

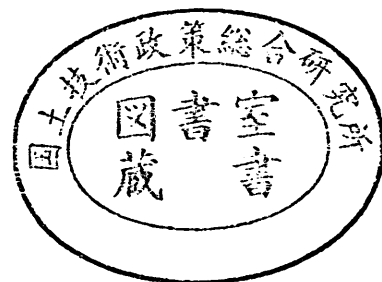
港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 835 June. 1996

岸壁の裏込め材として打設された軽量混合処理土の土質特性

土	田	孝
長	井	治
湯	川	之
岸	田	夫
山	本	実



運輸省港湾技術研究所

目 次

要旨	3
1. はじめに	5
2. 伏木富山港富山地区1号岸壁における気泡混合処理土の施工	5
3. 17～20か月経過後の気泡混合処理土の力学特性	7
3.1 サンプルングと試験の状況	7
3.2 単位体積重量の測定結果	7
3.3 室内力学試験の結果	9
3.4 原位置試験の結果	12
4. まとめ	15
参考文献	15
謝辞	15

岸壁の裏込め材として打設された軽量混合処理土の土質特性

土田 孝*
長井興治**
湯川雅之***
岸田隆夫****
山本 実****

要 旨

本報告は、岸壁の背後に使用された気泡混合処理土について、打設後17~20ヵ月にコアのサンプリングと室内土質試験及び原位置土質試験を実施した結果をまとめたものである。主な結論は以下の通りである。

- (1) 単位体積重量は水中部分において増加傾向がみられたが、設計条件は十分に満足されていた。水中部において打設時に混合した気泡の80%は残存していると推定される。
- (2) 水中および気中施工を行ったいずれの材料についても、施工後17~20ヵ月経過後の一軸圧縮強さ q_u は、28日後に対して20~30%増加した。
- (3) 気泡混合処理土では、オートマチックラムサウンディングによる N_d 値と q_u との関係が一般の粘性土地盤の場合とはかなり異なっているので、その利用には注意を要する。また、三成分コーンによる貫入抵抗と q_u の関係は、一般の粘土とほぼ同様であった。

キーワード：軽量土、港湾、裏込め、密度、セメント、安定処理

* 土質部土性研究室長
** 運輸省第一港湾建設局伏木富山港工事事務所
*** 住友金鉱工業(株) (前勸沿岸開発技術研究センター研究員)
**** 東亜建設工業(株)
***** 不動建設(株)

Properties of Light-Weight Soil Used for Backfill of Pier

Takashi TSUCHIDA*
Koji NAGAI**
Masayuki YUKAWA***
Takao KISHIDA****
Minoru YAMAMOTO*****

Synopsis

The mechanical properties of the lightweight soil used for the improvement of an old pier were investigated 17-20 months after the construction. The laboratory tests of the cores and the field geotechnical tests were carried out. The results showed that, although the slight increase of wet density was observed under the water level, the lightness and the strength of the ground was kept enough for the design condition.

Key Words : Light-weight soil, Harbour, Backfill, Density, Cement, Treated soil

-
- * Chief, Soil Mechanics Laboratory
 - ** Fushiki toyama Port Construction Office, 1st Port Construction Bureau.
 - *** Sumitomo Kinzoku Corp. Ltd.
 - **** Toa Harbour Construction Corp. Ltd.
 - ***** Fudo Corp. Ltd.

1. はじめに

軟弱地盤の多い沿岸域において、軽量な地盤材料の使用は岸壁や護岸の土圧や自重を低減するうえで有効であると考えられる。筆者らは、港湾・海洋環境を対象とした軽量混合処理土として、気泡混合処理土（以下、気泡混合土とよぶ）と発泡ビーズ混合処理土について研究開発を行ってきた^{1),2),3),4)}。

沿岸域の大きな特徴は水の存在であり、軽量混合処理土は、水中で打設して使用できる特性が求められる。スラリー状の粘性土に気泡と固化材とを混合する気泡混合処理土の場合、室内試験の結果によると、水中に長期間放置することによって気泡中に水分が侵入し、単位体積重量が増加することが報告されている²⁾。これは水と接する面より劣化が起ることによって密度が増加し、強度が減少すると考えられるが、室内試験結果による劣化の速度は約90日間の浸漬で7～15mmであった^{3),4)}。

室内試験では直径5cm、高さ10cm程度の小さな供試体が用いられるが、実際の施工では打設される量がかかるに大きいため、室内試験の結果をそのまま適用できないと考えられる。櫻井・安藤らは気泡混合土を幅4.34m×4.44m、高さ10mのピット内に打設した現場実験によって、打設後7ヵ月までの単位体積重量の変化がわずかであったと報告している⁵⁾。今後軽量混合処理土を港湾構造物に使用するためには、水中における密度や強度の変化について確認する必要がある。

本報告は、気泡混合土を岸壁の裏込め材として使用した伏木富山港の事例において、気泡混合土の打設後17～20ヵ月経過時に試料のサンプリングと原位置土質試験を行い、単位体積重量の経年変化、強度・変形特性の変化を調査し、まとめたものである。

2. 伏木富山港富山地区1号岸壁における気泡混合処理土の施工⁶⁾

神通川の河口に位置する伏木富山港富山地区1号岸壁（-10m）は、昭和38年から40年に栈橋構造で建設され、りん鉱石、化学肥料等を取り扱う岸壁として高い頻度で使用されてきた。平成元年に鋼管杭と鋼矢板の腐食調査を実施した結果、いずれも腐食が進んでおり、地震時の許容応力度を満足しないことが判明した。

平成2年度より改良工事が実施されたが、一部区間において軽量地盤材料である気泡混合土が裏込めに用いられた。気泡混合土を採用した目的は、岸壁背後の土圧を軽減することと、岸壁前面の波浪に対する安定性の確保

である。

図-1に施工箇所の断面図を示す。図のように、港内の静穏度を向上させるため、棚式消波ブロック構造を採用している。気泡混合土は最大水深4.4mの地点から+1.44mまで打設された。

気泡混合土に使用する粘性土としては、八尾産の粘性土を用いており表-1にその物理試験結果を示す。なお、粘性土として、富山港付近で入手しうる石炭灰と浚渫土（液性限界150.3%、強熱減量13.21%）の使用も検討されたが、試験配合の結果、石炭灰の場合短時間で消泡してしまうことが、浚渫土の場合は強度発現が悪いことが判明したため八尾粘性土が採用された⁶⁾。表-2、表-3はそれぞれ気泡混合土の配合条件と試験配合である。設計強度と単位体積重量はそれぞれ、1.2kgf/cm²、1.2tf/m³であった。

