

杭基礎を有する橋りょう・高架橋の地震時挙動特性の効率的な把握のための 地盤情報抽出に向けた基礎的検討

複合技術研究所 正会員 ○川崎 佑斗 鈴木 聡
鉄道総合技術研究所 正会員 和田 一範 坂井 公俊

1. はじめに 数十～数百 km に亘る鉄道構造物群の地震時挙動を把握することは、耐震対策の優先順位付けや復旧シナリオ策定のために重要となる。この時、膨大な構造物群のモデル化作業が煩雑となるため、著者らのグループは構造高さや断面幅といった橋りょう・高架橋の地震時挙動特性へ与える感度が大きい情報を厳選して効率的にモデル化する手法¹⁾を構築している。ここで、橋りょう・高架橋の地震時挙動特性は地盤情報にも依存するが、上記手法は地盤の固有周期のみを活用することとなっており、地盤情報に関する感度分析には課題が残されている。

そこで本稿では杭基礎を有する橋りょう・高架橋の地震時挙動特性に影響する地盤情報の抽出に向けた基礎的検討として、多様な地盤条件下における杭頭の荷重－変位関係を分析する。

2. 検討条件 検討対象とした表層地盤の諸元を表 1 に示す。いずれも基盤深度 H が約 10m の地盤を対象とする。表中における T_g は固有周期、 K_f' は地盤の強度に関する指標²⁾（以下、地盤上限震度）であり、表層地盤全体の特性を表す特徴量である。一方、 β は杭の特性値³⁾、 $p_{e\beta}$ は $1/\beta$ の区間における有効抵抗土圧の平均値（以下、平均有効抵抗土圧）であり、杭が主に変形する範囲の地盤（以下、浅部地盤）の特性を表す特徴量である。なお、杭は杭径 $D=1\text{m}$ 、杭長 $=H+D$ の線形部材とする。

上記条件で設計標準³⁾に従ったモデル化方法で単杭－地盤系モデルを構築し、杭頭荷重を漸増させたプッシュ・オーバー解析を行う。なお、本検討でく体や桁などは考慮しない。

3. 検討結果 杭頭の荷重－変位関係を図 1 に示す。各ケースとも変位の増大とともに地盤の塑性化が進行するため荷重の増加が緩やかとなるが、その程度はケースごとに異なる。杭頭の荷重－変位関係を特徴づける指標として、初期剛性 K_0 と変位 0.1m 時点の割線剛性 K_1 に着目する。図 2 に K_0 と K_1 の関係を示す。基本的には K_0 と K_1 に正の相関がみられ、初期剛性が大きいほど地盤が塑性化した場合の荷重も大きくなっている。

次に K_0 および K_1 と表層地盤全体の特徴量である地盤の固有周期 T_g と地盤上限震度 K_f' との関係を図 3 に示す。本図より、 T_g と K_0 および K_1 の間には弱い負の相関がみられ、 T_g が杭頭の荷重－変位関係に感度がある。一方で、 K_f' は K_0 と相関がみられないが、 K_1 はやや正の相関がみられる。これは初期段階では地盤の塑性化の影響が小さいが、地盤の塑性化が進行すると、杭が表層地盤全体に亘って変形することで、表層地盤全体の強

表 1 検討ケース

Case	H (m)	T_g (s)	K_f'	$1/\beta$ (m)	$p_{e\beta}$ (kN/m ²)
1	9.80	0.16	2.19	4.23	273.80
2	9.90	0.16	1.32	3.38	317.60
3	10.10	0.18	0.91	3.90	429.50
4	10.20	0.19	1.42	4.45	264.00
5	10.00	0.21	0.60	3.67	191.50
6	9.80	0.23	1.03	5.71	316.00
7	9.80	0.26	0.37	4.85	225.10
8	10.00	0.27	0.70	4.49	236.80
9	10.10	0.32	0.50	8.40	132.50
10	9.80	0.37	0.26	6.16	239.20

