

袋詰め軽量珪砂材を用いた水中軽量盛土の密度特性に関する水中投入実験

前田建設工業(株) 技術研究所 正会員 ○高橋 浩 正会員 吉田 隆治
 前田建設工業(株) 技術研究所 正会員 佐藤 文則 正会員 柳澤 太一
 前田建設工業(株) 本店機電部 小川 朗二

1. はじめに

軟弱な海底地盤上に埋立工法による土地造成を行う場合、不等沈下や側方変位の抑制、既設構造物の連れ込み沈下を防止する対策が必要となる。これまで、筆者ら¹⁾²⁾は、軟弱地盤上への埋立工法として、発泡スチロール³⁾(EPS)を混入した軽量珪砂材を陸上で礫状に破碎し、水中に投入する工法(礫状珪砂工法)を提案してきた。しかし、この礫状珪砂工法では水中落下状態で形成された盛土の間隙比が大きいいため、地震時に初期層厚の10%を超える即時沈下が発生することが判った。また、盛土を締固め等により密実化させることで、沈下を大きく低減する事も確認できた。そこで、筆者ら³⁾は、EPSを混入した軽量珪砂材を袋詰めし、まだ固まらない状態で水中に投入することにより、締固めを行うことなく、密実な水中軽量盛土を構築する工法(袋詰め投入工法)を提案した。本論文は袋詰め軽量珪砂材を用いた室内模型水中投入実験および屋外実物大水中投入実験により袋詰め投入工法の実現性を確認した結果について報告するものである。

2. 袋詰め投入工法の概念

図-1に袋詰め投入工法の概念図を示す。この工法は、袋詰めされたまだ固まらない状態の軽量珪砂材(以下、この材料を袋詰め材と称する)を水中投入するため、袋詰め材が原地盤の凸凹やすでに投入された袋詰め材の凸凹になじみながら盛土が構築される。これによって、礫状珪砂の場合と比べて、水中投入後の盛土の間隙比を小さくすることができる(密度増加)。すなわち、礫状珪砂工法の特徴である基礎地盤の沈下追従性は確保しながら、締固め等の工程を付加することなしに水中投入後の盛土の間隙比を小さくし、地震時の安定性の向上を図るものである。本工法は盛土構築後の締固めが不要となるため、礫状珪砂の場合に比べて工期の短縮、工費の縮減が期待できる。

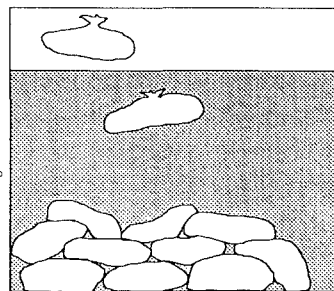


図-1 袋詰め工法の概念図

3. 室内模型水中投入実験

水中投入時の盛土の堆積状態を模擬するために、円筒7リットル水槽(高さ1000mm×直径280mm)を用いて水中落下試験料を作成した。本実験では袋詰め材の個体の体積を一定条件(約160cm³)として、袋形状(縦h×横w)と水中投入までの材令を変化させて水中落下試験料の間隙比および密度を測定した。表-1に実験ケースおよび結果の一覧を示す。図-2には盛土の間隙比と袋形状の関係を示す。

同図には礫状珪砂の場合の間隙比を併記した。図より袋詰め材の場合は礫状珪砂材に比べ一般に間隙比が小さく、0.2~0.9の値となる。また、袋形状1~2の範囲では間隙比に与える影響は小さく、材令が支配的である。すなわち、この範囲では材令を変えることで間隙が制御できる。

表-1 実験ケースおよび結果一覧

ケース	形状	袋形状(縦h/横w)	モルタルの比重Gs	盛土の乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	盛土の間隙比e
1	礫状(硬化後)		1.50	0.66	1.30
2	礫状(硬化後)		1.10	0.51	1.17
3	袋詰め(フレッシュ)	0.43	1.35	1.06	0.25
4	袋詰め(フレッシュ)	1.34	1.40	0.94	0.48
6	袋詰め(フレッシュ)	2.00	1.40	0.91	0.53
7	袋詰め(材令約3時間)	1.34	1.42	0.85	0.67
8	袋詰め(材令約3時間)	2.00	1.43	0.85	0.68
9	袋詰め(硬化後)	1.34	1.42	0.80	0.78
10	袋詰め(硬化後)	2.00	1.40	0.74	0.91

(キーワード) 軟弱地盤、水中盛土、軽量盛土工法、袋詰め材、軽量珪砂材、発泡スチロール³⁾(EPS)

〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 phone 03-3977-2590 fax 03-3977-2251

