ジオセル拘束補強におけるセル形状の影響

日本大学大学院 学生員 ○ 萩 尾 泰 弘
日本大学理工学部 正会員 卷 内 勝 彦
同 上 正会員 峯 岸 邦 夫

概要：

ジオセル工法は、ジオシンセティックス補強材を立体格子状に組み、内部に土質材料を充填し面内方向に変形拘束することによって剛性を持たせ版状構造体を形成し強度増加を図り、下方地盤への伝播応力の分散を図ることを目的としたものである。

ジオセルを用いた版効果補強は、補強材特性および充填材料の諸要因に依存することがわかっている。そこで本試験では基礎的知見を得るためにジオセルの補強材には市販のケント紙を使用し、高さ5cm断面形状を三角形、四角形、六角形の3種類とした。試験条件としてセル内に土質材料である豊浦砂を充填したジオセルと、土質材料を充填しないセルを断面形状、個数、セル側壁と土質材料との総接触面積の違いによる影響、総断面積の違いによる影響について比較・検討を行うために面外方向に一軸圧縮試験を行った。

実験結果から、ジオセルは1個で用いるより複数で用いることにより、セル側壁相互に拘束力が発生し補強効果が得られること、ジオセルは角数が増加することにより、応力を分散し補強効果が得られること、ジオセルの補強効果は断面形状および総断面積が大きく寄与し、高い補強効果が得られることがわかった。

キーワード：ジオセル，断面形状，総断面積，総接触面積，補強効果

Influence of Cell Shape on Restraint Effect of Geocell-reinforced Soils

by

Yasuhiro HAGIO, Katsuhiko MAKIUCHI & Kunio MINEGISHI

(College of Science & Technology, Nihon University)

Abstract:

A geocell which is made of a three dimensional cell structure using geosynthetics materials to confine cohesionless soil particles in the plane direction is one of the reinforced earth construction methods. The geocell having a slab-shape mattress structure aims to provide a bending rigidity, to increase the strength and to spread the stresses downwards the subsoil ground. It is known that the slab effects of geocell depends on various factors of reinforcement materials and filling soils.

In this study, three types of 5 cm height cells having triangle, square and hexagonal cross sections are tested in order to investigate the fundamental properties of geocell. The geocells filled with air-dried Toyoura sand which is compacted in the specified density are compared with non-filled cells. Uni-axial compression tests in the cross-plane section are carried out to examine the influence of cross section size, number, total area of side wall, total area of cross section of cells.

From the test results it was found that the reinforcement effects were increased with the number of cells because of increasing the restraint area of side walls, and increased with the numbers of corner which disperses the concentrated stress. Moreover it was confirmed that the total area of geocell distinctly influenced on reinforcement effects.

keywords : geocell , shape of geocell , cross sectional area , side wall area , reinforcement effects

ジオセル拘束補強におけるセル形状の影響

日本大学大学院 学生員 ○ 萩 尾 泰 弘
日本大学理工学部 正会員 巻 内 勝 彦
同 上 正会員 峯 岸 邦 夫

1. はじめに

ジオシンセティックス補強材(ジオテキスタイル, ジオグリッド, ジオウェブなど)を用いたジオセル工法は, 軟弱地盤対策のマットレス工法として, また, 法面保護工法などその種々の特長を活かして利用されているが, 用途に応じたセルの材料, 形状などの特性は十分に明らかにされていない。ジオセル(図-1)とは帯状補強材をハニカム状に立体的に組み, 内部に土質材料を充填し面内方向に変形拘束することによって版状の剛性を持たせるとともに, セル内部土塊の強度増加を図るものである。

ジオセルを用いた版補強効果は, 補強材特性(縦剛性, セル高さ, 目合い), 充填材料の種類と状態量(含水比, 相対密度), およびジオセル支持地盤の影響が寄与することがわかっている。本研究では基礎的知見を得るためにジオセルの断面形状を変え面外方向の圧縮試験を行った。試験条件はセル個数, セル側壁と土質材料との総接触面積, 総断面積をパラメータとし, 補強効果に与える影響について比較・検討を行った。

