

運輸省港湾技術研究所研修生（大阪セメント株） 正会員○笠井 寿太郎

運輸省港湾技術研究所 正会員 上田 孝 正会員 水上 純一

同 上

正会員 横山 裕司 正会員 植田 和徳

1. はじめに

港湾地域における埋立は原地盤が軟弱である場合が多く、埋立後の圧密沈下が大きな問題となっている。近年、陸上においては軟弱地盤上の盛土の沈下抑制や擁壁等の土圧低減を目的としてEPSや気泡モルタルといった軽量材料が使用される機会が増えてきている。港湾地域においてもこのような軽量材料を使用することは上記のような問題を解決する有効な手段となりうる。

軽量盛土・埋立材料は建設発生土や浚渫土に気泡またはEPS粒を混入し、セメントで固化したものであるが、本材料を埋立に使用する際は陸上での養生条件と異なり圧力下での水中養生、水浸養生となる。そこで今回、軽量盛土・埋立材料を種々の条件で養生した場合、その単位体積重量、一軸圧縮強度に及ぼす影響を調べたので報告する。

2. 実験方法

(1) 使用材料

実験に使用した土は川崎粘土である。川崎粘土の物理的性質を表-1に示す。材料の軽量化には気泡（合成界面活性剤系気泡剤）、EPS粒（粒径3～5mm、密度0.02g/cm³）を用い、固化材はセメント系固化材（ESC-D）を使用した。

(2) 配合および作成方法

配合表を表-2に示す。軽量盛土・埋立材料の単位体積重量は0.9、1.1g/cm³とした。供試体の作成にはホバートミキサーを使用した。混練方法は礫（粒径2mm以上）、貝殻等を取り除き、加水して含水比を150%に調整した川崎粘土に固化材を加え5分間混練した。その後、事前に発泡させておいた気泡またはEPS粒を重量計量して投入し、材料が均一になるまで混練した後に直径5cm高さ15cmの亚克力製の型枠へ打設した。

(3) 養生と試験方法

養生条件は以下の3種類とした。

- ①密封養生：型枠の上部をラップで覆い20℃の恒温室で養生。
- ②水中養生：供試体を型枠に打設後、まだ硬化していない状態で海水中（久里浜港で採取）で養生。
- ③水浸養生：供試体を28日間密封養生した後、脱型して海水中に全水没させて養生。

水中養生は、水面下での養生を想定して海水を満たしたタンク内で圧力をかけて養生した。養生圧力は0、0.5、1.0、2.0kgf/cm²の4水準とし、A1、A2、B1、B2の配合で実施した。水浸養生は材料の吸水特性も把握するため供試体を直径5cm高さ10cmに成形した後、海水中で養生した。養生圧力は0、0.5kgf/cm²の2水準とした。各養生条件とも所定の材令で一軸圧縮試験を各3本ずつ実施した。

3. 実験結果

(1) 養生圧力と単位体積重量

図-1に水中養生した供試体の養生圧力と単位体積重量の関係の一例を示す。図中の計算値は表-2の配合で示した気泡量、EPS量（体積に換算）をもとにボイルの法則によって計算した単位体積重量である。気泡混合のA2では養生圧力の上昇とともに供試体の単位体積重量は増加し計算値と良く似た傾向を示す。これに対してEPS混合のB2では養生圧力0.5kgf/cm²までは単位体積

表-1 川崎粘土の物理的性質

含水比 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	土粒子 の密度 (g/cm ³)	粒 度 分 布 (%)			
				礫	砂	シルト	粘土
74.5	55.4	25.2	2.688	0.6	19.2	44.5	35.7

表-2 軽量盛土・埋立材料の配合

配合 No.	単位体 積重量 g/cm ³	乾燥土 kg/m ³	水 kg/m ³	固化材 kg/m ³	気泡 1/m ³	EPS kg/m ³
A1	1.1	420	630	50	197.3	
A2		404	606	90	214.1	
A3	0.9	328	492	80	359.7	
A4		320	480	100	368.1	
B1	1.1	420	630	50		3.99
B2		408	612	80		4.24
B3	0.9	340	510	50		7.01
B4		328	492	80		7.27

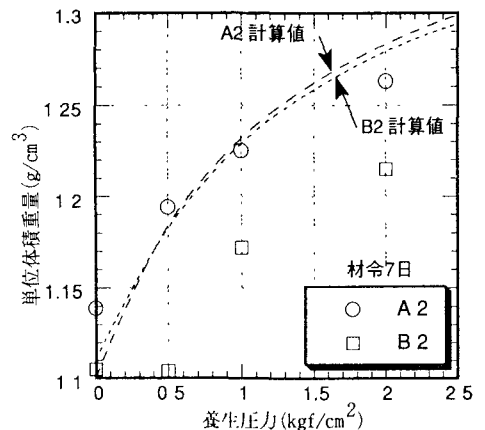


図-1 養生圧力と単位体積重量の関係

重量の増加は認められず、その後養生圧力の上昇とともに単位体積重量は増加するが、計算値と比較するとその増加は小さい。これはEPS自身がある程度の強度を有しており、圧力に対して抵抗したためであると考えられる。

