

**D滑走路 埋立用材の品質管理**  
 ～大量急速施工における埋立用材の品質管理方法～

連絡誘導路工区 ○野川道男

埋立(I)工区 豊田泰晴・河村健輔、埋立(IV)工区 塚谷常廣

東亜建設工業 笹井剛

キーワード：山砂、岩ズリ、透水係数、液状化、品質管理

**1. まえがき**

D滑走路の埋立部においては、埋立用材として山砂・岩ズリをはじめとして、石材、浚渫土を活用したセメント固化処理土など様々な材料を用いる。図 1-1 に主な工種における埋立用材を示す。これらの埋立用材の中でも最も多く使用されるのが山砂であり、地盤改良に使用する山砂も含めて合計約 3150 万 m<sup>3</sup> となり、続いて岩ズリが合計約 1000 万 m<sup>3</sup> となる。埋立用材に対しては、設計において必要とされる性能を満足するための品質管理が重要であるとともに、本工事の特性である大量急速施工の施工条件下では、簡易で適切な管理方法も必要となる。本論文では、主な埋立材料である山砂と岩ズリに必要とされる性能および品質に関して設計的な観点から整理し、施工における品質管理手法について述べる。

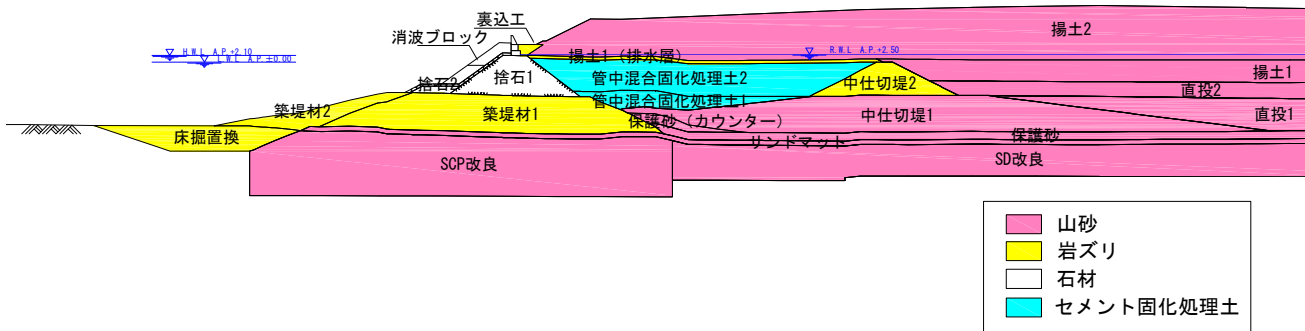


図 1-1 埋立部における埋立用材の種類と工種

**2. 設計において必要とされる埋立用材の性能**

**2-1 山砂の必要性能**

山砂に必要とされる性能は透水性である。特に、地盤改良材等に用いられる材料は、ウェルレジスタンスやマットレジスタンスによる圧密遅れ<sup>1), 2), 3)</sup>の発生が懸念されることから、必要とされる透水係数を満足する必要がある。表 2-1 に山砂を用いる工種とその必要とされる透水係数 (k) を示す。

表 2-1 山砂の必要性能

工種	材料用途	透水係数
SCP	地盤改良材	$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$
SD	地盤改良材	$k \geq 1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$
サンドマット	地盤改良材	$k \geq 1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$
保護砂	埋立材	$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$
中仕切堤1	埋立材	$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$
直投	埋立材	$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$
揚土	埋立材	$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$

## 2-2 岩ズリの必要性能

岩ズリは、築堤工等の材料に使用されるため、その強度および長期的な耐久性が必要であるとともに、液状化の発生が問題となる部位に使用するため、非液状化材料の特性を必要とする。表 2-2 に岩ズリを用いる工種とその要求される性能を示す。

表 2-2 岩ズリの必要性能

工種	材料用途	せん断強度	長期耐久性(圧縮性)	液状化特性
築堤材1、2	護岸本体構造	$\phi > 30$ 度	二次圧密係数 $C_{\alpha} < 0.06\%$	非液状化
床掘置換	カウンター材			
中仕切堤1、2	埋立材			
揚土1(排水層)	埋立材			
裏込工	裏込材		二次圧密係数 $C_{\alpha} < 0.06\%$ スレーキング率 $\leq 30\%$	

## 3. 山砂の品質管理基準値の設定

### 3-1 粒度分布および透水性

#### (1) 千葉県産山砂の粒度分布および透水性

埋立用材として使用する山砂は千葉県産のものを主に使用する。ここで、本工事の事前調査として、採取した試料が千葉県で過去 10 年間で産出されたものと品質的に同等のものが産出されているかおよび千葉県産の山砂として代表的なものかどうかを確認するために、過去 10 年間のデータとの比較を行った。なお、過去 10 年間のデータは各土源で実施している管理データに基づいている。図 3-1、図 3-3、図 3-5 にそれぞれ  $F_c \leq 5.0\%$ 、 $F_c \leq 10.0\%$ 、 $F_c \leq 20.0\%$  の山砂の粒度分布を示す。今回実施した事前調査の試料と過去 10 年間のデータはほぼ同等の粒度分布であることから、千葉県産を代表するものと判断できる。

