



プラスチックボードドレーン打設機の 油圧抵抗を利用した地質推定システム

～ GEO-DIVER ～

GEOlogical map Drawing system by Intrusive of VERTICAL drains



前田建設工業株式会社



錦城護謨株式会社



■ 洪水でできた沖積平野(国土面積の10%)に人口の51%,
資産の75%が集中

■ 北海道では、有機質を多量に含む高含水比の「泥炭性軟弱地盤」が分布

-
- Map of Japan showing the distribution of weak carbonaceous mudstone (泥炭性軟弱地盤) and confirmed locations of coal (珪藻土確認位置). The map includes labels for the Sea of Japan (日本海), Okhotsk Sea (オホーツク海), Pacific Ocean (太平洋), and various locations like Nemuro (根室), Kushiro (釧路), and Oshima (大島).

2

■ 軟弱地盤対策工法の種類と効果

	トラフィカビリティ確保	沈下対策	安定対策	液状化対策	地下水対策
表層処理工法	○		○		
置換工法		○	○	○	
押さえ盛土工法			○		
盛土補強工法			○		
荷重軽減工法		○	○		
緩速載荷工法			○		
載荷重工法		○	○		
圧密・排水工法		○	○		
締固め工法		○	○	○	
固結工法		○	○	○	○
注入工法		○	○	○	○
構造物工法		○	○	○	

圧密・排水工法	バーチカルドレーン工法 真空圧密工法 水平ドレーン工法 その他
締固め工法	動的締固め 静的締固め その他
固結工法	機械攪拌工法 機械攪拌＋高圧噴射工法 高圧噴射工法 その他
注入工法	多重管注入工法 浸透固化工法 その他

注) 黄色着色部分が地盤改良工法

■ PBD工法による軟弱地盤対策

- ◆ 軟弱地盤内にプラスチックボードドレーン(PBD)を多数打設することで、水平方向の排水距離を短縮し、圧密を促進させる工法
- ◆ 圧密により、軟弱地盤の強度を増加

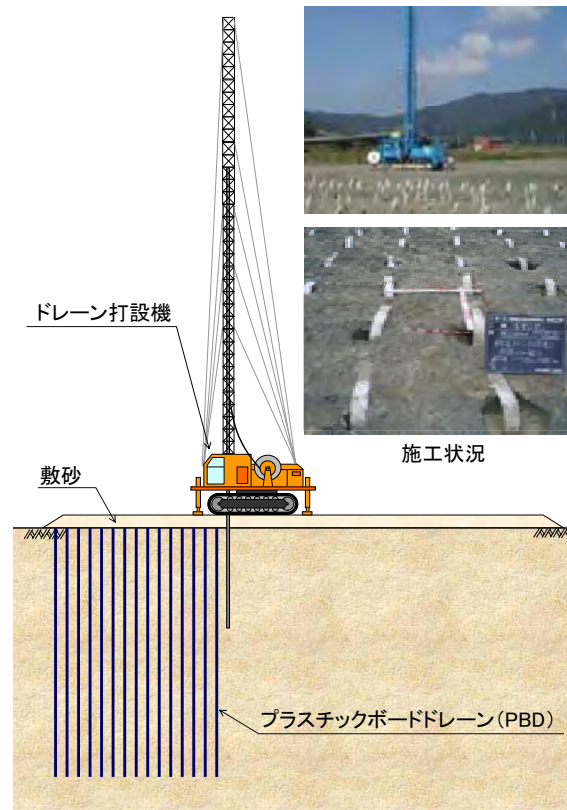
■ PBD工法の特徴

- ◆ 圧密対象(軟弱層)の層厚や分布位置が改良効果(圧密促進効果)に影響
- ◆ 地盤内の地質分布を事前に把握し、適切なPBD配置や圧密放置期間を設定することが重要



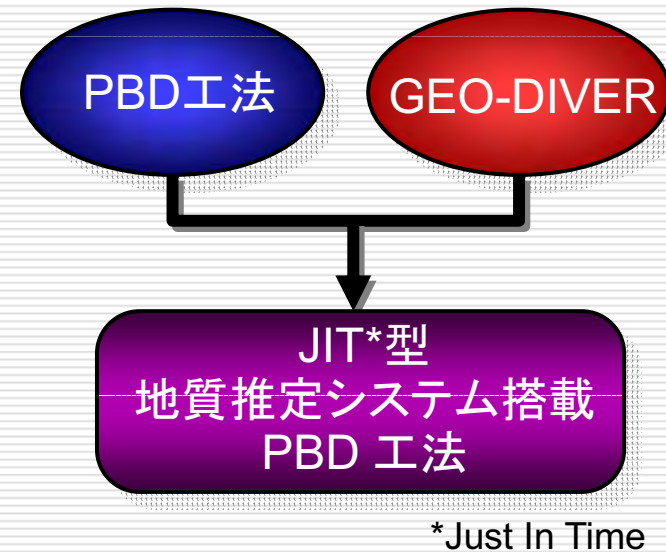
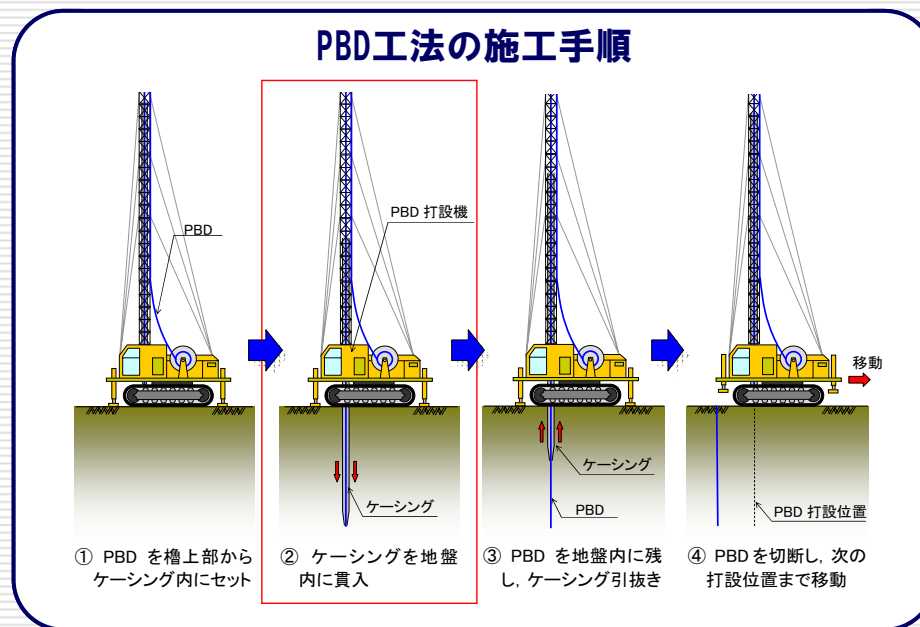
- ◆ 数箇所の事前調査結果から地盤内の地質分布を把握することは困難
- ◆ 設定した深度・範囲にPBDが打設されているかの出来形管理のみが実施され、地盤の地質分布や層序については管理・把握されない

PBD工法の模式図



■ GEO-DIVER : GEOlogical map Drawing system by Intrusive of VERtical drains

- ◆ 前田建設工業(株)と金城護謨(株)の共同開発
- ◆ PBDの打設・施工が、静的コーン貫入試験と酷似していることに着目
- ◆ ケーシング貫入時に地盤強度をリアルタイムで推定するシステム