図-2に気泡混合土の打設箇所の平面図を示す。施工延長は約34mである。海側は棚式直立消波ブロック構造をドライで施工するため止水矢板によって締め切られている。このため、水面下に打設された気泡混合土は、陸側

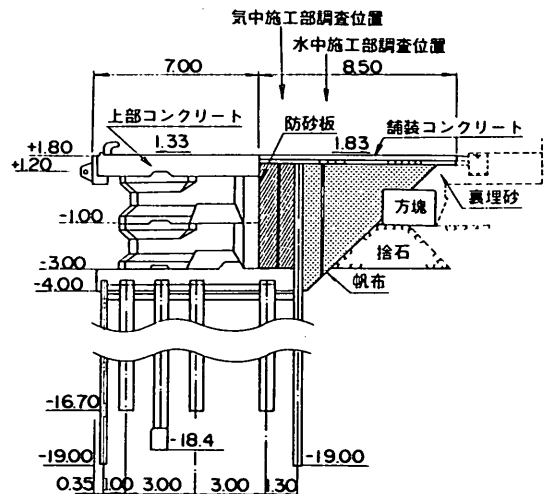


図-1 施工箇所の断面図

表-1 八尾粘土の物理試験結果

レキ分	2.5%	液性限界	95.6%
砂分	15.3%	塑性限界	54.6%
シルト分	53.4%	塑性指数	41.0
粘土分	28.8%	自然含水比	41.2%
土粒子密度	2.79g/cm ³	強熱減量	9.3%

表-2 気泡混合処理土の配合条件表

	設計	実施
一軸圧縮強度(28日) (kgf/cm ²)	1.2以上	3.6以上
単位体積重量 (tf/m ³)	1.2以下	1.1
フロー値 (Pルート法)	水中60秒以下 気中15秒以下	

表-3 配合表

粘性土	0.35m ³ (447kg)
水	503kg
固化材	150kg
空気量	20.4%
起泡材	0.51kg
増粘材(水中)	2kg

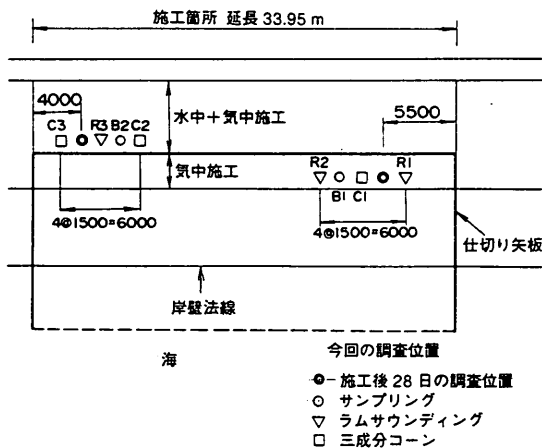


図-2 打設平面図と調査位置

では水中に直接打設されており、海側では締め切り内でドライで打設(気中打設)した後に仕切矢板の引き抜き後、海水面下に没している。

図-3は施工時の機械の配置図であり、主に貯水槽、解泥機、泥槽、ミキシングプラント、発泡機、グラウトポンプより構成される。写真-1にその状況を示した。

気泡混合土の製造及び打設は以下の手順で実施された。

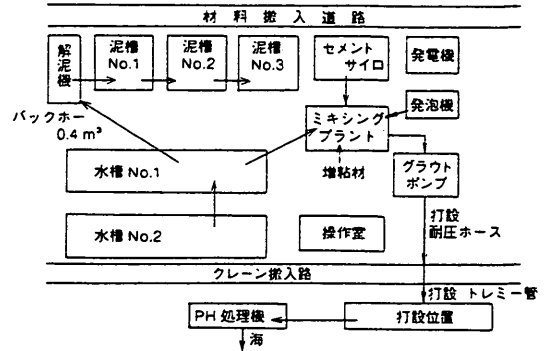


図-3 施工時の機械配置図

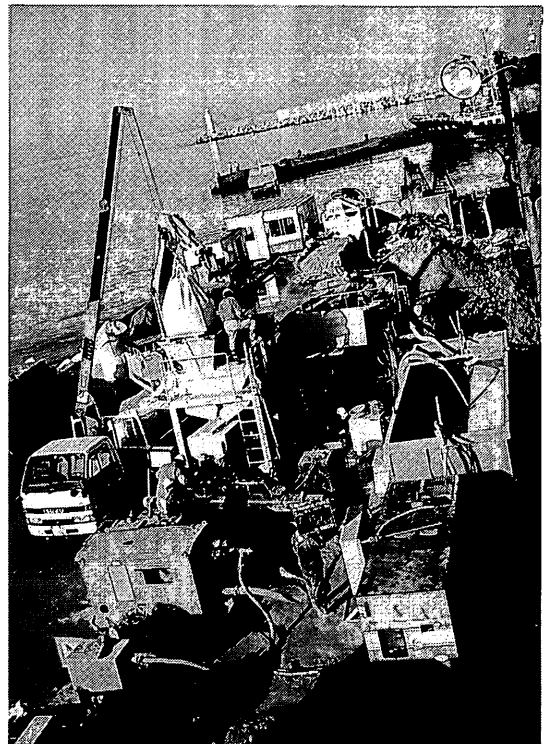


写真-1 施工機械の配置

- ①粘性土をバックホーにより解泥プラントに投入し、砂利・ゴミ等を取り除きながら水槽より水を加えて、ミキサーによる攪拌で泥水を作る。泥水は、サンドポンプにより第一貯泥槽に貯留させる。
- ②泥水を二次貯泥槽に送り、含水比の調整を行って攪拌した後、第3貯泥槽に貯留する。
- ③第3貯泥槽よりサンドポンプでミキシングプラントに運んだ泥水に、所定のセメント、気泡、増粘剤(水中打設部のみ)を投入して攪拌し、気泡混合土が所

定の品質（密度、フロー値）となっていることを確認する。

④所定品質の気泡混合土を圧送ポンプ、耐圧ホースを通じて特殊打設管により打設する。

気泡混合土の打設は2回に分けて行われ、最初に止水壁側の鋼矢板背後の水中部（-4.0m~0.0m）と気中部（0.0m~1.45m）に打設された。海水中に直接打設するには、打設箇所を延長方向に水平なケーブルを張りケーブルに打設管を吊り下げて行った。最初の打設は高さ約1m、法勾配3~4割の円錐形状となるが、その後この円錐状の小山が重なるように延長方向に打設して、さらに延長方向端部から次の2層目、3層目を順次施工した。気泡混合土のブリージングは1%以下であったので、打継目の処理は行なわなかった。この間の施工スピードは40~110m³/日で、平均90m³/日であった。

