

# D滑走路埋立部における管中混合固化処理土の確実な品質確保への工夫

護岸・埋立( )工区 大和屋隆司, 御手洗義夫, 居場博之  
護岸・埋立( )工区 渡邊 雅哉

キーワード 管中混合固化処理土 設計 配合試験 現場配合 強度比

## 1. はじめに

D 滑走路建設地点は比較的厚い軟弱地盤であるため、埋立部の護岸形式としては、工程や経済性を考慮し比較的沈下追随性のよい緩傾斜堤(延長 L4,144m)を、その他では進入灯橋梁基礎等としてケーソン堤(延長321m)、埋立/棧橋接続部には高耐力鋼管矢板井筒構造(延長 424m)を採用している。護岸背面には全埋立土量約3,000万 $m^3$ の約18%にあたる約550万 $m^3$ を山砂よりも軽量のセメント固化処理土(管中混合固化処理土、軽量混合処理土;以下、それぞれ、管中処理土、SGM と称す)を使用し、護岸断面のスリム化、沈下量の低減、浚渫土砂の有効利用を図っている。

本報告では、平成20年10月より着工し現在施工中の管中処理土について、その、設計から現在までの品質管理結果の中間報告を行うものである。

## 2. 管中処理土を用いた護岸断面

### 2-1 浚渫土の有効利用による護岸断面のスリム化と沈下量の低減

埋立護岸は、護岸下部に改良率30%の低置換SCP、護岸背後の埋立部にSD改良を採用しており、盛土荷重による圧密沈下および原地盤の強度増加を確認し、護岸全体の安定性(円弧滑り安全率;砂質土地盤 $F_s=1.2$ 、粘性土地盤 $F_s=1.3$ )を確保しながら施工を進めている(図-2)。また、原泥となる浚渫土に加水し、セメント混合した固化処理土を護岸背面に軽量埋立材料として有効利用することで、地盤改良幅の縮減、ケーソン・井筒断面の縮小、沈下量の低減を可能としている。さらに、護岸前面を在来地盤より単位体積重量の大きな岩ズリで床掘置換することで、円弧滑りに対するカウンター効果を持たせた設計となっている。

固化処理土工では、本工事に関連してD滑走路外周護岸前面の床掘および第一航路の移設により発生する浚渫土と他事業から提供される浚渫土を原料土として有効利用している。

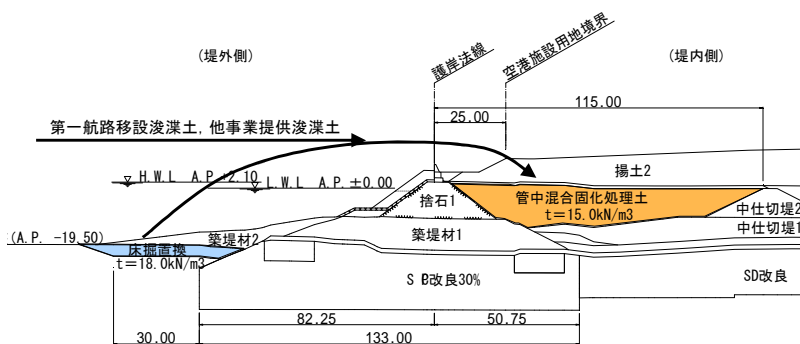


図-1 緩傾斜堤護岸断面図(例)

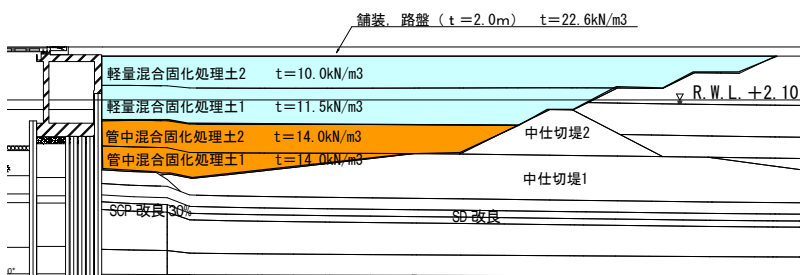


図-2 接続部断面図

## 2-2 単位体積重量の設定

管中処理土は、浚渫土砂に加水を行い空気圧送中にセメントを添加・混合させた人工地盤材料である<sup>1)</sup>。管中処理土の単位体積重量は浚渫土の物性(湿潤密度、コンシステンシー)と加水の状態によって変化する。本工事では最大圧送距離が800mであるため、自然含水比が液性限界の1.0~1.2倍の原泥に対して加水調整し、施工に必要な流動性(JHフロー値9~10cm程度)を確保するように施工が行われている。単位体積重量としては、工事着工前の土質調査結果と工事地点近傍での既往の固化処理土工事の実績から、管中処理土の単位体積重量を14kN/m<sup>3</sup>と設定した。他事業浚渫土の土源に関しては、砂分が若干混入しても受入が許容できるように、15.0kN/m<sup>3</sup>と設定した。実施工においては、厳しい工程の中で土源を選別しながら施工を行うことは困難なため、護岸全長の約85%を占める緩傾斜堤背面は、安全側の15.0kN/m<sup>3</sup>とし、残りのケーソン・井筒背面は原料土の土源を選別・調整して対応するものとして14.0kN/m<sup>3</sup>と設定した。

