

Ⅲ－B34

大地震時における杭基礎の降伏耐力に関する一考察

その2 実杭構造物を対象とした解析的検討

(株)マ エ ダ 正会員 黒木 亨, 高橋 正好
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 湊崎 正徳
 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 松浦 靖治
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 近藤 政弘, 棚村 史郎

1. はじめに

限界状態設計法は時代の趨勢となっており、基礎構造物においても、基礎の変形性能や終局耐力を定量的に評価する必要がある。鉄道での現行の基礎標準¹⁾における杭基礎の降伏点の定義は、一般的には部材線形、地盤非線形による静的非線形解析を行うこととし、鉛直支持力または杭体のいずれかが降伏した場合としている。しかし、これは設計の簡便化によるもので、降伏後の挙動は複雑で、今後解析手法の精度の向上が要求される。そこで、本検討は実構造物の群杭基礎を対象に部材、地盤ともに非線形形の2次元線材モデルによる静的非線形解析を行い、荷重～変位曲線の変曲点から杭基礎全体としての降伏耐力（降伏点）を検討するものである。

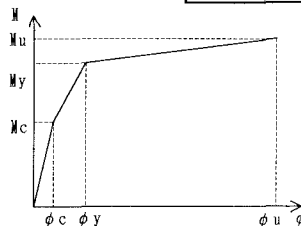
2. 構造および地盤条件

群杭基礎は、基礎－地盤系が主たる非線形挙動となる構造物（上部構造の耐力が大きい単柱橋脚）を取り上げ、表－1に示す。また、杭種は場所打ちコンクリート杭、PHC杭および鋼管杭、地盤は砂質土系、粘性土系を選定し（6ケース）、検討を行った。

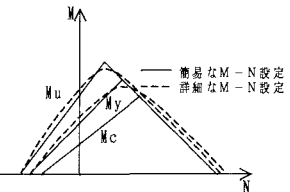
No.	場所打ち杭	3×3本	砂質土系地盤
No. 2		3×2本	粘性土系地盤
No. 3	PHC杭	3列(4, 3, 4)	砂質土系地盤
No. 4		3列(4, 3, 4)	粘性土系地盤
No. 5	鋼管杭	3×3本	砂質土系地盤
No. 6		3×3本	粘性土系地盤

3. 解析方法および解析条件

解析は上部構造は弾性体とし、杭体および地盤については共に非線形性を考慮した2次元骨組解析により行った。杭体の非線形性については、図－1に示すようにM～



図－1



図－2

φ関係をトリリニアモデルで設定し、軸力の変動によるM～φ曲線の変化も考慮したやや簡易なM～N相関図を図－2のように設定した。また、杭体の終局耐力は帯鉄筋の拘束効果を考慮しない部材断面圧縮縁のコンクリート歪みが0.0035となる時と定義した。（コンクリート標準）²⁾

地盤の非線形性については、水平方向、鉛直方向ともP～δ関係を完全弾塑性としたバイリニアモデルで設定した。

4. 解析結果

(1) 解析の結果算出された荷重～変位曲線をlog P～log δ曲線で表し、変曲点Y（降伏震度）を求めた。各ケースの変曲点Yとその点における決定要因を表－2に示す。また、比較のために変位を杭径で除して正規化し、水平力は震度に換算して荷重～変位曲線を作成した。

(2) 荷重～変位曲線と損傷過程

表－2

	降伏震度Y	決定要因
No. 1	0.45	押込地盤抵抗降伏
No. 2	0.45	押込地盤抵抗降伏
No. 3	0.49	全部材・押込地盤同時降伏
No. 4	0.50	全部材降伏
No. 5	0.42	引抜・押込部材降伏
No. 6	0.40	全部材降伏

ここでは上記検討ケースの内、支持力降伏先行型（No.1）および部材降伏先行型（No.6）の事例を紹介

キーワード：耐力，群杭，降伏点，耐震設計，限界状態設計法，

連絡先：〒163-0907 東京都新宿区西新宿2-3-1 TEL 03-5323-7890 FAX 03-5323-7886

する。それぞれについて橋脚天端における荷重～変位曲線上に、支持力、部材の損傷過程および $\log P \sim \log \delta$ 曲線より求まる変曲点Yをプロットした。支持力降伏先行型に対する各曲線を図-3に部材降伏先行型に対する曲線を図-4に示す。

