

1

土研新技術ショーケース2010 in 仙台

杭と地盤改良を併用した複合地盤杭基礎
 による橋梁基礎の合理化技術
 — 軟弱地盤を克服する新基礎形式 —

CERI 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所
 寒地基礎技術研究グループ 寒地地盤チーム

2

CERI 新技術開発の背景

道路機能ニーズの多様化・道路幹線網の整備促進
 急峻な地形・多数の河川・都市部の土地利用

↓

構造物基礎 → 良質な地盤のみではなく、
 不良土・特殊土での施工が不可避

↓

■ 特殊土（泥炭・火山灰）を克服する新基礎設計法
 ■ 建設コスト縮減

3

CERI 複合地盤杭基礎の研究開発

従来設計法 → 複合地盤杭基礎

定義： 軟弱地盤や液状化地盤中に施工する杭の周辺に固結工法・載荷重工法・サンドコンパクションパイル工法の複合地盤を形成し、地盤改良による増加せん断強度を杭の水平拵抗・支持力に反映する設計施工法

コンセプト： 建設コスト縮減・耐震性向上

4

CERI 複合地盤杭基礎の建設コスト縮減効果

実用化： H15～H21年 北海道内15現場で採用

建設コストが -15 ~ -45% (平均 -30%)
 大幅に削減

5

CERI 基本設計法-1

設計前提： 杭基礎の設計法
 改良地盤（複合地盤）= 反力体

固結工法の改良強度範囲 $qu = 200 \sim 500 \text{ kN/m}^2$
 ↓
 地盤構成則（地盤として扱う） = 材料試験・数値解析
 ↓
 剛性 = 粘性土地盤の約100倍程度、それに対し杭剛性は場所打ち $2.5 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ 、鋼管杭 $2.0 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ と極めて大きい
 改良体は基礎の代用とはならない

6

CERI 基本設計法-2

水平拵抗 → 極限平衡状態の釣合い
 くさび理論の受働土圧領域
 モール・クーロンの破壊基準
 杭水平拵抗領域
 ↓
 地盤改良領域

杭の特性長 $1/\beta$
 着底が望ましい = 境界部せん断力
 受働土圧領域 $\theta = 45^\circ + \phi/2$

杭周辺の地盤改良領域
 (3次元四角形領域)

CERI
COLL REGION

7

基本設計法一三

杭の水平抵抗力 (水平地盤反力)
 $K = \alpha \cdot E / 0.3 \left((D/\beta)^{1/4} \cdot 1/0.3 \right)^{-3/4}$

① 固結工法

$C = C_p \cdot ap + as \cdot Co (1 - ap)$
 $C_p = qup/2, Co = qu0/2, ap = Ap/A$

C_p : 改良柱体のせん断強度
 Co : 原地盤のせん断強度

↓

$Ep = 100qup$
 $E = Ep \cdot ap + as \cdot Eo (1 - ap)$

Ep : 改良柱体の変形係数
 Eo : 原地盤の変形係数

改良柱体の強度と変形係数

CERI
COLL REGION

8

② 載荷重工法
プレロード・真空圧密工法

$C = C_0 + \Delta C = C_0 + m \cdot Ap \cdot U$

C_0 : 原地盤のせん断強度
 ΔC : 圧密による増加せん断強度 = ΔE (同等比)

試験施工で変形係数を再照査するのが望ましい

③ サンドコンパクションパイル工法

$K = ks \cdot as + kc(1 - as)$

直接的にK値算定が可能
 as : 改良率 砂杭のN値10-15程度

CERI
COLL REGION

9

現場載荷試験による設計法検証

現場載荷試験による設計法検証

複合地盤杭工法を採用した橋梁一般図・土質柱状・地盤改良形状

地盤改良 DJM工法 $a_{UD} = 200 \text{ kN/m}^2$ 改良率 78.5%

CERI
COLL REGION

10

現場水平載荷試験

現場載荷試験実施の写真

試験装置・ひずみゲージ

CERI
COLL REGION

11

水平載荷試験結果 H-y

杭水平載荷試験結果 (H~y)

