

第8回空港技術報告会

# 現地発生材を利用したセメント 安定処理工法について

静岡県 静岡空港建設事務所  
宮本 武

富士山静岡空港



富士山静岡空港  
MI-FUJI SHIZUOKA AIRPORT

平成21年3月開港

## 基本施設(舗装) 概要



- 滑走路2500m × 60m
- 平行誘導路
- エプロン 5バース

- 滑走路・誘導路  
アスファルト舗装
- エプロン、GSE  
コンクリート舗装
- 東端:西端=82:18

## 発表要旨

エプロン・GSE部におけるコンクリート舗装の上部路床について

- **現地材の有効利用**  
ゼロエMISSIONの観点から礫質土を利用
- **材料製造法に新工法を採用**  
回転式破碎混合機で材料製造
- **セメント処理土の強度特性の把握**  
微小ひずみレベルの強度特性を把握
- **品質管理における小型FWDの適用**  
強度(性能)に着目した品質管理を実施

# 1章 現地材の有効利用



セメント安定処理

エプロン部施工状況

## 整備方針

- コスト縮減を図る
- 搬入量を抑制する
- 現地材を有効利用する

- 路盤の省略
- 軟岩の風化対策

### エプロン舗装標準断面図

コンクリート版  
無筋 t=37cm

上部路床 セメ安 t=15cm

下部路床 軟岩切土



礫質土



## 2章 新工法の適用



空港内に設置した回転式破碎混合機

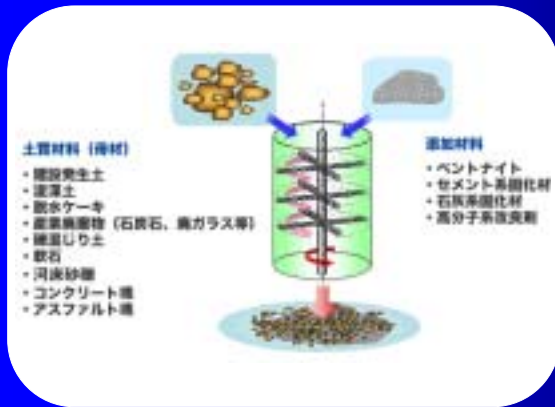
### 課題と解決法

- 礫質土 は最大粒径300mm程度であり、厚さ15cmの上部路床にはそのままでは適用できない
- セメント安定処理土は、適正な粒度管理、十分なセメント混合が必要
- 材料製造においてもコスト縮減を図る



破碎とセメント混合を同時に行う  
回転式破碎混合機を採用

# 回転式破碎混合機



工法原理

[https://www.n-kokudo.co.jp/tec\\_civil/twister\\_atypical.htm](https://www.n-kokudo.co.jp/tec_civil/twister_atypical.htm)



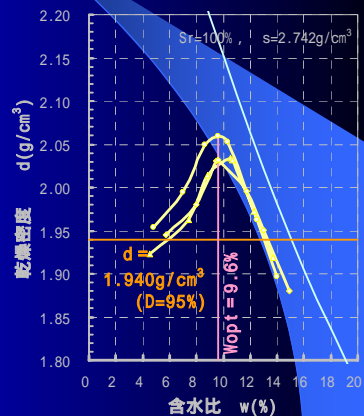
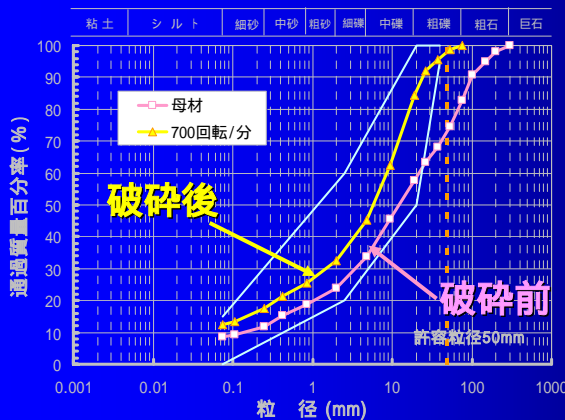
破碎用チェーン



