

港 湾 技 研 資 料

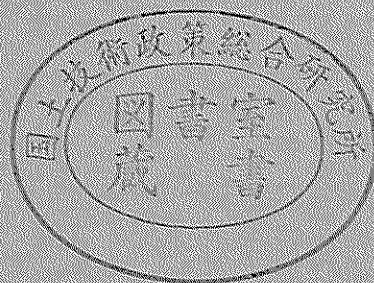
TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 732 June. 1992

締め固めを伴わない石灰安定処理土の耐久性調査

寺 師 昌 明
北 誥 昌 樹

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. まえがき	4
2. 施工の概要と施工直後の性状	4
2.1 経緯	4
2.2 現地の状況と室内配合試験結果	4
2.3 現地施工の概要	5
3. 11年経過後の安定処理土	6
3.1 安定処理土の掘出し	6
3.2 外観調査	7
3.3 ボーリング	7
3.4 サンプルング結果	9
3.5 室内試験	10
4. 試験結果	10
4.1 湿潤密度及び含水比	10
4.2 一軸圧縮強度	11
4.3 変形係数	11
5. 経時的強度変化	12
6. カルシウム分析結果	12
7. まとめ	14
参考文献	14
記号表	14

An Investigation of the Long Term Strength of a Lime Treated Marine Clay

Masaaki TERASHI*
Masaki KITAZUME**

Synopsis

Deep Mixing Method is a kind of in-situ admixture stabilization technique using lime or cement as a stabilizing agent and widely applied to improve soft alluvial clay deposit in Japan. Authors have investigated not only the strength characteristics of the treated soil but also several failure modes of the improved ground. However long term strength of the treated soil remains to be investigated in detail.

Two columns of in-situ treated soil with lime have been kept underground for eleven years in order to investigate their long term strength characteristics. In this study, unconfined compression tests on one of the columns are carried out as well as calcium content test. The series of the tests reveals the treated soil cured for eleven years has about three fold strength of the original treated soil.

Key Words : Soil Stabilization, Cohesive Soil, Lime, Compressive Strength, Unconfined Compression Test.

* Chief of Soil Stabilization Laboratory, Geotechnical Engineering Division.

** Senior Research Engineer, Geotechnical Engineering Division.

締め固めを伴わない石灰安定処理土の 耐久性調査

寺師 昌明*

北詰 昌樹**

要 旨

深層混合処理工法 (*Deep Mixing Method*) の開発研究は、当所で昭和42年に着手され、昭和49年には石灰を用いた工法が、また昭和50年にはセメントを用いた工法が実用化された。特に後者はスラリー状の安定材を用いて大規模な港湾工事にも適用されている。

石灰やセメントによる安定処理土の特性、改良地盤の設計・施工法に関する研究は、工法の普及とともに各方面で進められている。しかし、他の地盤改良工法に比べて比較的歴史の浅い工法であるため、安定処理土の長期耐久性を実証した研究は数少なく、それも比較的短期間の調査から外挿して長期を推定するものであった。研究のなかには、長期安定性が確保されたとの報告や養生条件によっては表面部分から劣化が進むとの報告もあり、耐久性に関するデータの蓄積が待たれている。筆者らは、施工後直ちに港湾技術研究所構内の土槽に埋設し、地中で11年間保存してきた生石灰安定処理土を試験する機会を得た。本試験では、処理土の湿潤密度、含水比、一軸圧縮強度およびカルシウム含有量の調査を行ない、打設時のデータと比較検討を行なった。

その結果、一軸圧縮強度は打設時に比べて約3倍に増加しており、さらに含水比、湿潤密度及びカルシウム含有量にはほとんど変化が見られないことから、石灰安定処理土は長期間の耐久性にも優れ、安定した土木材料と考えられることが分かった。

キーワード：土質安定処理，粘性土，石灰，圧縮強さ，一軸圧縮試験

* 土質部地盤改良研究室長

** 土質部主任研究官（地盤安定解析担当）

1. まえがき

軟弱な粘性土の改良に石灰、セメント系の安定材を利用する試みの歴史は長い。道路の表層材料として適切でない土に安定材を添加混合し、その塑性指数を変化させて締め固めを容易にすることを目的とした改良、言換えると締め固めを前提とした安定処理工法がその先駆けである。

一方、深層混合処理工法や浅層混合処理工法の特徴は、超軟弱地盤を対象にして締め固めを伴わない安定処理を行うことであり、その開発・研究は昭和42年より始まった。石灰やセメントによる安定処理土の特性、改良地盤の設計・施工法に関する研究は、工法の普及とともに各方面で進められている。しかし、この歴史の浅い工法により形成された安定処理土の長期耐久性を実証した研究は数少なく、それも比較的短期間の調査から外挿して長期を推定するものであった。これまでの研究では、安定処理土の長期安定性が確保されたという報告¹⁾がある一方で、養生条件によっては処理土表面から劣化が進むとする報告²⁾もあり、長期耐久性に関するデータの蓄積が強く望まれている。

筆者らは、昭和54年以来、港湾技術研究所構内の土槽に現場処理土塊を保存しており、20年以上にわたる処理土の耐久性調査を行なう予定である。その一環として、本研究では、11年間保存した処理土の湿潤密度、含水比、一軸圧縮強度およびカルシウム含有量の調査を行ない、打設時のデータと比較検討することで長期安定性の検討を行なった。

2. 施工の概要と施工直後の性状

2.1 経緯

今回、耐久性の調査対象とした安定処理土は、1979年12月に広島県福山市の埋立地で塊状の生石灰によって打設造成された安定処理土である。施工はDLM (Deep Lime Mixing) 研究会が実施したもので、その本来の目的は均一な施工性の確保のための施工機械の性能試験であった。このため、現地施工では複数の混合率(安定材の改良対象土に対する乾燥重量比)、複数の施工のプロセスを組合せて試験施工を行い、それぞれについて室内配合試験結果、施工記録、施工後約2ヶ月の処理土の強度、強度や安定材混合率のばらつきが検討されている。

その詳細³⁾は非常に膨大となるため、ここでは長期耐久性調査に関係する部分のみを紹介する。

2.2 現地の状況と室内配合試験結果

試験施工の現地は、浚渫粘土による埋立地(図-1)

で、試験施工時の標高は基準面+6.1mである。表層部の2.3mは敷砂または礫混じりの捨て土である。+3.8m～-9mまでは、+0.5m～+1mの間に砂質土を介在していることを除けば、全層が軟弱な浚渫粘土である。調査対象の試験杭打設位置では、表層の礫混じり土を撤去して浚渫粘土と置き換えている。改良対象となった浚渫粘土の物性は、粘土分含有率が約60%、砂分は1%、液性限界 $w_l=90\%$ 、塑性限界 $w_p=21\%$ 、塑性指数 $I_p=69$ 、自然含水比 $w_n=80\%$ である。有機物含有量は重クロム酸法で3.8%、pH (H_2O 法)は8である。

