

RC 橋脚に適用した完全ピン型杭頭接合装置の安全性評価

ナレッジフュージョン (株)

正会員 ○福江 清久

1. はじめに

従来、杭に対しては杭頭固定を前提として耐震設計が行われてきた。しかし、杭頭固定では地震時に大きな杭頭モーメントが発生し、特に場所打ち杭は杭径が大きいため、曲げ戻しモーメントが非常に大きくなり、杭や地中梁が不経済な設計となる場合があった。このような状況に鑑み、杭と上部構造のインターフェースの改善に着目し、固定度≒ゼロの完全ピン型杭頭接合装置を用いて地震時の杭頭モーメント≒ゼロとし、杭や地中梁への負担を低減させる杭頭回転自由接合工法が開発されている¹⁾²⁾。この工法は建築分野では実績があるが、土木分野の適用例はない。本研究では、RC 橋脚の合理的な耐震補強設計を目指し、RC 橋脚に適用した完全ピン型杭頭接合装置の地震時安全性を検討した。

2. 完全ピン型杭頭接合装置の概要

杭頭回転自由接合工法とは、工場生産された杭頭接合装置(以下、本装置という)を場所打ち杭の杭頭部に設置し、その上部に RC 造の基礎フーチングを構築することによって、杭頭部を上部の基礎構造体にほぼ完全ピンに近い弾性回転ばね結合する杭頭接合工法である。本装置の構成図を図-1に示す。本装置は、上部凸部材、下部凹部材およびクリアランス充填材の3部分より構成されている。本装置の原理説明図を図-2に示す。本装置は、大きな鉛直荷重下においても杭頭完全ピン接合を実現できる方法として、実際には面接触でありながら、マクロな観点での点接触条件を目指したものである。

3. 検討概要

検討対象構造物は、図-3に示す RC 橋脚であり、基礎形式は杭径 1200mm の場所打ち杭である。本構造物は、道路橋示方書 V 耐震設計編の基準により、レベル 1 地震時、レベル 2 地震時ともに橋脚基部、フーチング、杭基礎が曲げ耐力不足およびせん断耐力不足と判定された。このような構造物の耐震補強対策として、各杭の杭頭に本装置を設置することとし、本装置の地震時の安全性を検討した。なお、本検討は、地震時の外力として建築分野の短期荷重に相当するレベル 1 地震時の震度(Ⅱ種地盤用)を用いた静的照査法により行った。検討項目は、鉛直荷重、浮き上がり、水平荷重に対する検討およびクリアランスの確保である。

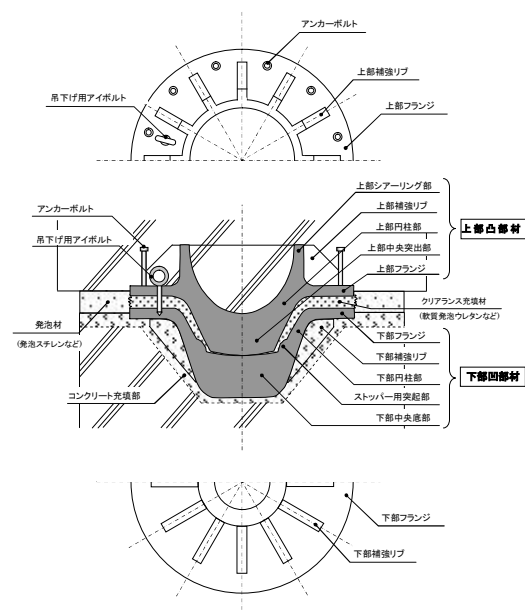


図-1 杭頭接合装置の構成図

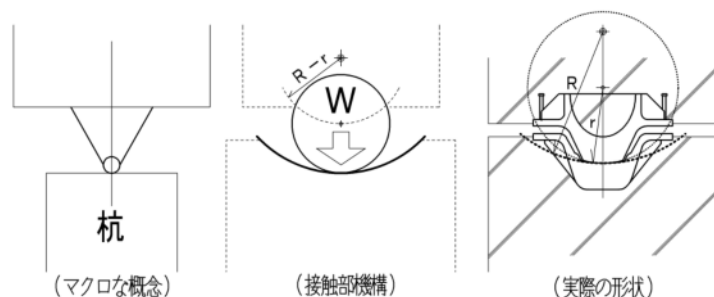


図-2 原理説明図

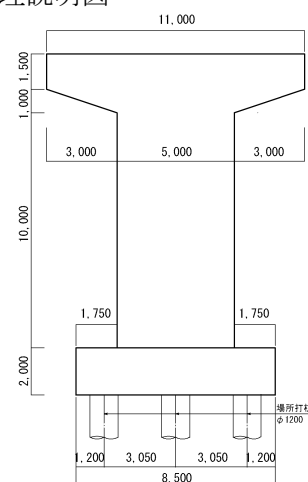


図-3 検討対象構造物

キーワード 完全ピン型杭頭接合装置, RC 橋脚, 耐震補強

連絡先

〒651-0087 神戸市中央区御幸通 8-1-6 神戸国際会館 22F ナレッジフュージョン (株)