止水壁海側のドライ部の施工は気中打設となり、トラッククレーンで打設管を吊り下げて打設したが、流動性が高いためほぼ水平に施工することが可能であった。

施工管理のために実施した試験の結果は、単位体積重量は平均で水中部1.097tf/m³、気中部1.094tf/m³であり、一軸圧縮強度はそれぞれ3.47kgf/cm²、4.78kgf/cm²であった。これらはいずれも管理値を満足するものである。

3. 17~20ヵ月経過後の気泡混合土の力学特性^{9),10)}

3.1 サンプルングと試験の状況

施工終了後17~20ヵ月経過後（打設箇所により異なる）に、気泡混合土のサンプルングと室内試験及び原位置試験を実施した。図-2には、調査した地点と調査した試験名、施工管理用に打設後28日に調査された地点を示してある。今回実施した調査の内容は次の通りである。

(1) 不攪乱試料の採取

デニソンサンプラーあるいはダブルコアチューブにより、2箇所（図中のB1とB2）で行った。

(2) 室内試験

含水比、土粒子密度および単位体積重量の測定を行った。力学試験は、一軸圧縮試験、三笠式一面せん断試験、標準圧密試験を実施した。

(3) サウンディング

三成分コーン貫入試験（コーン貫入抵抗値、間隙水圧、側面摩擦係数を測定、図中のC1、C2、C3）とラムサウンディング（動的N値の測定、図中のR1、R2、R3）を実施した。

ボーリング孔B1、B2では、それぞれ深度4.50m（標

高-3.05m）、4.65m（-3.20m）まで気泡混合土が確認された。写真-2(a)、(b)に採取されたコアの状態を示す。コアは指圧によって用意に破碎できる程度の固結度であり、ほぼ一様に棒状コアとして採取された。写真に見られる水平方向の亀裂は、大部分がコアボーリング時もしくはコアを収納するときに発生したものである。施工時の境界に近いボーリング孔B1の試料の一部には、固結度が不十分でレキ状ないし塊状となっている箇所もあったが、施工時の記録をみてもその原因を特定することはできなかった。

3.2 単位体積重量の測定結果

採取した試料の湿潤単位体積重量 γ の測定結果を表-4にまとめ、図-4(a)、(b)にはボーリング孔B1、B2における深度と γ の関係を示した。図を見ると、B1では気中部分の湿潤単位体積重量が水中部の単位体積重量に比べてやや大きく、B2では水中部の方が気中部分に比べてやや大きい。全体の平均はほぼ1.10tf/m³であった。

これまでの水中打設試験では、水圧によって気泡が収縮するため深度が大きいほど単位体積重量が増加することが報告されている⁹⁾。今回の結果で水中施工の水中部に着目すると、海水面付近を除けば深度方向におおむね一定で、平均値を中心としてばらついており、水圧の影響はあまり顕著でなかった。

図-5には γ の経時変化をまとめたものである。図中に各測定時の最小値と最大値を示し、それぞれの平均値を結んでその経時変化を示している。図より、水中打設した材料と気中打設して固化後に水中養生した材料の場合には、打設後1ヵ月経過後に減少した γ が時間とともにやや増加する傾向がみられる。また、時間に対する γ の増加の割合はほぼ等しい。

これに対して、気中打設しそのまま気中で養生した材料の単位体積重量は、低下したのもあれば大きくなったものもありばらつきが大きい。これは、地表面付近で

表-4 単位体積重量の測定結果一覧

位置	養生条件	平均(tf/m ³)	
		B-1	気中養生
	気中打設後 水中養生	1.099	
B-2	気中養生	1.031	1.095
	水中養生	1.115	

*1.240を除いた場合。除かない場合1.167。

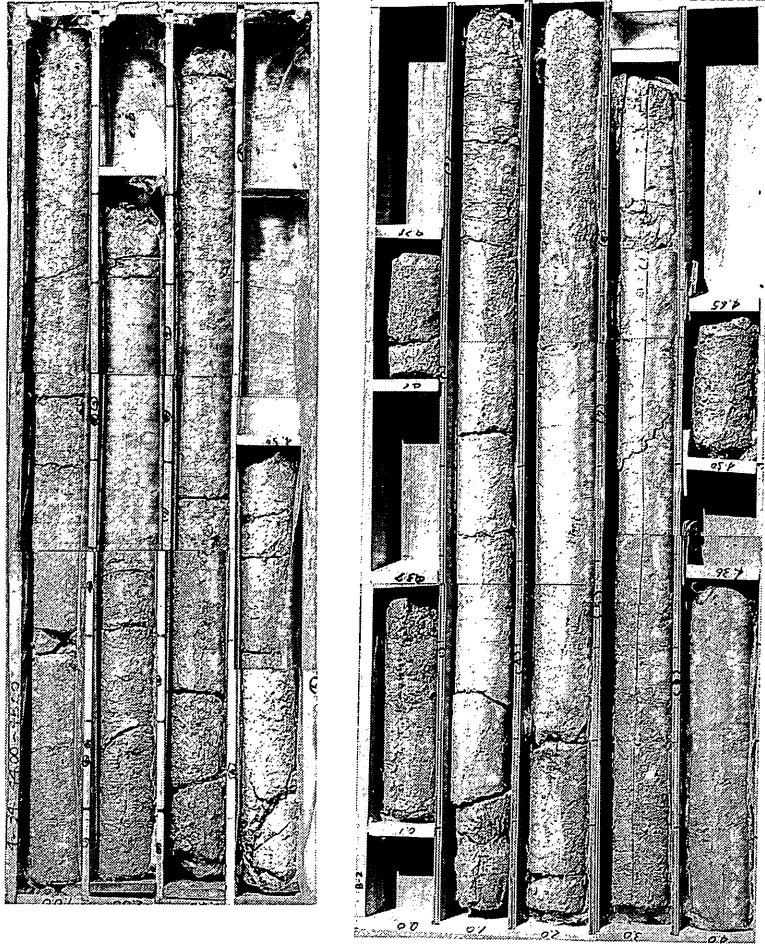


写真-2 採取したコアの状態 (左) (右)