現地試験施工に先立って、「石灰による深層混合処理工法・室内試験マニュアル(昭和50年1月、港湾技術研究所土質部地盤改良研究室)」に規定する試験手順で室内配合試験が実施された(この供試体の作製方法は、後に土質工学会で標準化されたJSF T 821-1990とほぼ相違しないものである)。一軸圧縮強度に及ぼす安定材(生石灰)の混合率及び材令との関係を明らかにした。

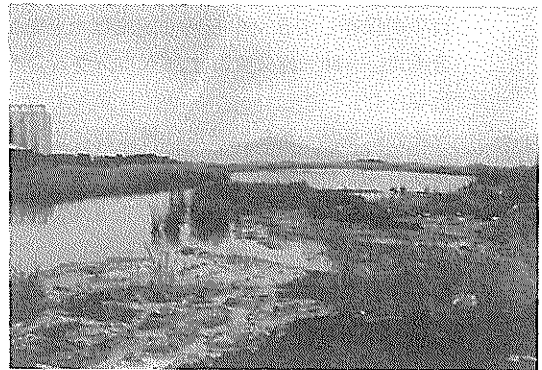


図-1 埋立地の様子

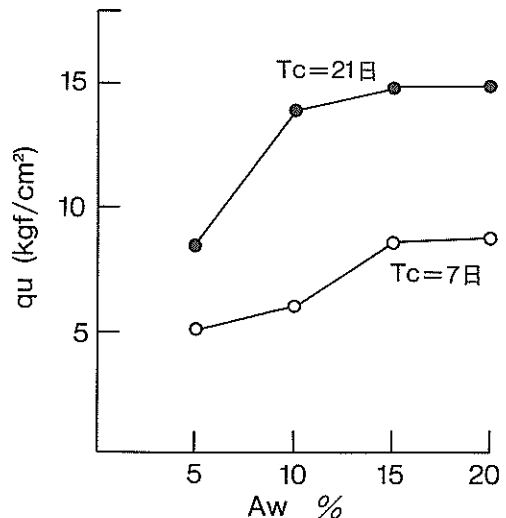


図-2 室内配合試験結果

室内試験で得られた、材令、混合率(A_w)、一軸圧縮強度の関係を図-2に示す。今回報告する長期耐久性の石灰安定処理土の混合率(A_w)は、後述の施工記録から分かるように12.5%であるため、処理後7日強度が約7kgf/cm²、14日強度が約14kgf/cm²程度であることが推定される。

2.3 現地施工の概要

現地の改良工事は、塊状の生石灰を安定材として用いて、陸上用の2軸型改良機で実施された。改良機先端部を図-3に示す。改良の施工手順は、攪拌翼を回転させつつ自重で改良機を貫入させ、引抜き時に安定材の吐出と周辺粘土との攪拌混合を実施するもので、いわゆる“引抜き吐出”による施工である。安定処理土を地中で形成する引抜きの過程では、引抜き速度、攪拌翼の回転数、管内の石灰面の位置(石灰面レベル)などが常時計測される。ある深度での、引抜き速度の記録とその時の石灰面の位置の変化(吐出货量)の記録より土中での混合率が

容易に算定される。調査対象杭での施工データは図-4に示す通りである。長期特性の検討のために採取した試料の深さは、図に示す地表面下0~1mに対応するもので、石灰混合率が約12.5%のものである。なお、試験施工に用いた生石灰は、河合石灰工業所製のJIS R-9001工業用生石灰特号で、CaO分が95%以上、粒径は2.5~10mm、4N塩酸による活性度(生石灰の反応しやすさの指標)試験の結果は15~35%/1min、70~85%/10minである。

施工後、約2ヶ月経過後に調査対象杭の周囲を掘削し(図-5)、GL 0~1mの安定処理土杭全体をそのままサンプリングした。写真に示すように、2軸型の処理機による安定処理土は眼鏡型の断面を有している。作業の都合上、これを片目づつの2つのブロックA、Bに分割して(図-6)港湾技術研究所に運搬し、構内の円形土槽に埋設保存することとした(図-7、-8)。なお、今回の調査対象はこの内の一本、B塊である。