## 2-3 室内配合強度の設定

### (1)現場強度のばらつきの想定

管中処理土の設計基準強度 $q_{uck}$ は有効上載荷重に対して破壊を生じない強度として、 $q_{uck}=300\text{kN/m}^2$ と設定した。現場で作製される管中処理土は原料土の物性や含水比の変動や施工上の理由からばらつきを有する。従って、技術マニュアル<sup>1)</sup>に従い、現場強度の分布は正規分布に従うと仮定した考え方で、ばらつき(変動係数)や不良率を設定して、設計基準強度から現場平均強度の設定を行っている(式1)。変動係数 $v$ と不良率 $P_X$ は、技術マニュアルおよび中部国際空港での実績等から $v=0.35$ 、 $P_X=25\%$ と設定した。

$$q_{uck}=q_{uf}-\alpha \cdot \sigma=(1-\alpha \cdot v) \cdot q_{uf} \quad (\text{式1})$$

$$q_{ul}=q_{uf}/\beta \quad (\text{式2})$$

ここで、 $q_{uck}$ ：設計基準強度、 $q_{uf}$ ：現場平均強度、 $q_{ul}$ ：室内配合強度

$\alpha$ ： $q_{uf}$ 、 $v$ 、 $q_{uck}$ を関連づける係数

$\sigma$ ：標準偏差、 $v$ ：変動係数( $=\sigma/q_{uf}$ )、 $\beta$ ：現場/室内の強度比

### (2)基礎地盤の変形の影響

管中処理土は護岸背面に打設されるが、図-1、図-2に示すように護岸周辺部と埋立地内部では基礎地盤の地盤改良方式が異なるため、打設後に基礎地盤の不等沈下の影響を受けることとなる。従って今回の大きな特徴として、基礎地盤の不等沈下に伴って管中処理土に生じる曲げ変形を考慮し、残留強度を設計基準強度として用いている。固化処理土の残留強度は、側方拘束条件下の三軸圧縮特性からピーク強度の約85%とし、(式1)の設計基準強度 $q_{uck}=300\text{kN/m}^2$ を補正係数1.20( $1 \div 0.85$ )で割増した値を、配合設定に用いた。

### (3)現場と室内の強度比、長期材齢

現場平均強度に相当する室内配合強度 $q_{ul}$ は、(式2)で計算される。現場/室内の強度比 $\beta$ は、技術マニュアルに準拠して、試験施工を実施していないことから、着工当初は $\beta=0.5$ (水中打設)と設定し、着工後にチェックボーリングで確認した後に変更し、固化材添加量の低減を図るものとした。以上より、室内配合強度は、 $q_{ul}=942\text{kN/m}^2$ と設定された。

セメント固化処理土は一般的に、長期にわたって強度増加の傾向を示す。従って、本工事では工程上、管中処理土打設後に設計上の有効上載荷重が載荷されるまでの養生期間が十分にとれるため、一般的な材齢28日ではなく、材齢91日での管理を行っている。

## 3. 施工方法

本工事は、中部国際空港に次ぐ大規模急速施工であり、約480万m<sup>3</sup>を平成20年10月より着工し、平成21

年末に終了する計画で、現在施工中である。

打設能力 1000m<sup>3</sup>/hr クラスの空気圧送船、セメントプラント船、打設船で構成される3船団で施工が行われている。今回は-10mを超える水深での施工となるため、材料分離や海水の巻き込み等による品質低下の対策として、打設方式をすべてポンプ圧送式としている。水中施工時は、トレミー管の筒先を打設中の処理土内に挿入した状態を保持して打設を行うことで、海水が混入しない打設方法を採用した。また、圧送船のバックホウにはスタビライザー(解泥機)を搭載し、浚渫土の解泥および均一化に要する時間を大幅に短縮している。

管中混合処理土工は、埋立の進行に合わせて行うため、中仕切堤1の天端近くまで(AP-6m程度まで)の管中(下部)と、中仕切堤2が造成完了後の管中(上部)の施工と、大きく2段階の施工となっている(図-2参照)。従って、管中処理土(下部)は、ポンプ圧送による水中打設、管中処理土(上部)は、主に気中の法肩から自然流下で打設する方法となっている。

#### 4. 事前配合試験と現場配合の設定

##### 4-1 原料土の物理特性

原料土の採取場所を図-3に示す。今回対象となる原料土は埋立部周辺の床掘土、第一航路部浚渫土(現空港島側)、他事業土試料の3つの土源に大きく分けられ、さらに採取深度等により図-3に示すように細かく分類した。

図-4に原料土の粒度分布を示す。いずれの試料もシルト分以下の細粒分含有率が概ね90%以上である。ただし、採取場所や深度によって粘土分含有率が異なっており、粒径加積曲線の形状から、大きく2つに分類できる(図-4中の : 概ね60%以上, : 概ね50%未満)。埋立部周辺床掘土を見ると、表層~-2mの土砂(埋立部)がに分類されるのに対して、-2m以深の土砂はに分類され、表層付近にシルト分が多い土砂が堆積していることが推測される。表層ヘドロはに分類され、粘土分が少なく、シルト分が卓越している。一方、他事業土試料および第一航路部の土砂は採取深度に関係なく、前者がに、後者がにそれぞれ分類される。

図-5に塑性図を示す。今回の原料土は、図に示すように、B線の右側で、A線に沿った位置に分布しており、高液性限界( $w_L=80\sim 180\%$ : 主に100~130%)の粘土またはシルトに分類される。国内の海成粘土は一

