

Ⅲ-785

三次元ジオセルによる土の補強効果

日本大学理工学部 正会員 巻内 勝彦 峯岸 邦夫
日本大学大学院 学生員 ○ 月井 要 橋山 勇人

1 はじめに

ジオシンセティックスを用いる補強土工法には、材質や形状などが異なる種々の工法が開発されている。その中で、ジオセルあるいはマットレス工法と呼ばれる三次元的ハニカム構造で土を拘束補強する利用形態は、二次元的シート状の補強工法に比べて粒状材料に対して顕著な補強効果が得られることが想定される。ここでは、補強材である三次元ジオセルの補強メカニズムの基本特性を解明するため、面外方向の圧縮試験を行ない、三次元ジオセル諸要因の検討を行なった。

2 試験方法

実験用試料土として気乾状態の豊浦標準砂($\rho_s = 2.64 \text{ g/cm}^3$, $e_{\max} = 0.952$, $e_{\min} = 0.604$)を用いた。図-1に例示した三次元ジオセル試料は、材質は硬・軟の2種類のケント紙、面外圧縮方向の総断面積は256, 64cm²の2種類、断面形状は正方形、二等辺三角形の2種類、目合いは2×2, 4×4, 16×16cmの3種類（二等辺三角形の場合は、二等辺長がそれぞれ2, 4, 16cm）、高さは1～6cmの11種類とそれぞれ変え、セルの中に砂を詰めた。その際、砂の密度は緩詰め、密詰め、空詰めめの3種類とし、圧縮試験機で上下剛性載荷板を介して面外方向に圧縮した。今回は、その圧縮過程において三次元ジオセルの圧縮ひずみ ε が3%に達した時の圧縮応力 σ_{cs} に着目して考察する。

3 結果および考察

面外方向負荷に対するジオセルのヤング率 E_s^* と素材自体のヤング率 E_s の比は次式で示される。

正方形断面： $E_s^*/E_s = 2 \times t / \ell$ (式-1)

三角形断面： $E_s^*/E_s = (2 + 2) \times t / \ell$... (式-2)

ここで、 t ：セル壁の厚さ、 ℓ ：目合いの長さ

この式から、材質は軟より硬、断面形状は正方形より三角形、目合いは小さい方が E_s^*/E_s の値が高くなることが分かる。

図-2はジオセルの面外方向圧縮試験における圧縮応力 σ と圧縮ひずみ ε の関係を示したものである。今回の実験ではいずれの結果も圧縮応力は圧縮ひずみが1～2%までほぼ漸増的であるが、その後は指数的增加傾向を示し、砂を充填した場合には材質および密度の差が明確に現れる。ただし空詰めの場合、硬・軟両者とも圧縮特性に差異はほとんど無いが、圧縮ひずみが大きくなるにつれ空詰めでは圧潰ないし座屈的破壊が生じる。

図-3は圧縮応力 σ_{cs} と密度の関係を示したものである。空詰めに対して、緩詰めでは1.5～2.5倍と圧縮応力は低いが、密詰めは9～10倍と高い補強効果を示すという結果が得られた。このことは、一定以上の密度を有する土では、セルの剛

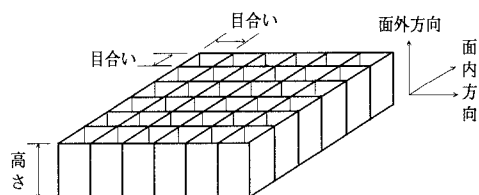


図-1 三次元ジオセル（正方形形状の例）

表-1 E_s^*/E_s 値

材質	断面	目合い(cm)	E_s^*/E_s
硬	正方形	2×2	0.0407
		4×4	0.0204
		16×16	0.0051
	三角形	2×2	0.0695
		4×4	0.0347
		16×16	0.0087
軟	正方形	2×2	0.0220
		4×4	0.0110
		16×16	0.0028
	三角形	2×2	0.0376
		4×4	0.0188
		16×16	0.0047

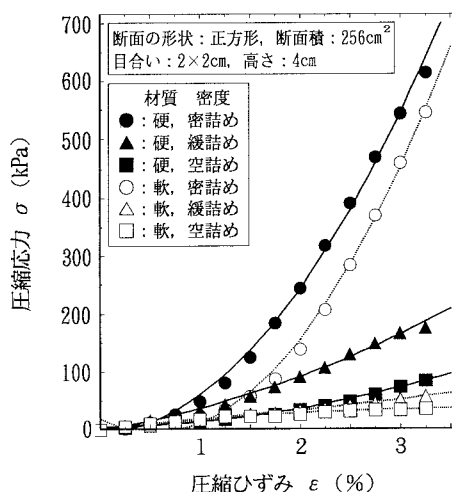


図-2 面外方向圧縮応力-ひずみの関係

性によって補強されたというより、土自体がその側方拘束効果によって強度を高めたといえる。そして、この場合目合いは大きいものより小さい方が土の補強効果が高いことが分かる。