(2) 養生圧力と一軸圧縮強度

図-2に水中養生した供試体の養生圧力と一軸圧縮強度比(圧力 p で養生した強度 $q_{uw}(p)$ /無圧養生した強度 $q_{uw}(0)$)の関係を示す。気泡混合の場合、養生圧力の上昇とともに一軸圧縮強度は大きくなり、材令28日において 2kgf/cm^2 で圧力養生した場合の一軸圧縮強度比 $q_{uw}(2)/q_{uw}(0)$ はA1で1.67, A2で1.53となった。一方、EPS混合の場合は養生圧力が上昇しても一軸圧縮強度の増加は小さく、材令28日における一軸圧縮強度比 $q_{uw}(2)/q_{uw}(0)$ はB1で1.12, B2で1.13であった。これは、(1)で述べたように気泡混合では圧力により気泡が圧縮されて材料が密になったのに対してEPS混合ではEPS自身が圧力に対して抵抗し、気泡混合に比べて材料が密になりにくかったためであると考えられる。

(3) 水浸養生と単位体積重量

図-3に水浸日数と空隙飽和度の関係の一例を示す。空隙飽和度 $= (1 - \text{水浸後の空気量} / \text{水浸前の空気量}) \times 100$ で表したものである。気泡混合の場合、空隙飽和度は水浸直後から3日目までは急激に上昇し、その後漸増する傾向を示した。水浸28日における空隙飽和度は無圧水浸で40~45%、 0.5kgf/cm^2 の水浸で40~60%となり無圧水浸よりも若干大きな値となった。これに対してEPS混合の場合、水浸初期に多少上昇するもののその後は微増であり水浸28日における空隙飽和度は無圧水浸で2~7%、 0.5kgf/cm^2 の水浸で5~10%と吸水性が低いことが確認された。これはEPS自身が多孔質な材料であるにもかかわらずその吸水率が5vol%程度と低いためであると考えられる。

(4) 水浸養生と一軸圧縮強度

図-4に材令と一軸圧縮強度の関係の一例を示す。密封養生した供試体の一軸圧縮強度は材令とともに増加するが水浸養生した供試体は水浸後強度低下をし始め、その傾向は無圧水浸よりも 0.5kgf/cm^2 の水浸の方が顕著であった。これは気泡、EPS混合にかかわらずいずれの配合においても確認され、水浸28日での同材令の密封養生に対する強度は無圧水浸で50~80%に、 0.5kgf/cm^2 の水浸で30~60%に低下した。この強度低下の原因としては海水による劣化が考えられる。実際に水浸養生した供試体の表面は軟化し、供試体を割裂してフェノール溶液を噴霧したところ、軟化した部分は変色せず中性化していることが確認された。

4. まとめ

実験結果をまとめると以下のようになる。

- 1) 軽量盛土・埋立材料の硬化前に圧力を作用させると単位体積重量が増加し、その結果、一軸圧縮強度も増加する。
単位体積重量、一軸圧縮強度の増加の割合は気泡混合よりもEPS混合の方が小さい。
- 2) 軽量盛土・埋立材料を水浸させると気泡混合では吸水するがEPS混合ではほとんど吸水しない。また、水浸させると一軸圧縮強度は気泡、EPS混合にかかわらず低下する。

5. 参考文献 1) 久野ほか：軽量充填材の圧力の影響について、土木学会第44回年次学術講演会、平成元年 2) 白地ほか：軽量盛土材としての気泡セメントの水浸時における強度特性、第26回土質工学研究発表会、平成3年

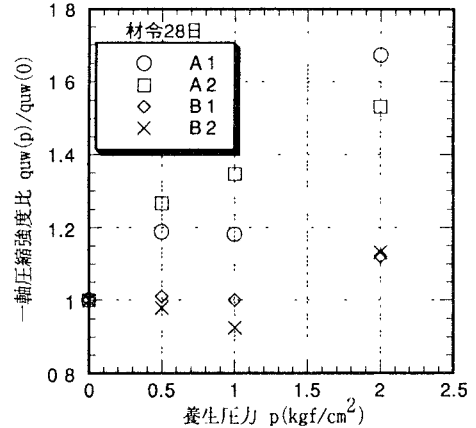


図-2 養生圧力と一軸圧縮強度

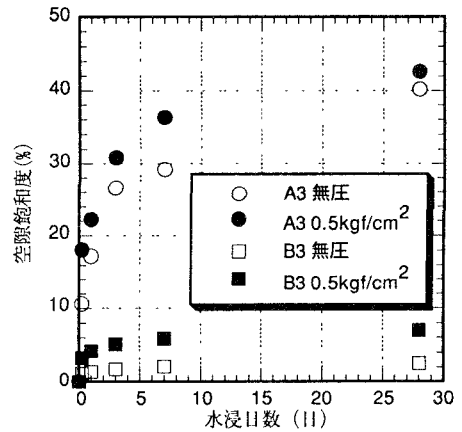


図-3 水浸日数と空隙飽和度の関係

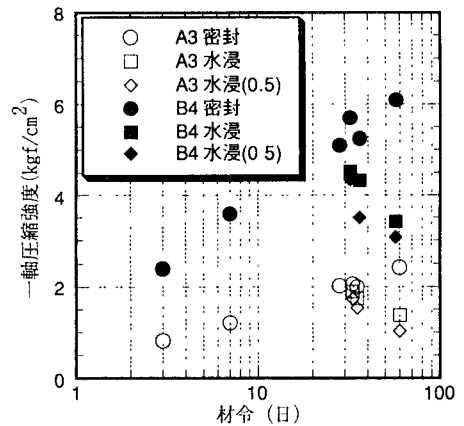


図-4 材令と一軸圧縮強度の関係