

Ⅲ - A 422

大地震時における杭基礎の変形に関する一考察
残留変位*の推定

(財) 鉄道総合技術研究所
 正会員 池亀 真樹
 同 上 正会員 高瀬 直輝
 同 上 正会員 西村 昭彦
 同 上 正会員 棚村 史郎

1. はじめに

新しい「鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）」（以下、耐震標準）では性能規定型の仕様設計から性能照査型の性能設計へ移行している。これにより、鉄道構造物は部材の損傷および地震後の機能の回復の程度を考慮して規定した耐震性能を満足することが求められることとなり、構造物—地盤全体系の応答（部材の損傷、変形）を正確に把握することが重要となった。本検討は構造物の地震後の応答を示す指標のひとつである残留変位に着目し、過去に行われた模型杭における載荷試験結果¹⁾からその推定法を提案するものである。

2. 試験概要

今回検討した試験は変位制御による水平載荷試験であり、検討対象とした試験ケースを表1に示す。なお、試験の詳細は参考文献²⁾を参照されたい。

表1 杭の諸元

試験体番号	杭列	杭種	杭の諸元			載荷方法
			外径D (mm)	厚さt (mm)	杭長L (m)	
TH-2	単杭	炭素鋼鋼管	101.6	4.2	2.5	一方向
TH-3						交番多サイクル
ATH-1		アルミニウム管	70	5	2.25	交番多サイクル
ATH-2			150	5	2.25	
GH-22	2×2	炭素鋼鋼管	101.6	3.2	2.25	交番多サイクル
GH-23	2×3					
GH-33	3×3					
GH-24 a	2×4	炭素鋼鋼管	101.6	3.2	2.25	交番多サイクル
GH-24 b	2×4					

3. 降伏点、残留変位の定義

載荷試験のデータ処理で一般的な手法のひとつであるLog P ~ Log δ 曲線²⁾を用いて、その変曲点を降伏点として定義した（図-1参照）。

また、残留変位及び載荷（最大）変位の関係を図2に示すように表し、除荷していく過程で載荷荷重が0になったときの変位を残留変位とした。

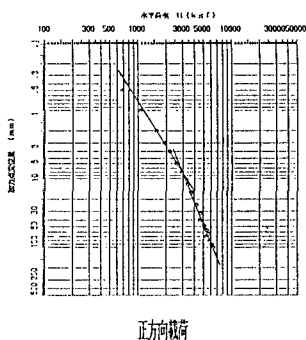


図1 Log P ~ Log δ 曲線 (GH-22)

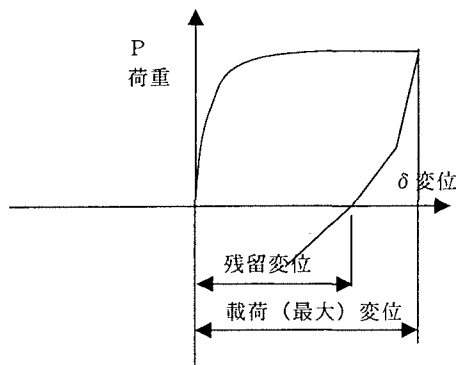


図2 残留変位及び載荷（最大）変位

4. 塑性率と残留変位の関係

前述した定義により全ケースについて、載荷（最大）変位、残留変位および降伏変位を求めた。定性化を計るために、載荷変位とそれに対する残留変位をそれぞれ降伏変位で除して正規化し、塑性率 μ（載荷変位 / 降伏変位）と残留変位 / 降伏変位の関係を求めた。

その結果を単杭、群杭に分けてまとめたものが図3-1、3-2のグラフである。

キーワード：残留変位、杭基礎、群杭、降伏点
 連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL (042)573-7262 FAX(042)573-7248