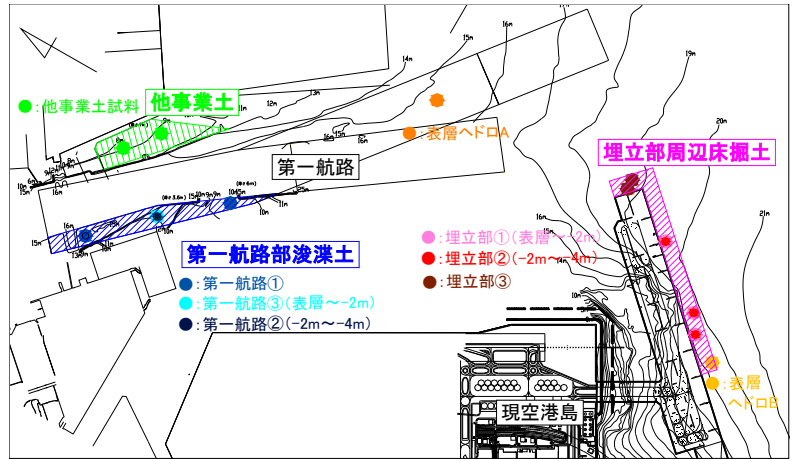


図-3 浚渫土砂の採取位置図

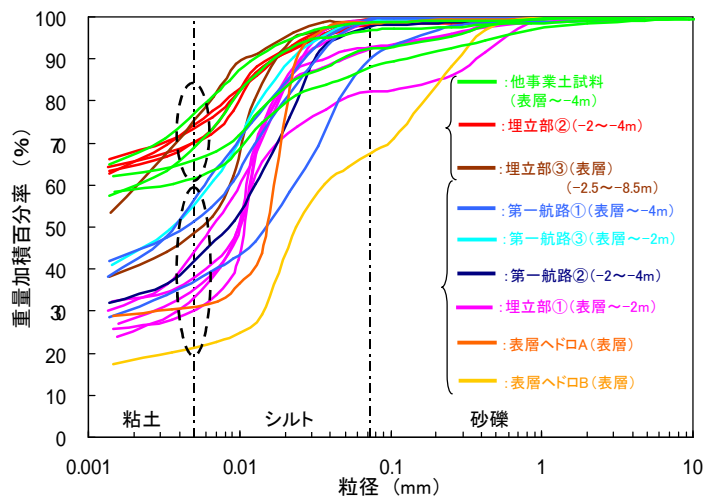


図-4 各原料土の粒度分布

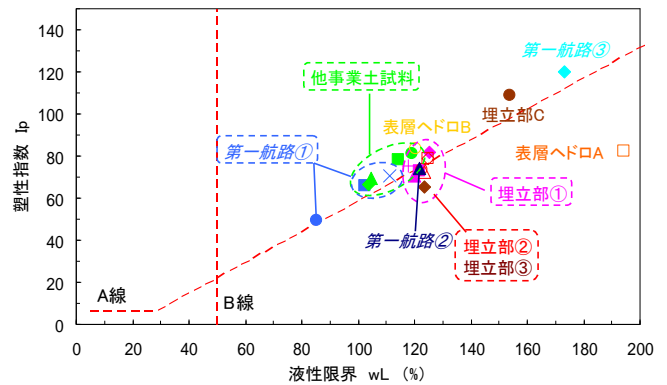


図-5 塑性図における各試料の分布状況

般にA線付近に分布していることから、今回の原料土はわが国のごく一般的な海成粘土のコンシステンシー特性を示しているといえる<sup>2)</sup>。一般的に、土砂の固化処理による強度発現に影響する要因の一つとして、腐食酸等の有機物含有の影響があげられる<sup>3)</sup>。今回は、有機物含有量の目安として有機物含有量試験(JGST 231)を行った。粘土分含有率と有機物含有量の関係を図-6に示す。結果を見ると、有機物含有量は概ね3.5~5.5%程度と比較的少なく、狭い範囲に集中している。ただし、図-5と併せてみると有機物含有量5.5%以上の土砂は、液性限界が150%以上と大きな値を示しており、それらは、有機物含有量がコンシステンシー特性に影響を与えている結果と推測される。

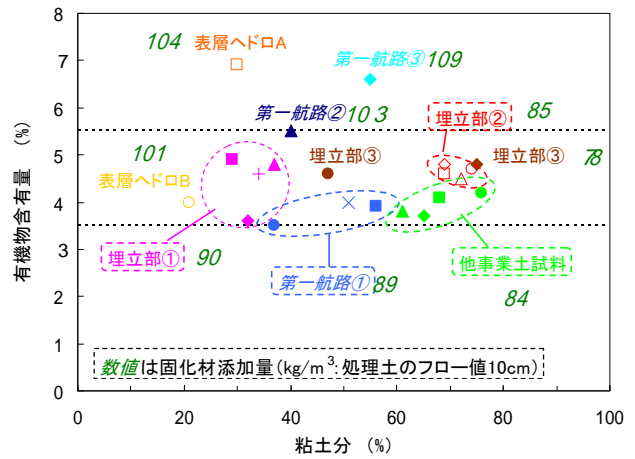


図-6 粘土分含有率と有機物含有率の関係

#### 4-2 室内配合試験結果

配合試験は、上記原料土を用いて、含水比(フロー値)と固化材添加量をそれぞれ3水準として実施した。管中処理土の水-セメント比(W/C)と材齢91日での一軸圧縮強さ( $q_{u91}$ )との関係を図-7に示す。図中記載のW/Cおよび固化材添加量は、管中処理土のフロー値が10cmの場合に室内配合目標強度( $q_{u91}=942\text{kN/m}^2$ )を満足する時の値である。

埋立部周辺の床掘り土では、表層ヘッドロ(設計W/C=8.5, 必要固化材量C=101 $\text{kg/m}^3$ )を除いて、設計W/C=9.2~11.2, C=78~90 $\text{kg/m}^3$ である。全体的には、表層部の深度0m~-2mまで(埋立部)が、それより深い部分(埋立部)に比べて、必要固化材量が多くなる傾向が見られる。また、第一航路側の埋立部は、深度に関わらず、設計W/Cが大きく、必要固化材量が少ない(W/C=11.17, C=78 $\text{kg/m}^3$ )。

第一航路部では、他の2土源に比べて、固化材添加に対する強度発現が悪く、設計W/Cが小さくw/c=7.8~9.4で、必要固化材量がC=89~109 $\text{kg/m}^3$ と多く、ばらつきが大きい。

他事業土試料は、大きなばらつきが少なく、設計W/Cが9.85, 必要固化材量がC=84 $\text{kg/m}^3$ である。

以上のように、今回使用する原料土は3つの土源から成るが、採取位置および深度により固化材添加量が大きく異なっており、既往の同規模の実績工事<sup>4)</sup>と比較して大きく異なる。今回のような大規模工事では、処理土1 $\text{m}^3$ あたりの固化材添加量の数kgの違いの経済的なインパクトは大きく、固化材使用量を効率的、経済的に管理し、ばらつきの少ない品質の確保を行うには、従来と比較して詳細な配合管理を必要としている