続いて、千葉県産山砂の透水性を確認するために、実際の施工状況を模した透水試験を実施した。まず、山砂を緩詰め状態でモールド内に詰め、埋立平均荷重である  $P=500\text{kN/m}^2$  で一次元圧縮を行い、その後、「土の定水位透水試験」(JSF T 311) に従い透水試験を実施した。試験結果を図 3-2、図 3-4、図 3-6 にそれぞれ  $F_c \leq 5.0\%$ 、 $F_c \leq 10.0\%$ 、 $F_c \leq 20.0\%$  の頻度分布結果を示す。結果の整理は、使用工種毎に検討を行うため  $F_c$  毎とし、産出量を考慮した頻度分布とした。透水試験の結果において、設計値を下回る土源もあるが、平均値、中央値および最頻値ともに設計値を上回っていることが確認できた。

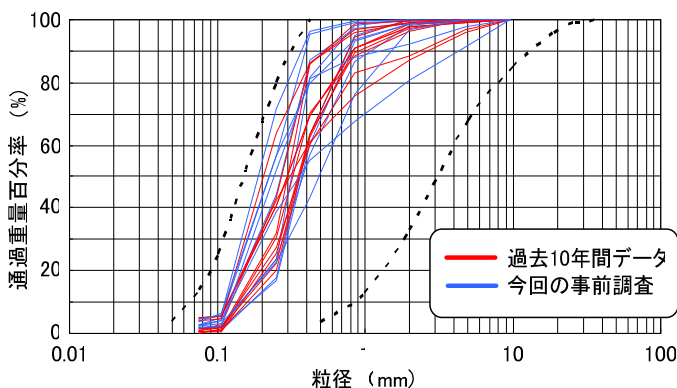


図 3-1  $F_c \leq 5.0\%$  の山砂の粒度分布

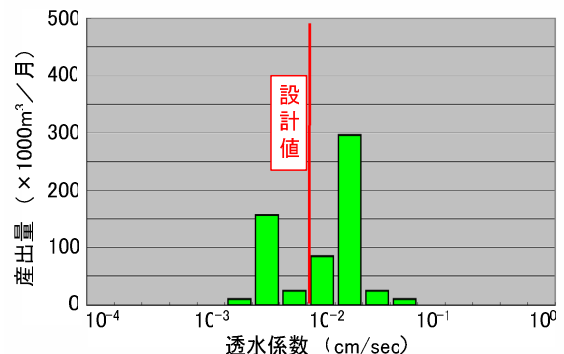


図 3-2  $F_c \leq 5.0\%$  の山砂の透水係数

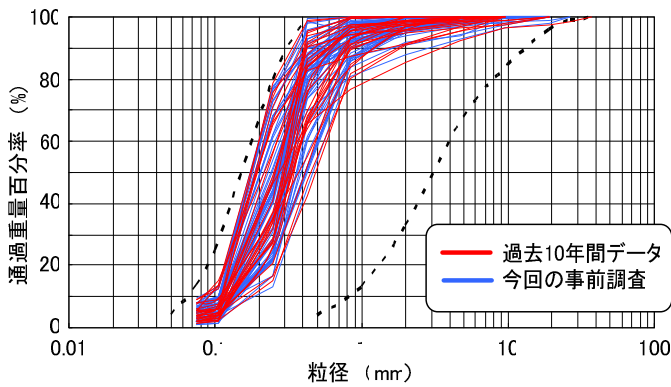


図 3-3 Fc ≤ 10.0%の山砂の粒度分布

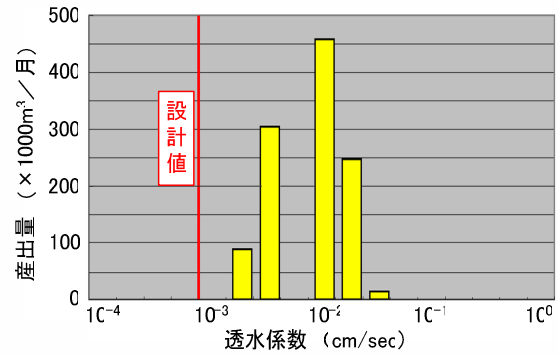


図 3-4 Fc ≤ 10.0%の山砂の透水係数

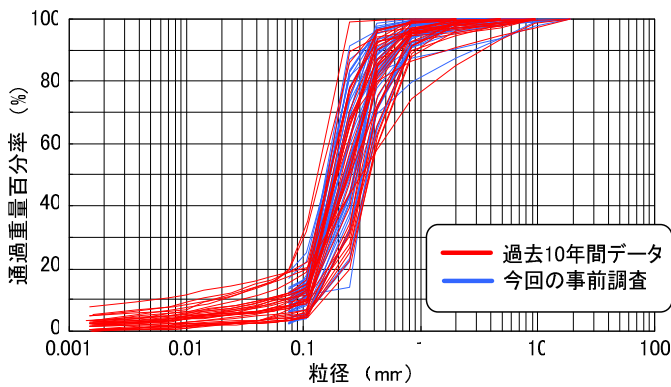


図 3-5 Fc ≤ 20.0%の山砂の粒度分布

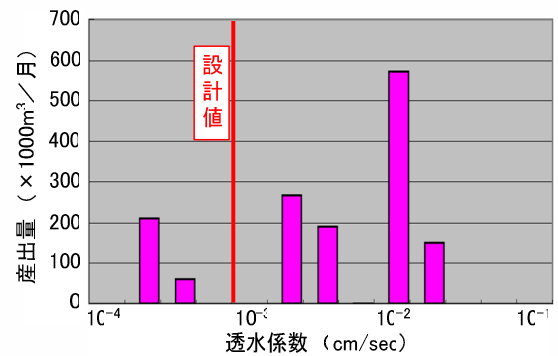


図 3-6 Fc ≤ 20.0%の山砂の透水係数

## (2) 平均透水係数の算出

試験結果より設計値を下回る透水係数の材料もあることが確認された。しかし、サンプリングのばらつきの影響等もあるため、本試験結果から使用材料の可否は判断できない。ここで、仮に透水係数の低いものが全体の透水係数にどのような影響を与えるかを確認し、本工事で使用する工種毎の平均的な透水係数が設計値と比較するとどの程度かを把握するために平均透水係数を算定した。

