

レベル2地震動に対する補強杭による耐震補強の考え方

武蔵工業大学 ○学生会員 杉山 信二
正会員 小池 武

1. はじめに

近年、阪神大震災や新潟中越地震などの大地震により既設の道路橋などの構造物に多くの被害が発生している。そのため、既設構造物に対する耐震性向上が急務とされている。

本研究では、レベル2地震動を受けたとき、既設構造物の耐震補強に用いられる補強杭の耐震補強の考え方について検討する。

2. 補強杭による耐震補強の考え方

2.1 モデル化

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さ

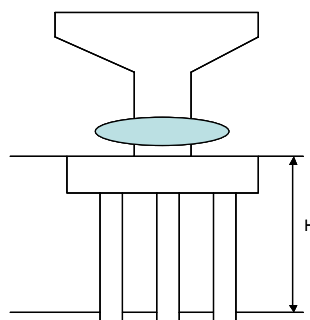
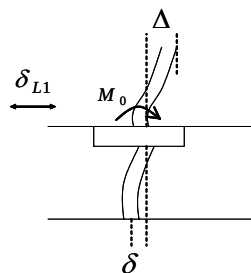


図-1 対象構造物のモデル化

るように設計されているとする。このとき、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に損傷が起こる。そこで、補強杭が必要となってくる。

2.2 レベル1地震動に対する橋脚・基礎・杭系の安全性照査



レベル1地震動を受けると図-2の変形が起こる。このとき、 M_0 は橋脚下端部のモーメント、 δ は杭の変位量、 Δ は上部構造物（橋脚）変位量であるとする。このと

き、図-3、4にある M_p^{Bridge} 、 M_p^{Pile} はそれぞれ、橋脚、

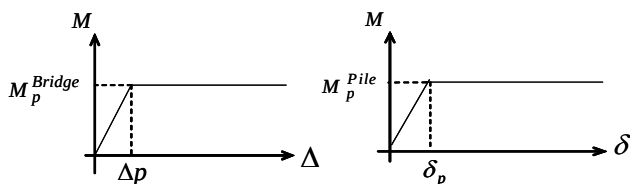


図-3

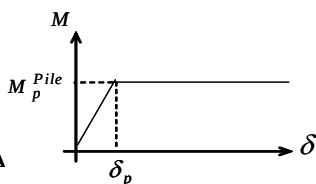


図-4

1本の杭に発生する曲げモーメントである。

$\Delta \leq \Delta_p$ 、 $\delta \leq \delta_p$ となることを確認する。

2.3 レベル2地震動に対する橋脚・基礎・杭系の安全性照査

レベル2地震動が発生した時には、構造物の全ての部位が健全であることは、経済的に困難である。そこで、橋脚は基礎杭系が安定であれば、レベル2地震動で橋脚下端部曲げ破壊を生じるように設計されているものとする。以下の3つの場合でヒンジが発生するとし、それぞれについて検討する。

$M_p^{Bridge} < M_0$ ：上部での塑性ヒンジ発生

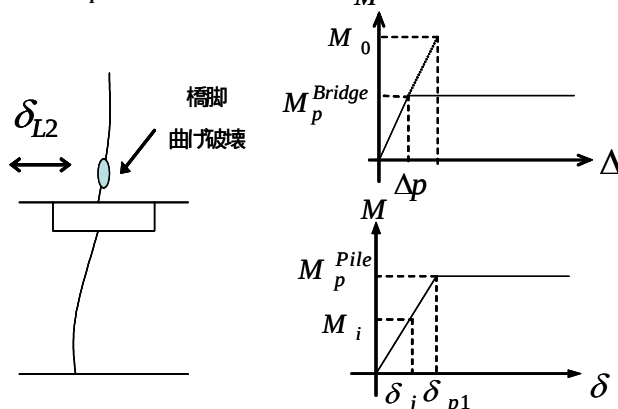
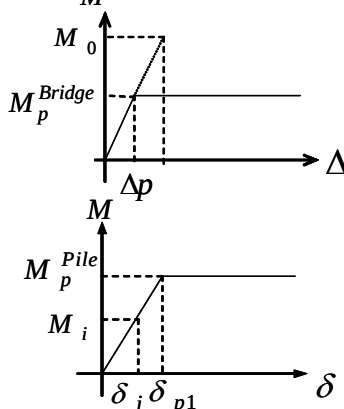