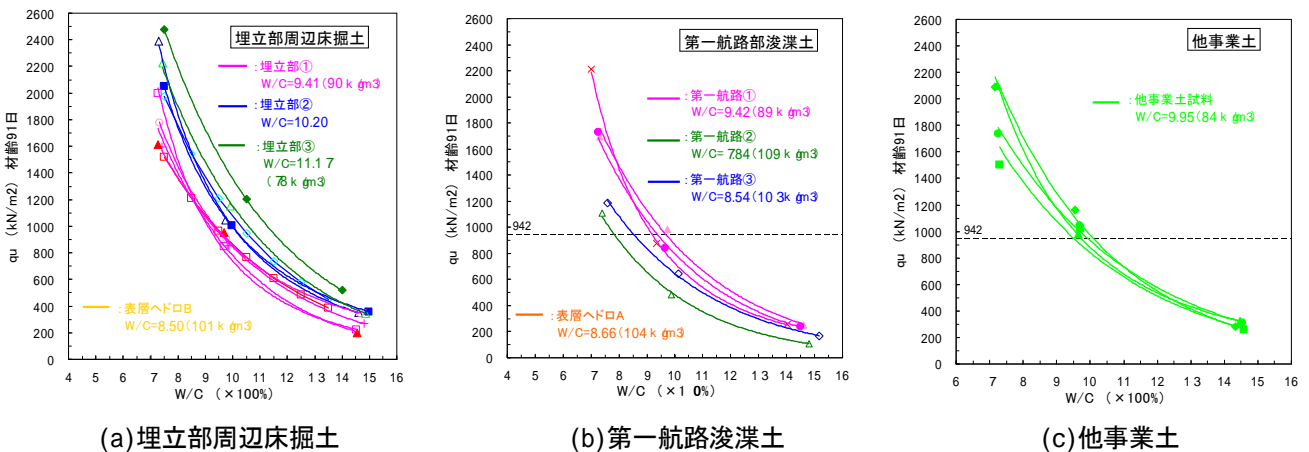


図-7 室内配合試験結果(水セメント比W/Cと材齢91日の一軸圧縮強さの関係)

ことを示唆している。そのような点を考慮しながら、事前配合試験結果による、土性・浚渫位置・深度方向の情報をもとに、埋立部周辺床掘土と第一航路部浚渫土でそれぞれ3種類、他事業土で1種類の現場配合用の設計W/Cを設定した(表-1)。

### 4-3 現場における配合管理方法

#### (1)原料土の判別と配合決定

まず、現場において原料土の配合を分類するために、浚渫位置および浚渫深度の情報を取得する。次に、原料土の湿潤密度とフロー値(JHS 313-1999 シリンダー法)の関係を用いて、判別を行う。

1種類の原料土に加水し、均一に混合した場合、その湿潤密度とフロー値は、加水量が多いほど湿潤密度が低下し、フロー値は上昇する。その湿潤密度とフロー値の関係は、ほぼ線形関係にある(フロー値が概ね15~50cmの範囲)。従って、1つの土運船の浚渫土砂を解泥した後に、湿潤密度とフロー値の関係を求め、事前配合試験の結果と照合することで、土砂の判別が概ね可能となる。

埋立部周辺床掘土の土砂に関しては、湿潤密度~フロー値関係と設計W/Cの相関性が明確であり、比較的配合設定用の土砂判別に使用が可能である。それに対して、第一航路部の土砂は、密度~フローの関係と設計W/Cの関係が1:1ではない。図-7をみると、セメント添加に対する強度発現特性が大きく異なるので、上記の判定のみでは分類が困難である。

その対策として、配合試験の結果からセメントを添加したときのフロー低減率と強度発現特性に相関性があることに着目した。図-10は、第一航路の土砂を対象とした事前配合試験におけるセメント添加前後のフロー値の変化率である。セメント添加による強度発現の良くない第一航路と第一航路の土砂が、強度発現の良い第一航路①と比較してセメント添加前後のフロー値の低下率が大きい(フロー値の低下が少ない)ことが分かる。従って現場においては、フロー30~40cmに加水調整した原料土に所定の固化材添加を行い、固化材添加前後のフロー値の変化を調べ、原料土の判別と配合決定を行うこととした。なお、実施工ではフロー値低下率の境界を0.65として運用している。

表-1 配合設定

配合名	土粒子密度 s g/cm <sup>3</sup>	調整泥土 目標密度 (g/cm <sup>3</sup> )	現場配合 強度比0.5 (q <sub>ul</sub> =9 kN/m <sup>2</sup> )	
			W/C	固化材量
埋立部①	2.662	1.301	9.42	90
埋立部②	2.633	1.262	10.20	85
埋立部③	2.603	1.262	11.17	78
第一航路①	2.657	1.318	9.42	89
第一航路②	2.630	1.276	7.84	109
第一航路③	2.557	1.228	8.54	103
他事業土①	2.684	1.312	9.95	84

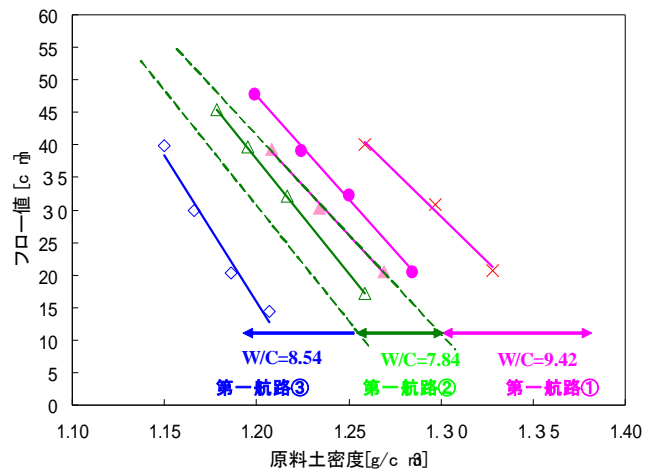


図-8 湿潤密度~フロー値関係と配合(第一航路)

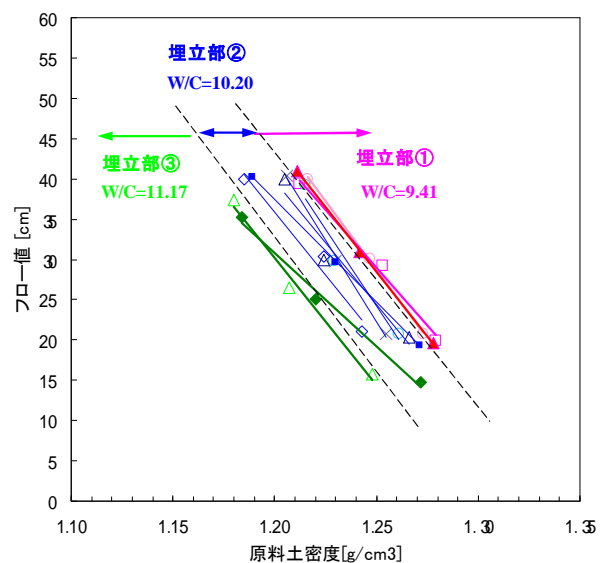


図-9 湿潤密度~フロー値関係と配合(埋立部床掘土)