### 1) SDにおける平均透水係数

SDの透水係数については、図 3-7 に示すように土源毎の材料を産出量比で鉛直に試料を配置した場合の透水係数を計算する。この計算方法では、透水係数の低い材料の全体への影響が大きくなるため、平均透水係数は低くなる。平均透水係数の算定結果を表 3-1 に示す。設計値  $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$  に対し平均透水係数  $1.3 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$  となり、設計で必要とされる性能を満足する結果となった。

### 2) サンドマット、保護砂、埋立材（直投、揚土）における平均透水係数

サンドマット、保護砂、埋立材の平均透水係数については、実際の施工を考慮して平面に試料を配置した場合の透水係数を計算する。計算方法は、2次元の定常流解析を20回行い全体の流量から平均の透水係数を求める。計算回数は、計算結果が収束し平均的な判断が可能である回数として20回とした。図 3-8 に示す様に各セルに調査で得られた透水係数を配置し計算を行う。頻度分布を対数正規分布に換算し、各セルに平均値、標準偏差を与え、乱数標準偏差を乱数で与えて、透水係数を算出する。セル全体に与えた透水係数を集計すると調査時の頻度分布に近似したものとなる。平均透水係数の算定結果を表 3-1 に示す。サンドマットにおいては設計値  $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$  に対し平均透水係数  $1.9 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 、保護砂においては設計値  $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$  に対し平均透水係数  $1.6 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 、埋立材においては設計値  $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$  に対し平均透水係数  $9.1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$  となり、すべての材料において、設計で必要とされる性能を満足する結果となった。

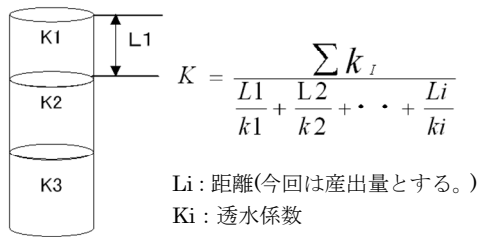


図 3-7 SD の平均透水係数の算定

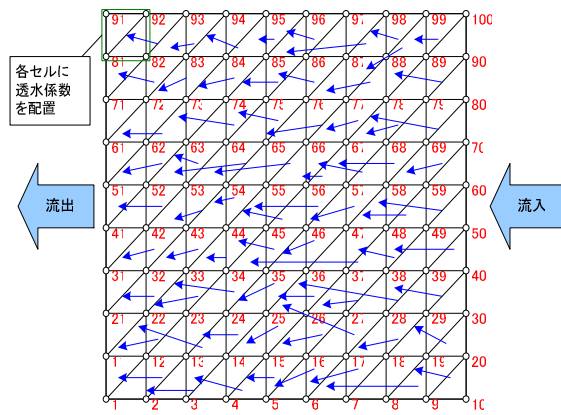


図 3-8 平面的な平均透水係数の算定模式図

表 3-1 平均透水係数の算定結果

工種	平均透水係数	設計透水係数
SD	$1.3 \times 10^{-2}$ cm/sec	$1.0 \times 10^{-2}$ cm/sec
サンドマット	$1.9 \times 10^{-2}$ cm/sec	$1.0 \times 10^{-2}$ cm/sec
保護砂	$1.6 \times 10^{-2}$ cm/sec	$1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec
埋立柱(直投、揚土)	$9.1 \times 10^{-3}$ cm/sec	$1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec

(3) 粒度分布と透水係数の相関

粒度試験と透水試験の結果から、相関性の判定を行った。相関性は、透水係数と粒度分布の相関係数 r を求め t 検定により判定する。t 検定では、各サンプル間の平均の差を比較し独立性および相関性を判定するのに適しており、 $t > t_{(n-2)}(0.0025)$  が成立する場合に相関性があることになる。一般的に Greager の提案式などに示されるように、 $D_{20}$  および  $D_{10}$  と k は高い相関性がある事が認められているが、表 3-2 の計算結果から、Fc と透水係数にも  $D_{20}$  および  $D_{10}$  と同等の相関性<sup>4)</sup>がある。

表 3-2 粒度試験結果と透水係数の相関性

	k	Fc	$D_{60}$	$D_{50}$	$D_{30}$	$D_{20}$	$D_{10}$
r	1	-0.51	0.30	0.47	0.52	0.55	0.54
t	-	-5.364	2.866	4.891	5.513	6.088	5.956
$t_{(n-2)}(0.0025)$	-	1.988	1.988	1.988	1.988	1.988	1.988