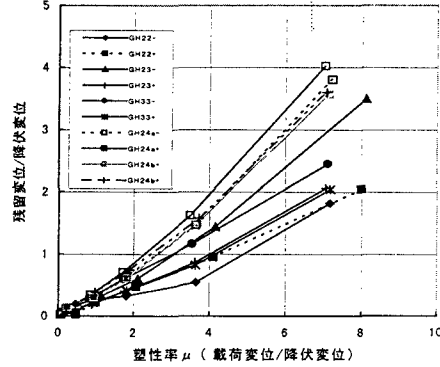
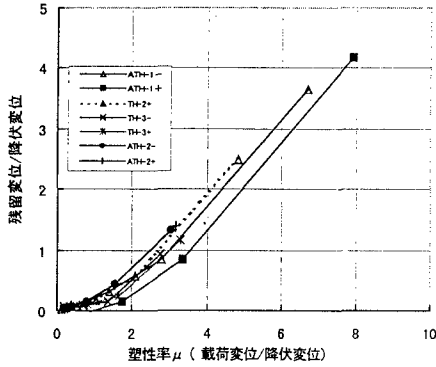


図3-1 単杭における塑性率～残留変位/降伏変位 図3-2 群杭における塑性率～残留変位/降伏変位
この結果から、塑性率と残留変位/降伏変位の関係に何らかの相関関係があることを仮定し、本検討では最小2乗法を用いて両者の相関の近似化を試みた。最小2乗法に用いた回帰直線は以下に示す式（1）とした。

$$\text{回帰式 } y = \alpha \times (X - 1) \quad (1)$$

ここに、 y ：残留変位/降伏変位
 α ：傾き（回帰係数）
 X ：塑性率
（＝載荷変位/降伏変位）

式（1）は除荷時には載荷変位（応答変位）は初期勾配で戻るという設定の上に成り立っているものであり、概念は図4に示すとおりである。単杭、群杭において行った近似化の結果を図5-1、図5-2に示し、得られた回帰式および相関係数を式（2）に示す。

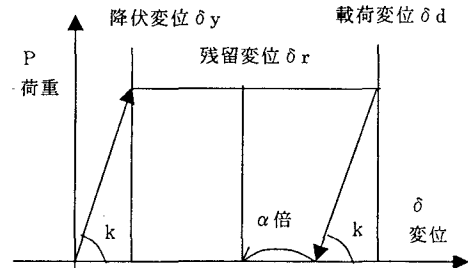


図4 載荷変位と残留変位の概念図

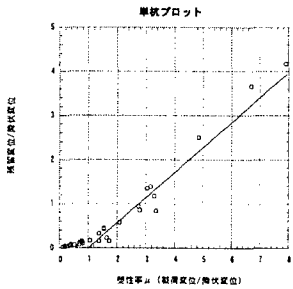


図5-1 単杭における回帰直線

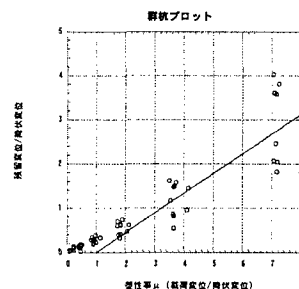


図5-2 群杭における回帰直線

$$y = 0.57(X - 1) \quad \text{相関係数 } R = 0.95 \text{ (単杭)} \quad (2-1)$$

$$y = 0.45(X - 1) \quad \text{相関係数 } R = 0.89 \text{ (群杭)} \quad (2-2)$$

5. まとめ

今回検討対象とした実験の結果から、応答塑性率を用いて残留変位を推定する関係式を提案した。杭基礎構造物で一般的である群杭における両者の関係は単杭と比較すると相関に多少ばらつきが認められるが、塑性率と残留変位の間に比例係数0.5程度の相関関係があることが確認できた。今後、1質点系モデルによる動的解析を行い、その結果との比較により本検討で得られた関係式の妥当性を照査する予定である。

参考文献

1) 鉄道総研、「模型杭の載荷試験作業 報告書」 1991.3、1992.4
2) 村山、柴田「粘土中の摩擦杭の支持力とその新測定法」土木学会論文集 59、1958.11