

補強杭を用いた既設道路橋橋脚の耐震補強について

武蔵工業大学 学生会員 渡邊 裕
指導教員 小池 武

1. はじめに

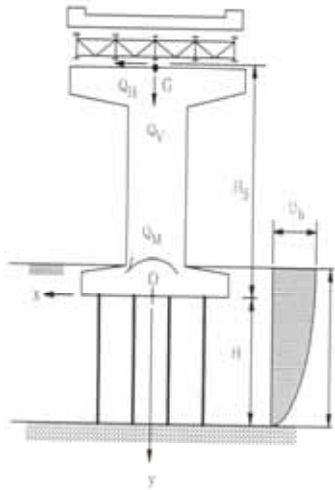
既設の道路橋橋脚にはレベル2地震動に対して耐震安全性能を満たさないものが存在する。このような橋脚に対して補強杭による杭基礎の耐震補強を行い、耐震安全性能を満たすようにする。

また補強杭の断面寸法を変えて検討し、最適な補強方法を考える。

2. 補強杭による耐震補強の考え方

2. 1 解析対象モデル

対象とする構造物は図1の橋脚・基礎・杭系の道路橋とする。レベル1、レベル2の地震動を受けたときの安全性の照査を行う。



橋脚下端部に曲げ破壊が発生したとき、杭基礎は破壊されないようにしたい。しかしながら橋脚に発生するモーメントが杭に発生するモーメント以上であると杭が損傷を受けてしまう。その際に、補強杭が必要となってくる。

図1 対象構造物のモデル化

3. 解析方法

3. 1 レベル2地震動による杭基礎の全塑性開始地盤変位

杭に一定の荷重 $p(\sigma_s \cdot D)$ が作用すると考え、杭上端部に塑性ヒンジが発生する時の変位量 δ_{p1} は次式で求められる。

$$\delta_{p1} = \frac{H^2}{3EI} \left(M_p^{pile} - \frac{pH^2}{8} \right)$$

全塑性モーメント M_p^{pile} は以下の定義式で表される。

$$M_p^{pile} = \frac{4}{\pi} M_y = 4\pi\sigma_y t \left(\frac{D-t}{2} \right)^2$$

H: 杭長 (m)、E: ヤング率 (N/m²)

D: 杭径 (m)、I: 断面二次モーメント (m⁴)

t: 板厚 (m)、 σ_y : 鋼管杭の降伏応力 (N/m²)

M_y : 降伏モーメント (N・m)、 σ_s : 土の降伏応力 (N/m²)

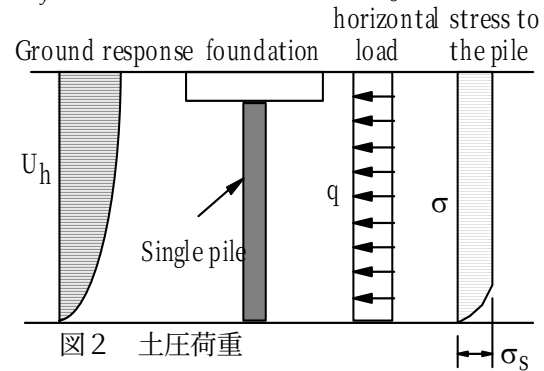


図2 土圧荷重

図2は地中の杭にかかる荷重を表した図である。

3. 2 杭基礎の地震時挙動

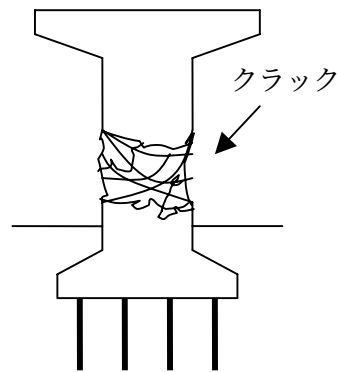


図3 クラック発生

レベル2地震動を受けた際の橋脚では弾塑性応答が起こる。その際に上部工においてクラックが発生し、地震のエネルギーが吸収される。このため、杭にかかるエネルギーが小さくなり応力が削減する。また、その影響で構造特性係数は大きくなる。

4. 数値計算

4. 1 計算条件

橋軸方向それぞれにフーチングを拡大し補強杭(直杭補強)を行い、補強前、後の応力結果を比較、検討した。その際の許容値は以下の式を用いた。

水平変位量: $d_x < 15\text{mm}$

軸方向力: 作用荷重 $p_{v\max} < \text{許容支持力 } R_a$

回転角: 基礎の回転角 $a_{\max} < 0.02\text{rad}$

許容支持力: $R_a = g/n \cdot R_u$

極限支持力: $R_u = qd \cdot A + U \cdot L_k \cdot S(L_f)$

g: 補正係数 (支持力推定式)

n: 安全率 qd: 単位面積あたりの極限支持力 (kN/m²)

A: 杭底部面積 (m²) U: 杭周長 (m) L_k: 周長 (m)

L_f: 単位面積当たりの周面摩擦力 (kN/m²)