## (2)品質管理方法

施工時に、土運船内の土砂は解泥を行っているものの、ある幅をもって変動している。本工事においては、処理土のW/Cが一定となる様に固化材添加量を自動演算・制御する配合管理システムを使用している。空気圧送船で原泥の送泥密度を線密度計により連続計測し、同時に流量計により送泥量を計測することで、送泥土砂の単位流量あたりの水分量Wを(含水比)を計算する。この情報を固化材供給船に無線で送り事前設定されたW/C値が一定になるように固化材添加量を自動演算して必要添加量を添加する方法である。

日々の強度管理としては、打設船上で採取しモールドに充填した試料(以下、モールド試料と呼ぶ)を標準養生(温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度95%以上)を行い、所定の材齢(7, 28, 91日、場合によっては3日も実施)において一軸圧縮試験を行っている。主に比較的若材齢(28日まで)の試験結果と、土源情報や密度~フロー値関係、セメント添加によるフロー値低減率などを用いた配合設定結果と比較し、配合判定と配合設定にフィードバックさせ、その妥当性の検証を行いながら、工事を進めている。

本工事と同様に大規模急速施工であった中部国際空港工事では、原泥別に設計W/Cの違いが比較的少なかったことから、土源情報とW/C一定管理の配合管理システムの運用で工事を行った。それに対して、今回の工事では、原料土ごとの設計W/Cが細かく、採取位置の境界も不明瞭なことから、4-3(1)に述べた「原料土の判別と配合決定」のフローを追加することで、確実な品質確保に対する工夫を行っている。

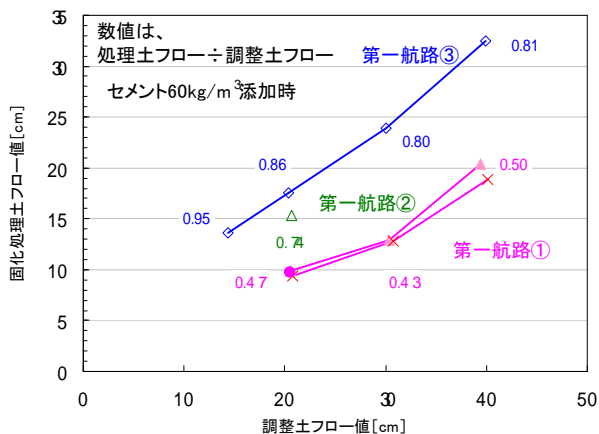


図-10 セメント添加前後のフロー値の変化

## 5. 品質管理の結果 (中間報告)

### 5-1 チェックボーリングの概要

昨年10月に着工して以来、現時点(平成21年5月末)までに約400万 $\text{m}^3$ の施工を終了している。これまでに、着工当初の管中(下部)を施工した部分と、管中(上部)が施工完了した部分の2回のチェックボーリング調査(CB)を行っている。CBの概要を表-2に示す。

表-2 チェックボーリングの概要

		第1回チェックボーリング	第2回チェックボーリング
対象処理土		管中処理土(下部)	管中処理土(上部)
採取時期		H20.11月中旬~12月初旬	H21.2月下旬~4月下旬
採取情報	採取箇所本数	12箇所, 51本	11箇所, 11本
	採取地盤高	平均A.P.-6.0m	平均A.P.+2.5m
	採取長	1本当り3~5m	1本当り8~9m
	検体数	113本	77本
採取方法・養生方法		SEP台船上から採取	管中処理土地盤(気中)上から採取
原位置での養生日数		6~21日	6~55日にて実施
試験材齢		材令91日	材令28日
現場÷室内の強度比		=0.50	=0.60
対象となった原料土		埋立部周辺床掘土	第一航路部浚渫土, 他事業土
モールド試料		打設船上の圧送管から採取し、5cm×10cmのプラスチックモールドに充填、室内で恒温恒湿養生した試料。	

## 5-2 管中処理土の水中打設部調査結果

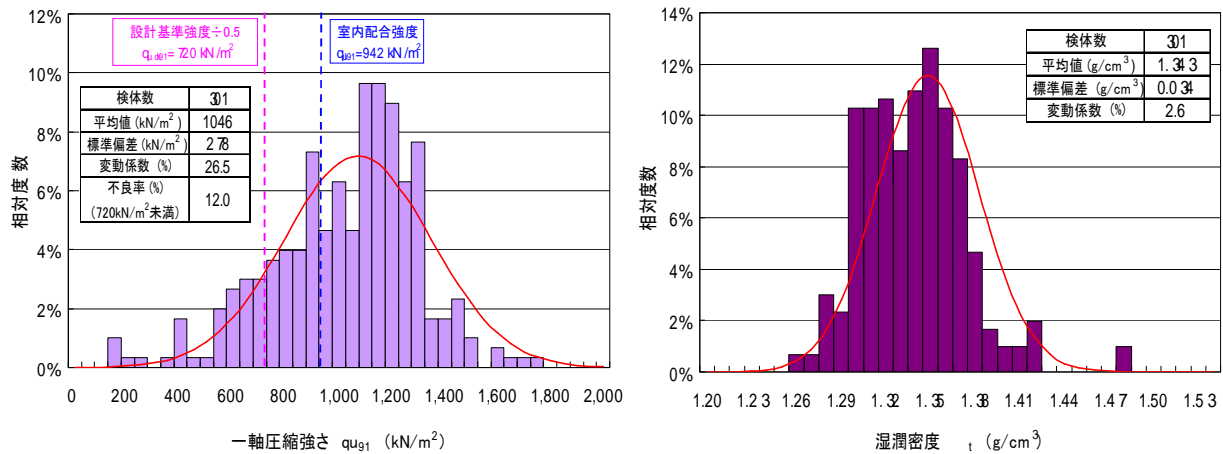
### (1)一軸圧縮強さと湿潤密度

図-11・12 にモールド試料とボーリング試料のそれぞれの湿潤密度と材齢 91 日の一軸圧縮強さのヒストグラムを示す。

モールド試料の一軸圧縮強さは、平均  $q_{u91}=1,046(\text{kN/m}^2)$ 、変動係数は 0.265 で、不良率 ( $q_u < 720=360 \div 0.50 (\text{kN/m}^2)$  の出現率) は 12.0%であった。一軸圧縮強さの平均値は、室内配合強度  $q_{u91}=942(\text{kN/m}^2)$  の 1.11 倍であり、変動係数も現場強度分布の想定値 0.35 よりも小さいため、不良率も小さい結果となっている。これらの結果は、当初の設定と同レベルか、または想定よりもばらつきの少ない結果であることから、現場での配合調整は良好であったと評価できる。