破碎混合材

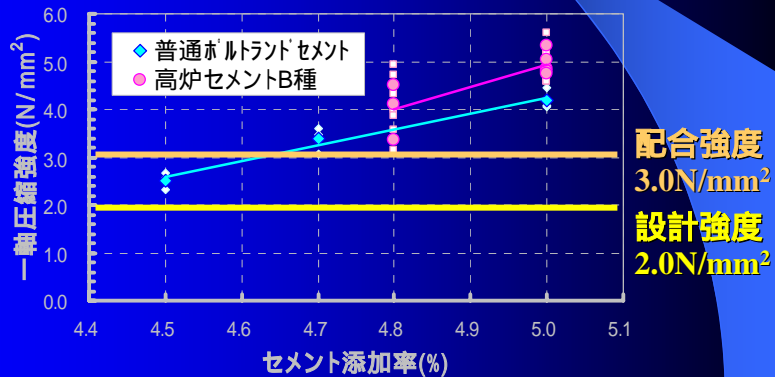
## 最適粒度の設定

- チェーン回転数を変えて適正粒度を設定
- 700回転/分で中央粒度程度に破碎



## 最適添加率の設定

- 粒度変動、含水比条件、セメント種類などを変えて一軸圧縮強度(7日)を確認
- 高炉セメントB種、4.7%に設定



## 3章 セメント安定処理土の強度特性の把握



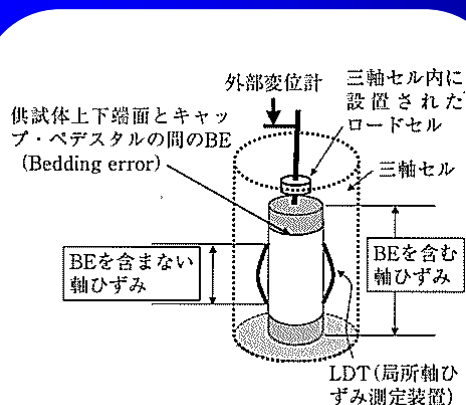
LDT付三軸圧縮試験状況

## 課題と解決法

- 航空機載荷時程度のひずみレベルにおける変形係数を把握する
- 含水比や乾燥密度の影響を確認し、施工仕様に活用する
- 現場強度試験の対比となる変形係数を得る

LDTにより微小ひずみレベルの変形係数(初期ヤング率 $E_0$ )を確認する

## LDT付三軸圧縮試験



ベディングエラー(BE):  
供試体上下端付近のゆるみ層の変形など軸ひずみに含まれる測定誤差

LDT:局所変形測定装置  
(Local Deformation Transducer)

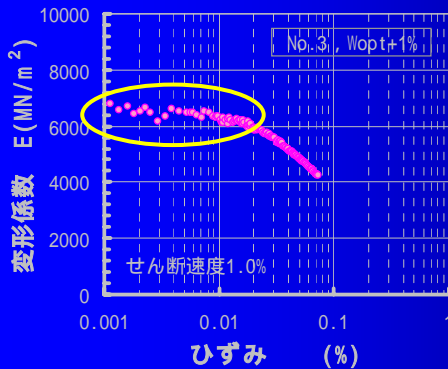
初期ヤング率 $E_0$ :微小ひずみレベル(LDTで測定)での変形係数

# 試験状況

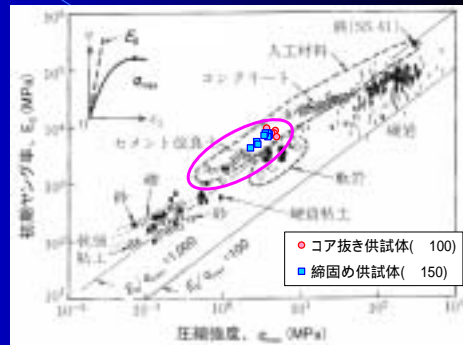


- 供試体: 150 × H300mm
- 締固め度: 95%(4.5Ec)
- セメント添加率: 4.7%

# 室内試験結果(1)



試験結果例

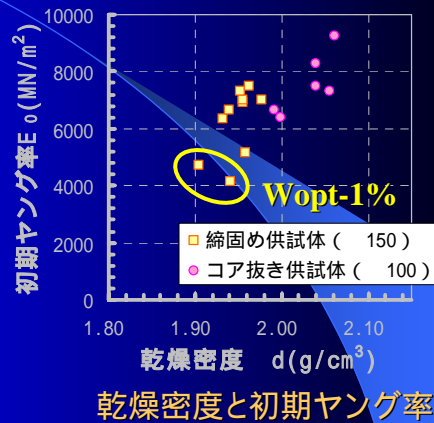
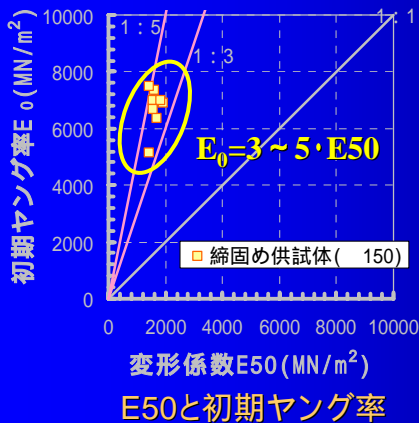


