# 発泡ビーズ混合軽量土とジオグリッド補強土の併用工法に関する実験的考察

Experimental Study on the Combined Use of Expand-Beads Mixed Light-Weight Soil, and Geogrid Methods

# 兵頭武志\*・森 玄\*\* HYODO Takeshi and MORI Gen

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員\*\* 前 (財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

Although there are abundant achievements for "Expand-beads mixed light-weight soil method" and "Geogrid method" individually in recent years, we have never experienced to use the both methods in combination. The present examination is aimed to evaluate the pull out resistance of a geogrid in a light-weight soil with expand-beads, and to evaluate the flexibility of a filling soil structure with expand-beads mixed light-weight soil in which the rate of cement addition is varied.

Key Words : model test, expand-beads, light-fill material, geogrid

## 1. はじめに

発泡ビーズ混合軽量土工法およびジオグリッド補強土 壁工法は、それぞれ多くの実績を有する信頼性の高い工 法であるが、これらの併用工法について実際に検証され た事例はない、今回、東京港臨海大橋(仮称)アプロー チ橋梁部の盛土として、この併用工法が採用・計画され るに当たり、安定性や現場への適用性の観点から最適な セメント添加率(以下、添加率と略称する)を検討する 上での基礎データを得るため、室内実験を実施した。

### 2. 原料土および軽量土の土質試験

### 2.1 原料土の土質試験

原料土は東京都建設発生土再利用センターで生成され る再生土で、実際のアプローチ橋梁盛土材料として使用 される予定のものである.試験結果を表-1にまとめる.

### 2.2 軽量土の土質試験

#### (1) 湿潤密度 $(\rho_t)$

発泡ビーズ混合軽量土の配合設計ではまず湿潤密度を 設定しなければならない.今回の盛土計画地の場合,沈 下抑止を期待したいことから軽量化を図るのが望ましい が、一方で、沿岸域で盛土築造することから、高潮時に 浸水した場合、浮遊するような密度であってはならない. したがって、両者相反する条件を踏まえ、海水密度より も若干大きめのρ<sub>i</sub>=10.5kN/m<sup>3</sup>と設定することにした.

#### (2) せん断抵抗角 ( $\phi_a$ ) と粘着力 ( $C_a$ )

盛土の安定に必要な強度定数 ø。 Caの選定については、 「道路土工のり面工・斜面安定工指針」<sup>1)</sup>(以下、土

	試験結果 2.699 28.1			
土粒子の密度				
自然含水比				
粒度				
	石分 [%]	0		
	礫分 [%]	30.6		
	砂分 [%]	44.4		
	シルト分 [%]	18.1		
	粘土分 [%]	6.9		
	最大粒径 [mm]	19		
	均等係数 Uc	56.03		
地盤材料の分類名				
	細粒分質礫質砂(SFG)			
液性限界 w	/[%]	44.5		
塑性限界 w	29.8			
塑性指数 IP	14.7			
CD三軸試験				
	$C_d [kN/m^2]$	32.7		
	<b>₽</b> <sub>d</sub> [度]	34.2		
	供試体湿潤密度 $\rho_t [g/cm^3]$	1.686		
最大乾燥密度ρ <sub>dmax</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]		1.485		
最適全水比	W [%]	27.5		

表-1 原料土の物理・強度試験結果一覧

工指針と呼ぶ)に基づき、円弧すべり面を仮定した分割 法を用いて求めた. なお、円弧すべりの通過位置は、法 面部がジオテキスタイルによって補強されるため、盛土 の弱部となる法尻部を通過させるようにし、常時及び地 震時(地盤種別Ⅲ種に対する*kd*=0.18)について、それぞ れの安全率*Fs*が土工指針に規定される1.2および1.0を 満足する最小の *ø*<sub>a</sub>および*C*<sub>a</sub>の組み合せとした. その組み 合せを図−1の斜線部に示す.

### (3) 発泡ビーズ混合比

密度試験を実施し、 $\rho_t$ =10.5kN/m<sup>3</sup>となるように発泡ビーズの配合率を検討した結果、原料土と発泡ビーズの容積混合比を 1:1.80 とすることにした.また、添加率を 0,2,4%の3種類設定し、それぞれの添加率に対して



図-1 安全率を満足する強度定数の組み合せ範囲

表-2 三軸試験結果

	原料土	セメント添加率		
		0%	2%	4%
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.86	10.5	10.5	10.5
$c (kN/m^2)$	32.7	18	22.8	34.8
ø (° )	34.2	26.7	28.8	30.9

三軸試験を実施してせん断抵抗角,粘着力を求めた結 果を表-2に示す.いずれの添加率に対しても図-1の点 に示すように,斜線部の安全率を満足し,盛土として 十分な強度を有することを確認した.

### 3. 実験概要

上記3種類の添加率の発泡ビーズ混合軽量土を用い, ジオグリッド引抜き実験と変形追従性確認実験の2種 類を実施し,それぞれの添加率についてケース分けし て比較・考察する.

## 3.1 ジオグリッド引抜き実験

本実験は,発泡ビーズ混合軽量土中に設置したジオ グリッドの引抜抵抗力を調べる目的で行った.

### (1) 実験概要

実験装置の仕様を表-3に、実験装置の概要を図-2に、 また、ジオグリッドの変位計測模式図を図-3に示す. 得られた実験結果に対し、次の項目について整理する.

