

軟弱地盤における杭基礎耐震設計の地盤改良効果

九州建設コンサルタント(株) 正会員 ○大塚 哲哉
 佐賀大学 正会員 荒牧 軍治
 佐賀大学大学院 非会員 森 秀子

1. はじめに

佐賀県の有明粘土など変形係数が非常に小さい軟弱地盤に計画される杭基礎の設計において、杭の支持力や耐力よりも変位が支配的になることが多い。これは、道路橋示方書において、常時及びレベル1地震時の照査における杭の水平変位は弾性解析により求めることを前提としており、地盤の硬軟にかかわらず許容水平変位を一定としているためである。

このように杭基礎の変位の大きい軟弱地盤において地盤改良工法を併用することによって杭基礎の変位を抑えることが考えられる。本研究においては、杭基礎の地盤改良併用形式の地震時動的効果について検討を行ったものである。

2. 解析モデルと解析概要

対象橋梁は、上部工は4径間連続PC中空床版橋とし、下部工は杭基礎(場所打ち杭φ1m)を有する逆T式橋台(H=11.5m)、張出式橋脚(H=9.5m)の試設計モデルとした。地層構成は図-1に示すように軟弱層2層(土質1、土質2)、支持層(土質3)、橋台背面土(土質4)に分類し、地盤改良土はせん断弾性波速度250m/sとした。

地盤改良を行う範囲としては、表-1および表-2による。

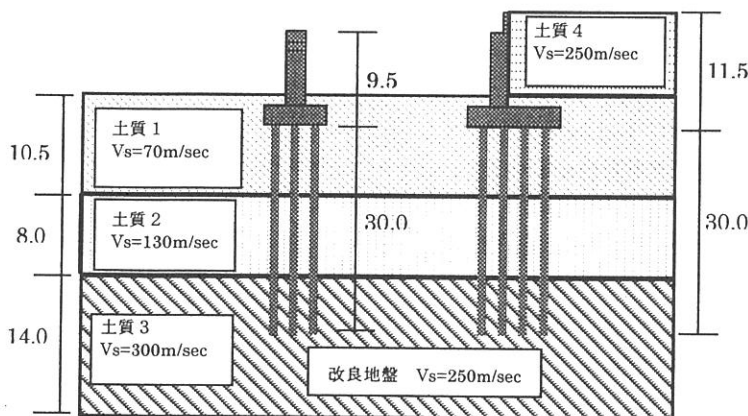


表-1 橋脚モデル

ケース	地盤改良範囲
CASE1	地盤改良なし
CASE2	土質1上層
CASE3	土質1下端
CASE4	土質2下端

表-2 橋台モデル

ケース	地盤改良範囲
CASE1	地盤改良なし
CASE2	土質1下端
CASE3	土質2下端

図-1 地層構成

構造物と地盤を一体化したモデルとして本研究においては、等価線形化法による2次元FEMモデル(FLUSH)を使用する。地震波については表-3に示す地震波を使用し、橋台の杭頭最大変位を示す。

表-3 地震波

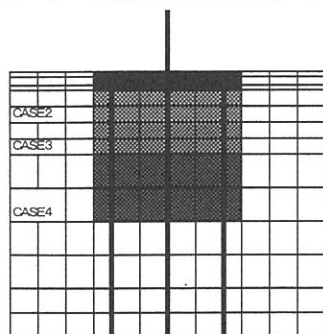
	地震波	杭頭変位(cm)
レベル1	道路橋示方書 I-III-I ¹⁾	3.64
	コンクリート標準示方書	4.33
レベル2	道路橋示方書 I-III-I ¹⁾	13.60
	コンクリート標準示方書 海洋型 ²⁾	13.98
	コンクリート標準示方書 内陸型 ²⁾	7.82

振幅調整した後、当該地盤で基盤まで引戻した地震波
 当該地盤で基盤まで引戻した地震波

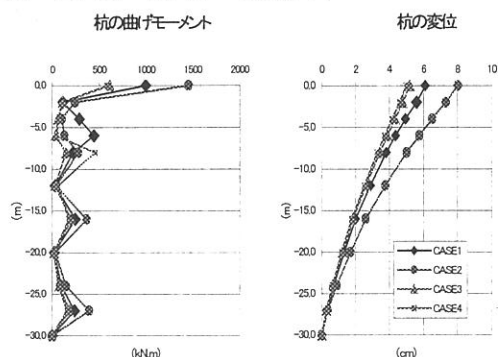
なお、基盤までの引戻しは、重複反射理論(SHAKE)を使用した。

3. 解析結果

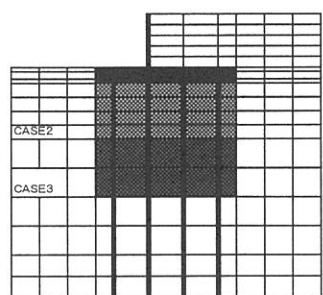
橋脚と橋台の各ケースにおける解析モデル、杭の曲げモーメント、杭の変位の一例としてレベル2道路橋示方書Ⅰ―Ⅲ―Ⅰ¹⁾地震波の結果を図―2、図―3、図―4、図―5に示す。



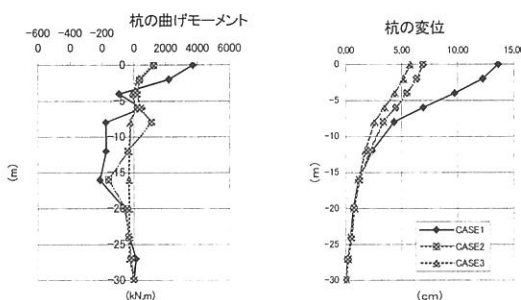
図―2 橋脚モデル



図―3 橋脚杭の曲げモーメントと変位



図―4 橋台モデル



図―5 橋台杭の曲げモーメントと変位

(1) 橋脚モデルの解析結果

橋脚の場合、杭周辺地盤を地盤改良によって硬化させても、地盤全体で振動するため、杭の変位は20%程度の低減でしかない。ただし、曲げモーメントに関しては、50%以上の低減が計れる。CASE2の場合のように硬い層と柔らかい層が互層となって場合は、逆に杭の変位、断面力が大きくなり地盤改良の効果がなくなっている。

(2) 橋台モデルの解析結果

橋台の場合は常に橋台背面の土圧の影響があるため、土圧と上部工慣性力を杭基礎が支持する側にあり、地盤改良は有効な手段となる。CASE2の場合、土質2が硬い層の挟まれるため、杭の中間部の曲げモーメントが増大し、杭頭よりも杭中間部の曲げモーメントが大きくなる。ただし、CASE2においても、杭頭の曲げモーメントや杭の変位の低減については、地盤改良効果が大きい。

4. まとめ

本研究においては、橋台の場合は地盤改良効果が大きくなっている。ただし、中間に軟弱層が残ると杭中間部の曲げモーメントが大きくなることからわかる。橋脚に関しては、変位制御という観点からは、地盤改良効果が小さいものの、曲げモーメントの低減には効果がある。橋脚の場合は特に地盤改良深度の影響が大きく、効果がない場合も考えられる。

地盤改良範囲については、深度のみでなく幅にも影響し、地盤改良幅を広くすることによって杭の変位および杭の曲げモーメントの低減率が大きくなるが、深度方向の影響の方が大きい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V編耐震設計編 平成14年3月
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書 耐震性能照査編 平成14年12月