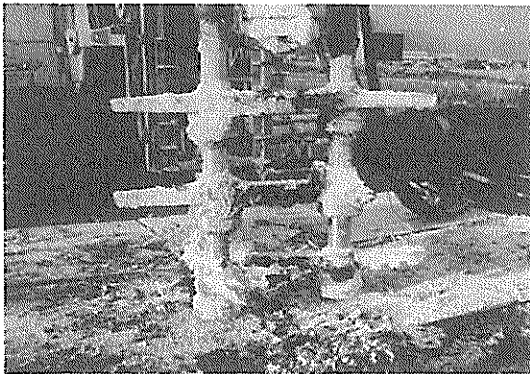


図-3 施工に用いた陸上用改良機



図-5 現地での掘削風景

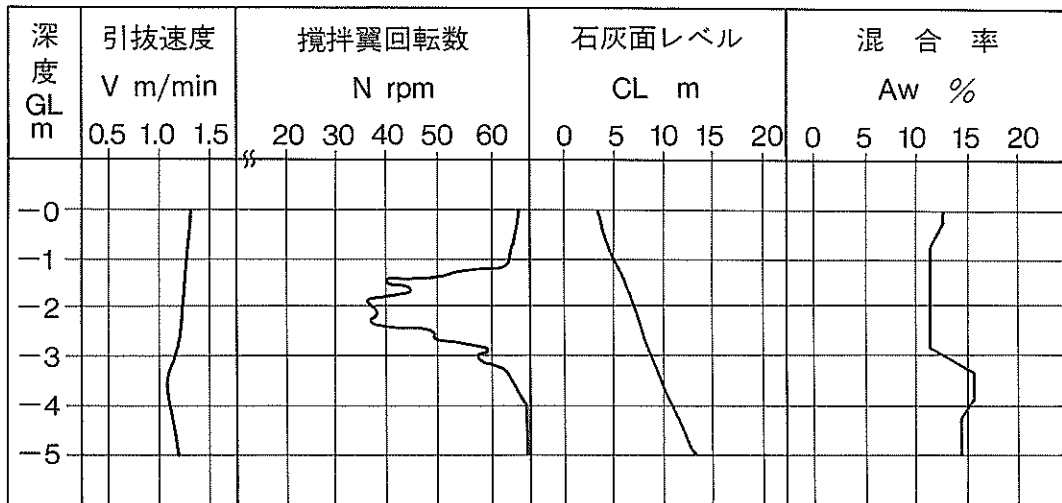
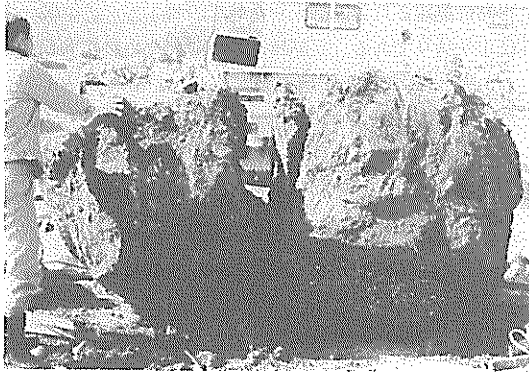
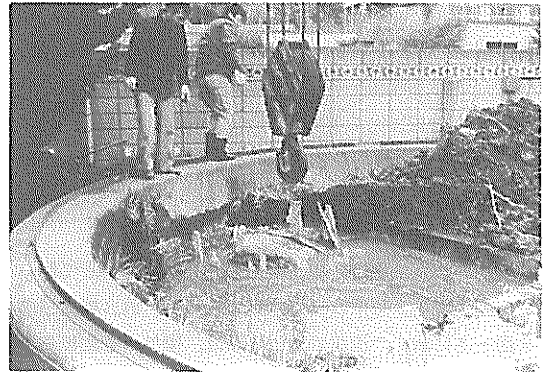


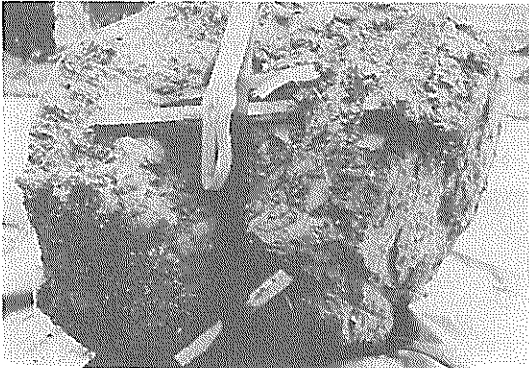
図-4 施工データ



図一六 現地処理土



図一八 港研・円形土槽への埋設



図一七 埋設直前の現地処理土

また、安定処理土杭1 mを採取した後に、その直下の処理土杭から不攪乱試料を採取して、材令64日時点の一軸圧縮強度を求めた。表一1に試験結果を示す。同表の付図に示す9箇所から直径5 cm、高さ10cmの供試体を採取している。現場試料の含水比、湿潤密度、一軸圧縮強度のいづれについても、A、B両塊の間に顕著な相違は認められない。

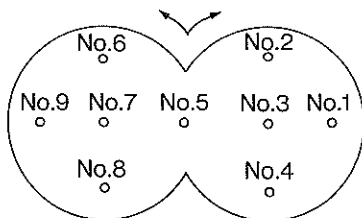
3. 11年経過後の安定処理土

3.1 安定処理土の掘出し

1991年3月、現地処理土2塊のうち、1塊(B塊)を掘り出した。処理土は約11年間の埋設中に、処理土を覆う埋め土には雑草が生い茂っていたため、掘出しに際しては人力でこれらを取り除き、重機による衝撃を直接安定処理土に加えないように注意した。掘削及び吊り出し作業は、まず人力で処理土の周辺を掘り、処理土の形態が判明した後、クローラ式パワーショベルを用いて処理土の周囲を掘削した。吊り出しには保存当時に埋設作業の便のために巻きつけたナイロンスリングを使用することができたので、比較的容易に吊り出すことができた(図一9、一10)。

表一1 材令64日の現場強度

処理土塊	試番号	含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	一軸強度 (kgf/cm ²)
A	1	57.7	1.547	11.9
	2	55.5	1.595	7.81
	3	51.2	1.550	9.48
	4	61.7	1.481	9.20
B	5	61.9	1.507	11.2
	6	50.8	1.588	12.2
	7	55.9	1.538	13.8
	8	60.2	1.531	8.99
	9	60.7	1.490	7.41
	平均値	57.3	1.536	10.2
	変動係数	7.01%	2.43%	20.0%



図一九 処理土の掘出し



図-10 処理土の掘出し

3.2 外観調査

吊り出した安定処理土は、まず洗浄を行なった後、写真撮影（図-11）及びスケッチによる外観調査を行なった。スケッチでは静物スケッチの手法の他に、処理土の色調、溝、くぼみ、小穴、突起、砂の層の有無などの工学的な面を重視したものも行った。

施工時の処理土は2.3に示したように眼鏡型の断面を有しているが（図-5）、現場での掘出し後2つに分割したため、土槽内に埋設時には既に図-7のようないびつな球形になっている。今回、掘出した処理土（図-11）も同様ないびつな球形をしている。

スケッチの結果の一例を図-12に示した。この側面での処理土の表面は起伏に富み、溝やくぼみが全体に見られる。色調は処理土全般にわたり暗灰色を呈しているが、4ヶ所に白灰色を示す部分があり、そこに石灰分が集中していることが分かる。