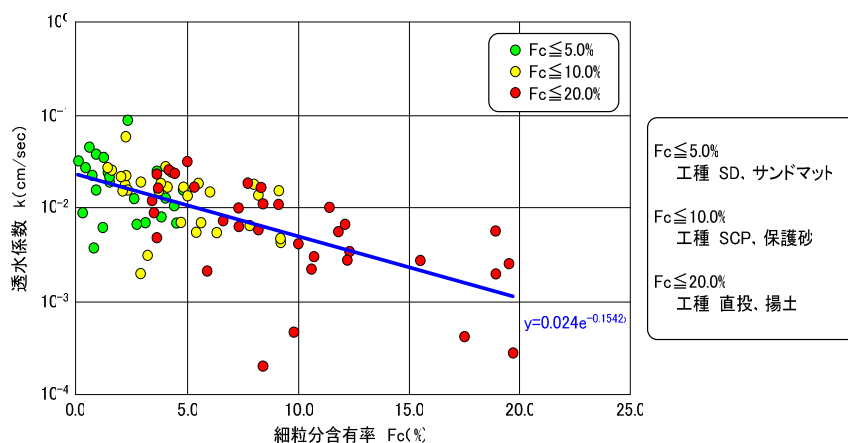


図 3-9 細粒分含有率と透水係数の相関性

### 3-2 管理基準値の設定

以上の検討結果から、山砂の透水係数を確認するためには、山砂の細粒分含有率 (Fc) を管理することで確認できる。表 3-3 に山砂の所定の必要性能を満足するための品質管理項目とその基準値を示す。

表 3-3 山砂の品質管理項目と基準値

工種	要求性能		品質管理項目と基準値	
SCP	透水係数 k	$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$	細粒分含有率 Fc	$Fc \leq 10.0\%$
SD		$k \geq 1 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$		$Fc \leq 5.0\%$
サンドマット		$k \geq 1 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$		$Fc \leq 5.0\%$
保護砂		$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$		$Fc \leq 10.0\%$
直投		$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$		$Fc \leq 20.0\%$
揚土		$k \geq 1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$		$Fc \leq 20.0\%$

## 4. 岩ズリの品質管理基準値の設定

### 4-1 物理・強度特性

岩ズリに関しては、千葉県産の砂岩を母岩とするいわゆる準硬石の岩ズリ、および、千葉県外の日本全国から算出される火成岩を母岩とするいわゆる硬石の岩ズリを使用する。本工事の事前調査として千葉県を含む日本全国の計 30 の土源の試料について物理特性および強度特性を確認した。その調査結果として、図 4-1 に粒度分布を、図 4-2 に見掛比重、母岩強度、吸水率の相関を示す。なお、図中の硬石、準硬石、軟石の表示は JIS A 5003 に示される母岩強度による区分（見掛比重、吸水率は参考値）によるものである。図より、30 土源の半数以上が硬石に分類され、軟石に分類されるのは数土源である。

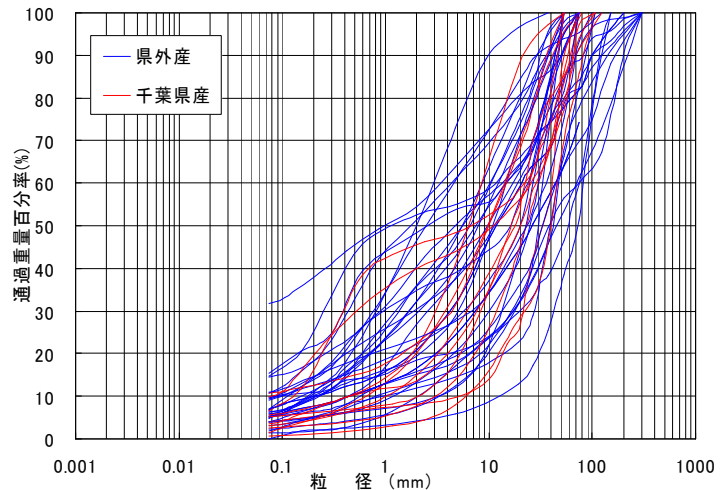


図 4-1 岩ズリの粒度分布

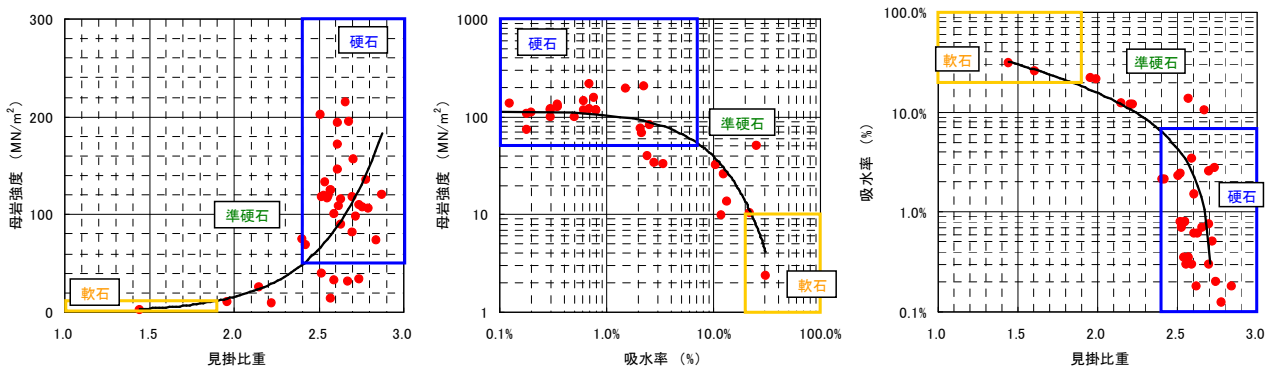


図 4-2 岩ズリの事前調査結果



### (1) 岩ズリのせん断強度特性

岩ズリは、基本的には粒状体であることから、その強度特性は、砂質土などと同様にせん断抵抗角（内部摩擦角）で表現するのが適切である。岩ズリの内部摩擦角は、主に岩ズリの母岩強度と粒度分布に関係し、母岩強度が大きいほど、また粒度分布がよいほど（均等係数が大きいほど）大きくなる。既往の研究<sup>5),6)</sup>によると、準硬石の中～下位に分類される千葉産の砂岩ズリを用いて大型三軸試験を実施し、その内部摩擦角（ $\phi_d$ ）を評価している。その結果によれば、岩ズリは均等係数が大きく粒度がよいことから、 $\phi_d$ は大きく、概ね  $\phi_d > 34$  度を確保する。