ボーリング試料の一軸圧縮強さは、平均  $q_{u91}=645(\text{kN/m}^2)$ 、変動係数は 0.376、不良率 ( $q_u < 360\text{kN/m}^2$  の出現率) は、15%であった。なお、この時点での不良率は、着工初期段階で原地盤の変形が小さい状態であったと推定されるため、原地盤変形の影響を考慮する前の設計基準強度を  $q_{\text{uck}}=300 \times 1.20=360\text{kN/m}^2$  として評価している。

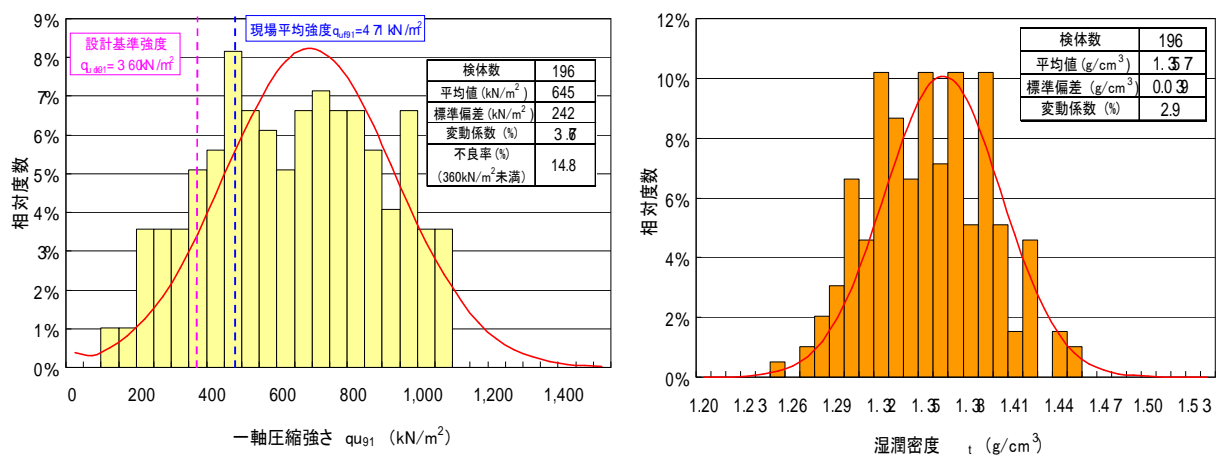
モールド試料に対する強度比は、 $645 \div 1,046=0.62$  であり、着工当初に設定した強度比  $=0.50$  を上回



(a)一軸圧縮強さ

(b)湿潤密度

図-11 モールド試料の一軸圧縮強さと湿潤密度(1回目調査)



(a)一軸圧縮強さ

(b)湿潤密度

図-12 ボーリング試料の一軸圧縮強さと湿潤密度(1回目調査)

る結果となった。変動係数は、0.376 であり、計画時の 0.35 に対してやや高い値であった。不良率は 15%程度 (<25%)<sup>1)</sup> であることから、現場の水中打設は問題なく行われていたと評価できる。

モールド試料とボーリング試料の湿潤密度のヒストグラムを図-11・12 に示す。両者の平均値や分布は、ほぼ同様であり、平均的にみて、処理土の含水比が水中打設の前後で変化していないことを示唆している結果と考えられる。水中打設時の海水の撒き込みは、強度低下の大きな原因のひとつとなるが、今回の場合は、海水の撒き込みを防ぐ打設方法を採用したため、その効果が現れたものと推測される。

## (2)強度比 の変更 (1 回目)

上記に述べたように、モールド試料に対するボーリング試料の平均強度 の比は 0.62 であった。従って、当初の設定値 0.5 より大きな値と変更することが可能である。ただし、強度比を変更してモールドの平均強度を小さく設定した結果、要求性能（不良率<25%）を満足できるか検証する必要がある。そこで強度比を変更したと仮定し、強度分布を想定した結果を図-13 に示す。ここでは、強度比 0.5 を 0.6 に変更したとして、個々のボーリング試料の一軸圧縮強さを 0.83 倍（ $=0.5 \div 0.6$ ）として推定している。設計基準強度を“地盤の変形を考慮しない”場合の  $q_{uck91}=360(\text{kN/m}^2)$  とすると、想定される不良率は 21.4%となり、要求性能を十分満足できる結果となった。同じ方法で、強度比を 0.62 に変更した場合の想定される不良率は 23.0%となり、要求性能の上限値である 25%に近い値となる。従ってこれ以降は、やや安全側をみて強度比を 0.50 から 0.60 に変更するものとした。この場合の室内配合強度は、 $q_{ul91}=942 \times 0.50 \div 0.60=785 \text{ kN/m}^2$  となる。

## 5-3 管中処理土の気中打設部調査結果

### (1)一軸圧縮強さと湿潤密度

図-14・15 にモールド試料（材齢 28 日）とボーリング試料のそれぞれの湿潤密度と一軸圧縮強さのヒストグラムを示す。この時期は、基本的には強度比  $\approx 0.6$ 、室内配合強度は、 $q_{ul91}=785 \text{ kN/m}^2$  の設定で施工されているが、本来配合設定の異なる第一航路の原料土を、強度が大きめに得られる安全側の配合設定で統一して施工を行っている。これは事前配合試験の段階で、表層のヘドロが 10~30%程度混入することによる強度低下の影響が大きなことが分かっており、この時期に第一航路の浚渫土砂の受入れが開始したことから、試行的に安全側の統一配合で施工を行っていたためである。具体的には、本来セメント添加量が少なくない土砂については、 $q_{u28}=992 \text{ kN/m}^2$  と大きな強度が得られる配合設定としていた。