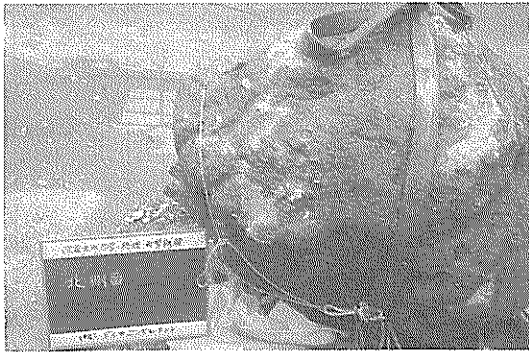


図-11 掘出し後の処理土

スケッチ 1 東側面

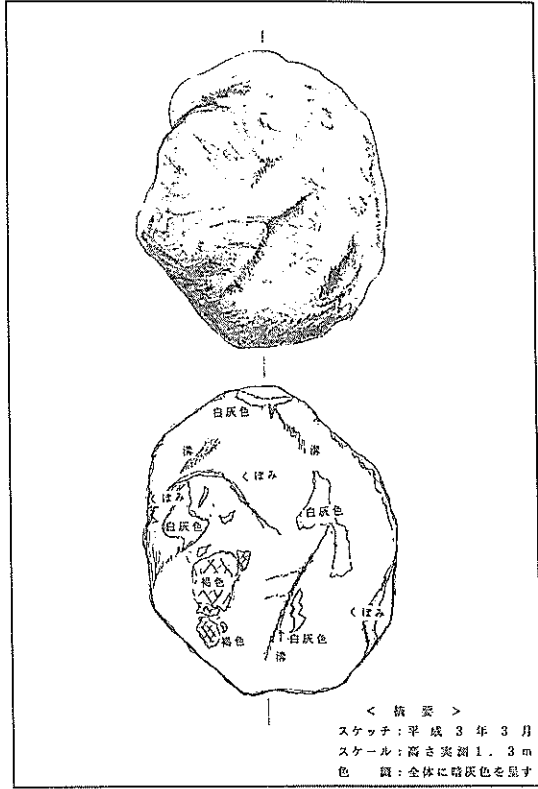


図-12 処理土のスケッチ

3.3 ボーリング

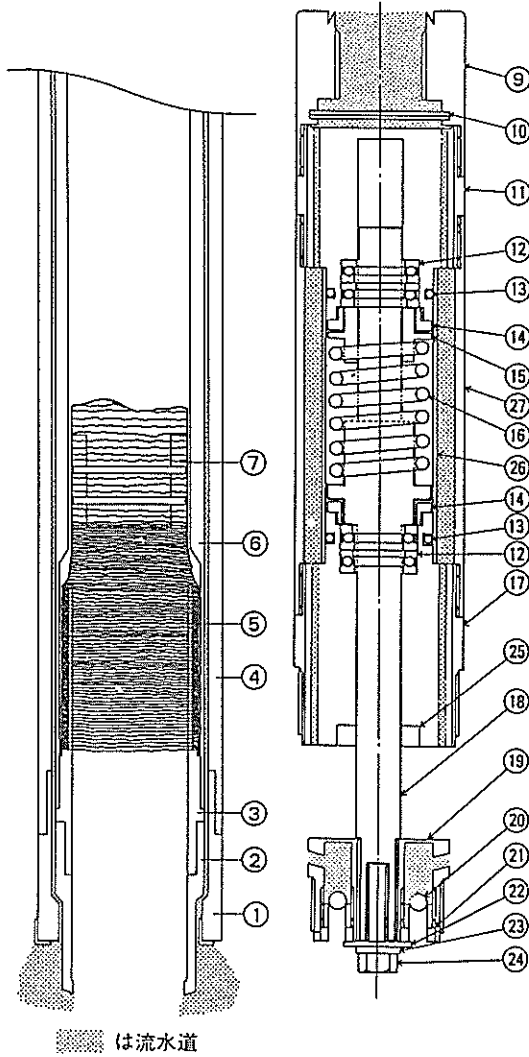
ボーリング作業は、円形土層内に処理土を再び埋め戻して固定した後に、土槽上にボーリングステージを仮設して実施した（図-13）。

ボーリングはハンドフィード型ロータリー式ボーリングマシンで行なった。強度にばらつきがあると安定処理土の採取は極めて難しく、適切なサンプリング方法は現在でも確立されていない。丁寧なサンプリングを行った積りでも、採取試料に脱落があったり、採取されても多くのクラックが入って試験に悩むことが多いものである。今回の試料採取にあたっては図-14に示すコアパッケューブを用いて、良質のコアを採取するように努めた。B塊内のボーリング孔の配置と中心間の距離を図-15に示した。図中の丸で囲った数字がボーリング孔を示し、数字の順番にボーリングが行なわれた。採取したコアは直ちにコアの状態を調べた後、さらし、透明フィルムなどを用いて試験まで湿润状態を保った。

なお、ボーリング孔の標高は安定処理土のうち一番高いボーリング孔No.8を0mと決め他のボーリング孔はそれから実測して決定した。

部品明細図

セットの内容



整理No.	品名	員数	摘要
1	メタルクラウン	1	
2	シュー	1	
3	スリーブケース	1	
4	アウターチューブ	1	1.0 m (コウソウ付)
5	スリーブ	1	
6	インナー、チューブ	1	1.0 m
7	コアエレベーター	1	
9	ヘッドカップリング	1	ネジ、サイズ JIS 40.5ロッド
10	ろか網	2	(116φ 50ロッド)
11	ベアリングケース	1	
12	単式スラスト玉軸受	4	
13	Oリング	2	
14	スラスト、ストッパー	2	
15	スラスト、押さえ	1	
16	スプリング	1	
17	外管、ヘッド	1	
18	シャフト	1	
19	内管、ヘッド	1	
20	スチールボール	2	(116φ 4ヶ)
21	逆止弁	2	(116φ 4ヶ)
22	ワッシャー	1	
23	スプリング、ワッシャー	1	
24	ボルト	1	
25	オイルシール	2	(116φ 1ヶ)
26	スプリング、ケース	1	
27	スプリング、ケース、カバー	1	