図-1 ジオセル

2. 試料および試験方法

本研究ではジオセル補強に及ぼすセル形状の影響を室内模型実験で調べるため, 加工しやすい市販のケント紙(厚さ: 0.3mm)を準用し, セルの断面形状は三角形, 四角形, 六角形の3種類とした。セル高さは一定の5 cmとしたセル内部に, 気乾状態の豊浦砂(表-1)を相対密度 $Dr \approx 90\%$ で充填した場合(ジオセル)と, 豊浦砂を充填しない場合(セル)について, 各試験条件(表-2)の下で比較・検討を行った。

表-1 豊浦砂の性質

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.64
最大間隙比 e_{max} (%)	0.97
最小間隙比 e_{min} (%)	0.63

表-2 試験条件

	断面形状	三角形	四角形	六角形
試験1	個数 (目合い)	1 (4cm)	1 (3cm)	1 (2cm)
	断面積(cm ²)	6.92	9.00	10.38
	接触面積(cm ²)	60.00	60.00	60.00
試験2	個数 (目合い)	32 (4cm)	25 (3cm)	22 (2cm)
	断面積(cm ²)	221.44	225.00	228.36
	接触面積(cm ²)	1920.00	1500.00	1320.00
試験3	個数 (目合い)	20 (4cm)	20 (3cm)	20 (2cm)
	断面積(cm ²)	138.40	180.00	207.60
	接触面積(cm ²)	1200.00	1200.00	1200.00

試験1: セル側壁と土質材料との接触面積を一定としセルを単体で用いた場合の断面形状, 断面積の違いによる影響について比較・検討を行った。

試験2: 各断面形状の総断面積を一定としてセル側壁と土質材料との総接触面積の違いによる影響についての比較・検討を行った。

試験3: 各断面形状の総接触面積およびセルの個数を20個と一定として総断面積の違いによる影響について比較・検討を行った。

3. 試験結果および考察

3-1 試験1 (セル単体の場合)

砂を充填しないセル単体の場合は、図-2に示すように、最大圧縮応力を示した後の圧縮応力の減少傾向は増加傾向と同様の傾向を示していることがわかる。若干ではあるが六角形、四角形、三角形の順に最大圧縮応力を示していることがわかる。

図-3より、三角形、四角形のジオセルの場合は、最大圧縮応力を示した後、高い残留強度を示していることがわかる。六角形は圧縮ひずみが約2.0%において三角形、四角形と比較して約50%の圧縮応力を示していることがわかる。また、圧縮ひずみが4%を超える大変形に至っても圧縮応力の減少傾向はみられない。

図-4は図-2と図-3のケースを比較したものである。セルとジオセルとでは、いずれの断面形状においても载荷初期段階においては同様の圧縮応力の増加傾向を示した。また、六角形セルのように角数が多いほど高い圧縮強度を示している。このことから、载荷初期段階では補強材の縦剛性に依存し、角数が増加することにより隅部が鈍角になり応力集中による強度低下を防ぐと考えられる。ピーク強度を示した後のジオセル内部では土粒子の再配列と密実化が行われ、セル壁面により土質材料が拘束されたジオセル複合体を形成して補強効果が得られたと考えられる。

図-2 圧縮応力～ひずみの関係
(砂を充填しないセル単体)

図-3 圧縮応力～ひずみの関係
(ジオセル単体)

図-4 圧縮応力～ひずみの関係
(セルおよびジオセル単体)

3-2 試験2 (セル総断面積一定の場合)

図-5より、六角形セルがひずみ初期段階において最大圧縮応力を示していることがわかる。三角形、四角形においては圧縮応力の増加傾向にほとんど差異はみられなかった。

ジオセルの場合、図-6に示すように各セル形状とも圧縮ひずみが約1.0%までは圧縮応力の増加傾向に差異はみられないが、その後の圧縮ひずみにおいて、三角形セルは若干の圧縮ひずみの増加傾向がみられるが強度低下は示さなかった。最終的には六角形、四角形、三角形の順に高い圧縮強度を示しているこ