### (2) 岩ズリの長期圧縮特性

石材のうち、特にモンモリロナイト含有の泥岩に代表される軟岩類はスレーキングといった特異な性質を呈し長期的な圧縮沈下をすることがある。このスレーキング現象とは、乾燥・湿潤の繰返し作用により粒子が破碎し、細粒化する現象であり、旧 日本道路公団基準のスレーキング試験（JHA 110）により求められるスレーキング率で評価される。しかし、本工事のように海中下に投入して使用される場合には、前述のような乾燥・湿潤の繰返し作用は受けないため、スレーキング率で評価するのは妥当ではない。このように海中下における飽和状態での圧縮性を適切に評価するには、既往の研究<sup>7),8)</sup>のような飽和状態での載荷重による長期圧縮性を調査する試験が妥当である。既往の研究では、千葉県産の砂岩ズリを用いた長期圧縮試験を実施しており、長期的な圧縮沈下量を評価する二次圧縮指数（ $C_\alpha$ ）は、 $C_\alpha = 10^{-1} \sim 10^{-2}\%$ （100年間で1cm程度の沈下量）であり、通常の粘性土の $C_\alpha = 2.0 \sim 6.0\%$ （原地盤の残留沈下量1～1.5m程度）と比較すると、十分に小さく、長期的な沈下の影響は少ないものと考えられる。

一方で、護岸背面の裏込工においては、残留水位（A.P+2.5m）付近であるため、乾湿繰返しによりスレーキングが生じる可能性があり、沈下に対する長期耐久性が課題となる。そこで、「旧 日本道路公団 設計要領 土工編」に準拠し、スレーキング率30%以下であれば有害な沈下などの影響はないことから、スレーキング率30%以下の材料を使用する。

## 4-2 透水性および液状化特性

本工事で要求される埋立材の要求性能は、護岸背後の埋立地盤、滑走路及び誘導路直下の埋立地盤が最大基盤加速度350gal（八戸・大船渡波、補正最大基盤加速度439gal）に対して液状化しないことである。岩ズリなどレキ材料の液状化に関しては、既往の研究<sup>9),10)</sup>では、兵庫県南部地震クラスの内陸直下型の地震波（最大加速度679gal）、いわゆるレベル2地震動に対するの検討は実施しているが、本工事のようなレベル1については事例がない。そこで、本工事の要求性能を満足する非液状化材料を設定するために、岩ズリの大型透水試験<sup>11)</sup>および模型振動台実験<sup>12)</sup>を実施した。

### (1) 岩ズリの大型透水試験結果

大型透水試験は、岩ズリの粒度分布の違いで透水係数がどの程度異なるかを確認するために実施した。用いた試料は図4-3に示す粒度分布の4試料である。試験装置は図4-4に示す内径50cm、試料長150cmの定水位透水試験機を用いた。

試験結果を表4-1に示す。岩ズリの透水係数は概ね  $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$  以上であり、表中に併記した Creager による20%粒径（ $D_{20}$ ）から推定される提案値と比較すると概ね一致している。