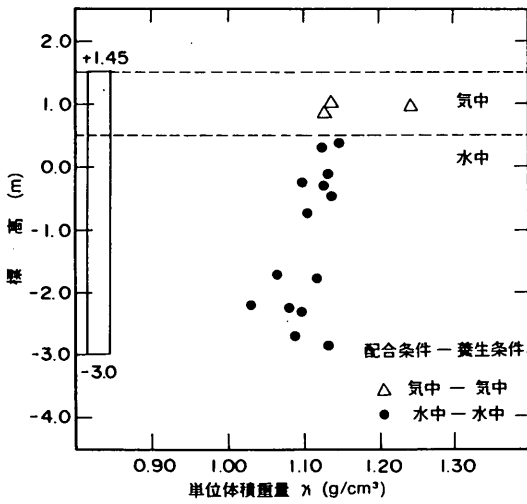


図-4(a) γ_1 -深度の関係 (B-1)

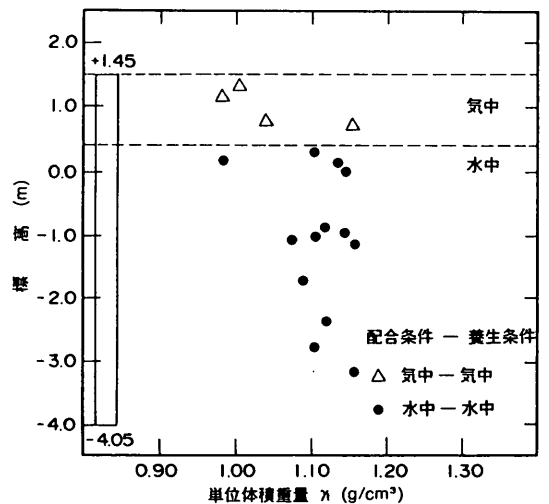


図-4(b) γ_1 -深度の関係 (B-2)

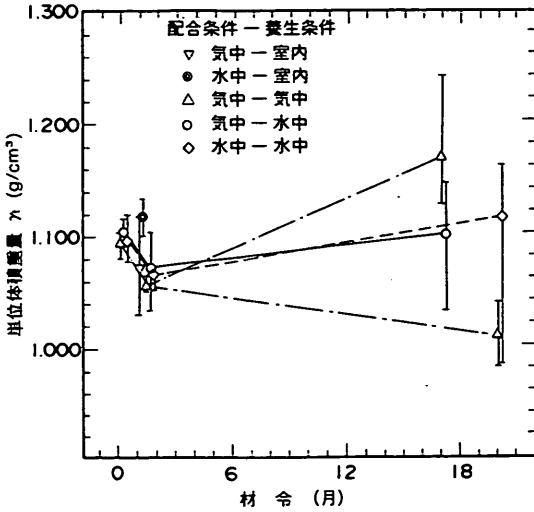


図-5 γ_t の経時変化

は養生時の気象条件の影響を受けやすく、これによって含水比が変化するためばらつきが大きくなったことが考えられる。図-6は含水比と γ_t の関係であるが、両者の間にはそれほど明確な関連はみられなかった。

土の飽和度 S_r (%)は次式から求められる。

$$S_r = \frac{w}{\frac{\rho_w}{\rho_t} \left(1 + \frac{w}{100}\right) - \frac{\rho_w}{\rho_s}} \quad (1)$$

ここに w は含水比、 ρ_s は土粒子密度、 ρ_w は海水密度、 ρ_t は土の湿潤密度である。

今回調査した気泡混合土の水中部分における現状の湿潤密度の平均は 1.12g/cm^3 である。平均含水比を145%、平均の土粒子密度 $\rho_s = 2.60\text{g/cm}^3$ とすると、飽和度は約80%と計算される。

また、この試料が完全飽和したときの湿潤単位体積重量 γ_{sat} は次式で求められる。

$$\gamma_{\text{sat}} = \left(\frac{w}{S_r} + 1\right) / \left(\frac{w}{100} + 1\right) \gamma \quad (2)$$

今回の場合 γ_{sat} は 1.28tf/m^3 であり、このときの含水比 w_{sat} は180%と計算される。気泡を混合して打設した時の単位体積重量を γ_{ini} とすると単位体積重量が γ_t であるときの気泡残存率 r_a が次式で表される。

$$r_a (\%) = \frac{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_t}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{ini}}} \times 100 \quad (3)$$

ここで r_a が100%のときは混入させた気泡に対する水の侵入は無く、 r_a が0%のときは気泡中にすべて水が入

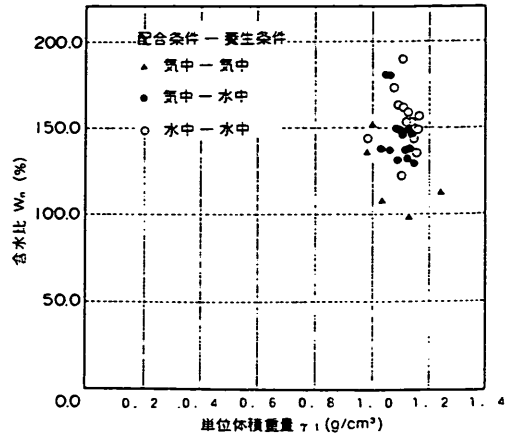


図-6 含水比と単位体積重量の関係

ったことを意味する。図-5より、打設時の含水比を基準とすると現在の気泡残存率はほぼ100%であり、打設1ヵ月後の単位体積重量を基準とすると γ_a は約80%となった。すなわち、17~20ヵ月経過後に打設時の80%の気泡が残存していることになる。

3.3 室内力学試験の結果

(1) 一軸圧縮強度

図-7(a), (b)は、深度と一軸圧縮強度 q_u の関係である。いずれの深度でも q_u は 2.0kgf/cm^2 以上あり、設計の条件を満たしている。図-8は一軸圧縮試験における応力-ひずみ関係であるが、すべての試料において破壊ひずみは1%以下でありブリットな挙動を示している。

施工時の室内配合試験と施工完了時点で実施した試験結果(施工後28日経過時)を含め、一軸圧縮強度の経時変化を図-9に示した。図では各試験時の最大値と最小値を示し、それぞれの平均値を結んでその経時変化として示している。

水中施工部分には材料分離を防止するため増粘剤を 2kg/m^3 加えているが、室内配合試験および施工結果をみると、水中部での発現強度は気中打設の場合と較べると、約30%低下している。図-9のように、水中打設した材料と気中打設して固化後に水中養生された材料の一軸圧縮強さは、いずれも28日強度に比べて最大、最小、平均値とも増加している。また、強度の増加率は、打設条件によらず20~30%であった。このように、おそらく増粘剤の影響によって発現強度は異なるが、経過時間による水中部分の強度増加割合はほぼ等しいといえる。