とがわかる。

図－7はセルと、ジオセルの場合を比較したものである。圧縮ひずみが約1.0%において、各断面形状ともジオセルはセルの約3.0～3.5倍の圧縮応力の増加を示している。セル単体の耐力を超えたとみられる圧縮ひずみ約2.0%において、三角形で約4.5倍、四角形で約6.5倍、六角形で約8.0倍と圧縮応力の増加傾向に差異がみられた。

変形が進んだ段階では、セル側壁と土質材料の総接触面積が小さい六角形、四角形、三角形の順に高い圧縮応力を示していることから、セル単体（1個）に対して拘束している接触面積が大きい方がセル側壁を相互に拘束し合い高い補強効果が得られると考えられる。

図-6 圧縮応力～ひずみの関係
(総断面積一定のジオセル)

3-3 試験3 (セル総接触面積一定の場合)

図－8に示すように、総接触面積を一定とした条件でのセルの場合、各断面形状圧縮応力の増加傾向に差異はみられなかった。圧縮ひずみが約1.2%において、圧縮応力のピーク値を示していることがわかる。このことからセルの場合、総断面積の影響はなく補強材自体の長さないしは縦剛性に大きく依存していると考えられる。

一方、ジオセルの場合、図－9に示すように各断面形状の違いにより大きな差異がみられた。六角形は圧縮ひずみが小さい段階において高い圧縮

図-5 圧縮応力～ひずみの関係
(総断面積一定のセル)

図-7 圧縮応力～ひずみの関係
(総断面積一定のセルおよびジオセル)

図-8 圧縮応力～ひずみの関係
(総接触面積一定のセル)

応力を示しているのに対して、三角形では非常に緩慢な増加傾向を示していることがわかる。

図-10はセルとジオセルの場合を比較したものである。ジオセルの場合には、総断面積が大きい六角形、四角形、三角形ジオセルの順で高い圧縮強さを示したことから、総断面積の増加により、セル壁面の变形拘束が高まり補強効果が得られたと考えられる。

3-4 補強率 R

次式はジオセルによる補強効果を補強率 R とし

$$R = \frac{G}{C} - 1 \quad \dots\dots\dots (式-1)$$

て最大圧縮強度レベルに対して示したものである。

ここで $G = C + r$

G : ジオセルの圧縮強度

C : セルの圧縮強度

r : 拘束された土の圧縮強度

図-11は補強率 R におよぼすセル断面形状の変化による影響について示したものである。試験 2 (総断面積一定)、試験 3 (総接触面積一定)、試験 1 (1 個セル) の順で高い補強効果が得られている。また、各試験セルの断面形状が多角ほど高い補強効果が得られている。試験 2 では総接触面積が一番小さい六角形が高い補強効果を得ていることから、セルの角数が増加することにより、1 角に加わる応力集中を分散することができると考えられる。また、各試験、総断面積が増加することでジオセルが面的に剛性のある構造体を形成し面外方向からの応力を面内方向へ分散したため高い補強効果が得られたと考えられる。

4. 結論

本研究で得られた結果をまとめると次の通りである。

- 1) ジオセルは载荷初期段階では補強材の縦剛性に依存し、変形が進むにつれて土粒子の再配列を促しジオセルの拘束効果による複合補強土として補強効果が得られる。
- 2) ジオセルは角数が増加することによって隅部が鈍角に近づき、応力集中による強度低下を防ぎ、縦剛性を保持し補強効果を得やすい。

図-9 圧縮応力～ひずみの関係
(総接触面積一定のジオセル)

図-10 圧縮応力～ひずみの関係
(総接触面積一定のセルおよびジオセル)

図-11 補強率 R ～角数の関係

- 3) 変形の進行によりジオセル相互に拘束力が発生して、大変形時においても残留強度を保持し補強効果をもたらす。
- 4) ジオセルの補強効果は総断面積が大きく、セル集合体が多く面で拘束されている方がより高い補強効果が得られる。

【参考文献】

- 1) 川口ら: ジオファブリックによる粒状体材料の拘束補強,
第11回ジオシンセティックスシンポジウム発表論文集, pp. 45 – 52, 1996年
- 2) 山本ら: ジオセルによるマットレス補強土の支持補強効果
第12回ジオシンセティックスシンポジウム発表論文集, pp. 107 – 112, 1997年