GEO-DIVERの特徴（1）

■ GEO-DIVERの特徴

（1）PBDの施工と同時に地盤強度を推定

- ◆ 施工管理用オシロデータを地盤強度定数（コーン貫入抵抗）へ変換

（2）追加の計測設備や測定手間は不要

- ◆ 計測に必要な大掛かりな設備の追加や、測定のための新たな手間は不要

（3）連続的かつ多次元的な地盤情報を取得

- ◆ PBDの施工データを集計することで、連続的かつ多次元的な地盤情報を取得

（4）軟弱地盤改良工の高度化を実現

- ◆ 地盤情報を解析技術にフィードバックし、地盤変形量などを高精度に予測

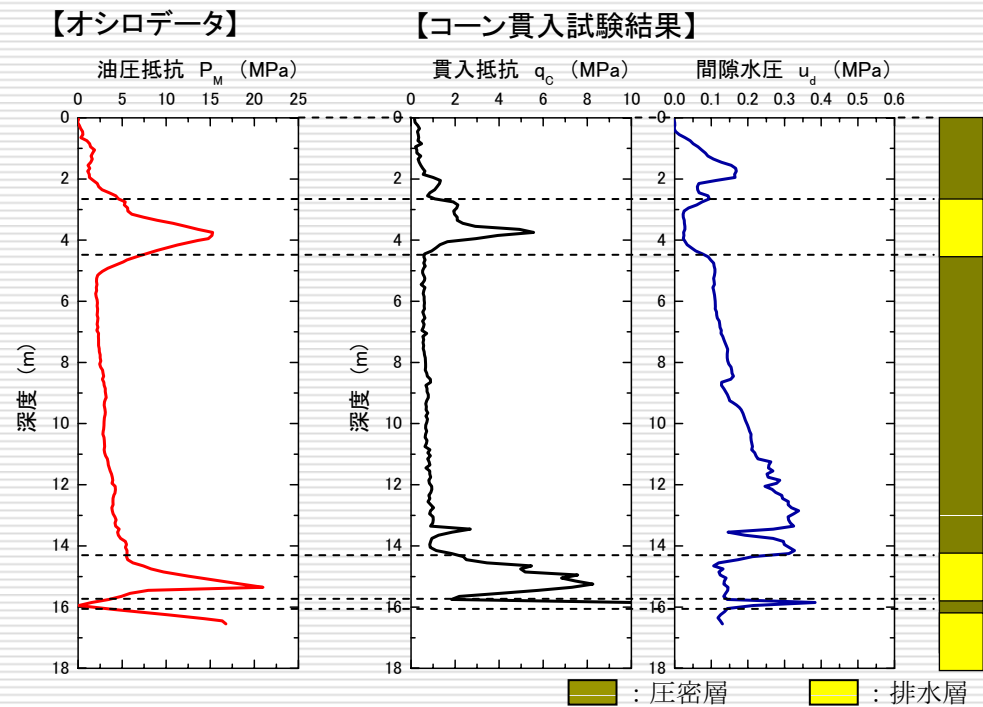
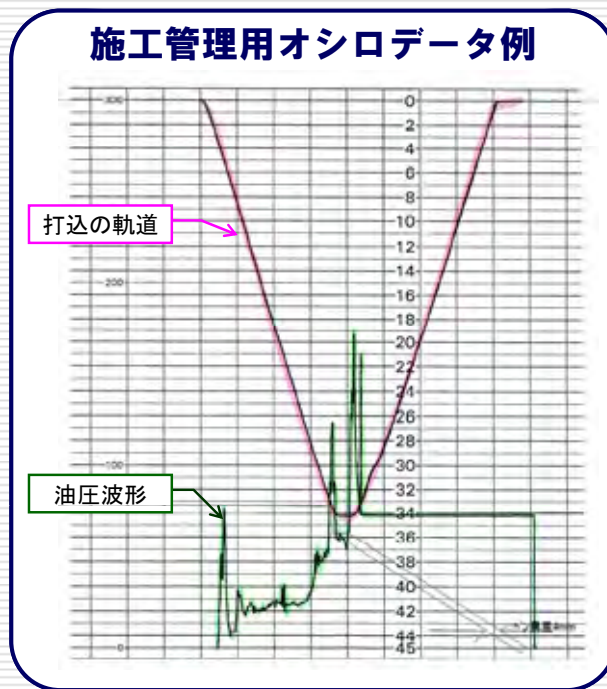


MAEDA

GEO-DIVERの特徴 (1)

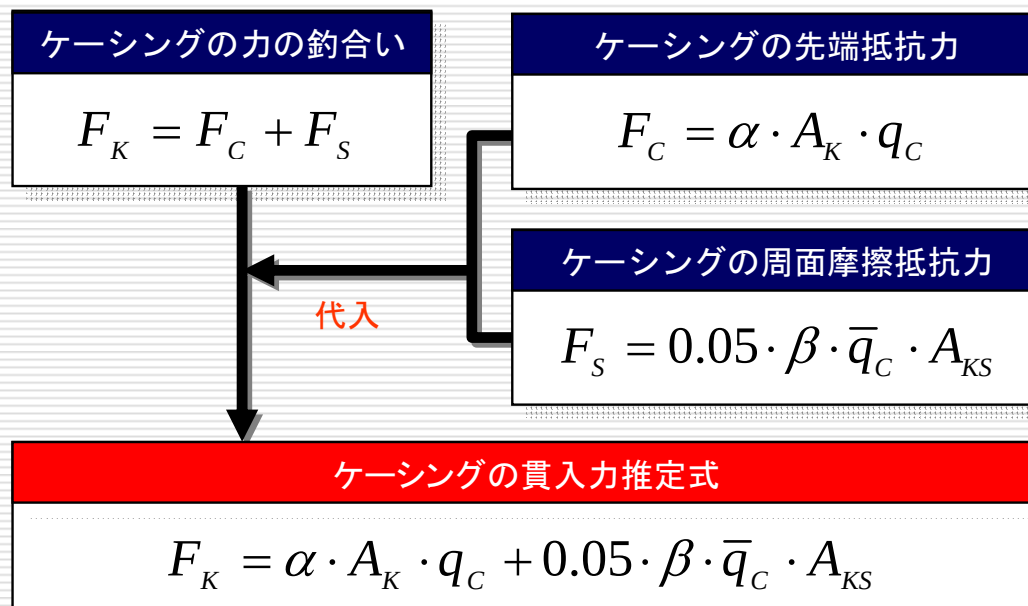
■ 施工管理用オシロデータの利用

- ◆ 施工管理用オシロデータとコーン貫入試験結果には相関性が確認
- ◆ 施工管理用オシロデータを地盤強度(コーン貫入抵抗)に変換



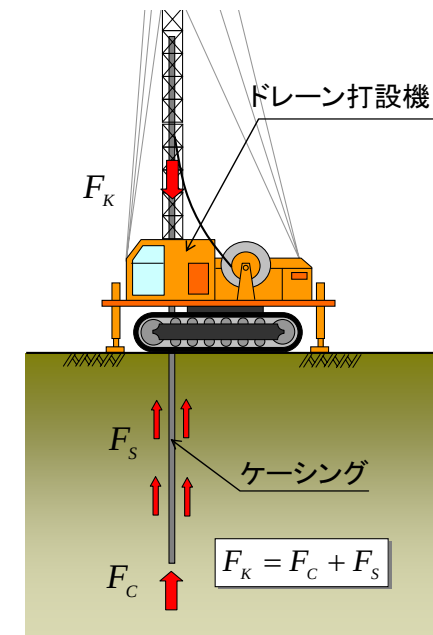
■ コーン貫入抵抗の推定式

- ◆ PBD打設中のケーシングの力の釣合い式からコーン貫入抵抗の推定式を誘導



q_C : コーン貫入抵抗 A_K : ケーシング断面積
 α, β : 影響係数 A_{KS} : ケーシング周面積

ケーシングの力の釣合い



F_K : ケーシング貫入力
 F_C : ケーシング先端抵抗力
 F_S : ケーシング周面摩擦抵抗力

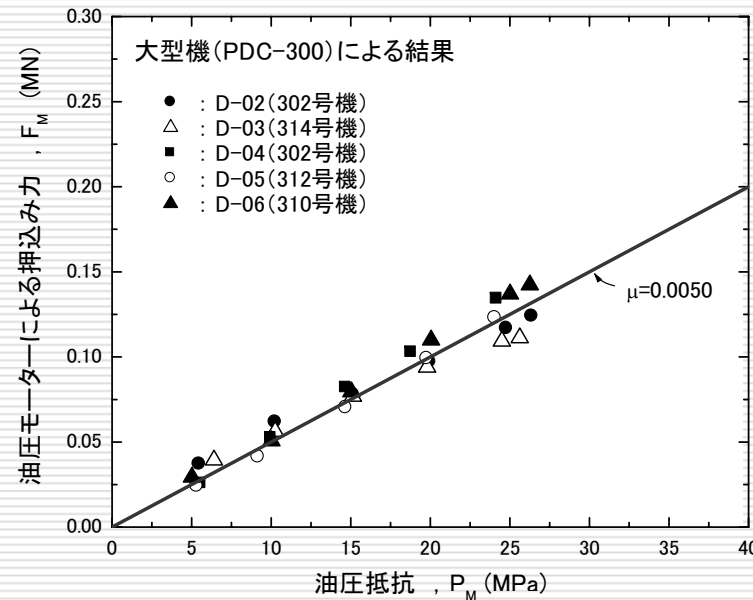
■ ケーシング貫入力と油圧抵抗(オシロデータ)の関係

- ◆ 施工管理用オシロデータとは, 油圧モーターに作用する油圧抵抗値
- ◆ ドレーン打設機の校正係数 μ を用いて, ケーシング貫入力を算定
- ◆ 貫入力検定試験より, 校正係数 μ を取得