- ・上載荷重と引抜き抵抗力の関係および強度発現
- ・引抜き特性(抵抗形態,抵抗力,変形)
- ・添加率の違いによる補強メカニズムへの影響

### (2) 実験結果

図-4は引抜変位と引抜荷重の関係を示したもので、地 表面の上載圧別(10,20,30,50kPa)にプロットして いる.図-5は最大引抜荷重時の軸方向の引張力分布で、 図中の丸数字は、図-3に示す丸数字に整合する.ここ で言う引張力とは計測ひずみ  $\epsilon$ からの換算値である. これらの結果より、次のことがわかった.













-70 -





(c)セメント添加率4%図-5 最大引抜き荷重時の引張力分布

3-4

5 - 6

2 - 3

①引抜変位の増加に伴って引き抜き荷重は暫増するが、いずれもケースも降伏点は確認できない。

②低上載圧では添加率が大きいほど引抜抵抗力は大きくなるが、高上載圧では添加率の影響は顕著で

図-6は最大引抜応力(最大引抜荷重を敷設面積で除 した値)と上載圧の関係で整理したもので、図中に は回帰直線も合わせて示している.この図より、添 加率2,4%は結果に大差がなく、また、セメント添 加により回帰直線勾配が緩やかになることから、上 載圧依存性が小さくなることがわかった.

# 3.2 変形追従性実験

1-2

当該地盤は、表層部の廃棄物層の下に厚く Ac2 層 が分布した地層構造となっているため、Ac2 層の圧 密沈下により不同沈下が生じる可能性が高い.不同 沈下時に地中に空隙が生じると土構造物に悪影響を 及ぼすため、計画される盛土には、沈下に伴い一様



図-6 上載圧(鉛直応力)と最大引抜き応力の関係

に変形が追従するという性能が要求される.本実験はこの追従性を調べる目的で実施した.

#### (1) 実験概要

実験装置の仕様を表-4に、実験装置の概要を図-7に示 す.上記で設定された3種類の添加率の軽量土を、一層 厚さ25cmで足踏み転圧して4層に分けて土槽に詰めた. 実験は、可動式の底版を土槽中央で1段階あたり20mm、 5段階で合計沈下量100mmとなるよう強制的に下げるこ とで沈下を模擬した.強制沈下量100mmの設定根拠は、 計画される実盛土断面に対し、沈下計算で求められる盛 土中央の最大沈下量から法尻部沈下ゼロとした場合の傾 斜角から算定しており、設計上の余裕しろを見込んだ値 である.実験では、底版傾斜が凸凹にならないよう土槽 中央から端部に向かって一様な面となるよう配慮した. 変形追従実験では次の2点について結果を整理する.

表-4 変形追従実験装置の仕様

内容 摘要 土槽:W3000×H1000×D500mm 構成:前面-アクリル板 寸法·構造 側面一鋼製 底版:8分割式(250~500mm) グリース塗布 側面摩擦の緩和 変位制御型発生装置 強制変位発生装置 手動式,最大100mm 上載圧 鉛球詰めバッグ(積層) ①前面アクリル板にメッシュ 交点にターゲット設置 変位計測



-71 -

沿岸センター研究論文集 No.5 (2005)

- ・沈下量の深度方向の分布
- ・空隙(クラック)の発生状況

### (2) 実験結果

写真-1に強制変位の5段階を終了し、1日放置後のクラ ック発生状況を示す.また、土槽中央に設置した沈下板 から計測された鉛直変位の経時変化を図-8に示す.これ らの写真と図、及び実験観察結果から、添加率の変化に 伴う特徴的な挙動は次の4点であった.

①添加率0%は1日放置後の残留クラックが少ない.

②添加率2,4%では土槽中央付近の上から第2層目あたりに「ハ」の字のクラックが生じる.

③添加率が大きいほど鉛直変位の進行、つまり追従は遅い.また、クラック長と幅は大きくなり、閉塞する方向に変位する時間が長い.

④添加率4%の実験では、5段階終了時に底版と軽量土の間に1cm程度の空隙が生じたことが観察された。

図-9は、横軸を土槽水平距離、縦軸を土槽鉛直高さとして、5段階終了時(土槽中央底版が100mm沈下した状態) のターゲット鉛直変位量の等値線を示している.同図より、添加率0%の場合、鉛直方向に一様に変位した分布



(a)添加率0%



(b)添加率2%



(c)添加率4% 写真-1 強制沈下100mm後のクラック発生状況

であるが、添加率2,4%の場合は底版部と地表面部の変 位量にギャップが大きい.

以上の実験結果より、沈下に対する追従性という点で は添加率0%が最も良好であることがわかった.



図-8 各層の沈下量の経時変化



図-9 鉛直変位の等値分布

# 4. おわりに

東京港臨海大橋(仮称)アプローチ橋梁部盛土に発泡 ビーズ混合軽量土とジオグリッドを併用した新技術に関 し、添加するセメントの与える影響について基礎データ を得るため、2つの実験を実施した.ジオグリッド引抜 実験では、低上載圧の場合、添加率が大きいほど引抜抵 抗力は大きくなるが、高上載圧では添加率の影響は顕著 でなく、かつ、上載圧依存性は小さくなることがわかっ た.変形追従性実験では添加率0%が優位であることが わかった.これらの結果は現地で適用する際の基礎デー タとして利用されるが、さらに、経済性や施工性に関す る精査を行った上で、実際の工事が行われることになる.

## 参考文献

 日本道路協会:道路土工のり面工・斜面安定工指針,3.3.2 盛土の安定の検討,1999.11.