TEL078-570-5787

4. 検討結果および考察

4.1. 長期作用軸力および地震時杭頭水平力

杭1本あたりの長期作用軸力 N_L およびレベル1地震時の杭頭水平力 Q_E を表-1に示す。以下、この作用力を基に本装置の安全性の検討を進める。

表-1 軸力および水平力

長期作用軸力 N_L	地震時杭頭水平力 Q_E
3920 kN/本	956 kN/本

4.2. 鉛直荷重に対する検討

鉛直荷重に対する安全性は、「作用鉛直荷重 $P_L \leq$ 許容鉛直耐力 P_m (本装置の場合 7500kN)」により確認を行う。本検討では、 $P_L : 3920(kN) \leq P_m : 7500(kN)$ であった。よって、本装置は鉛直荷重に対して安全である。

4.3. 浮き上がりに対する検討

浮き上がりに対する検討は、①浮き上がりおよび引張力が作用しないこと、または②基礎支点部に引張力が発生する場合には杭頭部支点の拘束を解除して浮き上がりを許容し、浮き上がり変位量が許容値(本装置の場合 60mm)以下であることを確認する。本検討の場合、浮き上がりおよび引張力は作用しなかった。したがって、本装置は浮き上がりに対して安全である。

4.4. 水平荷重に対する検討

(1) セン断力の確認

せん断力については、本装置に作用する地震時水平せん断力 Q_s に対して、本装置の短期許容せん断耐力 Q_a (本装置の場合 4180kN) が上回っていることを確認する。本検討では、 $Q_s : 956(kN) \leq Q_a : 4180(kN)$ であった。よって、本装置はせん断力に対して安全である。

(2) 変形量の確認

変形量の確認は、本装置に発生する地震時の変形量 θ_s が本装置の許容値 θ_a (本装置の場合 1/20) 以下であることを確認する。最も簡便な方法として、杭頭完全ピン ($\alpha_r=0$ 、 α_r : 杭頭固定度) として計算できる。本装置を用いた場合、杭頭固定度は非常に小さい値 (≈ 0.01 程度) となるからである。本検討では、杭頭完全ピンとした場合、 $\theta_s : 1/387 \leq \theta_a : 1/20$ であった。よって、本装置は変形量に対して安全である。

4.5. クリアランスの確保

本装置上下の構造躯体が地震時に接触するか、しないかの検討を行う。図-4に本装置の収まり図を示す。地震時に発生する杭頭回転角 θ_D より求まる杭上面外端における鉛直変位量 δ_{VP} に対して、装置上下の構造躯体間クリアランス HCL (本装置の場合 65mm) が上回っていることを確認する。ここで、 $\delta_{VP} = \theta_D \cdot D_p / 2$ (D_p : 杭径) である。本検討では、 $\delta_{VP} : 2.95(mm) \leq HCL : 65(mm)$ であった。よって、本装置は装置上下間の十分なクリアランスが確保されている。

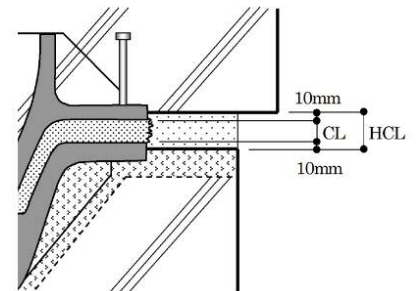


図-4 本装置の収まり図

5. まとめ

本研究では、完全ピン型杭頭接合装置をRC橋脚に適用した場合の、本装置の安全性の検討を行った。その結果、鉛直荷重および水平荷重に対し、すべての検討項目で安全性が確認された。今後は、本装置を含めた橋脚全体を質点系モデルでモデル化し、その地震時応答を検証していく必要があると考える。

参考文献

- 1) 宮崎光生, 西村幸洋: 杭頭接合装置による新しい基礎構造, 基礎工, 2005.2
- 2) 西村幸洋, 宮崎光生, 菅原貴之: 杭頭免震構法の開発 (その1) (その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.383-386, 2004.8
- 3) 公益社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 平成24年3月