ケーシング貫入力

$$F_K = \mu \cdot P_M + W$$

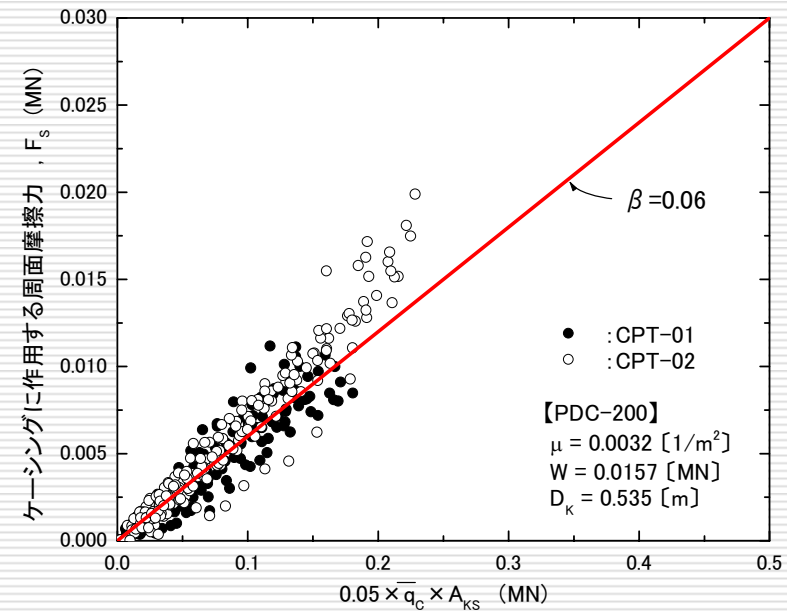
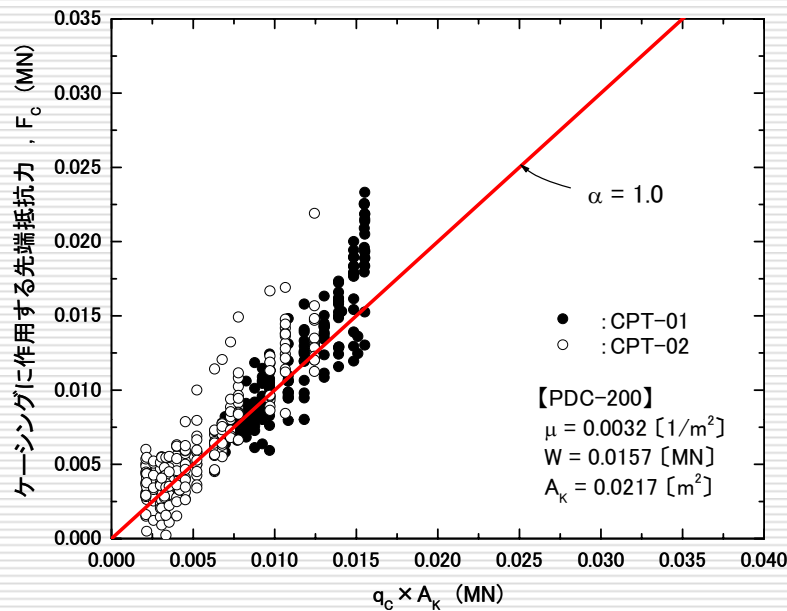
P_M : 油圧抵抗(オシロデータ)
 μ : ドレーン打設機の校正係数
 W : ケーシング重量



貫入力検定試験

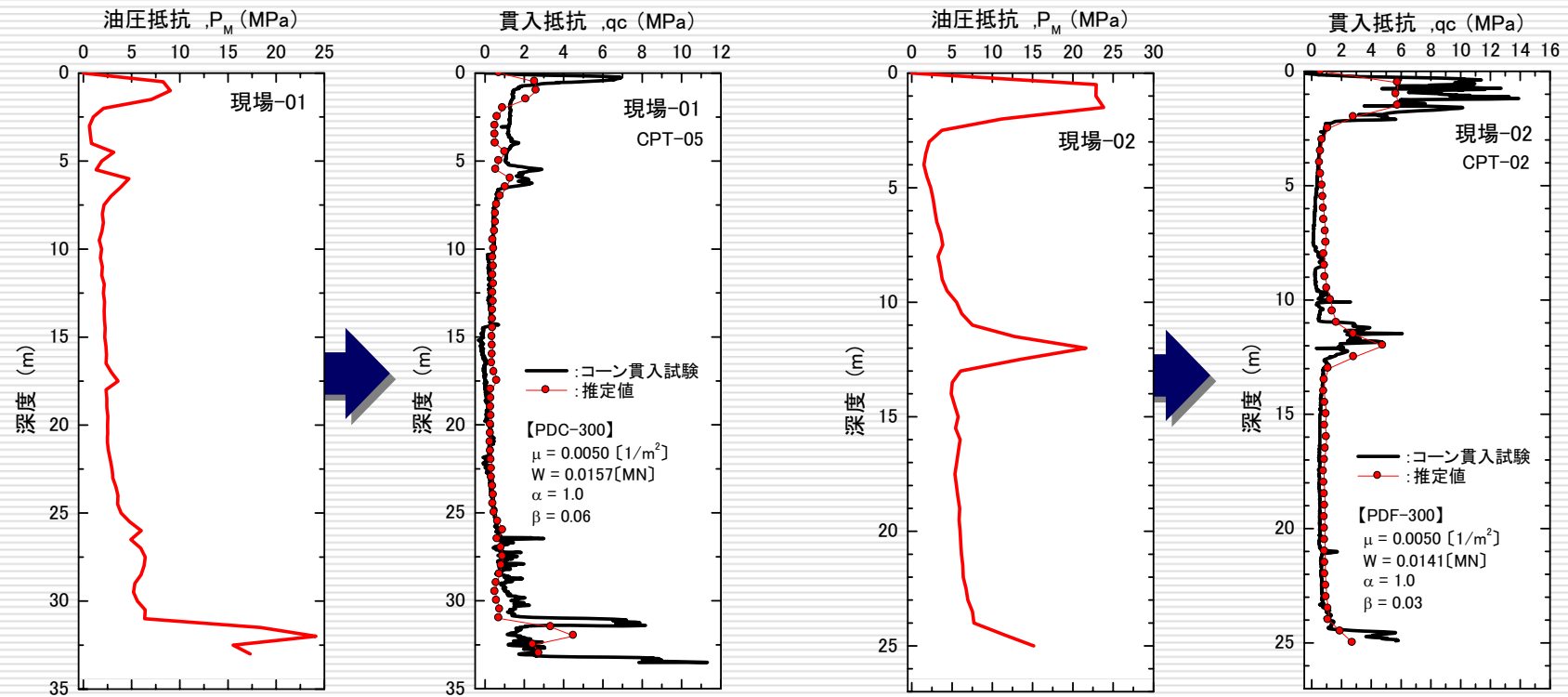
■ 推定式における影響係数 α , β

- ◆ 影響係数 α : ケーシング先端に作用する影響(先端形状, 貫入速度等)
- ◆ 影響係数 β : ケーシング周面に作用する影響(摩擦, リモールド等)
- ◆ ケーシング打設試験から, 影響係数 α , β を算出



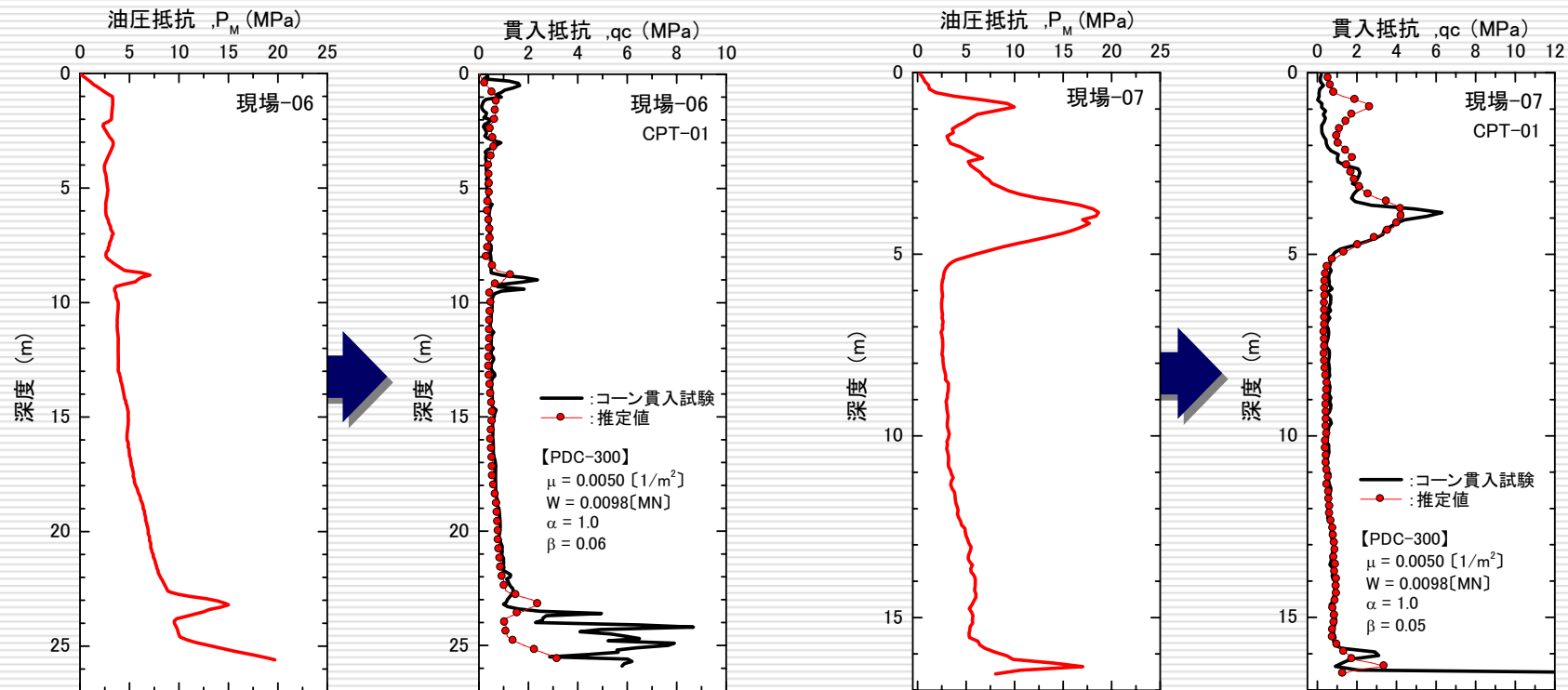
■ 地盤強度推定事例(コーン貫入試験結果との比較)