* 提案設計法=杭の地盤反力法 成立 *

CERI
COLL REGION

12

現場鉛直載荷試験

場所打ち杭 径1200mm L=48.5m n=2×3(当初4列)
 地盤改良工 粉体系機械攪拌 DJM工法
 $a_{UD} = 200 \text{ kN/m}^2$ 改良率 78.5%

CERI GOLD REGION 13

改良体内で軸力・周面摩擦発現
 $f = C = qu_p / 2$

ネガティブフリクション (NF)

$$Ra = 1/1.5 (Ru' - Ws) + Ws - (NF + W)$$

* 杭支持力=改良体・杭接合 問題なし*

CERI GOLD REGION 14

<技術的懸案>

懸案A. 基礎の施工管理はどうするのか?

懸案B. 杭変形で改良体は損傷しないか?

懸案C. 地震時の基礎挙動に問題はないか?

<道路橋が定める要求性能・限界状態の確保>

■ 常時・L1 基礎が健全性を損なわず弾性挙動
 ■ L2 塑性限界性能 許容塑性率

CERI GOLD REGION 15

懸案A 施工管理法 = 施工カルテ策定

<施工手順>

- ① 地盤改良 (変動係数低減管理=上限30%)
 - ・羽根切り回数 450回/m
 - ・一軸圧縮試験 頻度増加
 - ・三軸圧縮試験 設計値検証 均一性=並列ばね確保
- ② 杭施工 (改良体の損傷回避)
 - ・全周回転方式場所打ち杭
 - ・鋼管ソイルセメント杭 (同軸オーガ) 改良体と杭の接合確保

* 施工カルテに記載 *

- ・施工管理
- ・メンテナンス
- ・地震後の検証

CDM工法

CERI GOLD REGION 16

懸案B 地盤反力照査・杭許容水平変位低減

実大規模実験: 杭の静的力学挙動・改良体の健全性評価

載荷試験 = 杭径10cm 改良体強度 $qu=200kN/m^2$ 相当

設計ルール

- ・常時 地盤反力照査 < 改良体の受働土圧
- ・レベル1地震時 杭許容水平変位量 杭径0.5% (通常1%)

改良体が損傷せず杭の弾性地盤反力法が成立

CERI GOLD REGION 17

懸案C1 複合地盤杭基礎の大規模地震時の耐震性

耐震性検討1: 動的非線形有限要素法解析

試験現場 鋼路管内 道路橋

場所打ち杭 杭径1200mm L=13m n=3×5(当初5列)