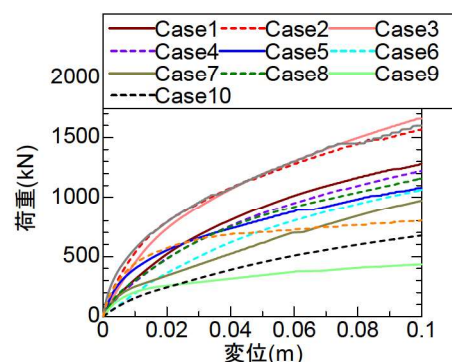


図 1 杭頭の荷重－変位関係

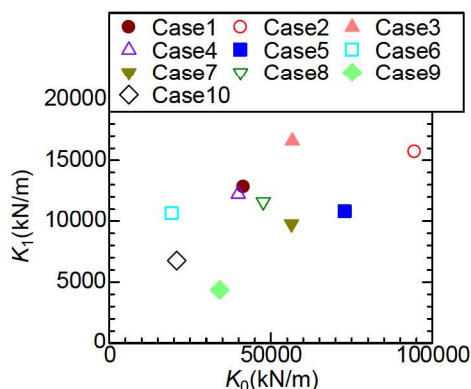


図 2 初期剛性 K_0 と割線剛性 K_1 の関係

キーワード 杭基礎構造物、地震時挙動、地盤の固有周期、地盤の強度、杭の特性値、有効抵抗土圧
連絡先 〒160-0004 東京都新宿区四谷 1-23-6 協立四谷ビル 5F TEL 03-5368-4101

度の影響を受けるためと考えられる。

続いて、 K_0 および K_1 と浅部地盤の
特徴量である杭の特性値 β に関する指
標 $1/\beta$ と平均有効抵抗土圧 $p_{e\beta}$ との関
係を図4に示す。図4(a)より $1/\beta$ は
 K_0 , K_1 と負の相関がみられる。これは
 $1/\beta$ が大きいほど杭の見かけの曲げ剛
性が低下するためと考えられる。また、
図3(a)と比較すると、 T_g よりも $1/\beta$
の方がより明瞭な負の相関がみえる。

次に、図4(b)より平均有効抵抗土圧
 $p_{e\beta}$ は K_0 とは明瞭な相関がみられな
い。これは K_f' と相関がみられなかつ
た理由と同様に、初期段階では地盤の
塑性化の影響が小さいためである。一
方で、 $p_{e\beta}$ は K_1 と明瞭な正の相関を有
する。これは地盤の塑性化が進行した
時点では、平均有効抵抗土圧が大きい
ほど、荷重が増加するためである。

以上をまとめると、浅部地盤の特徴
量である $1/\beta$ や $p_{e\beta}$ が、杭頭の荷重－
変位関係を特徴づける初期剛性 K_0 や
割線剛性 K_1 と高い相関がみられるこ
とがわかった。これは、表層地盤全体
の挙動よりも杭が主に変形する浅部
地盤の挙動が杭基礎を有する橋りよ
う・高架橋の地震時挙動特性に影響す
ることを示唆している。

5. おわりに 多様な地盤条件下にお
ける杭頭の荷重－変位関係を分析し
た結果、杭基礎を有する橋りよう・高
架橋の地震時挙動特性を把握するため
には、杭が変形する浅部の地盤情報
が特に重要であることを確認した。今
後は、地盤情報が構造物全体系の等価
固有周期や降伏震度等に与える影響
を分析する予定である。

参考文献 1) 小野寺ら：インベント

リ一法による橋りよう・高架橋の被害推定法，鉄道総研報告，Vol.33，No.12，2019，2) 坂井ら：表層地盤の強度に
関する指標を橋梁・高架橋の降伏震度と同一次元で表現する方法の提案，土木学会論文集 A1，Vol.76，No.4，2020，
3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物），丸善出版，2012。