キーワード レベル2地震動、杭基礎、補強杭、耐震補強

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部都市基盤工学科 TEL03-3703-3111

4. 2 橋脚・基礎・杭系のモデル

図4－図7は補強杭を増設した前後の図である。
橋軸方向に対して左右にフーチングを拡大して3本ずつ
補強杭を打ち込んで補強をおこなった。

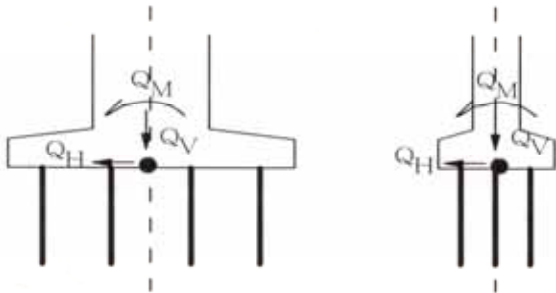


図4 補強前

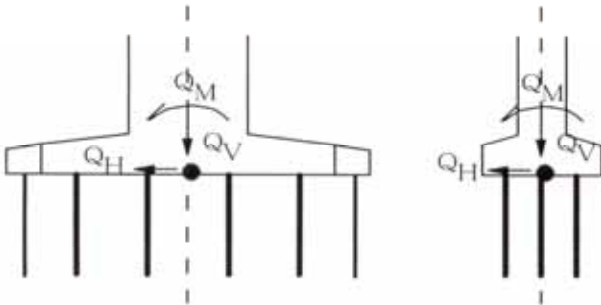


図5 補強後

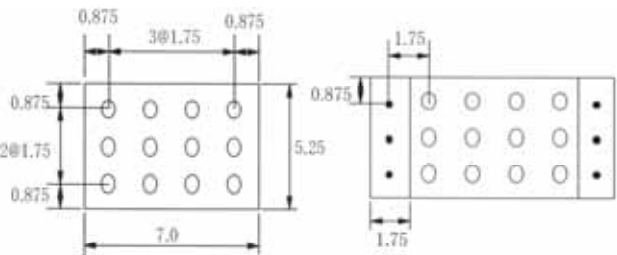


図6 補強前杭配置図

図7 補強後杭配置図

図8，9は橋脚の各部の寸法を表している。

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
1	0.96	8.04	0.6	1.4	12
L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	
3.4	3.2	1.9	7	1	
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	
2.5	0.25	1.625	2	5.25	

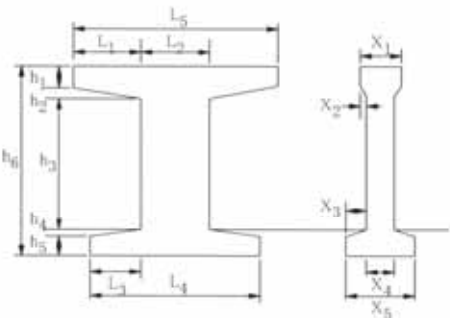


図8（上）橋脚寸法

図9（下）橋脚図

4. 3 計算結果

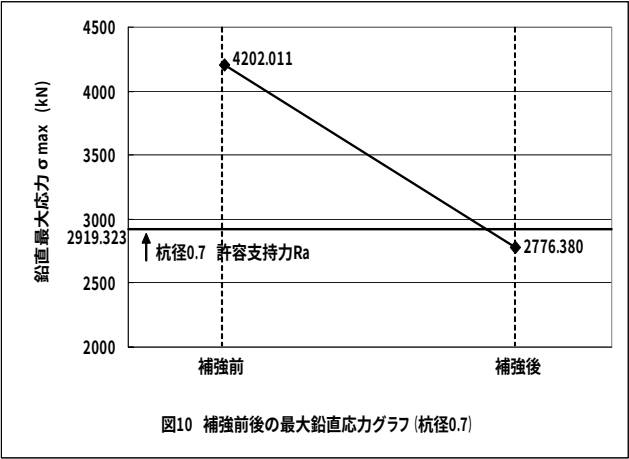


図10 補強前後の最大鉛直応力グラフ (杭径0.7)

図10は基礎杭と同じ杭径0.7mの補強杭で補強を行い、
補強前後でのレベル2地震動に対する杭に発生する鉛直
最大応力 σ_{max} を比較したグラフである。

補強前は許容支持力 R_a を大幅に超えているが、補強
後には下回っている。このことからレベル2地震動に対
し安全になったことがわかる。

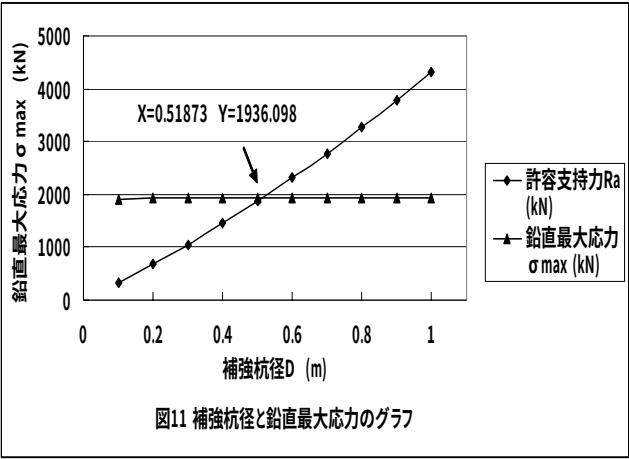


図11 補強杭径と鉛直最大応力のグラフ

図11は補強杭径を変化させて、それぞれの杭径のとき
の許容支持力 R_a と鉛直最大応力 σ_{max} を表したグラフ
である。

この図から許容支持力 R_a は杭径にほぼ比例し、鉛直
最大応力 σ_{max} はほぼ一定であることがわかる。また、
補強杭の杭径が0.51873mを超えると許容支持力 R_a が
鉛直最大応力 σ_{max} の値を超え、レベル2地震動に対
して安全な性能を確保できることがわかった。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編）・同解説，丸善，1999
- 2) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，丸善，1997