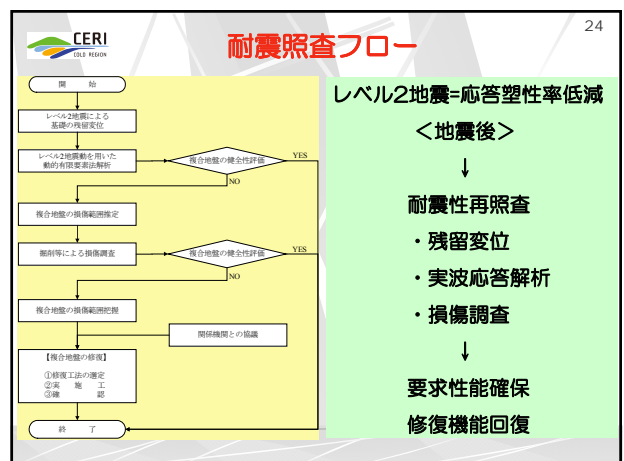
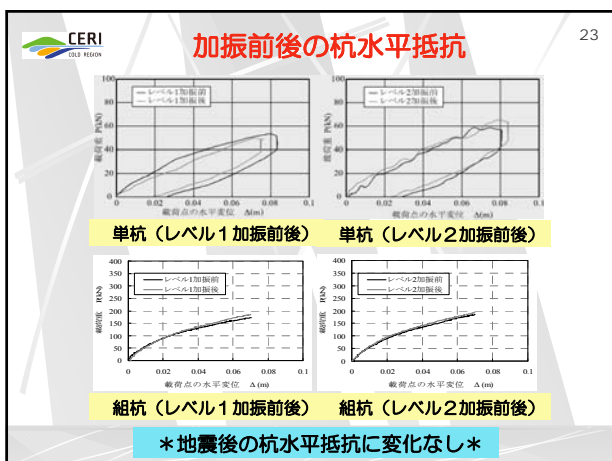
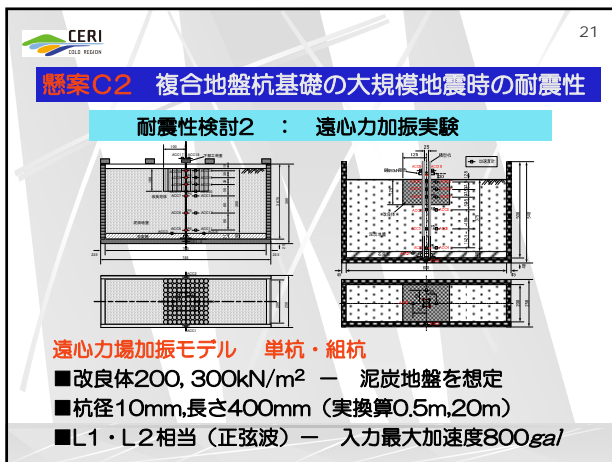
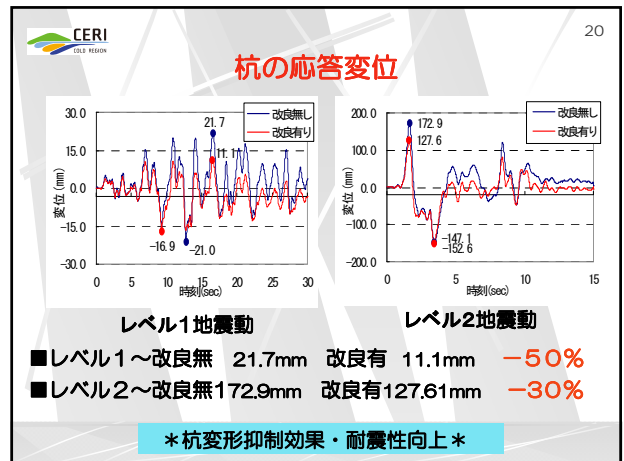
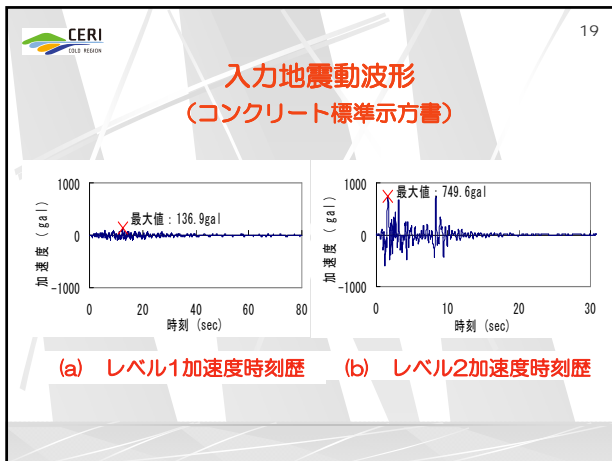
地盤改良工 CDM工法 $qu_p=400kN/m^2$ 改良率78.5%

CERI GOLD REGION 18

解析モデルと構成則 (2次元動的非線形有限要素法)

■ ジョイント要素・非線形構成則、剛性~標準示方書

■ 3次元FEM相関=杭変位・回転~フーチング幅設定





北海道における複合地盤杭基礎の 設計施工法に関するガイドライン

これまでの研究成果を反映し、
土木研究所 寒地土木研究所より技術
検討委員会の協議および関係機
関への意見照会を経て、平成22年
4月に設計施工法に関するガイド
ラインを策定

詳細はガイドライン参照

HPから無償ダウンロード可能

今後も、新工法・新技術の有効活用を研
究し、土木工学の発展に寄与する。

E N D