- ◆ PBD打設時の油圧抵抗から推定した貫入抵抗と静的コーン貫入試験による貫入抵抗はほぼ一致



■ 地盤強度推定事例(コーン貫入試験結果との比較)

- ◆ PBD打設時の油圧抵抗から推定した貫入抵抗と静的コーン貫入試験による貫入抵抗はほぼ一致





GEO-DIVERの特徴 (2)

■ GEO-DIVERの特徴

(1) PBDの施工と同時に地盤強度を推定

- ◆ 施工管理用オシロデータを地盤強度定数(コーン貫入抵抗)へ変換

(2) 追加の計測設備や測定手間は不要

- ◆ 計測に必要な大掛かりな設備の追加や, 測定のための新たな手間は不要

(3) 連続的かつ多次元的な地盤情報を取得

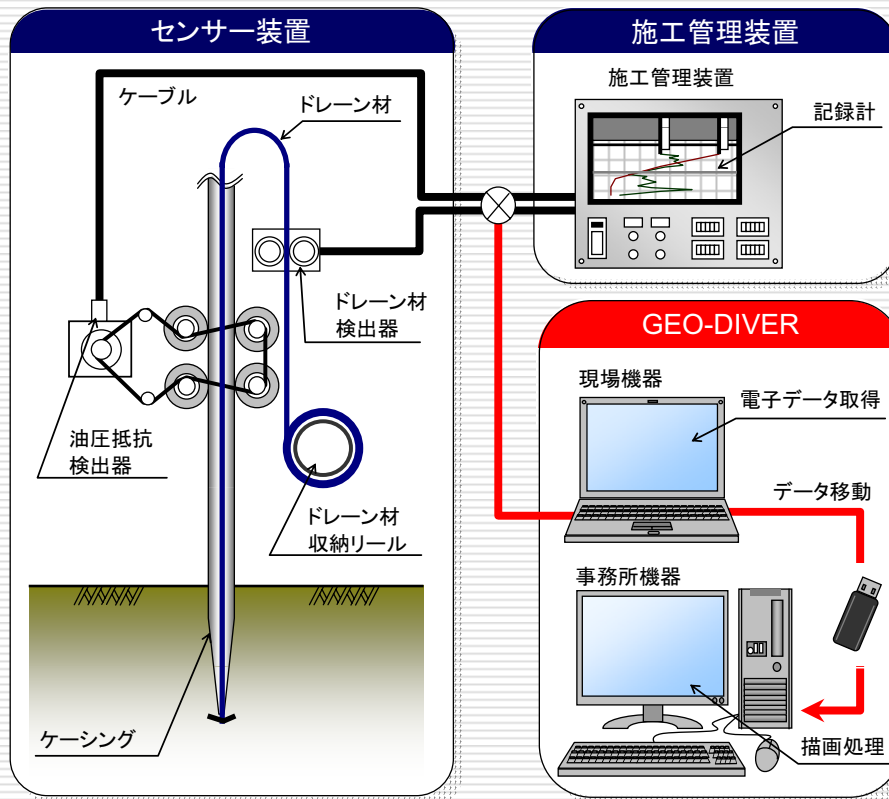
- ◆ PBDの施工データを集計することで, 連続的かつ多次元的な地盤情報を取得

(4) 軟弱地盤改良工の高度化を実現

- ◆ 地盤情報を解析技術にフィードバックし, 地盤変形量などを高精度に予測

GEO-DIVERの特徴 (2)

■ GEO-DIVERのシステム構成



- ◆ 従来の施工管理装置からケーブルを分岐し, オシロデータをモバイルパソコンで取得



- ◆ 計測用センサー等を追加する必要がなく, 簡易にシステムの導入が可能
- ◆ PBDの施工を阻害しない (施工速度は従来通り)



GEO-DIVERの特徴 (3)

■ GEO-DIVERの特徴

(1) PBDの施工と同時に地盤強度を推定

- ◆ 施工管理用オシロデータを地盤強度定数(コーン貫入抵抗)へ変換

(2) 追加の計測設備や測定手間は不要

- ◆ 計測に必要な大掛かりな設備の追加や, 測定のための新たな手間は不要

(3) 連続的かつ多次元的な地盤情報を取得

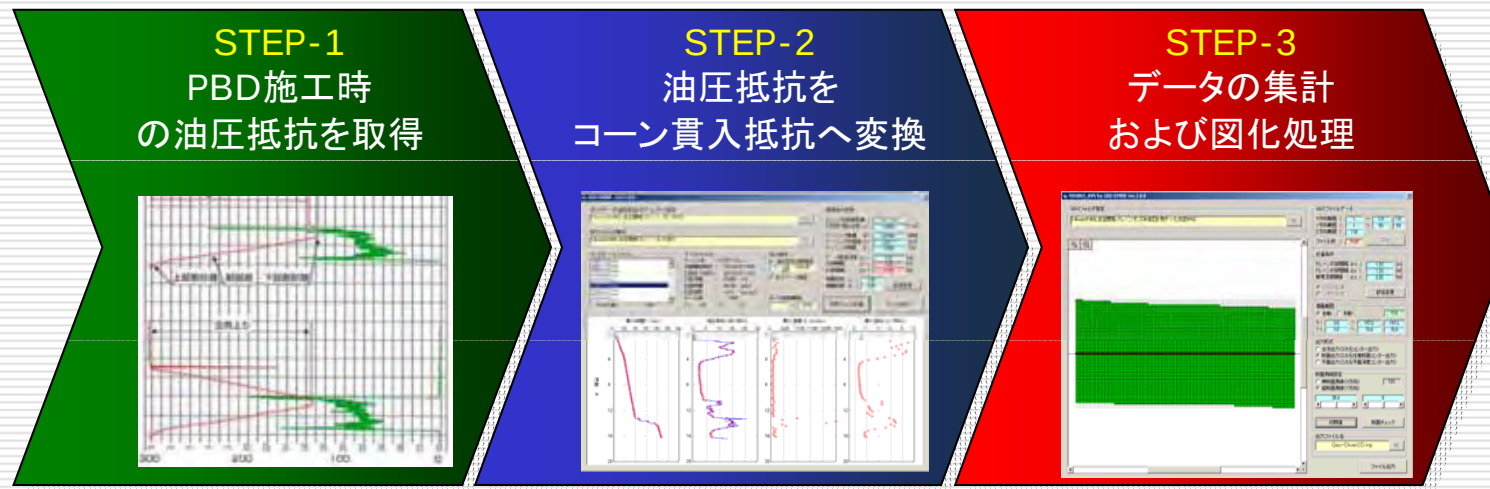
- ◆ PBDの施工データを集計することで, 連続的かつ多次元的な地盤情報を取得

(4) 軟弱地盤改良工の高度化を実現

- ◆ 地盤情報を解析技術にフィードバックし, 地盤変形量などを高精度に予測

GEO-DIVERの特徴 (3)