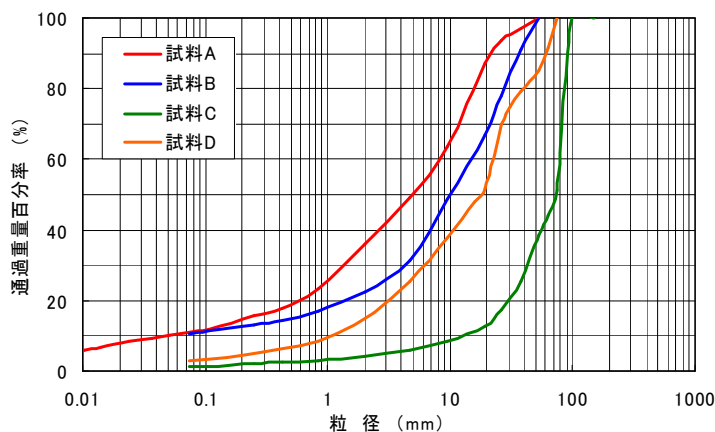


図 4-3 大型透水試験に用いた試料の粒度分布

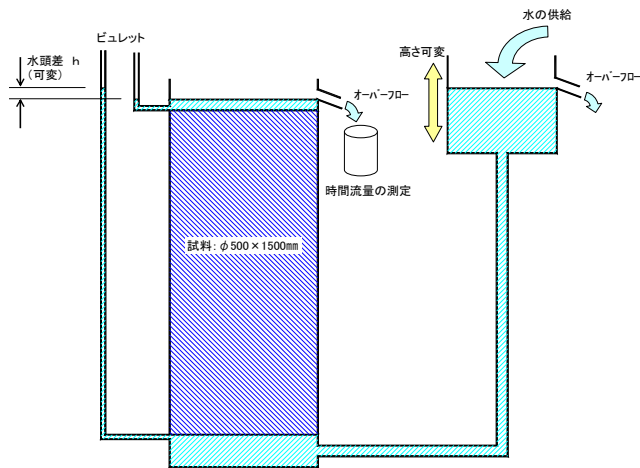


図 4-4 大型透水試験装置

表 4-1 大型透水試験結果

試料	透水係数 $k$ (cm/sec)	
	試験結果	Creagerの提案値
試料A	$9.6 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-1}$
試料B	$2.1 \times 10^{-1}$	$7.9 \times 10^{-1}$
試料C	$1.3 \times 10^0$	$1.8 \times 10^0$
試料D	$1.3 \times 10^1$	$1.8 \times 10^0$

### (2) 岩ズリの液状化に関する模型振動台実験

実験模型は井合の 1g 場における相似則を適用してモデル化した。実験模型を図 4-5 に示す。実験に用いた岩ズりは、千葉県産の砂岩ズりであり図 4-3 に示す試料 A ( $D_{50}=5\text{mm}$ 、 $D_{20}=0.6\text{mm}$ 、 $F_c=11\%$ ) である。入力地震動は、要求性能に示される大船渡波（最大基盤加速度 439gal）→八戸波（最大基盤加速度 439gal）の順で段階加振を実施した。

実験結果を図 4-6 に示す。なお、図中の表記は実スケールに換算している。最大応答加速度の深度分布によると、大船渡波および八戸波ともに地中部で若干減衰し地表面で増幅する傾向に大きな

差はなく、応答加速度波形において基盤面から地表面までほぼ同等の波形となっており波形の減衰および乱れはない。地表面における応答加速度が大きくなっているのは、実験模型において地盤表面と水位表面が一致しており、振動にともない地表面の水位が波立つ影響であると考えられる。最大過剰間隙水圧比においては、大船渡波で最大 0.30 程度、八戸波で最大 0.45 程度である。最大せん断ひずみは、地中中央部で大船渡波 0.7%程度、八戸波 2.4%である。また、加振終了後の体積ひずみは、大船渡波 0.35%、八戸波 0.87%であった。

一般に、液状化が発生すると過剰間隙水圧比が 0.5~1.0 まで上昇し有効応力が減少する。そのため地盤が剛性を失い軟化し、加速度応答が大幅に減衰し、せん断ひずみが 7.5%以上発生する。また、体積圧縮係数も急激に大きくなり水圧の消散に伴う体積ひずみが 3.0%以上発生する。したがって、今回の実験結果においては、実験に用いた粒度分布の岩ズり材料では、大船渡波および八戸波において、①応答加速度の減衰がない、②最大過剰間隙水圧比が 0.5 以下、③最大せん断ひずみが 2.0%程度、④体積ひずみが 1.0%以下、であることから液状化は発生していないことを確認した。