モールド試料の一軸圧縮強さは、平均  $q_{u28}=956(\text{kN/m}^2)$ 、変動係数が 0.21、不良率は 0%となっている。一軸圧縮強さが室内配合強度  $q_{ul28}=713 (=785 \div 1.10)$ （材齢 28 日から 91 日までの強度の伸び 1.10）に対して、1.34 倍とやや大きな値となっている。これは上述のように、この期間はやや安全側の配合に統一して施工していた影響と考えられる。結果的には、約 80%が  $q_{u28}=992 \text{ kN/m}^2$  と大きな強度が得られる配合となっていたものと推測された。

ボーリング試料の一軸圧縮強さは、平均  $q_{u28}=672(\text{kN/m}^2)$ 、変動係数が 0.35、不良率（ $q_u < 327 \text{ kN/m}^2$  の出現率）は 7.2%であった。なお、この時点での不良率は、設計基準強度を“地盤の変形を考慮しない”場合の  $q_{uck91}=360(\text{kN/m}^2)$  と設定し、材齢 28 日から 91 日までの強度の伸び率 1.10 倍として、材齢 28 日強度の換算を行い、 $q_{uck28}=360 \div 1.10=327 \text{ kN/m}^2$  未満の強度の出現率として評価している。

モールド試料に対する強度比は 0.70 と計算され、設定上の強度比  $\approx 0.60$  を上回る結果となった。変動係数は、計画時の 0.35 と同程度となっており、不良率は 7%程度 (<25%) であることから、現場の陸上打

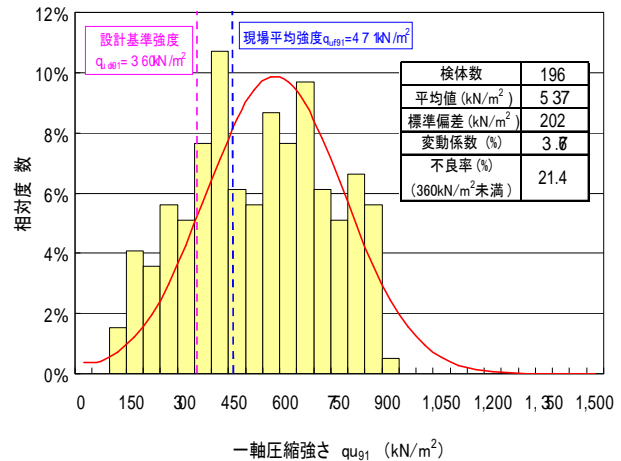
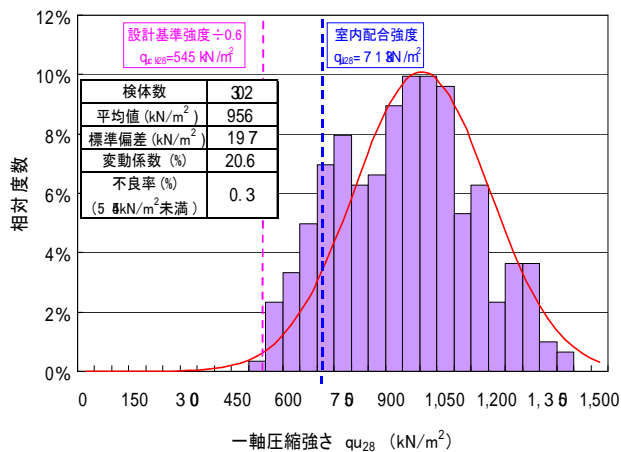
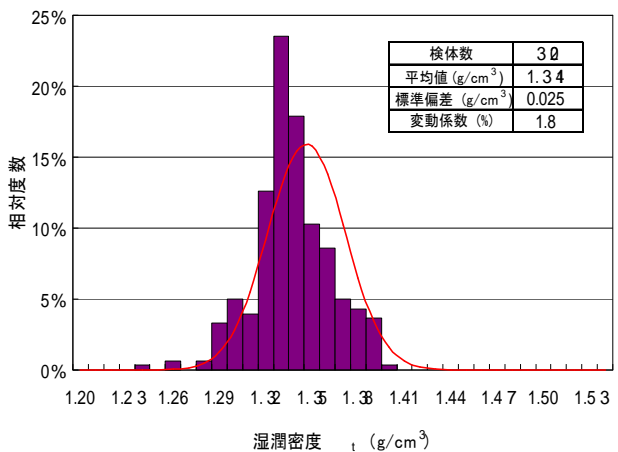


図-13 強度比 0.5 0.6 変更時の推定強度分布



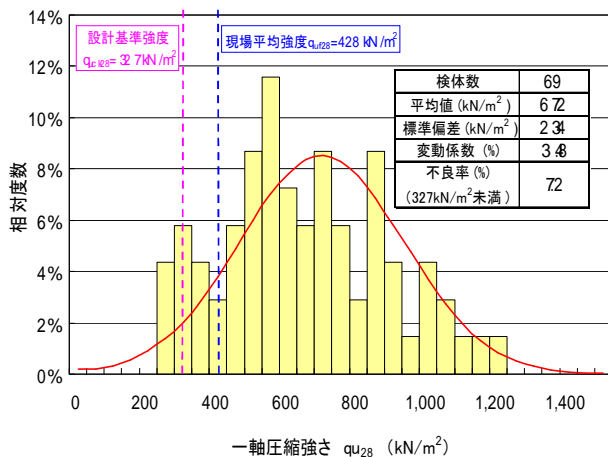


(a)一軸圧縮強さ

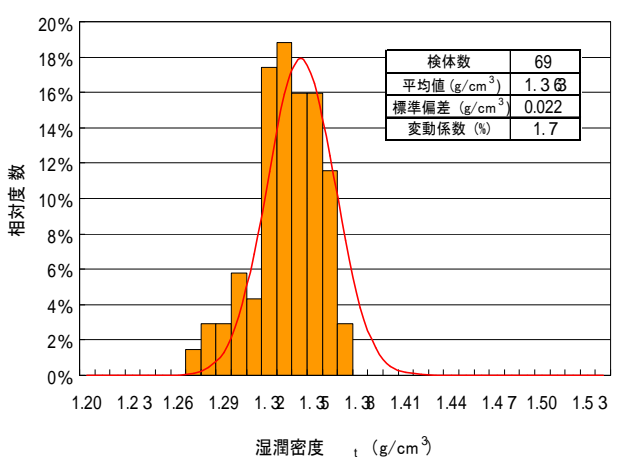


(b)湿潤密度

図-14 モールド試料の一軸圧縮強さと湿潤密度(2回目調査)