図-14 コアパックチューブ

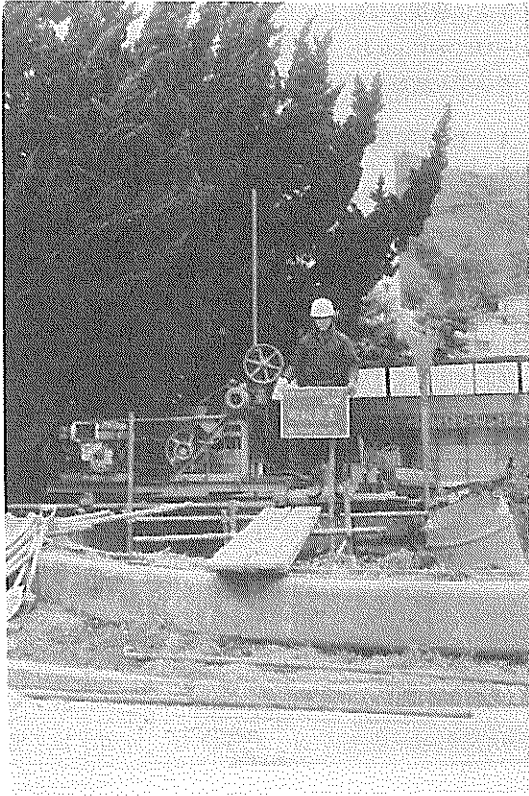


図-13 ボーリングステージ

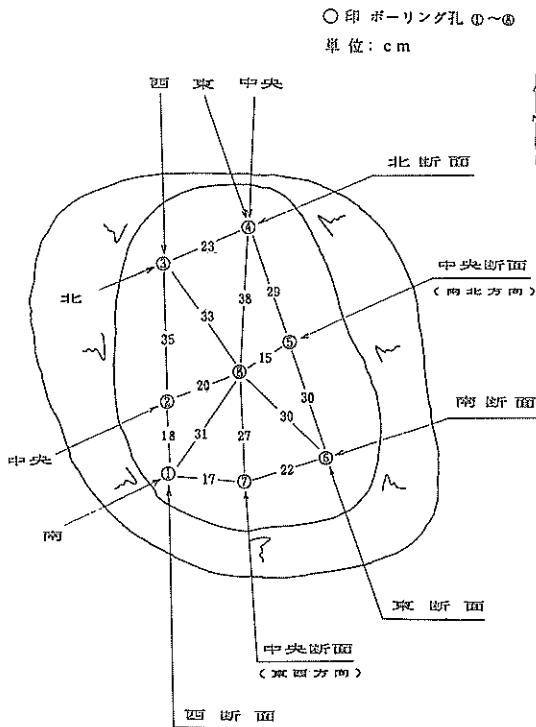


図-15 ボーリング孔配置図

3.4 サンプルング結果

図-16にサンプルング後の処理土塊を示す。目視観察によると、採取試料にはサンプルング中に入ったと考えられるサンプルを横断するクラックが多数認められた。

安定処理土から採取したコアの良否を判定する方法として、現状では確立されたものがない。そこで、岩盤コアの良否の判定に広く用いられているRQD (Rock

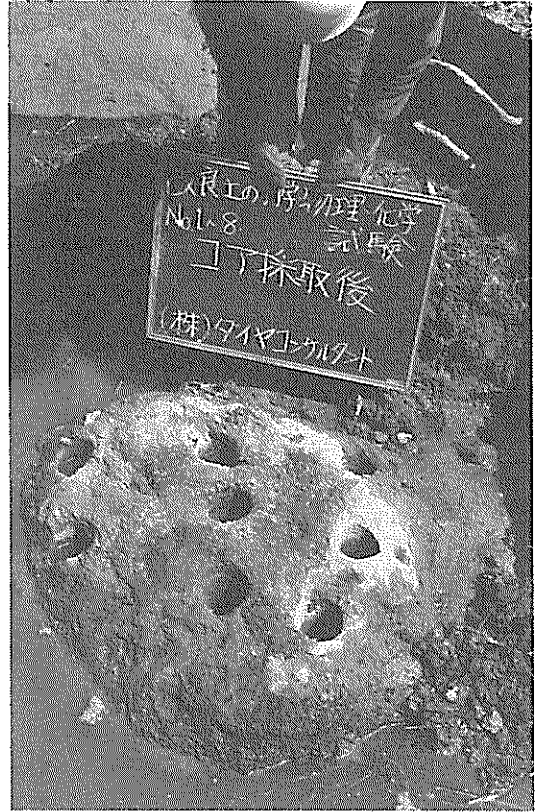


図-16 サンプルング後の処理土

表-2 改良土のRQD

ボーリング孔	コア全長 (cm)	有効コア長 (cm)	RQD (%)
1	103	91	88.3
2	101	89	88.1
3	84	68	80.95
4	70	33	47.1
5	95	79	83.2
6	61	47	77.0
7	90	73	81.1
8	95	59	62.1
平均値			76.0 %

Quality Designation) 法を準用した。RQD 法は、まず採取したコアから長さ60インチ(約1.5m)の区間を指定し、その中から長さ4インチ(約10cm)以上のコアだけを選び出してその長さを積算する。この積算値が区間の長さ(60インチ)に対して占める割合を RQD とする方法である。RQD 法は、このようにサンプリングされたコアの破断状況を数値化したものであるから、岩盤そのものの亀裂に加えてボーリング技術の良否が関係するため、両者の分離が困難であるという欠点がある。

表-2 に示した値は47%から88%までばらついており、その平均は76%であった。この結果から比較的良好な試料採取ができたものと考えられる。

3.5 室内試験

室内試験は採取したコア試料を用いて、一軸圧縮試験、湿潤密度、含水比測定及びカルシウム分析試験を行なった。試験に供した試料は、ボーリング孔1孔あたり上部、中央部、下部の3個選定し、全部で24個行なった。室内試験のうち、一軸圧縮試験、湿潤密度及び含水比測定は土質工学会の基準に、カルシウム分析試験はセメント協会の基準に準拠して行なった。

一軸圧縮試験用の供試体を作製するにあたり、高強度の現地採取コアより直ナイフ等で整形する作業は長時間を要し、また熟練を要する。今回の実験では、コアの外周については直ナイフとトリマーで極端な凹凸を軽く整形するにとどめたため、供試体の直径は供試体毎に異なり60~70mmである。上下端面は精密平面研削盤で整形することとしたが、前述のクラックのため供試体の縦横比を常に2:1に設定することは難しかった。連続したコア長さに応じて、供試体の高さは70~140mmとなった。計24本の供試体のうち半数の12本の供試体では、縦横比が1.8:1より小さいものであったため、試験で得られた一軸圧縮強度を縦横比による強度補正(低減)⁴⁾を行っている。また、両端面に空隙や整形時の欠損が認められた供試体については、硬質石膏にて空隙部を充填し、

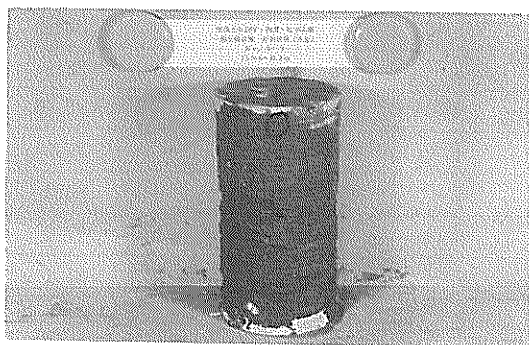


図-17 代表的な供試体

さらに研削して仕上げた。代表的な供試体の写真を図-17に示す。なお、一軸圧縮試験の載荷速度は1%/minのひずみ制御方式とした。

4. 試験結果

4.1 湿潤密度及び含水比

試験結果を表-3に一覧表として示すとともに、図-18、-19に深度方向の変化として示した。湿潤密度の分布状況は、1.486~1.623g/cm³間にあり、平均値は1.53g/cm³で、変動係数は2.29%であった。深度別に見ると、深度の増加により湿潤密度はいくぶん小さくなる傾向を表している。

