# 礫質埋立地盤の止水を目的とした原位置撹拌による地盤改良試験施工

## —(その 1)　室内配合試験編—

新関西国際空港(株)　正会員　○狭間 智一　　正会員　江村 剛
(株)加藤建設　非会員　加藤 公司

### １．はじめに

関空島において，自然災害対策として防潮壁の築造が計画されている(図-1)．防潮壁は津波襲来時の揚圧力に対応する必要があり，当初，壁下の断面もコンクリートで検討していたが，残土の低減や経済性の観点から中層混合処理工(中層混合処理機、トレンチャー式)による代替の可能性に着目した．和泉層群系の礫質土（最大粒径約 300 ㎜，礫分含有率約 90%）にて造成された埋立地盤を対象とした原位置機械撹拌による難透水層地盤の構築例は無く，その施工性や品質は不明であった．そこで，中層混合処理機（パワーブレンダー工法)の施工性とその品質の確認検証を目的に試験施工を実施した．一連の試験施工の成果は，〈現場の品質管理項目〉及び〈室内配合試験と現場施工の相関性〉を検証して実施工の管理に資するものである．

本報告では，施工に伴い事前に行った室内配合試験にて得られた知見を報告する．

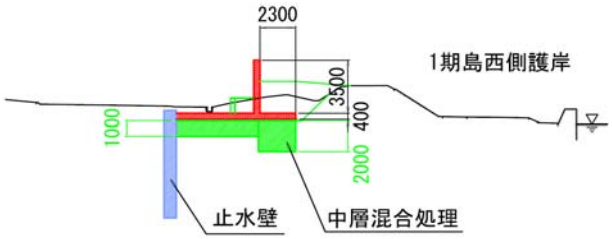


図-1　防潮壁の標準断面

表-1　試料の土性(粒径 100mm 以下)

| | | |
|---|---|---|
| 土粒子の密度(g/cm$^3$) | | 2.687 |
| 自然含水比 wn(%) | | 8.12 |
| 粒度(%) | 礫分 | 69.3 |
| | 砂分 | 20.3 |
| | 細粒分 | 10.4 |
| 均等係数 | | 177 |
| 最大乾燥密度(g/cm$^3$) | | 1.932 |
| 最適含水比(%) | | 13.3 |

### ２．想定条件及び試験概要

#### 2-1　地盤改良を行う目的

(1)地盤改良体は，壁体と一体となって揚圧力に抵抗させる必要がある．(2)また防潮壁を既存の止水壁に接続させ，止水ラインの嵩上げと同時に行うこともあることから，(3)不透水層としての性能が要求される．改良体の要求性能は，透水係数 k=1×10$^{-8}$m/s である．図-1 に防潮壁の標準断面を示す．

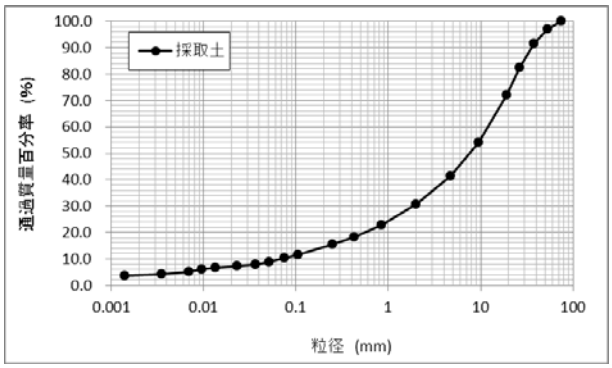


図-2　粒度分布(粒径 100mm 以下)

#### 2-2　想定条件

今回，最大粒径約 300 mm の巨礫を含む礫質埋立地盤では，原位置機械撹拌が困難なため，施工手順として，まず改良範囲を一度バックホウ掘削し，100mm メッシュのスケルトンバケットを用いて礫分等除去し，埋戻してバックホウで転圧締固め後，地盤改良することとした．また，島内地下水位は周辺潮位と連動しているため，品質への影響を考慮し，施工時の潮位を DL+1.6m(満潮位)と仮定して室内配合試験を進めた．

表-2　最大粒径別の $D_{10}$ と $D_{20}$

| 最大粒径(mm) | $D_{10}$(mm) | $D_{20}$(mm) |
|---|---|---|
| 100 | 0.0690 | 0.5650 |
| 37.5 | 0.0540 | 0.4250 |
| 9.5 | 0.0075 | 0.0840 |

#### 2-3　採取土の土性と試料調整方法

2-2 の想定条件のもと，採取した試料のうち粒径 100mm 以下の土性を調べた．表-1 に試料の土性，図-2 に粒度分布を示す．細粒分含有率は 10.4%であり，均等係数は 177 と粒径幅の広い試料だった(均等係数 10 以上)．

砂質土の透水係数は，$D_{10}$ あるいは $D_{20}$ を用いて，概略値を推定する方法が古くから提案されている．表-2 に最大粒径別の $D_{10}$ と $D_{20}$ を示す．最大粒径 9.5mm と 100mm の $D_{10}$，$D_{20}$ は，大きく隔たりがあるものの，最大粒径 37.5mm と 100mm の $D_{10}$，$D_{20}$ は，近似していた．本事例は，最大粒径 100mm 以下の礫質土を対象とした地盤改良であるが，