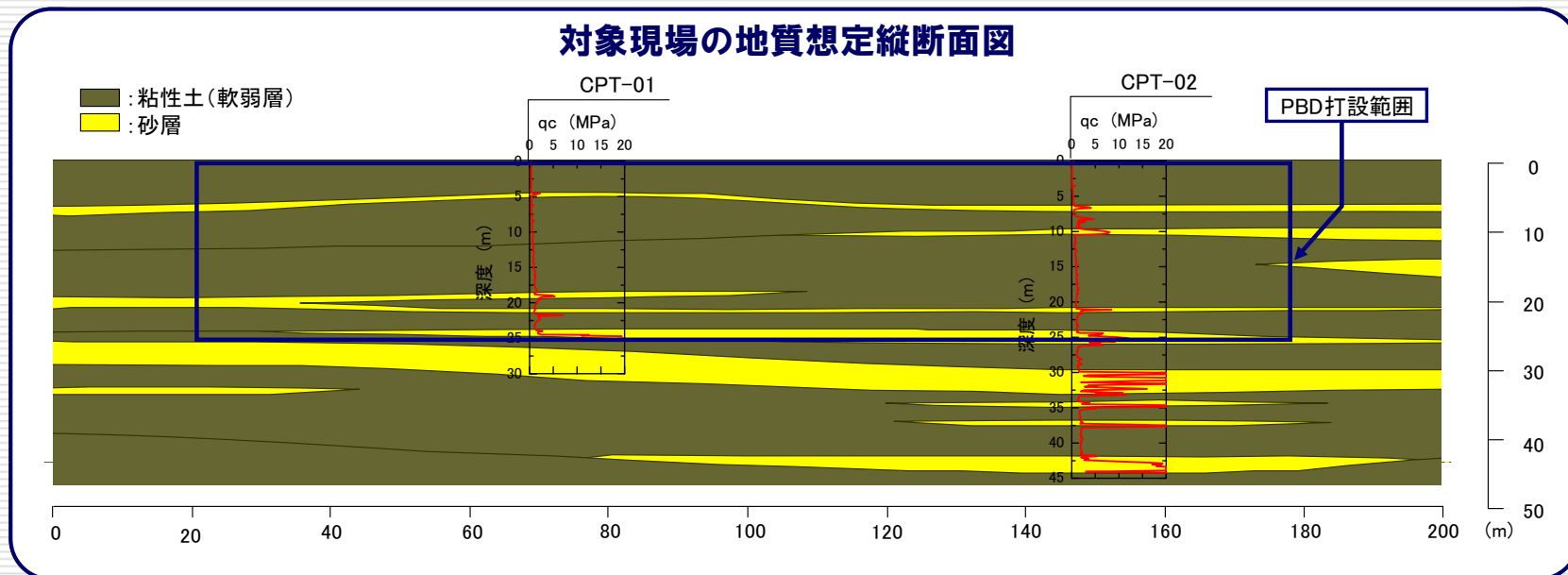
■ GEO-DIVERの処理フロー



- ◆ PBD工法では, 圧密促進のために0.6~1.5m程度の間隔でPBDを多数打設する
- ◆ 施工データを集計することで, 連続的かつ多次元的に地盤の強度分布を把握することが可能

■ GEO-DIVERの適用事例

- ◆ PBDは深度25m付近までを対象として1.2m × 1.2mの正方配置で施工
- ◆ 軟弱層(粘性土, 腐植土)の間に排水層(砂層)が複雑に堆積



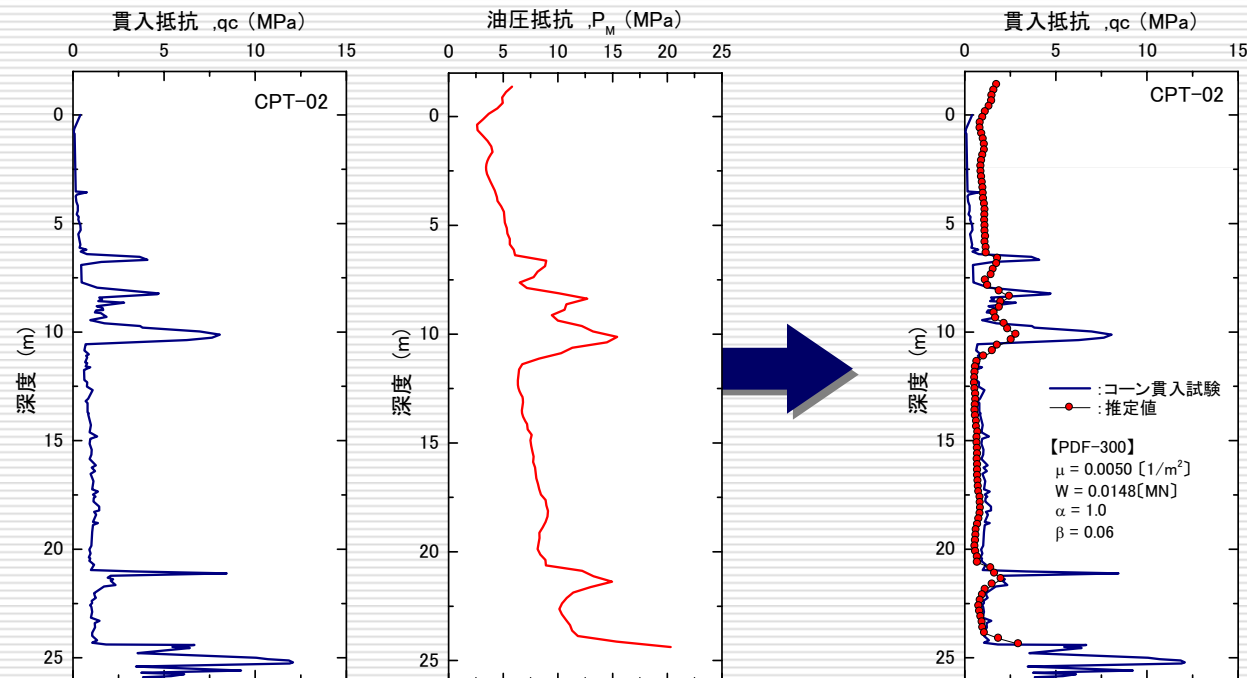


MAEDA

GEO-DIVERの特徴 (3)

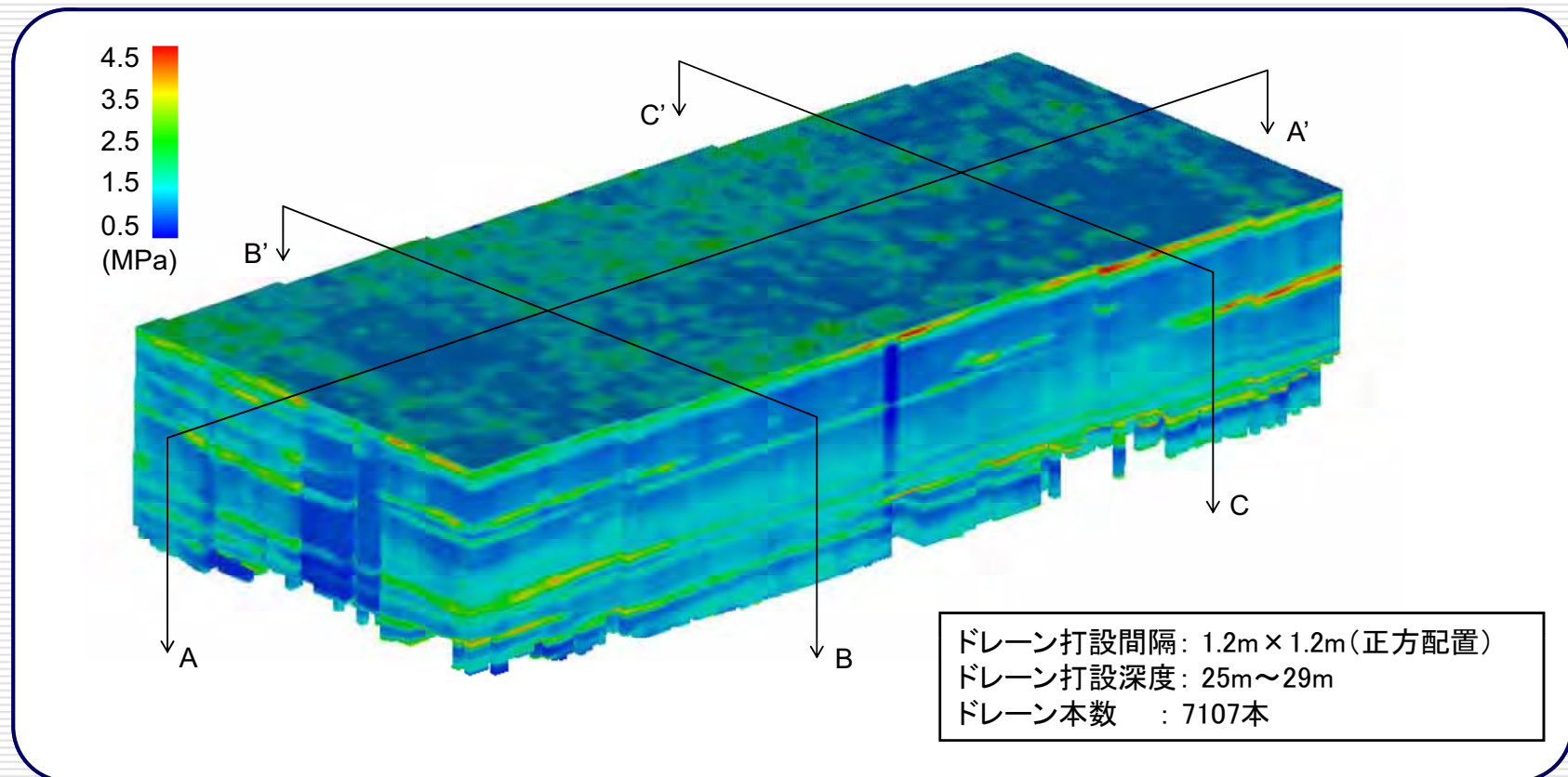
■ GEO-DIVERの適用事例(油圧抵抗の変換)