図-9より水面より上にある気中養生部分の試料をみると、強度の増加が水中養生の試料に比べ大きい傾向が

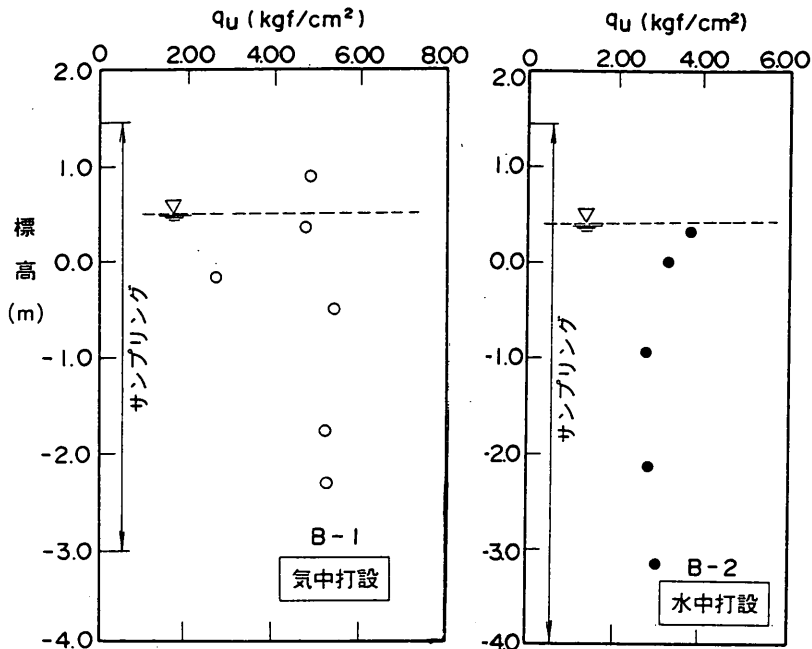


図-7(a) 深度と一軸圧縮強度 (B1)

図-7(b) 深度と一軸圧縮強度 (B2)

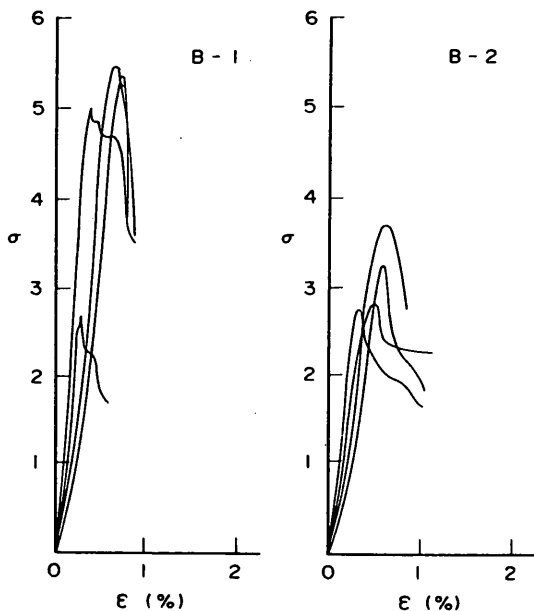


図-8 一軸圧縮試験における応力ひずみ関係

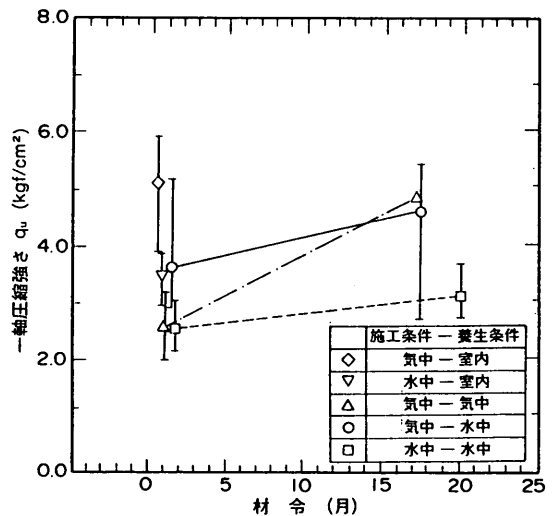


図-9 一軸圧縮強度の経時変化

見られるが、今回は試験個数が少ないので定量的に比較することは難しいと思われる。

また、図-9には室内配合試験による28日強度と、現場での28日強度が示されている。現場での28日強度は室内配合試験の強度の50~70%であるが、17~20ヵ月経過後