(a)一軸圧縮強さ



(b)湿潤密度

図-15 ボーリング試料の一軸圧縮強さと湿潤密度(2回目調査)

設も問題なく行われていると評価できる。

モールド試料とボーリング試料の湿潤密度のヒストグラムが図-14, 15 である。両者の平均値やばらつきは、ほぼ同様の値となっている。これは、気中部にて法肩から水中に自然流下させて管中処理土の打設を行うことで、海水の撒き込みが抑えられた結果であると評価できる。

## (2)強度比 の変更 (2回目)

モールド試料に対するボーリング試料の平均強度の比は 0.70 であった。これに対し、第 1 回目の強度比変更時と同様に、強度比を 0.60 から 0.70 に変更した場合に、要求性能 (不良率<25%) を満足できるか否かの検証を行った。

既に述べたように、この時期は本来の室内配合強度、 $q_{u,IS}=785 \text{ kN/m}^2$  の設定に対して、80%程度のケースが  $q_{u,IS}=992 \text{ kN/m}^2$  と大きな強度が得られる配合となっていた。従って、図-15 の個々のボーリングデータを 0.79 倍 ( $=785 \div 992$ ) で補正した後に、強度比 を 0.60 から 0.70 としたとして 0.86 倍 ( $=0.6 \div 0.7$ ) として推定した結果が図-16 である。その結果、想定される不良率は 18.8%となり、要求性能を満足できるレベルであると考えられる。

## 5-4 品質管理結果のまとめ

2回の調査において、まず、モールド採取試料では、ばらつきを示す変動係数が約20%と小さく、配合管理は比較的良好であったことが推測される。ボーリング試料に関しては、変動係数が約35%と設計とほぼ同等のレベルの結果であり、不良率も設計の25%以下を十分に満足する結果が得られたといえる。ただし、モールド試料とボーリング試料のばらつきに差がみられる原因に関しては、今後詳細に検討する必要がある。

モールド試料に対するボーリング試料の平均強度で計算した強度比は、第1回目のCBから、主にポンプ圧送で水中打設を行った管中(下部)に関しては、強度比が0.60で設定可能なことがわかった。また第2回目のCBからは、主に気中の法肩から水中に自然流下させる形で打設した管中(上部)に関しては、強度比が0.70で設定可能なことが分かった。

## 6. おわりに

本工事では、浚渫土を護岸背面の軽量埋立柱材として有効利用することにより、設計断面のスリム化、沈下量の低減が可能となっている。管中処理土の現場平均強度の設定においては、ばらつきの他に、基礎地盤の変形の影響や長期材齢を考慮している点に特徴がある。また、本工事の対象となる原料土は、わが国のごく一般的な海成粘土の物性の範囲を示しているものの、現場平均強度を満足する固化材添加量(設計W/C)は、原料土を採取する平面的位置、深度によって大きな差がある。

従って現場の品質管理においては、従来の土源情報とW/C一定管理の配合管理システムの運用に加えて、4-3(1)に述べた「原料土の判別と配合決定」のフローを追加することで、管中処理土の確実な品質確保への工夫を行ってきている。その結果、現時点においては、現場配合はばらつきが少なく行われており、現場と室内の強度比も当初の設定値0.50を上回る0.60~0.70であることが確認されている。今後も引き続き、管中処理土の確実な品質の確保に努めていきたい。

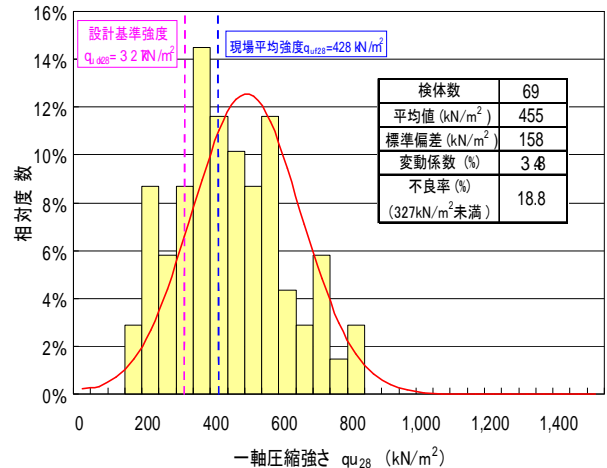


図-16 強度比0.6 0.7変更時の推定強度分布

## 【参考文献】

- 1) (財) 沿岸技術研究センター：管中混合固化処理工法技術マニュアル(改訂版), 2008.7.
- 2) 地盤工学会編：土質調査試験結果の解釈と適用例, 2006.3.
- 3) セメント協会編：セメント系固化材による地盤改良マニュアル(第3版), 2003.9.
- 4) 岩月哲三・坂本明暁・御手洗義夫・佐藤恒夫：「中部国際空港空港島造成工事における管中混合処理工法の適用」-W/C~qu 関係を用いた配合管理システムシステムとその適用について-, 第37回地盤工学研究発表会講演集, 2002.7.
- 5) 太田正規・坂野先司・前田和章・御手洗義夫・佐藤恒夫：「中部国際空港空港島造成工事における管中混合処理工法の適用」(2)-大規模急速施工における固化処理土の配合管理の結果-, 第38回地盤工学研究発表会講演集, 2003.7.
- 6) 佐藤 恒夫：海上空港用地造成への管中混合固化処理工法の適用に関する研究, 港湾空港技術研究所資料, No.1076, 2004.3.