- ◆ 施工したPBD打設時の油圧抵抗から推定した貫入抵抗(合計7,107本)を集計し図化处理

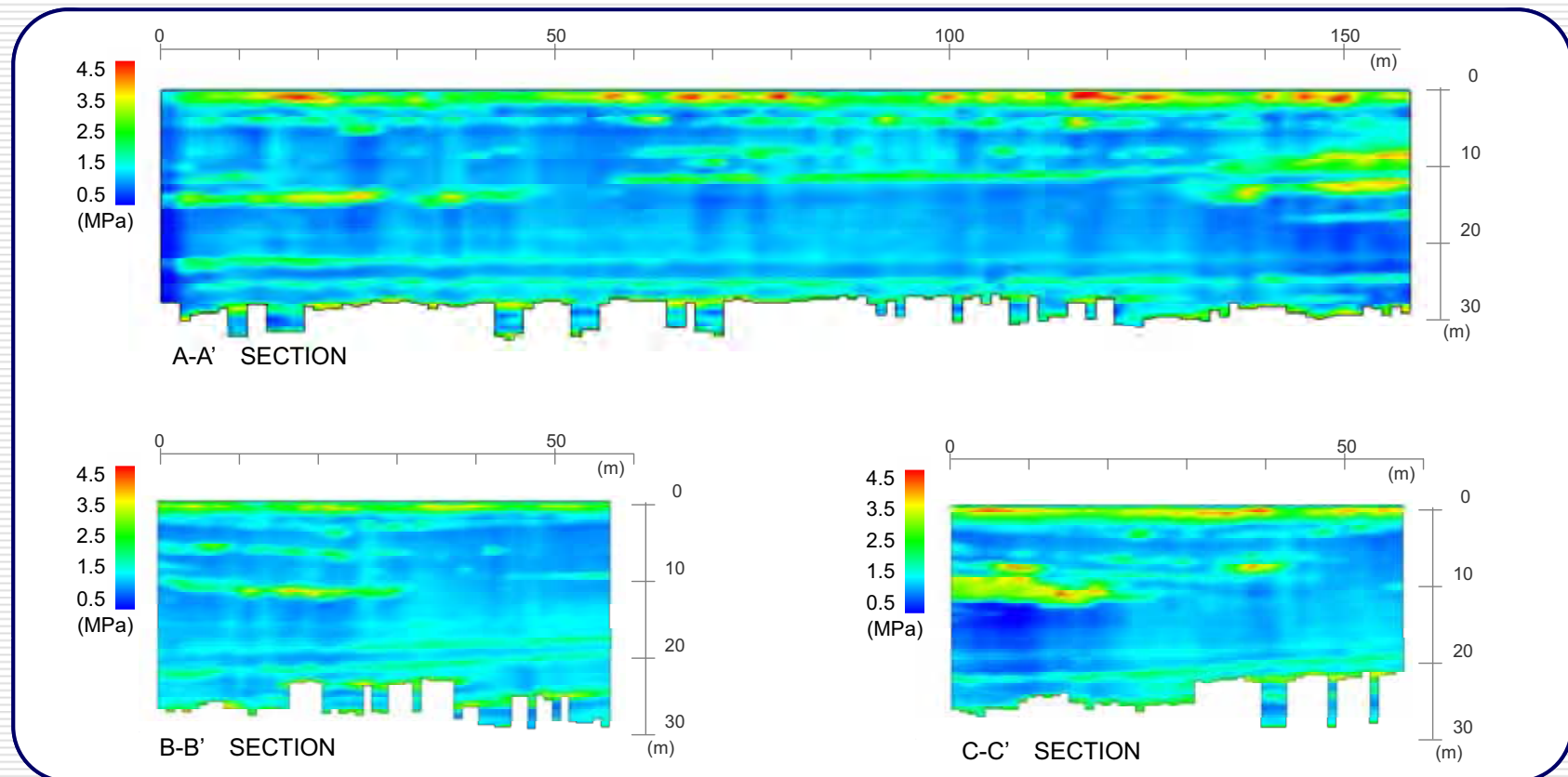


GEO-DIVERの特徴 (3)

■ GEO-DIVERの適用事例(三次元地盤強度分布)

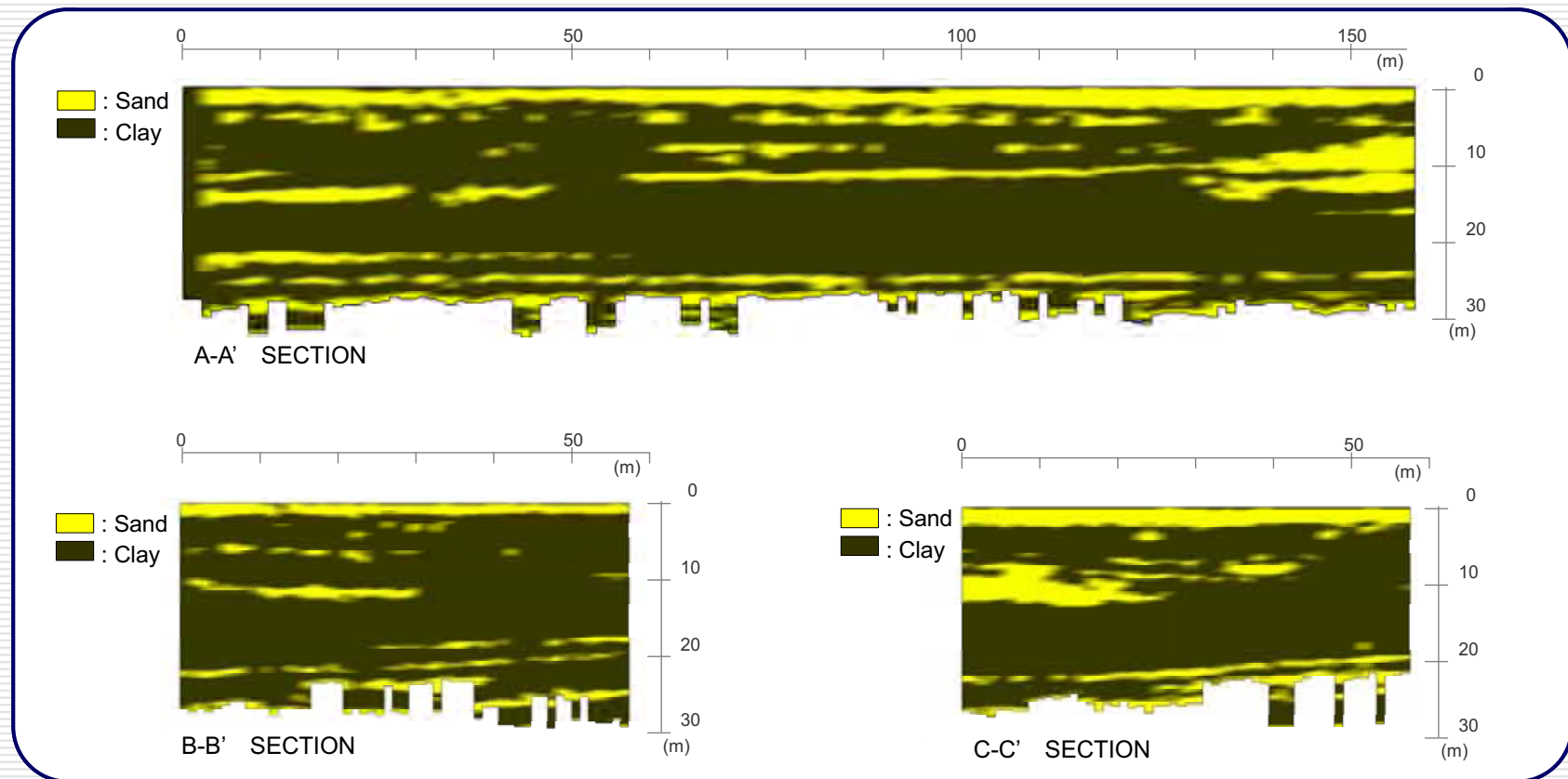


■ GEO-DIVERの適用事例(二次元地盤強度分布)



※ 貫入抵抗が大きい表層部分は、敷砂施工による影響

■ GEO-DIVERの適用事例(二次元地質推定図)