図-5

図-6 Δ, δ とMの関係図

この場合、下部でのヒンジ発生は免れ、杭の補強は不要となる。

$M_0 < M_p^{Bridge}$ ：杭上端部での塑性ヒンジ発生

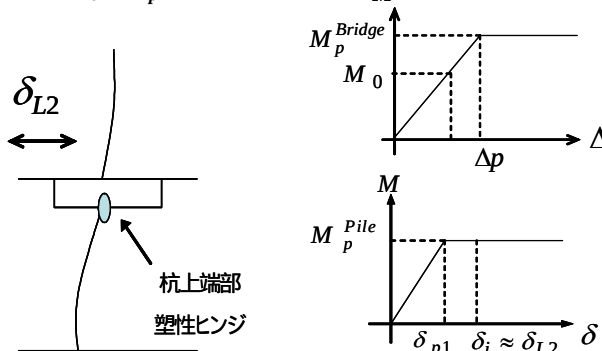
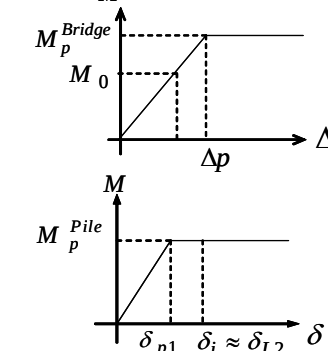


図-7

図-8 Δ, δ とMの関係図

の場合、上部工を破壊するモードを確保するため、杭の補強が必要となる。

キーワード レベル2地震動、杭基礎、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

$M_0 < M_p^{Bridge}$: 杭中間部での塑性ヒンジ発生

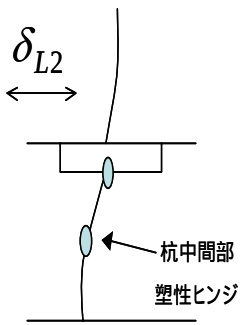


図-9

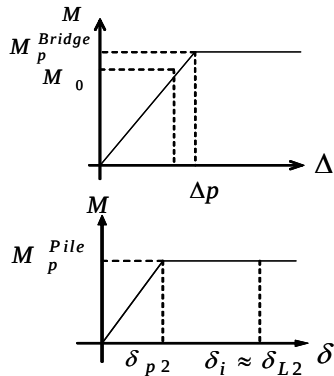


図-10

の場合も 同様に補強が必要となるが、 の場合よりも変位量 δ_i の値は大きくなるのでより強い補強が必要となる。

3. 単杭の塑性ヒンジの形成

3.1 基本的考え方

上端部にヒンジが起こったときのモデルを図-11に示す。また、杭に作用する土圧を図-12のように一定の荷重がかかっているものとする。

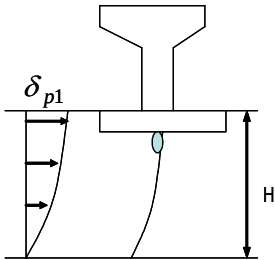


図-11

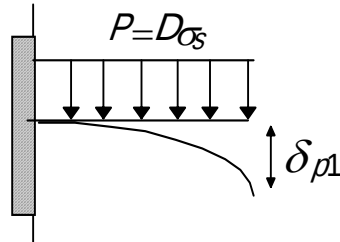


図-12

3.2 計算法

図-12に示すように、杭に一定の荷重 $p(=\sigma_s \cdot D)$ が作用すると考え、杭端上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。

$$\delta_{p1} = \frac{H^2}{3EI} \left(M_p^{Pile} - \frac{pH^2}{8} \right) \quad (1)$$