図-4は圧縮応力 σ_{cs} とセル高さ h の関係を示したものである。この図から、セル材質が硬の方が軟より相対的に圧縮応力は高く、また両者とも高さの増加に伴い圧縮応力は減少する傾向が見られる。すなわち、ジオセルの高さは低い方が補強効果は高いことが分かる。

図-5は圧縮応力 σ_{cs} と目合いの関係を示したものである。この図から高さが一定の場合、目合いが小さい方が土の補強効果が高く、表-1の結果と傾向が一致する。また、断面形状についても、三角形の方が正方形よりも圧縮応力が若干高いという結果が得られた。これは三角形断面が正方形より開口部面積が小さいこと、およびセル構造体の剛性が高いことに起因すると考えられる。

式-3はジオセルによる土の補強効果算定式を示したものである。

$$\begin{aligned}\sigma_{ZCS} &= \sigma_{ZC} + \sigma_{ZS} \\ &= \alpha \sigma_{ZCS} + (1 - \alpha) \sigma_{ZCS} \dots\dots\dots(\text{式-3})\end{aligned}$$

ここで、 α ：ジオセルの強度分担率、 σ_{ZC} ：ジオセル単体の圧縮強度、 σ_{ZS} ：土の圧縮強度、 σ_{ZCS} ：ジオセル単体の圧縮強度と土の圧縮強度の複合圧縮強度

表-2は式-3を用いて、複合圧縮強度に及ぼすジオセル単体の寄与率、すなわち上記の係数 α を求めた例である。砂は無拘束状態のときは自立性がなく強度はゼロに等しいが、 α の値は緩詰めでやや高く、密詰めで低いことから、充填砂に対する補強効果が顕著に現れているのが分かる。また、硬・軟両者とも、正方形断面のジオセルの強度分担率は三角形断面のそれより概して高い。

4 あとがき

今回の実験結果を要約すると次のようになる。

- 1) 三次元ジオセルの面外方向圧縮応力は、ひずみの初期段階では漸増的であるが次第に指数的増加挙動を示す。
- 2) 三次元ジオセルによる土の補強効果は、セル材質は軟質より硬質、断面形状は正方形より三角形、目合いは小さい方、セル高さは低い方が効果が高い。
- 3) 補強効果に与える充填砂の密度の影響は、複合供試体におけるジオセルの強度分担率の測定結果から判断して、密度が高い程顕著となる。

【謝辞】本実験を行なうに当っては、本学学生新井正樹、及川剛両君に協力を得た。ここに記して謝意を表します。

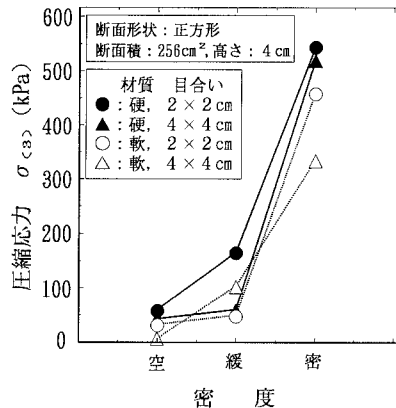


図-3 圧縮応力-密度の関係

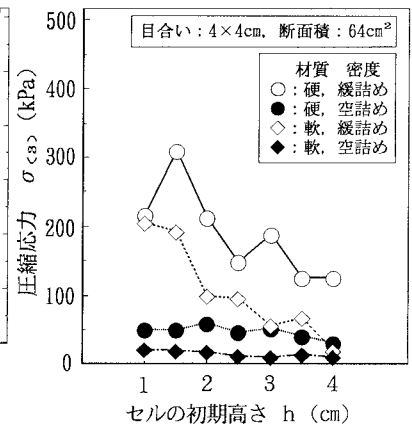


図-4 圧縮応力-高さの関係

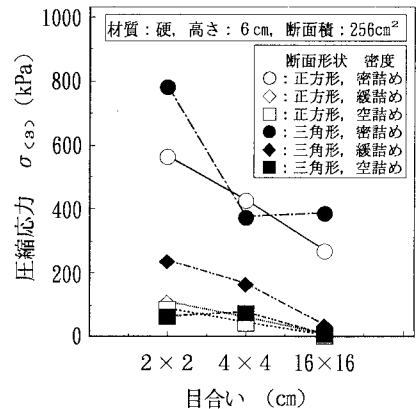


図-5 圧縮応力-目合いの関係

表-2 複合圧縮強度に及ぼすジオセルの強度分担率の一例

材 質	断 面	目合い(cm)	高 さ(cm)	密 度	ジオセルの強度分担率(%)
硬	正方形	16×16	6	密	2.5
	三角形			緩	58.4
				密	2.5
				緩	24.4
軟	正方形	16×16	6	密	6.5
	三角形			緩	18.7
				密	1.0
				緩	6.6