圧縮強度と初期ヤング率

- 既存資料の上方側のE<sub>0</sub>が得られた



## 室内試験結果(2)



- $E_0 = 3 \sim 5 \times E_{50}$ 、平均  $E_0$  7000MN/m<sup>2</sup>
- Wopt-1%の供試体は  $d$ 、 $E_0$ が小さい

## 4章 品質管理における 小型FWDの適用



小型FWD試験状況

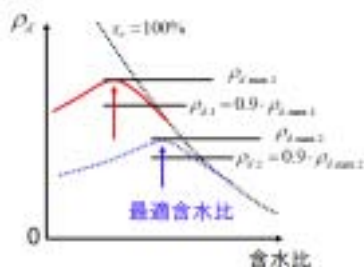
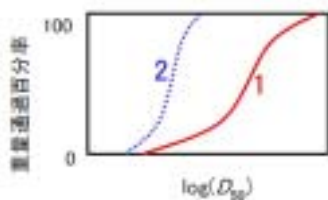
## 課題と解決法

- 性能に着目した管理を行い、達成度を把握する
- ある程度、面的に品質管理を実施する
- 締固め度はみかけの評価となっている



非破壊で強度把握ができ、かつ試験点数の増加が可能な小型FWD試験を品質管理に導入

## 品質管理での課題



- 性能規定化の流れ
- 締固め度の信頼性

- セメント安定処理の性能強度 (弾性係数)
- 締固め度Dcは変形強度特性そのものでない

# 小型FWD試験



## 試験仕様

重錘10kg,落下高50cm,載荷板直径100mm  
 載荷回数6回/地点,パツファ3個(硬度60)

土木学会: FWDおよび小型FWD運用の手引き,  
 舗装工学ライブラリー2, 2002.12

- 10kg程度の重錘を落下し、荷重と変位を得る
- 1箇所当り5分程度で試験終了(6回載荷/箇所)

## 地盤弾性係数 $E_{FWD}$

$$E_{FWD} = \frac{2 \times (1 - \nu^2) \times P}{\pi \times r \times D}$$

P: 荷重

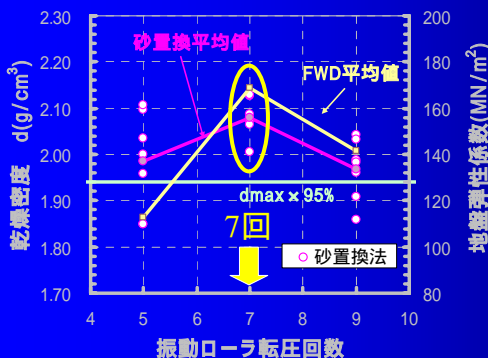
D: 変位

r: 載荷板半径

ν: ポアソン比

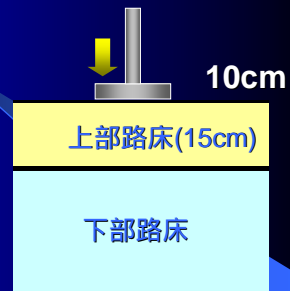
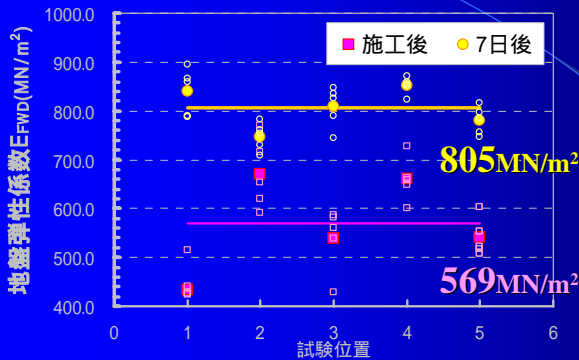
# 転圧仕様の設定

- 試験施工で転圧仕様を確認
- 小型FWD試験の品質管理値の設定



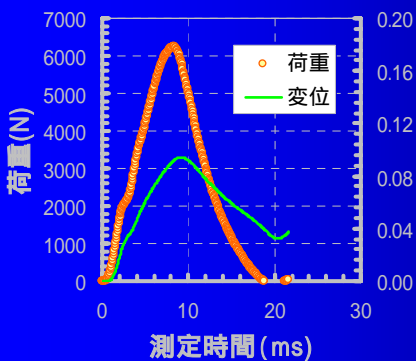
- 振動ローラ(10t級)転圧回数を7回に設定

## 小型FWD試験(1)

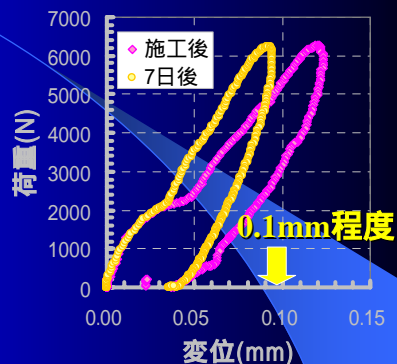


- 施工後から7日後で強度増加
- 7日後の地盤弾性係数 $E_{FWD}$  800MN/m<sup>2</sup>
- 弾性論でセメント安定処理単独の弾性係数を推定すると2600MN/m<sup>2</sup>程度