全塑性モーメント M_p^{Pile} は以下の定義式で表される。

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

H : 杭長(m)、 E : ヤング率(N/m^2)

I : 断面二次モーメント(m^4)、 D : 杭径(m)

t : 板厚(m)、 σ_y : 鋼管杭の降伏応力(N/m^2)

M_y : 降伏モーメント($N \cdot m$)、 σ_s : 土の降伏応力(N/m^2)

4. 数値計算結果例とまとめ

塑性ヒンジ発生変位量 δ_{p1} は杭寸法の諸条件により異

なる。杭径 D , 板厚 t , 杭長 H などにより変化する。

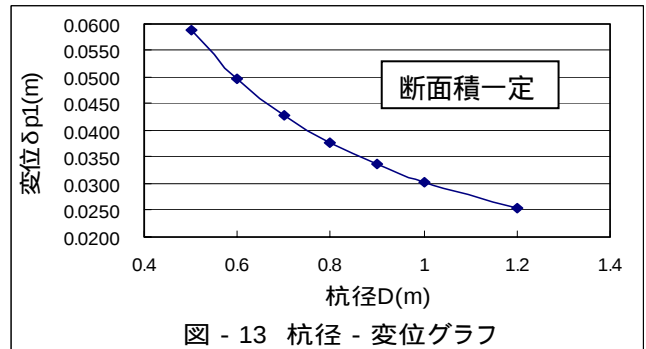


図-13 杭径 - 変位グラフ

図-13は、断面積を一定とする条件下での杭径 - 変位グラフである。杭径が大きくなるにつれ、変位 δ_{p1} が小さくなることを確認できる。

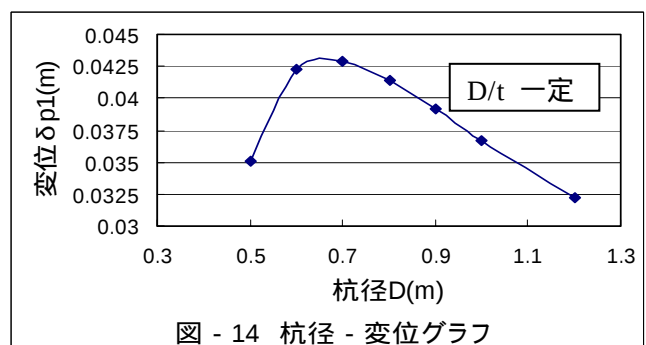


図-14 杭径 - 変位グラフ

図-14は D/t 一定条件での杭径 - 変位グラフである。杭径700mm前後で大きい変位を起こす。また、700mm以上の杭径では、変位 δ_{p1} は減少傾向にある。

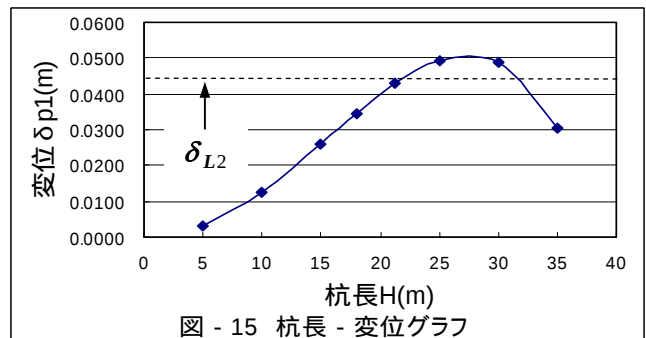


図-15 杭長 - 変位グラフ

レベル2による地盤変位は $\delta = \frac{2}{\pi^2} S_v(T) \cdot T$ より、

$(S_v(T), T)$ の値から45mmとなるので、22m程度から32m程度以外の杭長では、杭に塑性ヒンジが発生するため、補強が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書（下部構造編・耐震設計編）・同解説，丸善，1999
- 2) 高耐力マイクロパイル研究会：高耐力マイクロパイル設計・施工マニュアル（案），2002.9