※ 貫入抵抗が大きい表層部分は、敷砂施工による影響



GEO-DIVERの特徴（4）

■ GEO-DIVERの特徴

（1）PBDの施工と同時に地盤強度を推定

- ◆ 施工管理用オシロデータを地盤強度定数（コーン貫入抵抗）へ変換

（2）追加の計測設備や測定手間は不要

- ◆ 計測に必要な大掛かりな設備の追加や、測定のための新たな手間は不要

（3）連続的かつ多次元的な地盤情報を取得

- ◆ PBDの施工データを集計することで、連続的かつ多次元的な地盤情報を取得

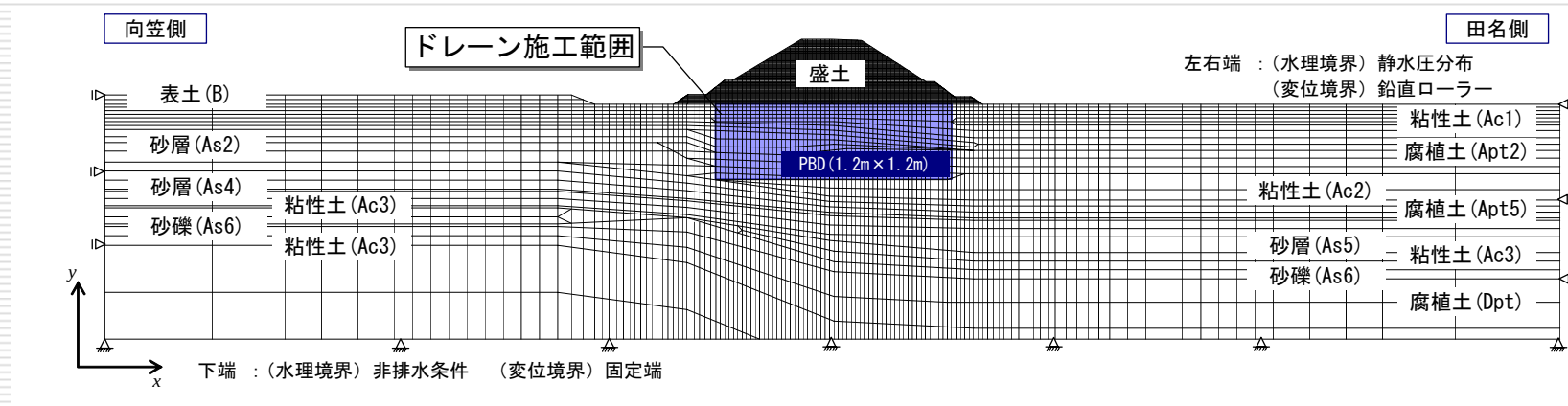
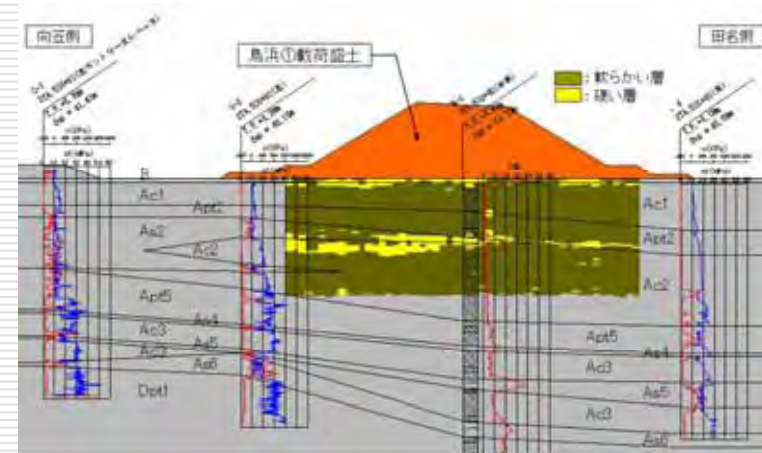
（4）軟弱地盤改良工の高度化を実現

- ◆ 地盤情報を解析技術にフィードバックし、地盤変形量などを高精度に予測

GEO-DIVERの特徴 (3)

■ FEM解析への適用事例①

- ◆ GEO-DIVERから得られた地質分布を, 2次元FEM解析のメッシュ図に反映
- ◆ PBDによる地盤改良部分は, **拡張マクロ・エレメント法※**でモデル化



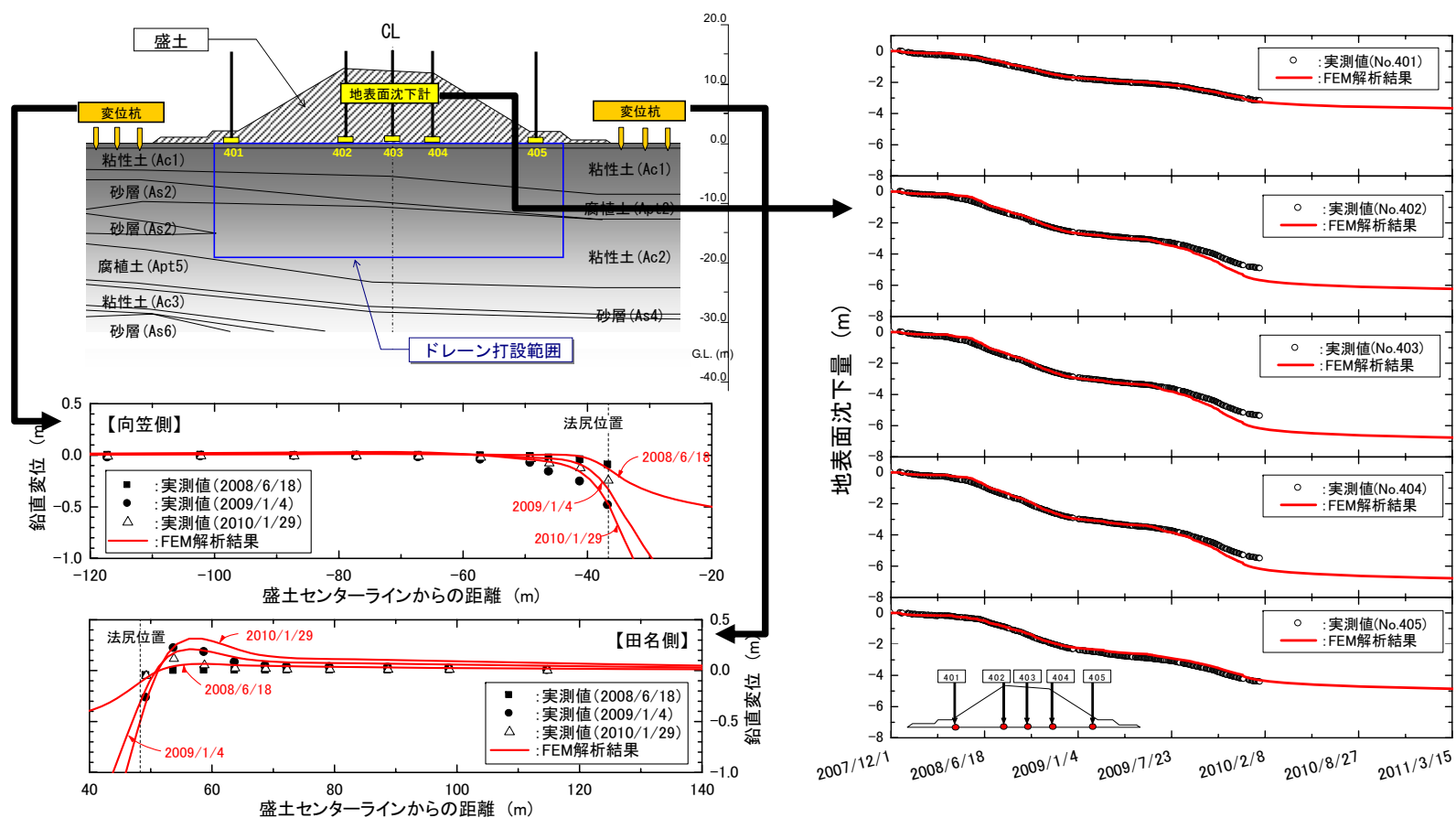
※ 拡張マクロ・エレメント法は前田建設工業(株)が独自に開発した解析手法です



MAEDA

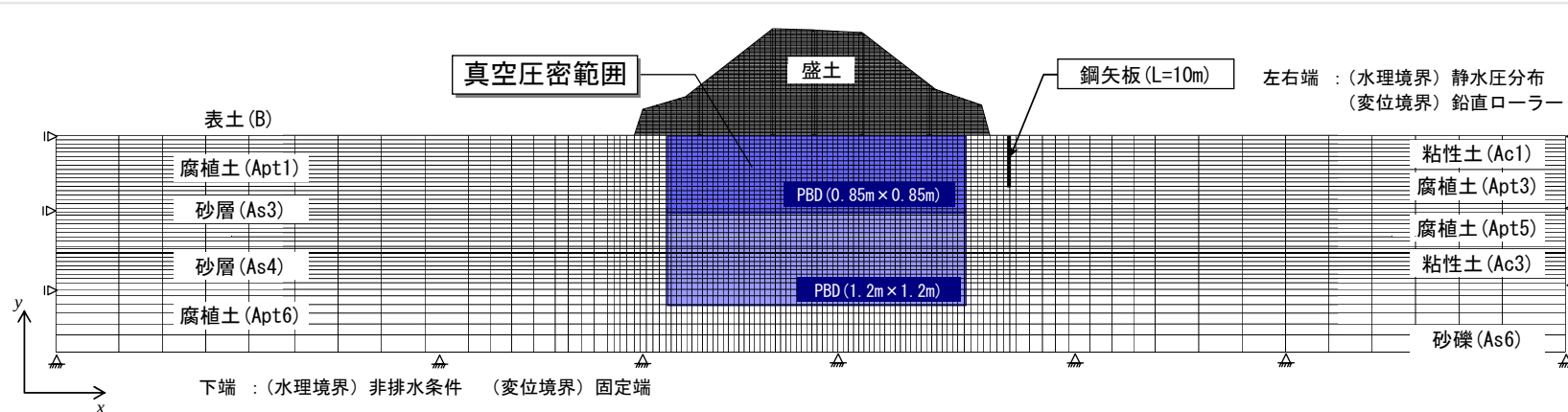
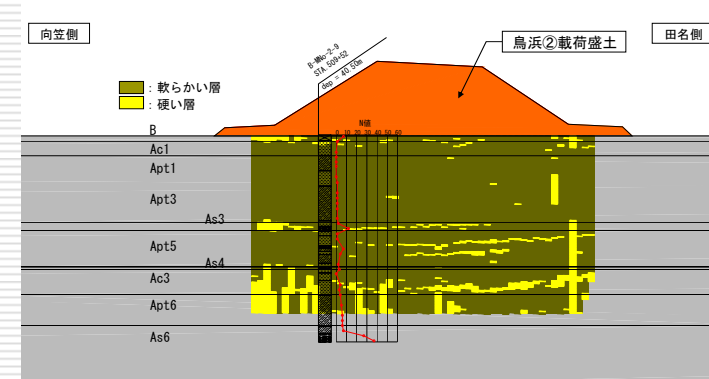
GEO-DIVERの特徴 (4)