4. 屋外実物大水中投入実験

実験は水を張った鋼製の水槽（幅 2150×長さ 2150×深さ 1800）に袋詰め材（袋形状；h600×W400（ ϕ リフレキシ性）、容量；約 20,000cc、モルタルの比重 $G_s=1.5$ ）をベルトコンベアで運搬、直接投入する方法で行った。表-2 に実験ケースと盛土高さの計測結果から求めた盛土の乾燥密度と間隙比を示す。練り上がりから投入までの時間が短いほど密度が大きく、密実

表-2 実験ケースおよび結果一覧

実験ケース	袋詰め材の性状	盛土の乾燥密度 ρ_d (kgf/cm ²)	盛土の間隙比 e
ケース1	フレッシュ	1.27	0.15
ケース2	材令3時間	0.89	0.63
ケース3	硬化後	0.77	0.90

な盛土となっていることがわかる。図-3 に袋詰め材の材令（投入時期）と盛土の間隙比の関係を示す。また、図には今回の屋外実験とほぼ同条件で実施した室内実験の結果も示した。図よりケース2およびケース3の間隙比は、室内実験の結果と良い対応を示していることがわかる。しかし、ケース1では室内実験の結果に比べかなり小さい間隙比となった。これは袋詰めされた軽量モルタルの充填量（充填率）の差の影響と考えられる。そこで、室内実験と屋外実験の結果（モルタルがフレッシュのケース）について、モルタルの充填率（モルタル充填量/袋の容量）と盛土の間隙比の関係を整理したものを図-4 に示す。また、図にはある簡易な式¹⁾を仮定して求めた解析値を併記した。盛土の間隙比にはモルタルの充填率の他に袋形状、袋の材質（曲げ剛性、伸び）、モルタルの変形性（材令に伴う塑性粘度の増加）、水中落下深さ（着底時の衝突エネルギー；終端速度）等の要因が複雑に影響

するものと考えられるが、解析値と実測値は整合性が高く、このことより、盛土の間隙比をモルタル材の充填率によって大略ではあるが予測できると考えられる。室内および屋外実験の結果を比較すると、室内実験に比べ充填率の小さい袋詰め材を用いた屋外実験では（室内実験：ほぼ 100%、屋外実験：約 70%）、袋詰め材の変形自由度が大きいため、より密実になったと考えられる。

5. おわりに

本論文で得られた結論を以下に示す。

- ①室内実験より袋形状 $h/w=1\sim2$ の範囲では袋形状 (h/w) の違いによる影響は少なく、材令が支配的に盛土の間隙比に影響を与えることがわかった。
- ②室内実験と屋外実験の結果は整合しており、室内実験の結果より実物大の盛土の間隙比が推定できることが確認できた（ただし、フレッシュな状態では充填率を考慮する必要がある）。

【参考文献】

- 1)柳澤ら：礫状モルタルによる水中軽量工法の概要と軽量盛土材の基本物性、土木学会第 52 回年次学術講演会、VI-17、平成 9 年 9 月
- 2)高橋ら：水中軽量盛土の地震時沈下に関する振動台実験、第 32 回地盤工学研究発表会、pp.1023~1024、平成 9 年 7 月
- 3)柳澤ら：軽量モルタルを用いた水中軽量盛土工法の開発と適用に関する研究、前田技術研究所報 Vol.38、pp.91~98、1997

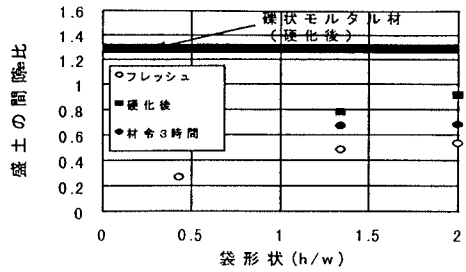


図-2 軽量盛土材の水中落下後の盛土の間隙比

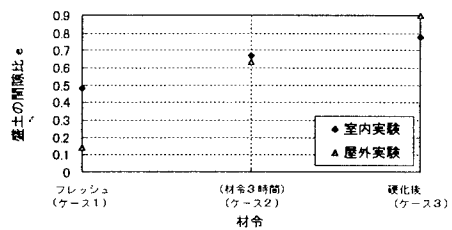


図-3 袋詰め材の材令と盛土の間隙比の関係

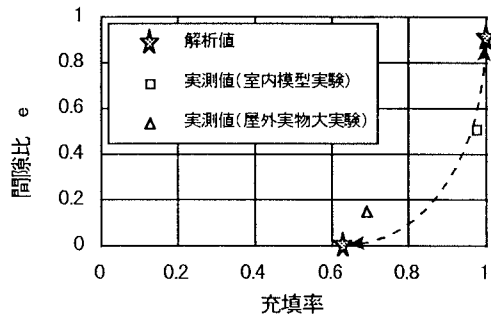


図-4 袋詰め材の充填率と盛土の間隙比の関係