### 4-3 管理基準値の設定

以上の検討結果から、岩ズりの所定の必要とされる性能を満足するための品質管理項目とその基準値は表 4-2 に示す通りとなる。

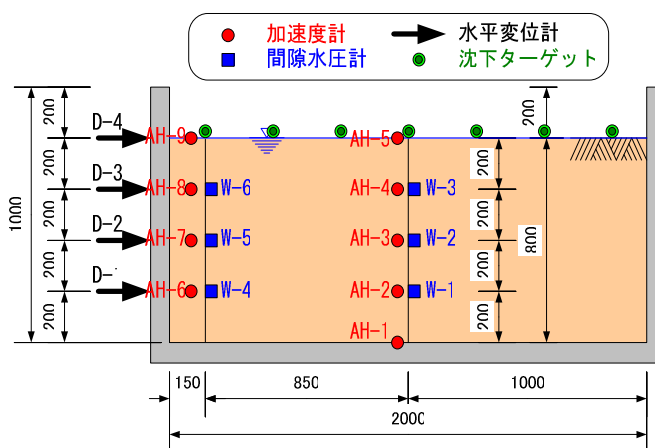


図 4-5 模型振動台実験模型

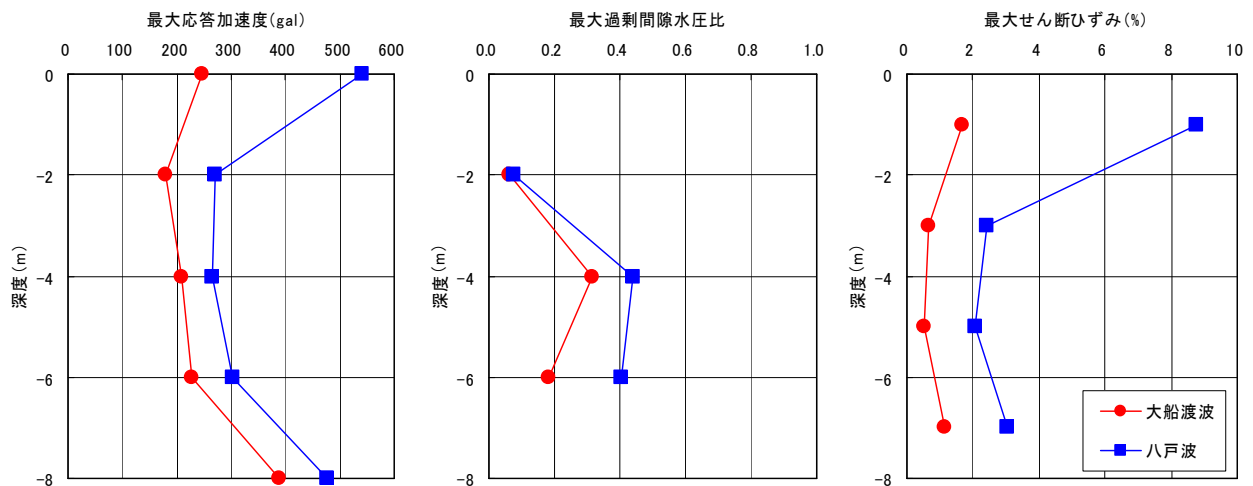


図 4-6 模型振動台実験結果（最大応答加速度，最大過剰間隙水圧比，最大せん断ひずみの深度分布）

表 4-2 岩ズリの品質管理項目と基準値

工種	要求性能			品質管理項目と基準値				
	せん断強度	長期耐久性(圧縮性)	液状化特性	母岩強度 (MN/m <sup>2</sup> )	見掛比重		吸水率 (%)	粒度分布
					絶乾比重	表乾比重(参考)		
築堤材	φ > 30度	二次圧密係数 C <sub>α</sub> < 0.06%	非液状化	19.6 以上	2.1 以上	2.2 以上	15 未満	D <sub>50</sub> ≥ 5mm D <sub>20</sub> ≥ 0.6mm Fc ≤ 11%
床掘置換				9.8 以上	1.9 以上	2.1 以上	20 未満	
中仕切堤								
揚土1(排水層)								
裏込工		二次圧密係数 C <sub>α</sub> < 0.06% スレーキング率 ≤ 30%		19.6 以上	2.1 以上	2.2 以上	15 未満	

## 5. 山砂および岩ズリの品質管理項目と管理方法

### 5-1 品質管理項目と試験方法

山砂および岩ズリの品質管理項目とその管理方法について表 5-1 に示す。

ここで、品質管理に用いる試験は JIS に準拠した試験方法を採用しているが、日常管理においては簡易メスシリンダー法を採用する。その理由は、通常の粒度試験では試験日数および煩雑さから日常管理に用いるには不適當であるためであり、通常の海上工事および関西国際空港建設工事においても採用されている手法であり、大規模埋立工事においては、その簡易さと正確性から適當な手法である。図 5-1 に簡易メスシリンダー法について示す。

簡易メスシリンダー法では、土の粗粒分と細粒分の体積比を求める試験であるのに対し、粒度試験で求まる Fc は重量比で算出される。したがって、この体積比と重量比の相関性を事前に確認しておく必要がある。事前に実施した複数の土源についての相関性を図 5-2 に示す。図より、本工事に用いる山砂の両試験による相関は概ね簡易メスシリンダー法では、Fc=3:1（体積比：質量比）の比率である。すなわち、Fc ≤ 5.0% の基準の山砂を管理する場合は、簡易メスシリンダー法では 15.0% 以下を基準として管理することになる。



表 5-1 山砂および岩ズリの品質管理

埋立用材	管理種別	項目	検査種別	検査の実施					
				時期	頻度	方法	準拠基準	記録	不適合発生時の処置
山砂	材料承諾	種類 品質 粒度	自主検査	搬入前	土源毎に1回 品質に変化が見られる場合	骨材のふるい分け試験	JIS A 1102	試験成績表	不採用
						土の粒度試験	JIS A 1204		
	定期管理	種類 品質 粒度		搬入時	1回/月	骨材のふるい分け試験	JIS A 1102	試験成績表	不採用
						土の粒度試験	JIS A 1204		
	日常管理	外観 Fc		搬入時	全船	観察	—	観察記録	異物撤去
						簡易メスシリンダー法	—	試験成績表	不採用
岩ズリ	材料承諾	石の種類	自主検査	搬入前	土源毎に1回	観察	—	観察記録	不採用
		粒度				骨材のふるい分け試験	JIS A 1102	試験成績表	
		母岩強度				土の粒度試験	JIS A 1204		
		見掛比重				割栗石の試験	JIS A 5006		
		吸水率				岩のスレーキング率試験	JHS 110		
		スレーキング率							
	定期管理	石の種類	自主検査	搬入時	土源毎に1回/30000m <sup>3</sup> 毎 品質に変化が見られる場合	観察	—	観察記録	不採用
		粒度				骨材のふるい分け試験	JIS A 1102	試験成績表	
		見掛比重				土の粒度試験	JIS A 1204		
		吸水率				割栗石の試験	JIS A 5006		
		スレーキング率				岩のスレーキング率試験	JHS 110		
日常管理	外観 表乾比重	搬入時	全船	観察	—	観察記録	異物撤去		
				水浸法による測定	—	試験成績表	不採用		