の強度は室内配合試験の強度の90%程度に相当している。この結果は、今後設計に必要な強度から室内配合強度を設定する上で参考になると考えられる。

(2) 一面せん断強度

一面せん断試験は供試体を0.3kgf/cm²で圧密した後、等体積条件、0.2mm/分の速度でせん断を行った。

図-10は深度と一面せん断強度τの関係である。一面

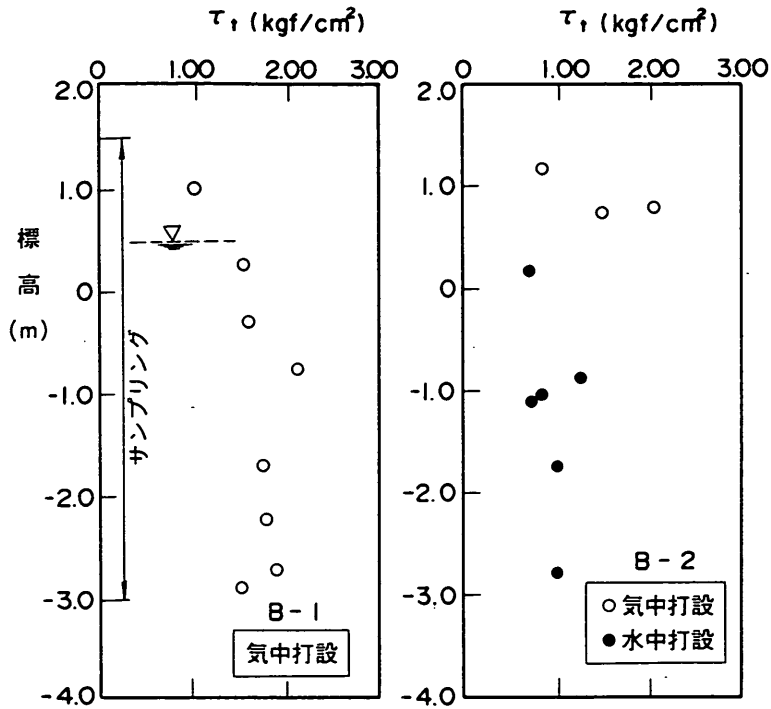


図-10 深度と一面せん断強度の関係

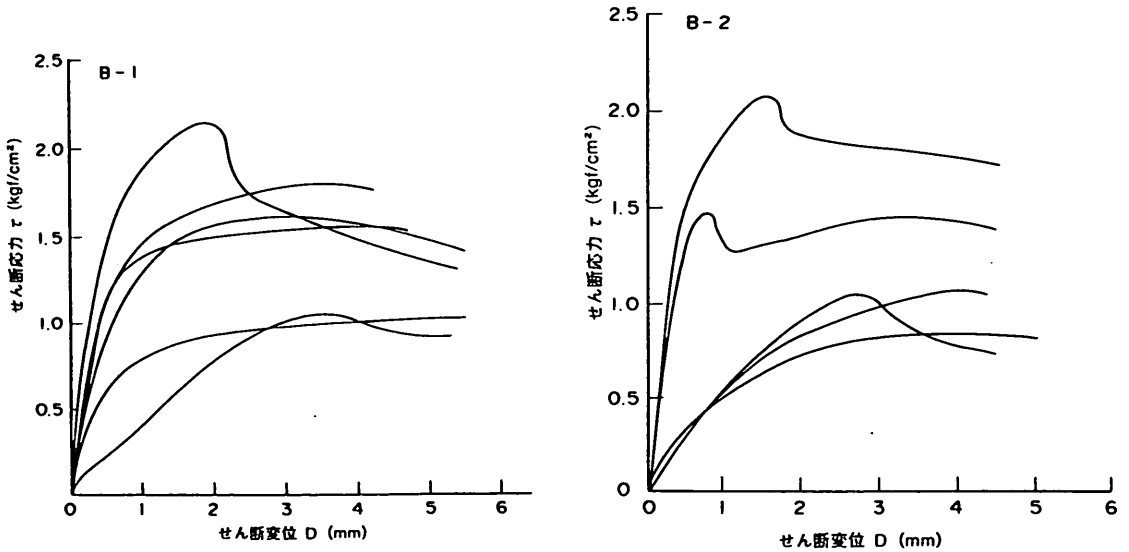


図-11 せん断応力と変位

せん断試験においても一軸圧縮強度と同様に、水中打設部の強度は気中打設部よりも小さくなっている。図-11にせん断応力と変位の関係を示した。せん断力がほぼピークに達するときの変化は1~3mmであり、これはせん断ひずみ5~15%に相当する。また、せん断力がピーク

に達した後もピーク時の70%以上の残留強度を示しており、自然の粘土地盤（過圧密粘土）と類似した応力-変位関係を示している。

図-12は、 $q_u/2$ と τ の関係である。土田らは、浚渫粘土を用いた気泡混合土の現場打設実験より、ボーリング

コアの τ_r と q_u に関して

$$\tau_r = 0.6 \cdot (q_u/2) \quad (4)$$

という関係を得ている。今回の結果は、ばらつきがあるが、平均的には(4)式と同様の傾向が見られる。

(3)標準圧密試験結果

図-13は、標準圧密試験より得られた $e-\log p$ 関係である。図のように、 $e-\log p$ 曲線の形状は自然粘土試料と類似しており、圧密降伏圧力 p_c も粘性土と同様の方法で明確に求めることができる。 p_c の値は B1 試料が 9.0 ~ 12.3 kgf/cm²、B2 試料が 4.8 ~ 5.3 kgf/cm² であった。データ数が少ないが、 p_c と強度との関係も通常の粘性土

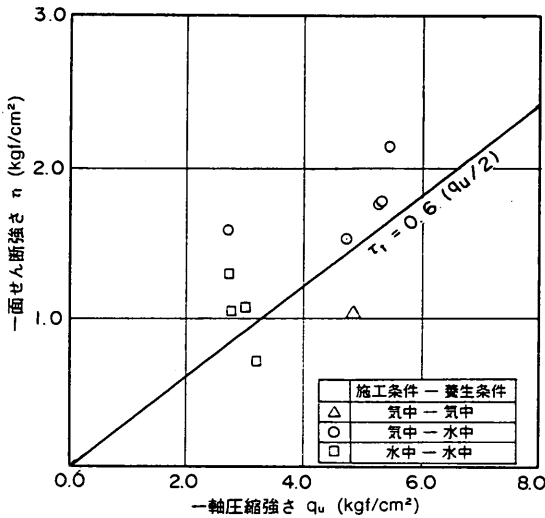
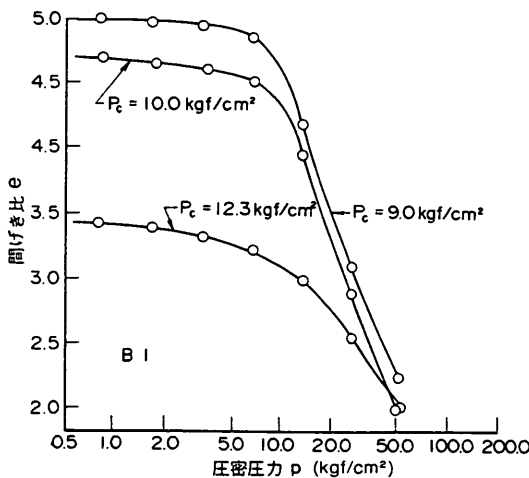


図-12 $q_u/2$ と τ_r の関係



と大きく違わないといえる。

3.4 原位置試験の結果

裏込めや埋立に軽量混合処理土を大量に打設する場合を想定すると、適切な施工管理のためには強度を機動的に調査しうる原位置試験法が必要と考えられる。このような観点から、今回の調査ではサンプリング位置の近傍でオートマチックラムサウンディングと三成分コーン貫入試験を実施し、室内試験の結果と原位置試験の結果の比較を行った。

オートマチックラムサウンディングは、63.5kgfのハンマーを高さ50cmの高さから自動落下させて、20cm貫入するのに要する打撃回数 N_{am} 値を地表面から連続的に測定する試験である。ボーリングを行わないので、貫入ロッドの周面摩擦による補正をおこなうため、 $N_{am} > 5$ の場合は打撃終了後ロッドを時計回りに2回転させてから次の貫入を行い、この際の回転に要するトルク M_a (kgf·cm) を測定する。また、 $N_{am} < 5$ の場合はロッド接続時に (1m ごとに) 2回転させてトルクを測定する。周面摩擦に関する補正後の打撃回数 N_d は次式で求められる。

$$N_d = N_{am} - 0.004 M_a$$

N_d 値は動的 N 値とも呼ばれるが、標準貫入試験よりもボーリングを必要としない分だけ機動性と効率性にすぐれており、広域の地盤における施工管理においては有効な調査法である。

