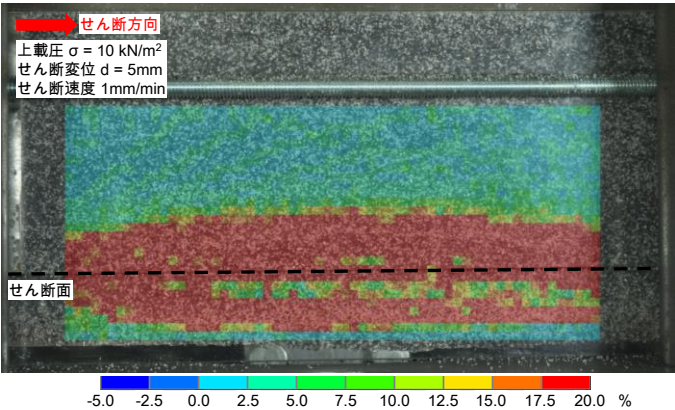
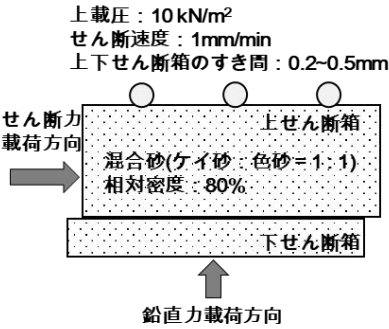


図-4 供試体のせん断ひずみ分布 (無補強(UR))

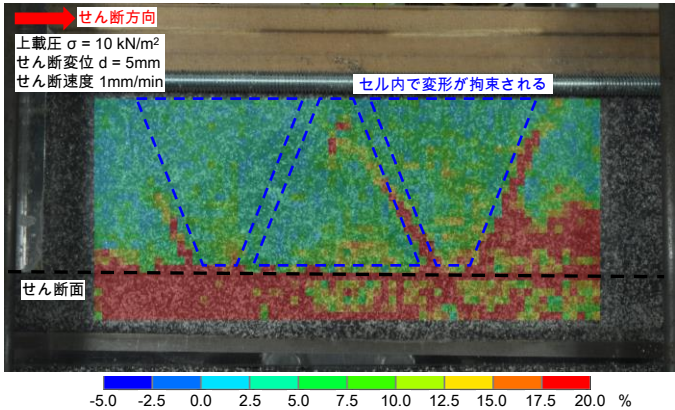


図-5 供試体のせん断ひずみ分布 (セル 3 列補強(R3))