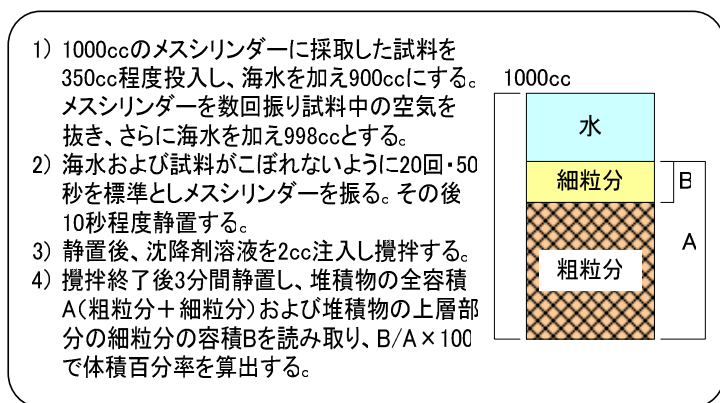


図 5-1 簡易メスシリンダー法の試験方法

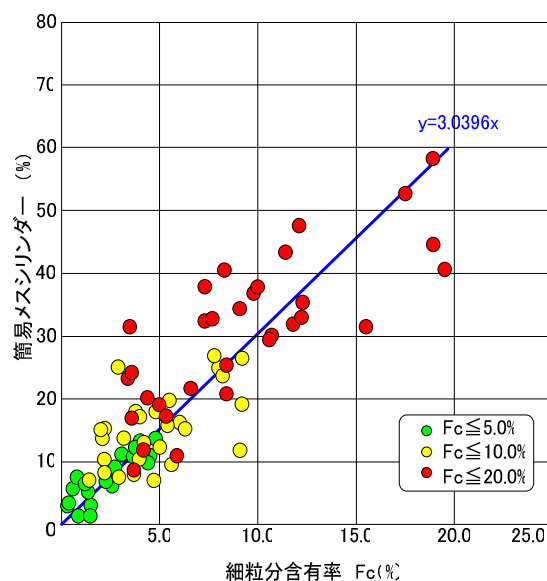


図 5-2 Fc と簡易メスシリンダーの相関

## 5-2 トレーサビリティの確保

以上、埋立用材の品質管理基準および品質管理方法について述べてきたが、本工事においては、材料受入時に適合性を判断する品質管理だけではなく、その材料がどこで採取されたものか（土源）から、空港島のどの部位に使用されたか（最終使用箇所）まで、一貫して管理するトレーサビリティの確保が非常に重要になる。これは空港島の機能を低下させるような予期せぬ状況が生じた場合に、その原因を究明し、後の維持管理計画に活用することが極めて重要になってくるからである。

一般的な材料におけるトレースの内容は、搬入履歴管理と施工履歴管理に分けられ、搬入履歴管理としては、積出し岸壁、積出し日時、積載数量、品質管理項目（山砂：細粒分含有率、岩ズリ：見掛比重）、運搬船名等が予定されており、施工履歴管理としては、工区、工種、施工日時が予定されている。これらの記録は施工期間、供用期間を通じて保管され、どのような材料が、どのくらい、どこの部位に使用されたかを追跡することが可能になる。このトレース記録と施工中、供用中に動態観測から得られる計測データを組み合わせることにより、将来における補修の必要性の予測や、機能低下が生じたときの原因究明およびその対策の検討が可能になると考える。

## 6. あとがき

埋立用材の品質は、空港島の圧密沈下および安定性など様々な性能に影響を及ぼすことから、品質管理が重要であることは言うまでもない。また、本工事のような大量急速施工においては、如何に迅速かつ適切に品質管理を実施していくかも必要となる。本論文では、主に山砂と岩ズリについて記述したが、建設発生土やスラグなど、代替材として様々なものを予定しており、それらの材料についても適切な品質管理を行うことにしている。

### 【参考文献】

- 1) 河村健輔ら：D滑走路 埋立部の圧密沈下～感度分析を踏まえた沈下予測～、第2回東京国際空港D滑走路建設工事技術報告会、pp. 2-1～2-16、2006. 12.
- 2) 椎名貴彦ら：ドレーンのウェルレジスタンスを考慮した沖合人工島の圧密沈下の解析的検討、第42回地盤工学研究発表会、No. 405、pp. 809～810、2007. 7.
- 3) 松本幸久ら：埋立材料の透水性が沖合人工島の圧密遅れに及ぼす影響に関する解析的検討、第42回地盤工学研究発表会、No. 403、pp. 805～806、2007. 7.
- 4) 塚谷常廣ら：大規模埋立工事に使用する山砂の透水性について、第42回地盤工学研究発表会、No. 178、pp. 355～356、2007. 7.
- 5) 塩見雅樹ら：大型三軸試験による砂岩ズリの強度特性、第30回土質工学研究発表会、No. 294、pp. 743-744、1995. 7.
- 6) 笹井剛ら：港湾工事に用いる岩ズリの強度特性について、第40回地盤工学研究発表会、No. 271、pp. 541-542、2005. 7.
- 7) 水上純一ら：砂岩ズリの圧縮特性について、第31回地盤工学研究発表会、No. 305、pp. 609-610、1996. 7.
- 8) 池野勝哉ら：岩ズリの埋立材としての適用性に関する実験—長期圧縮性について—、第40回地盤工学研究発表会、No. 270、pp. 539-540、2005. 7.
- 9) 上部達生ら：岩ズリの液状化特性について、第10回日本地震工学シンポジウム、PP. 1307-1312、1998.
- 10) (財)沿岸開発技術研究センター：埋立地の液状化対策ハンドブック、pp. 116-117、1997.
- 11) 笹井剛ら：大規模埋立工事に使用する岩ズリ材料の大型透水試験結果、第42回地盤工学研究発表会、No. 226、pp. 451～452、2007. 7.
- 12) 河村健輔ら：大規模埋立工事に使用する岩ズリ材料の液状化に関する模型振動台実験、第42回地盤工学研究発表会、No. 227、pp. 453～454、2007. 7.