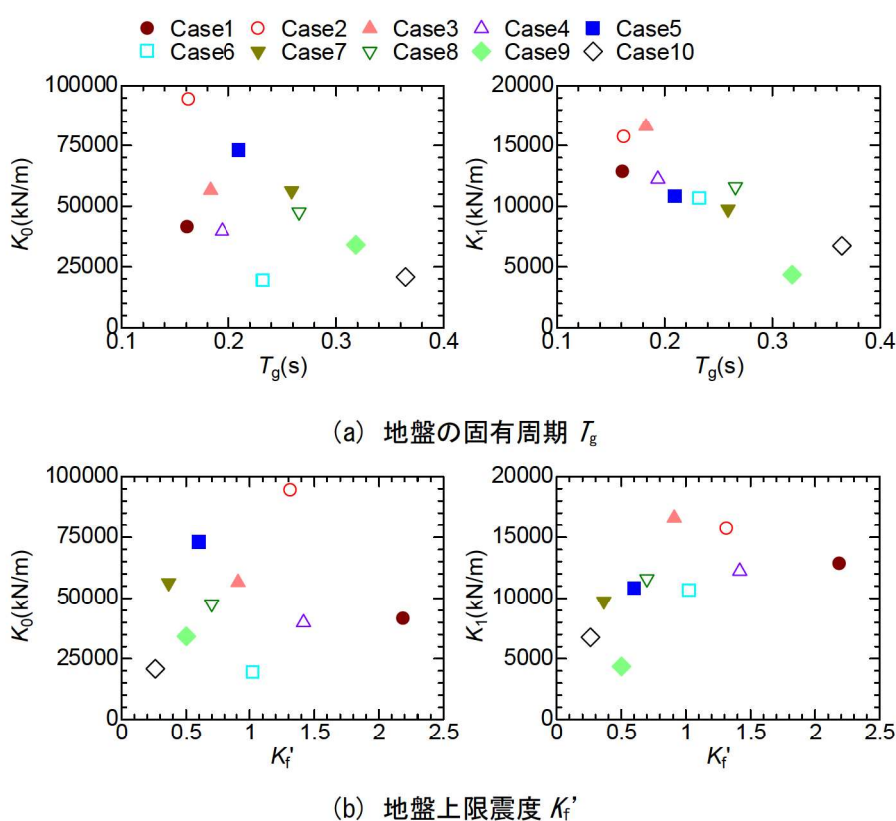


図3 初期剛性 K_0 、割線剛性 K_1 と表層地盤全体の特徴量との関係

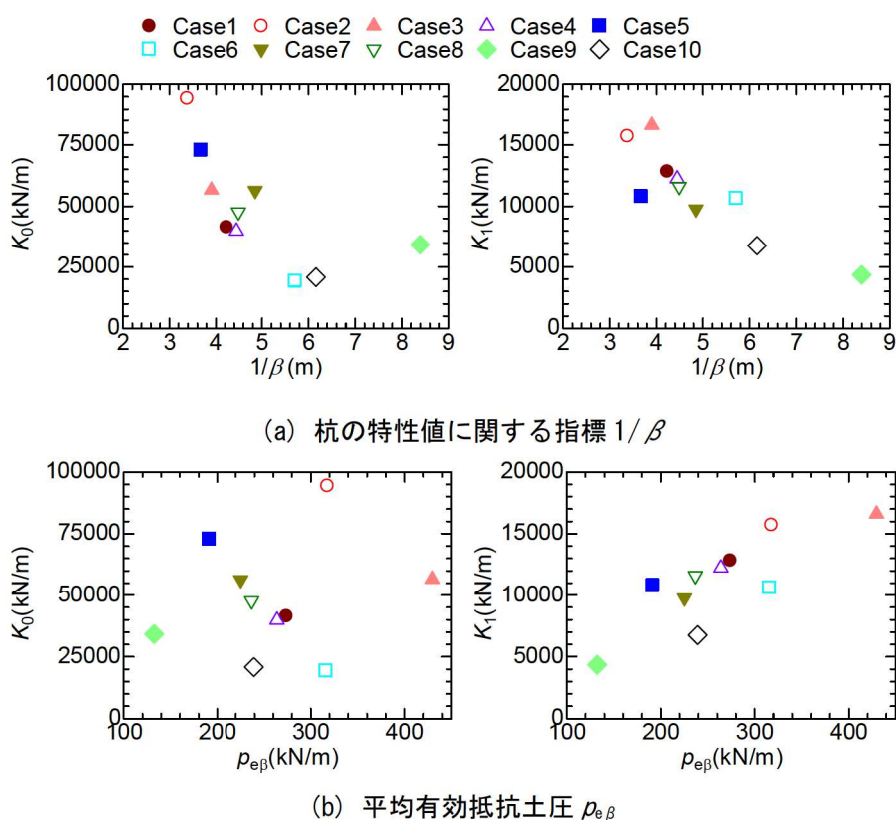


図4 初期剛性 K_0 、割線剛性 K_1 と浅部地盤の特徴量との関係