図-14に調査地点 R1, R2, R3 での深度と N_d 値の関係

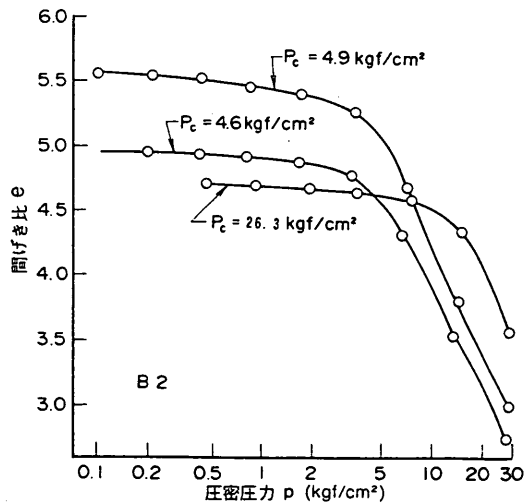


図-13 圧密試験結果

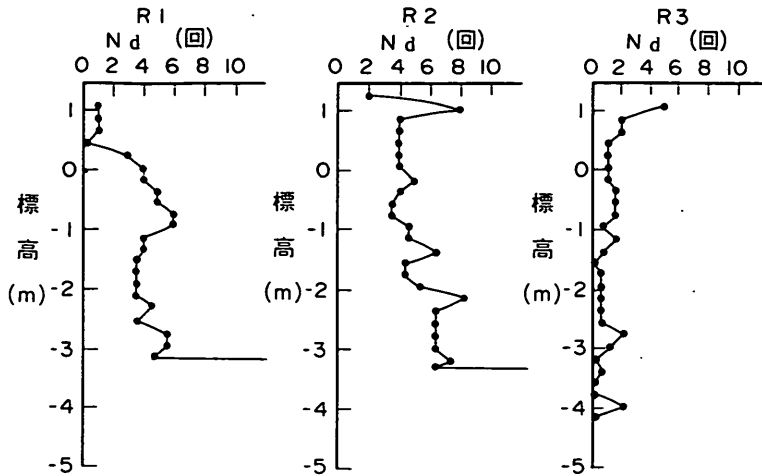


図-14 深度と N_d 値の関係

を示した。空中打設した R1 地点, R2 地点では $N_d=5$ 程度を示すが, 水中打設した R3 地点では $N_d=1\sim 2$ と非常に小さい値となった。これは増粘剤の有無による一軸圧縮強度の相違と対応しているが, 強度の差はより顕著に現れているといえる。

図-15は q_u と N_d の関係である。図のように,

$$q_u = (1 \sim 2) N_d \quad (5)$$

の関係が認められる。一般的な粘性土地盤では, 乱れの少ない試料の一軸圧縮強度と N 値との間にほぼ,

$$q_u = (1/4 \sim 1/3) N$$

の関係があることが知られており⁷⁾, N 値と N_d 値はほぼ等しいとされているので,

$$q_u = (1/4 \sim 1/3) N_d \quad (6)$$

の関係が成り立つと考えられる。(5)式と(6)式を比較すると, 気泡混合土の場合, 同一の N_d 値に対して q_u が大きい, あるいは同一の q_u 値を持つ地盤において N_d 値が小さいということが出来る。したがって, 気泡混合土の場合 N_d 値から(6)式で q_u およびせん断強度を推定するとかかなりの過小評価になる。このように, 動的な原位置試験の測定値と q_u 値との関係が通常の粘性土地盤の場合と大きく異なることは気泡混合土の特徴と考えられるが, 今後その理由についてさらに検討が必要である。

三成分コーン貫入試験は, 図-16に示す電気式コーンと油圧貫入機を用いて行った。図-17は C1~C3 地点で行った貫入試験の結果である。図をみると, C1の結果は他の2点に比べて貫入抵抗が大きく, 発生する過剰間隙

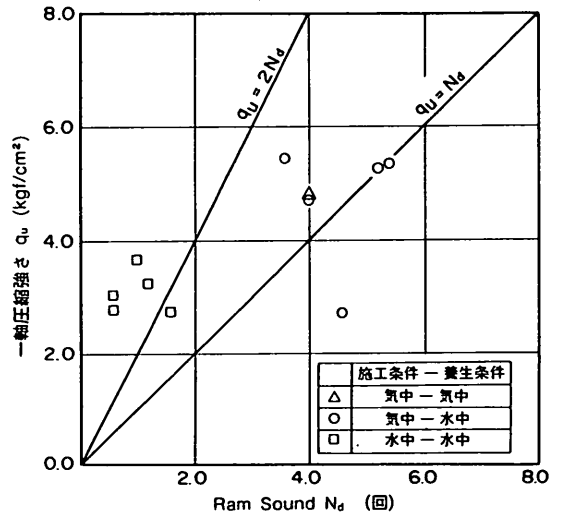


図-15 N_d 値と q_u の関係

水圧も大きかった。ただし, 気泡混合土のように気泡を含む土の場合には測定される間隙水圧の意味は不明であり, 今後含水比や密度との関連性をさらに検討する必要がある。

コーン指数と一軸圧縮強さの関係を図-18に示した。一般の粘性土地盤では

$$q_c = (8 \sim 16) \cdot (q_u/2)$$

の関係があるとされているが⁸⁾, 今回の結果もほぼ同様の結果が得られた。したがって, 静的な貫入試験である三成分コーン貫入試験は気泡混合土の強度評価に有効であると考えられる。