表-3 土質試験結果の統計処理一覧表

試験項目	数量	最大値	最小値	平均値	変動係数
湿潤密度(g/cm ³)	24	1.623	1.486	1.527	2.29%
含水比(%)	24	70.8	52.2	61.9	7.50%
一軸圧縮強度(kg/cm ²)	24	49.1	18.2	35.0	22.5%
静弾性係数(kgf/cm ²)	24	28300	6360	18100	31.3%
カルシウム含有量(%)	24	18.55	8.42	14.37	19.2%

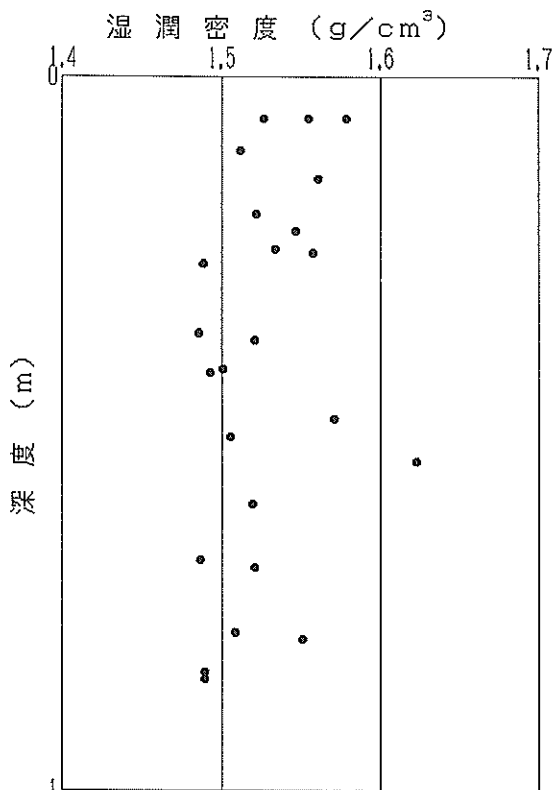
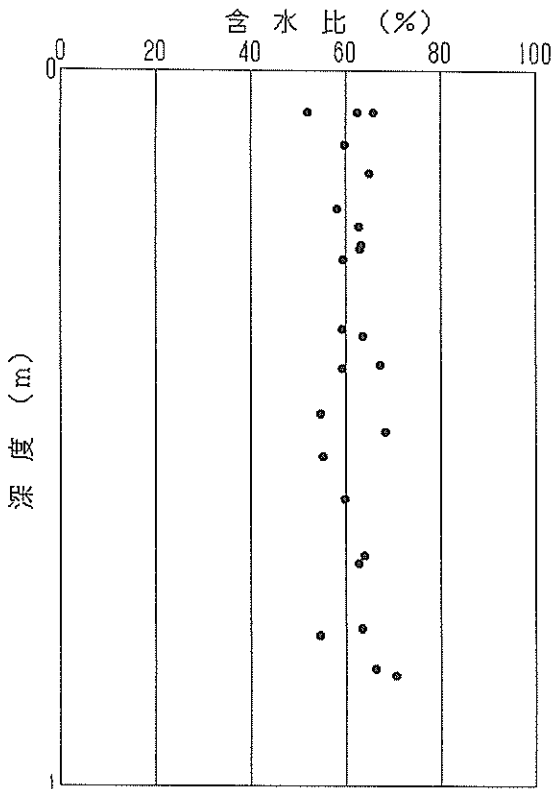


図-18 湿潤密度の深度分布



図一19 含水比の深度分布

含水比分布は52.2%~70.8%にあり、改良時点と比較すると多少大きくなっているが、大幅な変化は認められない。

いづれの変動係数も異常な値は示していない。現場施工の均一さとサンプリング時の乱れの少なさを示している。さらに、材令64日(表一1)と11年(表一3)とで、さほど変化していないことが分かる。

4.2 一軸圧縮強度

一軸圧縮強度試験のうち、供試体の縦横比が1.8:1以下のものについては、以下の式⁹⁾で強度の補正を行なった。

$$q_u^* = \frac{0.889 * q_u}{0.778 + 0.222(D/L)}$$

ここに、0.889, 0.778, 0.222:補正係数

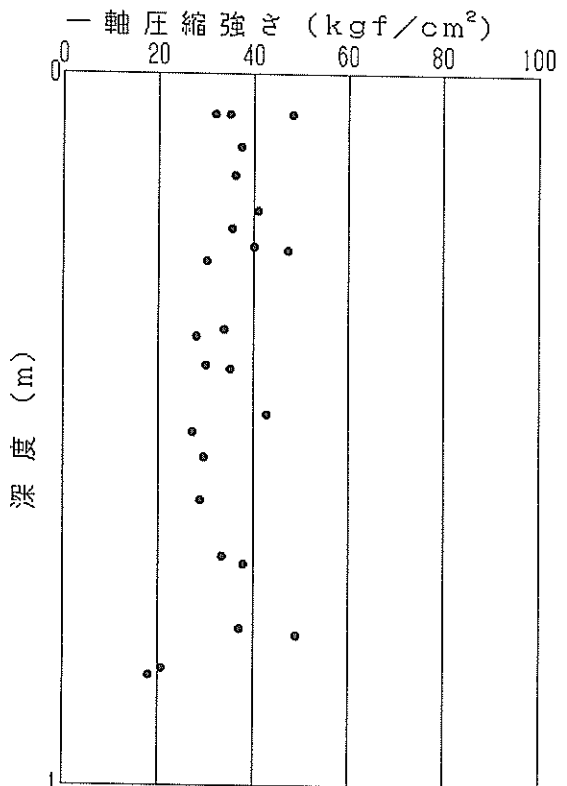
D: 供試体直径

L: 供試体長さ

q_u : 一軸圧縮強度

q_u^* : 補正後の一軸圧縮強度

表一3には一覽表を示したが、最大値と最小値では約270%もの違いが見られ、材令64日のものに比べて非常に大きくなっている。しかし、変動係数は材令64日が20.0%



図一20 深度と一軸圧縮強度

(表一1)に対して22.5%ときほど大きな変化は見られていない。図一20には深度と一軸圧縮強度との関係を示したが、最深部の2供試体を除けば、平均値である35kgf/cm²の線に分布しており、深度上の特徴は認められない。

4.3 変形係数

変形係数(E_{s0})は、6360~28300kgf/cm²間に分布し、平均値は18100kgf/cm²で、変動係数は31.3%とばらつきの大きな結果が得られた。図一21には、深度との関係を示したが、深度との関係は不明瞭で、不規則にばらついていることが分かる。変形係数と一軸圧縮強度との関係を図一22に示した。本試験では、供試体の縦横比が大きく異なっているため、縦横比が1.8以上と1.8未満のものとの2分類を行なって図示した。図から明らかなように、大別すると縦横比1.8以上のAグループと、1.8未満とBグループとの2つのグループに分けることができ、Aグループの方がBグループより変形係数が大きめな結果となった。両グループについて近似直線を引くと、おおよそAグループでは $E_{s0} = 750 * q_u$ 、Bグループでは $E_{s0} = 400 * q_u$ の値が得られた。