キーワード　地盤改良，巨礫，礫質土，透水係数，室内配合試験

連絡先　〒549-8501　大阪府泉佐野市泉州空港北 1 番地　新関西国際空港(株)技術・施設部　ＴＥＬ072-455-2181

実物大(直径500mm以上=最大粒径の5倍以上)での透水試験は困難であり，9.5mmふるい通過試料と37.5mmふるい通過試料を用いて供試体を作製し，透水試験を行った．今回，施工地盤の3分の2が地下水位以下となるため，上部を自然含水比状態，下部を浸水状態として配合試験に必要な湿潤密度を求めた．バックホウ転圧だったので，日本工業規格「突固めによる土の締固め試験方法」(JIS A 1210:2009)のA-c法で締固め度85%程度を目安に求め(実測85.8%)，それぞれ調整した上部と下部を混合し，湿潤密度1.926g/cm$^3$，含水比15.5%の合併土を作製した．

### 2-4 試験概要

現場目標透水係数(k=1×10$^{-8}$m/s)を得るのに必要なセメント添加量と水セメント比を求めるため，以下の条件で供試体を作製(JGS 0821-2009)し，一軸圧縮試験(JIS A 1216:2009)と透水試験(JIS A 1218:2009)を実施した．

・セメント添加量：150・200・250kg/m$^3$
・水セメント比　：70・105・140%
・使用固化材　　：高炉セメントB種

## 3．試験結果

### 3-1 透水係数と一軸圧縮強さの関係

図-3に透水係数と一軸圧縮強さの関係を示す．同一添加量の場合，一軸圧縮強さが大きいほど透水係数が小さくなったが，同一一軸圧縮強さの場合，添加量が高いほど透水係数が小さくなっていた．これは，固化材が細粒分として機能していると考えられる．

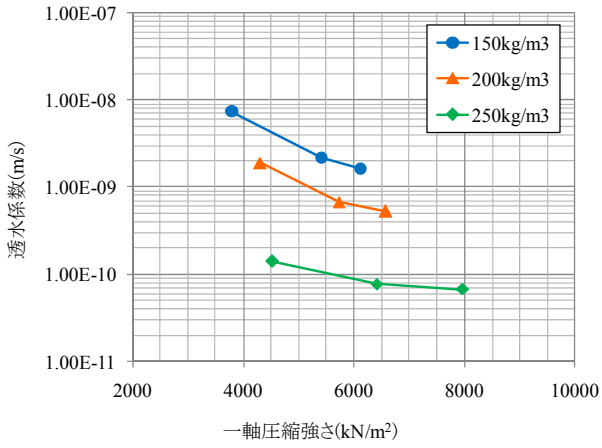


図-3 透水係数と一軸圧縮強さの関係(材齢28日)

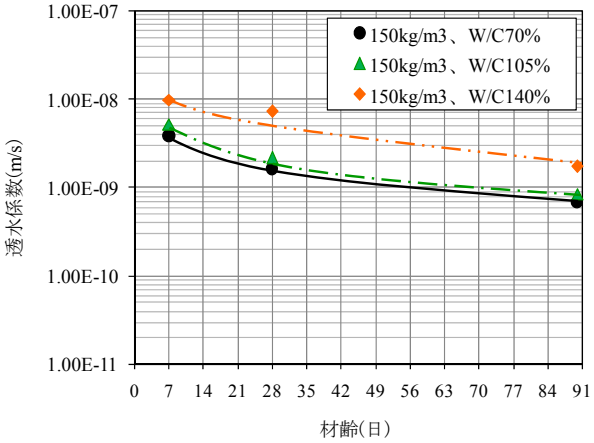


図-4 透水係数と材齢の関係(添加量150kg/m$^3$)

### 3-2 材齢による透水係数の変化

図-4に透水係数と材齢の関係を示す．材齢の経過によって透水係数は小さくなるものの，材齢28日から90日にかけて大きく変化しなかった．

### 3-3 最大粒径の相違による透水係数の相関

表-3 最大粒径9.5mmと37.5mmによる供試体の透水係数の変化(材齢28日)

| 添加量 (kg/m$^3$) | W/C (%) | 透水試験 (m/s) 最大粒径 9.5 mm | 透水試験 (m/s) 最大粒径 37.5 mm | 粒径による差 37.5mm / 9.5mm |
|---|---|---|---|---|
| 150 | 70 | 1.62×10$^{-9}$ | 2.08×10$^{-8}$ | 12.8 |
| | 105 | 2.16×10$^{-9}$ | 4.40×10$^{-8}$ | 20.4 |
| | 140 | 7.30×10$^{-9}$ | 1.03×10$^{-7}$ | 14.1 |

表-3に材齢28日における最大粒径9.5mmと37.5mmによる供試体の透水係数の変化を示す．最大粒径の違いによる透水係数への影響は，12.8～20.4倍となった．

## 4．まとめ

礫分含有率約90%の礫質土から成る埋立地盤を対象に，原位置機械撹拌により難透水層地盤を造成するため事前室内配合試験を実施し，目標とする透水係数を満足する結果が得られた．

1) 室内配合試験において，最大粒径37.5mmとした原位置土にセメント150kg/m$^3$を添加した場合，目標とする透水係数が満足できた．なお，最大粒径37.5mmの原位置土の$D_{10}$及び$D_{20}$は，最大粒径100mmとほぼ同程度であった．

2) 同一添加量の場合，一軸圧縮強さが大きいほど透水係数が小さくなり，同一一軸圧縮強さの場合，添加量が高いほど透水係数が小さくなる．

3) 材齢の経過によって透水係数は小さくなるものの，材齢28日から材齢90日にかけて大きく変化しなかった．

**≪参考文献≫**

1) 大竹，野田ら：礫質埋立地盤の止水を目的とした原位置撹拌による地盤改良試験施工(その2)・(その3)，土木学会全国大会第69回年次学術講演会，2014.9(投稿中)