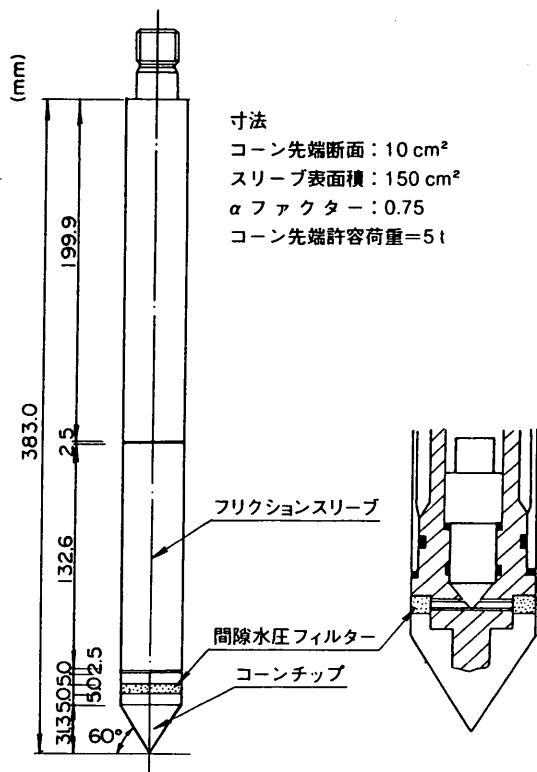


図-16 三成分コーン

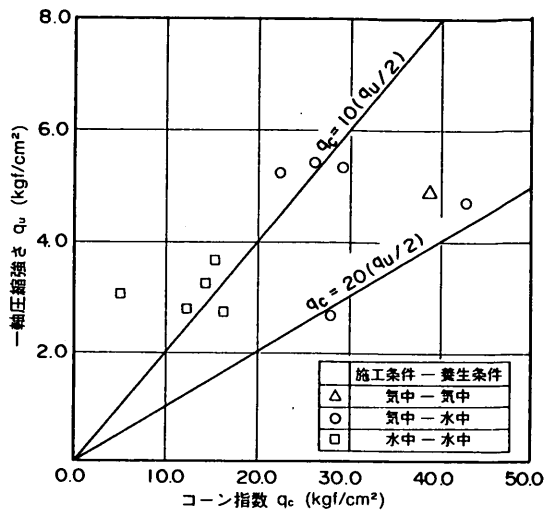


図-18 コーン貫入試験結果

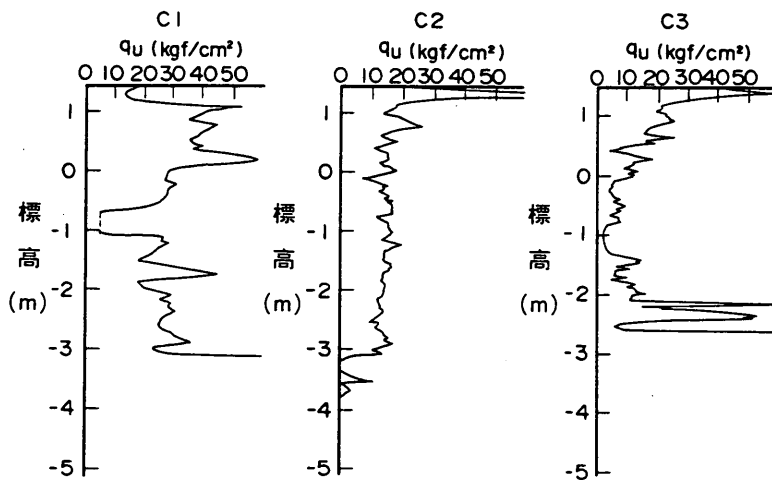


図-17 q_c と q_u の関係

4. まとめ

岸壁の背後に使用された気泡混合土について、打設後17~20ヵ月にコアのサンプリングと室内土質試験、原位置土質試験を実施した。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 単位体積重量は水中部分において増加傾向がみられたが、設計条件は十分に満足されていた。水中部において打設時に混合した気泡の80%は残存していると推定される。
- 2) 水中および気中施工を行ったいずれの材料についても、施工後17~20ヵ月経過後の一軸圧縮強さは28日後に対して20~30%増加した。
- 3) 今回調査した気泡混合土では、オートマチックラムサウンディングによる N_d 値と q_u との関係が一般の粘性土地盤の場合とはかなり異なっているため、その利用には注意を要する。また、三成分コーンによる貫入抵抗と q_u の関係は一般の粘土とほぼ同様であった。

(原稿受理1996年3月31日)

参考文献

- 1) 奥村樹郎・土田孝・岸田隆夫・長坂勇二・古谷俊明 (1994)：港湾・空港建設事業における軽量混合地盤材料の用途と課題，第29回土質工学研究発表会論文集，pp.2399-2402.
- 2) 土田孝・横山裕司・水上純一・清水和也・笠井寿太郎 (1996)：港湾・海洋環境における軽量混合処理土の用途と現地打設実験，港湾技研資料，No.833.
- 3) 笠井寿太郎・土田孝・水上純一・横山裕司・槌田和徳・後藤年芳 (1993)：軽量盛土・埋立材料に及ぼす養生条件の影響について，第28回土質工学研究発表会講演集，第2巻，pp.2669-2673.
- 4) 土田孝・笠井寿太郎・水上純一・横山裕司・槌田和徳 (1996)：軽量混合処理土に及ぼす養生条件の影響，港湾技研資料，No.834.
- 5) 櫻井裕一・安藤憲一・吉原正博 (1991)：水中施工用軽量埋戻し材の現場試験報告，第26回土質工学研究発表会，pp.2207-2210.
- 6) 伏木富山港工事事務所 (1994)：伏木富山港(富山地区)岸壁(-10m)(1号)改良工事について，第31回第一港湾建設局管内技術報告会.
- 7) 西垣好彦(1992)：N値と c ， ϕ を考える，第3章N値の解釈と適用，土質工学会，pp.51-72.
- 8) 田中洋行・梶原基生・後藤健二・鈴木耕司・深沢健

(1992)：我が国の正規圧密された海成粘性土の静的コーン貫入試験から得られる特性，港湾技術研究所報告，第31巻第4号，pp.61-92.

- 9) 土田孝・長井興治・奥村樹郎・岸田隆夫・舟田邦雄 (1995)：岸壁の裏込め材として打設された軽量混合地盤材料の力学特性(その1)，第30回土質工学会研究発表会，pp.2525-2528.
- 10) 土田孝・山本 実・長井興治・八木英樹・梅原靖文・高橋但(1995)：岸壁の裏込め材として打設された軽量混合地盤材料の力学特性(その2)，第30回土質工学会研究発表会，pp.2529-2530.

謝辞

本報告は、運輸省港湾技術研究所と、財団法人沿岸開発技術研究センターと民間23社による研究グループとの共同研究「港湾・海洋環境で使用できる軽量地盤材料の開発研究」(平成4年度より開始)の成果の一部である。本報告のとりまとめにあたっては、共同研究グループとの討議の結果を参考にさせていただいた。また、小林正樹土質部長から有益な助言をいただいた。ここに記して深く謝意を表します。

共同研究参加企業：(株)エスエルエス、(株)大本組、(株)クボタ建設、国土総合開発(株)、五洋建設(株)、佐伯建設工業(株)、清水建設(株)、積水化成成品工業(株)、住友大阪セメント(株)、大都工業(株)、大日本インキ化学(株)、秩父小野田(株)、西松建設(株)、日本国土開発(株)、日本セメント(株)、東亜建設工業(株)、東洋建設(株)、不動建設(株)、(株)本間組、三菱油化(株)、三井不動産建設(株)、りんかい建設(株)、若築建設(株)

港湾技研資料 No.835

1996. 6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所

印刷所 阿部写真印刷株式会社

Edited by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.

Copyright ©(1996)by P.H.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。