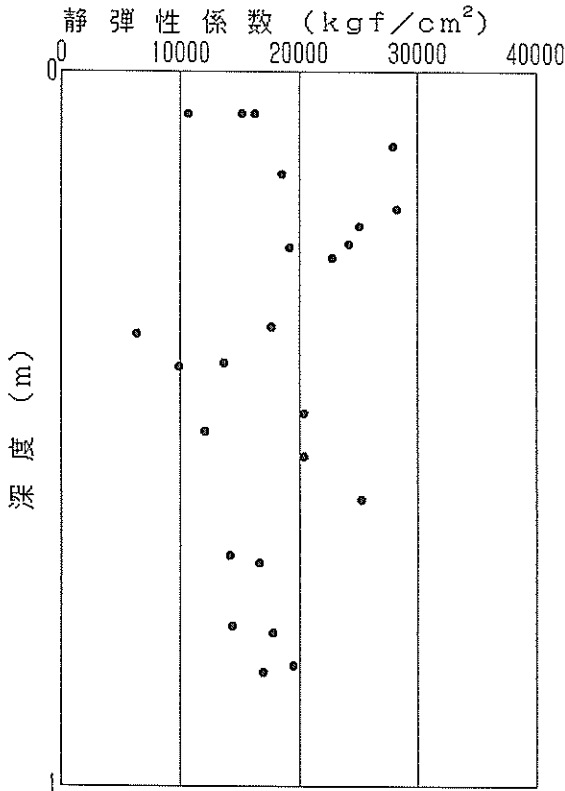


図-21 深度と変形係数

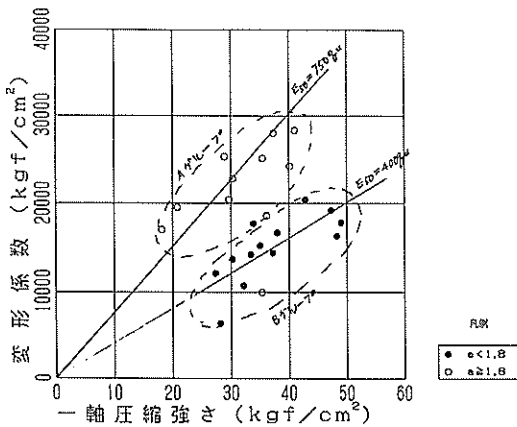


図-22 変形係数と一軸圧縮強度

5. 経時的強度変化

一連の試験で得られた一軸圧縮強度と材令との関係を図-23にまとめて示した。

丁寧な混合の実施された室内配合試験の結果から混合率12.5%の処理土に相当する強度を内挿すると2.2に述べたように、材令7日で7 kgf/cm²、材令21日で14kgf/cm²程度である。改良後の数箇月は改良効果が材令の対

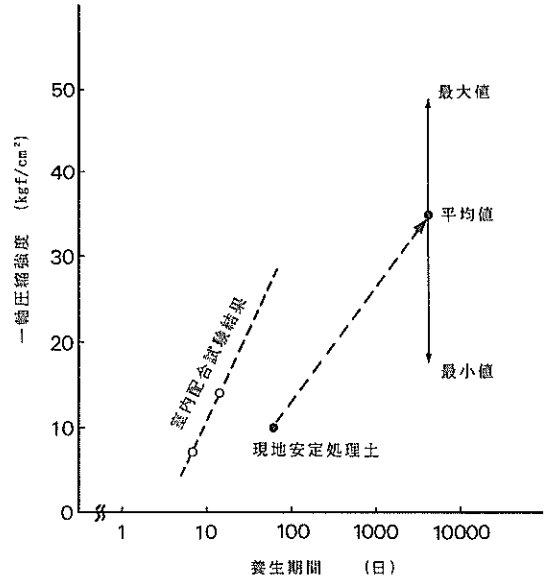


図-23 一軸圧縮強度の変化

数に比例して発揮されていると考えると、材令64日では約30kgf/cm²程度が想像されるところである。また、当時の施工機械による現場処理土の強度は室内強度の約1/3程度ということを考えて、現場処理土の64日強度の平均値10.2kgf/cm²はほぼ妥当な値である。

安定処理土は11年間土槽の中で常に地下水面下であり、その間、養生条件の大幅な変化のなかったことは、含水比、湿潤重量試験の結果より予想される。現場処理土の11年強度と64日強度を対比すると、この間に約3倍に強度増加している。11年間にわたり一貫して強度増加を示したのか、それとも過去に最大値を示して今回の値が強度低下時のものであるかを判断するデータはなく、今後約10年後に再度行なう予定の試験結果を待たねばならない。しかし、現時点では、本データから長期的な安定性が確保されているものと判断している。

6. カルシウム分析結果

安定処理土に含まれるカルシウムの含有量分析は、岩石等の成分分析に関する分析「全岩分析」とセメント協会仕様の「F-18法」の2種類の分析方法で予備試験を行った。

一般に岩石等の成分に関する含有量分析を実施する場合は、完全融解による「全岩分析」が通常行なわれる。しかし、「全岩分析」手法では、本分析対象のような安定処理土の場合、安定材のカルシウム含有量だけでなく土粒子に含まれるカルシウム含有量の両方を測定するた

表一 4 2つの分析法による C_aO 含有率

試料番号	C_aO (%)	
	「全岩分析」	「F-18法」
1-3	14.99	14.29
6-3	8.98	8.42
7-1	13.55	12.79

め、含有量を多めに見積もることになる。

表一 4 には、代表的な試料 (q_u の最大値、最小値、中間値を示す供試体) 3 検体について分析結果を示したが、「全岩分析」結果は「F-18法」よりもわずかに大きな値を示しているが、両者はほぼ一致する結果を得た。

そのため、セメント協会で提案された「硬化コンクリートの配合推定の方法、F-18法」に基づく分析手法(条件分析)を採用することにした。図一 24 には、「F-18法」による分析フローを示した。以下に、その手順を示す。