FEM解析への適用事例①



■ FEM解析への適用事例②

- ◆ GEO-DIVERから得られた地質分布を, 2次元FEM解析のメッシュ図に反映
- ◆ PBD(真空圧密)による地盤改良部分は, 拡張マクロ・エレメント法でモデル化

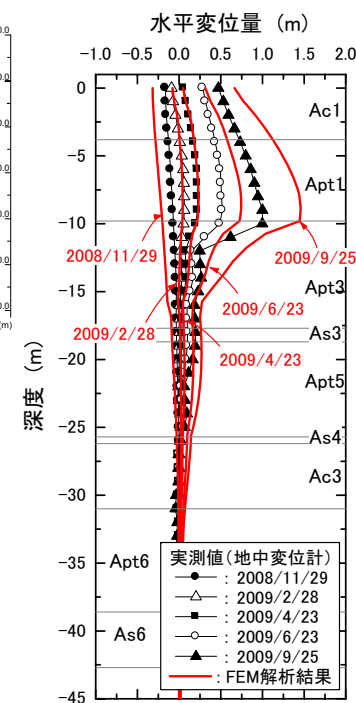
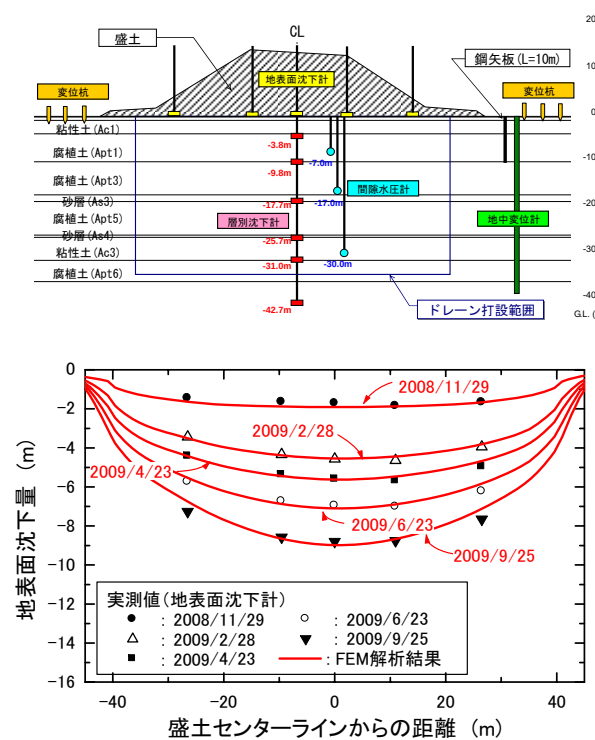
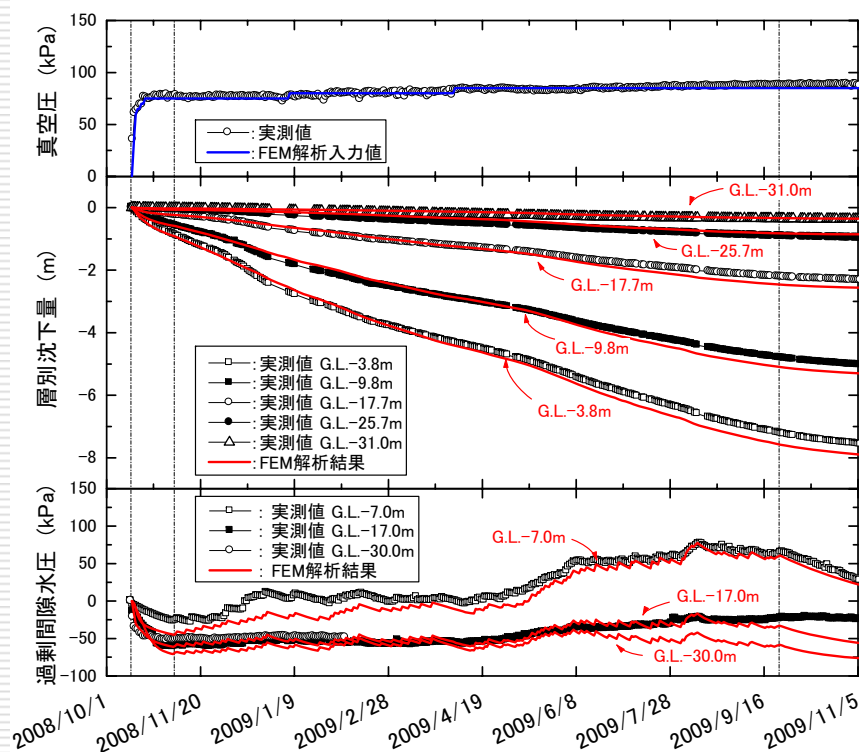




MAEDA

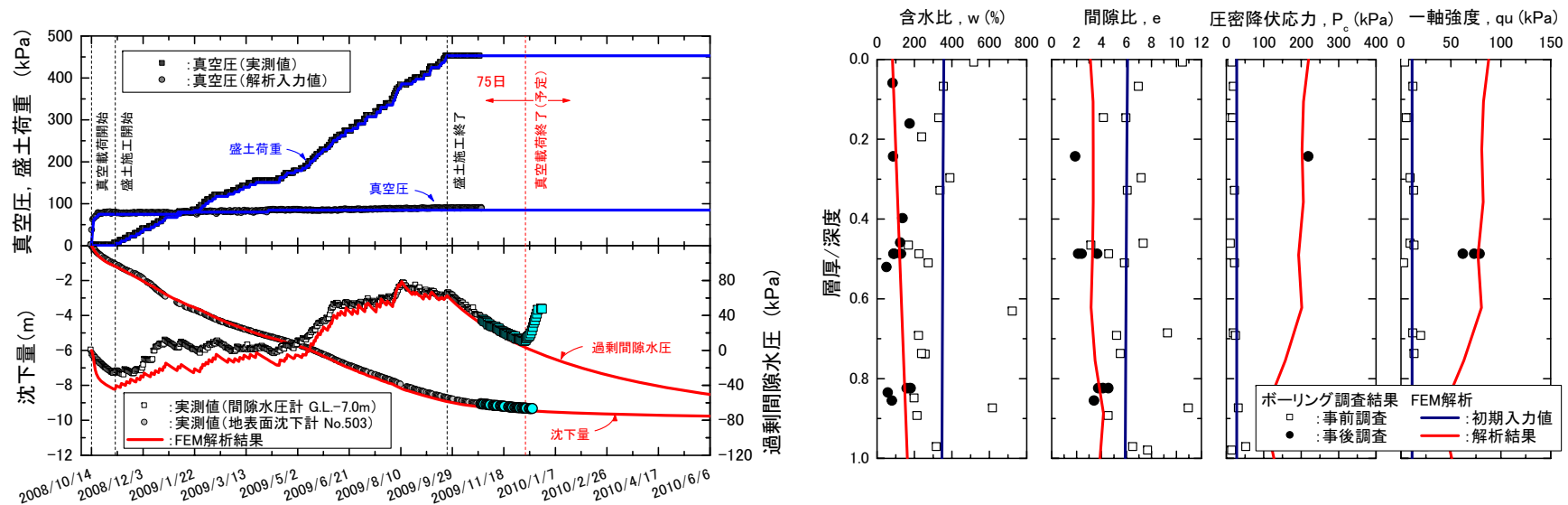
GEO-DIVERの特徴 (4)

FEM解析への適用事例②



■ FEM解析への適用事例②

- ◆ FEM解析を用いた沈下予測や施工速度の検討
- ◆ 盛土施工後の真空ポンプ停止時期の検討
- ◆ 改良後の地盤強度の評価・予測



GEO-DIVER導入による効果

■ GEO-DIVER導入による効果

- ◆ 不具合の未然防止
- ◆ PBDの改良効果確認
- ◆ 不等沈下や周辺影響に対する精度の高い予測
- ◆ 施工管理・施工計画への反映



□ 軟弱地盤における安定的な施工を実現