- (3) 荷重～変位曲線をワイブル曲線にフィッティングし Kh_{max} (ここでは荷重を震度換算している) を求めた。一般化したワイブル曲線は $Kh = Kh_{max} \{1 - e^{-(\delta/D)^m}\}$ で表される。通常の解析では $m = 1$ とし、最大耐力 Kh_{max} および基準変位量 δs (ここでは $\delta s/D(\%)$) を設定してフィッティングした。

$\log P \sim \log \delta$ 曲線より求まる降伏点Yとワイブル曲線より求まる最大耐力 Kh_{max} を比較した。各ケースにおける Kh_{max} , $\delta s/D$ および比較結果を表-3に示す。各ケースにばらつきがあるものの降伏点Yは最大耐力 P_{max} の約8割程度であることが分かる。

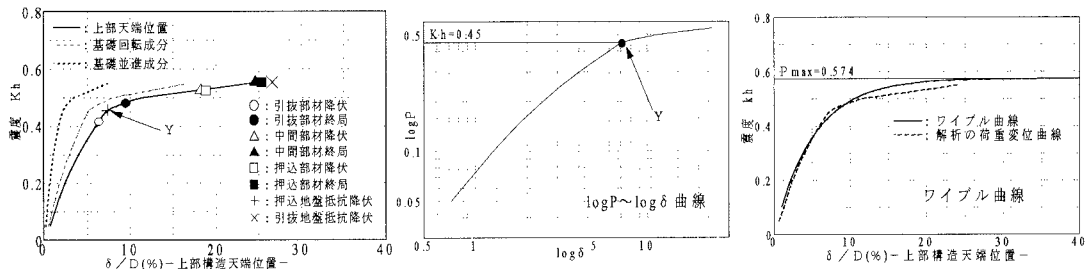


図-3 支持力降伏先行型

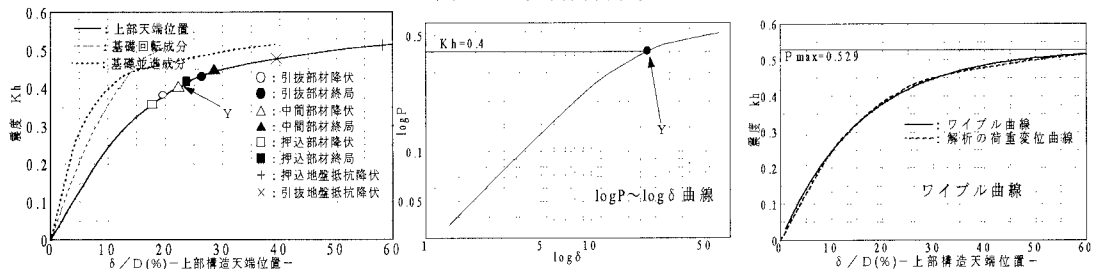


図-4 部材降伏先行型

5. 考察

今回の検討は群杭の杭基礎全体としての降伏点を把握することが目的であり、これを荷重～変位曲線の変曲点と考え、 $\log P \sim \log \delta$ 曲線により求めた。

(1) 降伏点の決定要因としては、①地盤が決定要因となる場合、押込側最外縁(1列)の支持力が降伏した時が降伏点Yとなりやすい。しかし、引抜側の支持力が先に降伏しても降伏点Yとはなりにくい。②部材が決定要因となる場合は、全杭本数の内半数～全本数が降伏耐力に達したあたりが降伏点Yとなる、のいずれかに対応していることが分かった。

(2) 降伏点Yがワイブル曲線より求まる最大耐力 Kh_{max} の約8割程度となることが分かった。

(3) 今後の課題

杭部材(耐力)の観点から求まる杭基礎の降伏耐力については、1列が降伏する程度では降伏点に達していないため上記の定義は妥当であると判断できる。しかし定義の範囲が広すぎるため、今後気中実験結果³⁾や追加解析をもとにして検討する必要がある。

参考文献：1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物

平成9年3月

2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物

平成4年10月

3) 藤井, 木村, 石田, 大越: 場所打ち杭基礎の変形性能に関する模型載荷試験、第32回地盤工学研究発表会 平成9年7月