- 一軸圧縮試験後の供試体から約 40~50g の破片をハンマーで粗砕きした後、乳鉢にて細粒な粉末試料に仕上げた。分析用検体は、粉末試料をよく混ぜあわせてから、四分法にて所定重量を採取した。
- 次に、検体 1 g (乾燥重量) を正確に計量し、塩酸 (1+100) 250ml をビーカーに入れ、マグネティックスターラーで攪拌している中に検体を入れた。
- 20分経過後、スターラーを停止させ、不溶解残留物が沈殿したら口紙でろ過する。ろ過後、ろ液を 500ml に定容した。さらに 50ml を分取し、温水で 100ml に定容し、飽和臭素水 5~6 滴加え数分間煮沸した。次にメチルレッド指示薬 1~2 滴を加え、アンモニア水 (1+1) で中和し、さらに 2~3 滴過剰に加えて、1 分間煮沸後ろ過した。
- ろ液が室温となった時点で、トリエタノールアミン (1+1) 2 ml 及び水酸化カリウム溶液 10ml を加え、かき混ぜた後 2~3 分間静置した。NN 指示薬を約 0.1g 加え、タングステンランプ照明器にのせて EDTA 標準液で滴定し、鮮明な青色となった時を終点とした。
- 検体 1 g あたりのカルシウムの含有量は、ろ液 500 ml から 50ml を分取したことを考慮して、次式より算出した。

$$C_aO(\%) = \frac{V * E}{S} * 10 * 100(\%)$$

ここに、S : 検体重量 (g)

V : EDTA 標準液使用量 (ml)

E : EDTA 標準液 1ml の酸化カルシウム相当量 (g)

試料 1 g

ろ過

ろ液を 500ml に定容

50ml 分取

温水で 100ml に定容
← 飽和臭素水

数分間煮沸

← メチルレッド、アンモニア水

ろ過

ろ液を 300ml に定容

← トリエタノールアミン (1+1) 2ml
← 水酸化カリウム溶液 10ml
← NN 指示薬

滴 定 EDTA 標準液

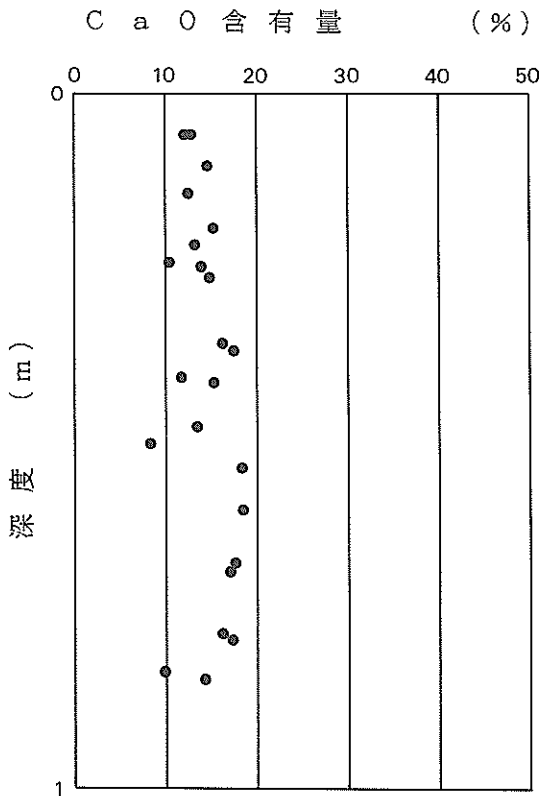
C a O

図一 24 「F-18法」による分析フロー

上記の方法で求められたカルシウム (C_aO) 含有量は 8.42~18.55% の間にあり、平均値は 14.37% で変動係数は 19.2% であった。

表一 5 カルシウム含有量と一軸圧縮強度の統計処理値との関係

カルシウム (C_aO) 含有量	$a < 11\%$	$11\% \leq a < 13\%$	$13\% \leq a < 17$	$17\% \leq a$
個数	3	5	10	6
最小値 (kgf/cm ²)	20.9	30.2	18.2	28.2
最大値 (kgf/cm ²)	40.2	48.3	47.4	49.1
平均値 (kgf/cm ²)	29.9	36.4	36.0	34.6
変動係数 (%)	33.28	19.40	21.93	23.08



図一25 深度とカルシウム含有量

図一25に深度とカルシウム(Ca_2O)含有量との関係を示したが、深度とカルシウム(Ca_2O)含有量との関係は明瞭には求められない。表一5には、カルシウム含有量と一軸圧縮強度との関係を示した。カルシウム含有量が11%~17%で36kgf/cm²前後の平均値を示しているが、含有量が17%以上では逆に34.6kgf/cm²とやや弱くなる結果が得られた。

7. まとめ

塊状の生石灰を安定材とした深層混合処理工法による安定処理土について、打設前に行なった室内配合試験結果、現地処理土の64日強度と対比して、11年間保存された現場処理土の強度を検討した。現場処理土は順調に強度増加を続けており、劣化の傾向は認められなかった。僅か一例の実証データではあるが、石灰安定処理土は安

定した土木材料と考えることができる。

港湾技術研究所では、同安定処理土をさらに長期間保存し、埋設20年後に再度、調査を行なう予定である。他の機関でも同様の調査を行ない、安定処理土の耐久性に関するデータが蓄積されることを願うものである。

なお、今回の調査でのサンプリング、室内試験は㈱ダイヤコンサルタントに発注・実施した。

参考文献

- 1) 宮田孝志, 新名昭土, 棟近嘉一, 斉藤聡, 馬場崎亮一: セメント系硬化剤による深層混合処理工法に関する研究(その12) —施工後4年経過した現位置改良土の土質調査—, 第15回土質工学研究発表会, pp.1761-1764, 1980
- 2) 寺師昌明, 田中洋行, 光本司, 本間定吉, 大橋照美: 石灰・セメント系安定処理土の基本的特性に関する研究(第3報), 港湾技術研究所報告 第22巻, 第1号, pp.69-96, 1983
- 3) DLM工法研究会: 深層混合処理工法(石灰系) 陸上試験報告書, 昭和55年5月, 未公開
- 4) 土木学会: 土木技術者のための岩盤力学(昭和54年版), p.106

記号表

- A_w : 安定材の含有率
- D : 供試体直径
- E : EDTA標準液1mlの酸化カルシウム相当量 (g)
- E_{s0} : 変形係数
- I_p : 塑性指数
- L : 供試体長さ
- q_u : 一軸圧縮強度
- q_u^* : 補正後の一軸圧縮強度
- S : カルシウム分析での検体重量 (g)
- V : EDTA標準液使用量 (ml)
- w_l : 液性限界
- w_p : 塑性限界
- w_n : 自然含水比

港 湾 技 研 資 料 No. 732

1 9 9 2 . 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
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印 刷 所 株式会社 昭和工業写真印刷所

Published by Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright © (1992) 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。