## 小型FWD試験(2)



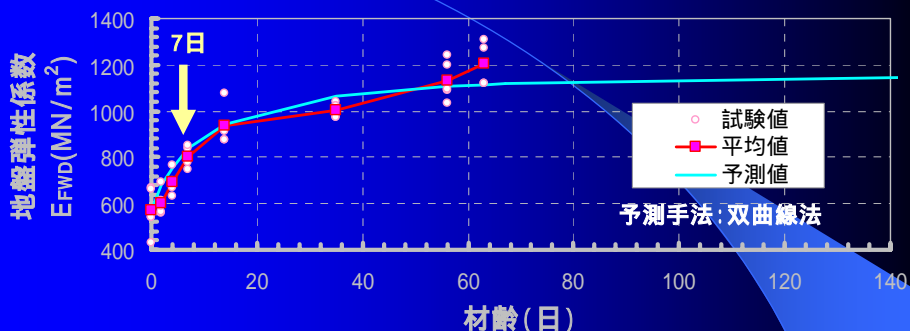
載荷時間別の荷重・変位(7日後)



変位と荷重の関係

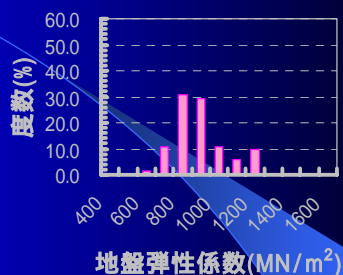
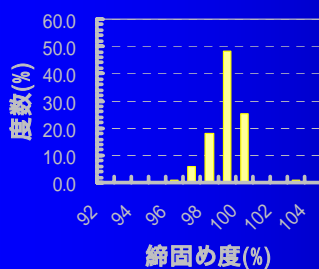
- ピーク変位は0.1mm程度のオーダー
- 荷重は施工後、7日後で大差ないが、養生に伴い変位が小さくなっている

## 小型FWD試験(3)



- 継続して試験を行った結果、強度増加が確認でき、7日時点の地盤弾性係数に対し施工から約2年経過する開港時点では、1.5倍程度の地盤弾性係数になると推定できる

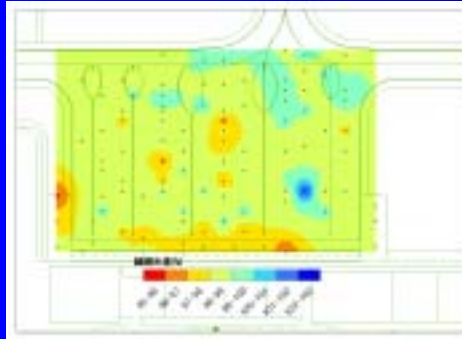
## 品質管理結果(1)



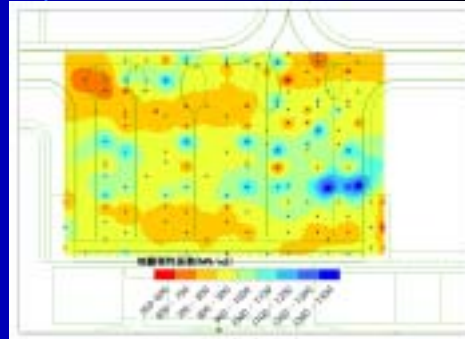
項目	品質試験結果
締固め度	平均: 98.4% 95.0 (標準偏差: 0.89)
地盤弾性係数 $E_{FWD}$	平均: 857MN/m <sup>2</sup> (標準偏差: 163) 平均目安値800MN/m <sup>2</sup> 、最小目安値590MN/m <sup>2</sup>

- 締固め度は全点95%以上
- $E_{FWD}$ の最小目安値の達成度は99%

## 品質管理結果(2)



締固め度の分布



地盤弾性係数の分布

- 小型FWDは強度に着目した管理や、面的な管理に利用していくことができると考える

## 5章 まとめ

- 現地発生材(礫質土)を適正に処理して、配合、施工仕様を設定した
- 従来工法1.0に対し、0.63のコスト縮減を図ることができた
- 微小ひずみレベルの強度特性を把握することができた
- 強度に着目した品質管理を実施することができた
- 今後、適用事例を増やすことで、小型FWDによる品質管理が有望と考える



**富士山静岡空港**

MT. FUJI SHIZUOKA AIRPORT

平成21年3月開港

ご静聴ありがとうございました