

回転圧入鋼管杭設計における杭頭部のモデル化についての一考察

(株) 復建エンジニアリング 正会員 ○永井 紘作
(株) 復建エンジニアリング 正会員 井口 光雄
(株) 復建エンジニアリング 正会員 桧山 剛

1. 目的

鉄道構造物において回転圧入鋼管杭を設計する際、橋脚基礎との接合部となる杭頭のモデル化としては、仮想 RC 部材とする方法、中詰めコンクリートを考慮したコンクリート充填鋼管（以下、CFT）部材とする方法、コンクリートを考慮しない中空鋼管部材とする方法等が挙げられる。しかし、杭頭接合部の非線形性を考慮した設計法については、規準等¹⁾で明確にされていないのが現状である。

ここでは、鋼管杭基礎を有する橋脚の杭頭接合部について、非線形特性の異なるモデルを3パターン設定し、設計法の比較検討を行う。

2. 対象構造物

本検討には、図-1に示すような壁式 RC 橋脚を用いた。当該地域の地盤の固有周期は 1.170(sec) [G4 地盤] であり、支持地盤が 33m 程度であるので、本橋脚の基礎形式は杭基礎（エコパイル $\phi 1200$ ）を採用した。

検討に際し、鋼管杭頭部を①仮想 RC 部材、②CFT 部材、③鋼管部材としてモデル化した場合について非線形特性を設定し、鉄道構造物等設計標準・同解説²⁾に準じ非線形スペクトル解析を実施した。

3. 解析モデル

構造物全体について、各部材の図心を軸線とした骨組みモデルとし、非線形特性は、橋脚躯体基部にテトラリニア型の RC 部材 ($M-\theta$)、杭頭部以外の杭本体はバイリニア型の鋼部材 ($M-\phi$) とした。なお、杭部材については軸力変動を考慮した。杭頭部のモデル化の方法を以下に示す。

①Case-1：仮想 RC 部材としてモデル化を行う場合（テトラリニア型）

接合部断面を、腐食代を除いた鋼管径を直径とした RC 断面とみなし、部材の非線形性を曲げモーメントと部材角の関係でモデル化する。断面算定においては、アンカー筋（橋脚基礎と充填コンクリートを接合する鉄筋）を主鉄筋とし、鋼管は帯鉄筋として考慮した。また、コンクリート強度は鋼管による拘束効果を考慮した。

②Case-2：CFT 部材としてモデル化を行う場合（テトラリニア型）

接合部断面を CFT 部材としてモデル化する。この場合も Case-1 と同様に拘束効果を考慮したコンクリート強度を使用する。

③Case-3：鋼管部材としてモデル化を行う場合（バイリニア型）

中詰めコンクリートは部材の剛性には見込まずに、部材の非線形特性としてはすべて鋼管のみで考慮する。

上記3タイプに加え、杭頭部に回転バネを考慮し、中詰めコンクリート部は剛体として変形する、(財)鉄道総合技術研究所によるモデル²⁾³⁾（以下、総研モデル）を入れた、計4タイプについて比較を行った。なお、解析は杭先行降伏型となる線路直角方向について実施した。

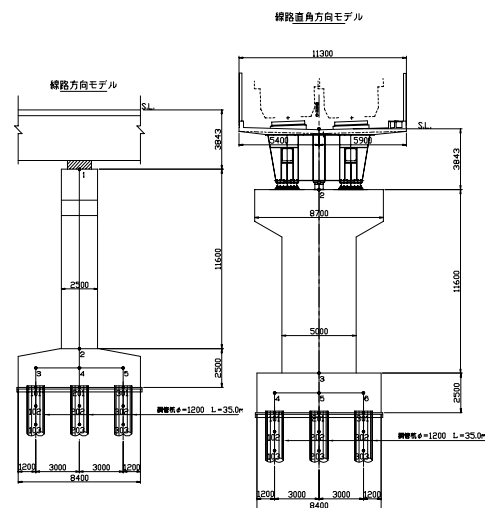


図-1 検討対象構造物

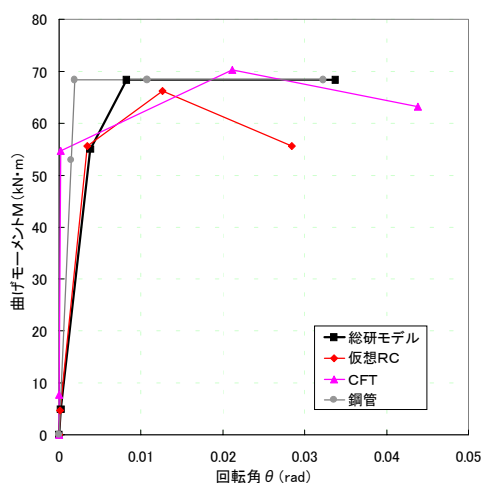


図-2 非線形特性（モデル比較）

キーワード 鋼管杭、杭頭、RC、鋼管

連絡先 〒160-0017 東京都中央区日本橋堀留 1-11-12 TK 堀留ビル F8 (株) 復建エンジニアリング TEL 03-5652-8563

4. 解析モデルの違いによる耐震性能の比較

図－3～5に、それぞれのモデル化を用いた場合の構造物天端における荷重変位曲線を示す。

I) Case－1（杭頭部のモデル化：仮想 RC 部材）

- ・引抜き側の杭頭部より降伏し、降伏震度は 0.353、構造物天端の変位量は 263mm となる。
- ・等価固有周期は 1.730(sec)であり、所要降伏震度スペクトルより算出される最大応答時の変位は 376mm となる。
- ・耐震性能Ⅱを満足している。

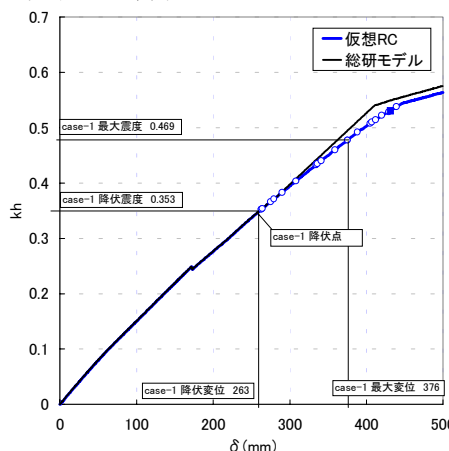
II) Case－2（杭頭部のモデル化：CFT 部材）

- ・引抜き側の杭頭部より降伏し、降伏震度は 0.354、構造物天端の変位量は 266mm となる。
- ・等価固有周期は 1.734(sec)であり、所要降伏震度スペクトルより算出される最大応答時の変位量は 378mm となる。
- ・耐震性能Ⅱを満足している。

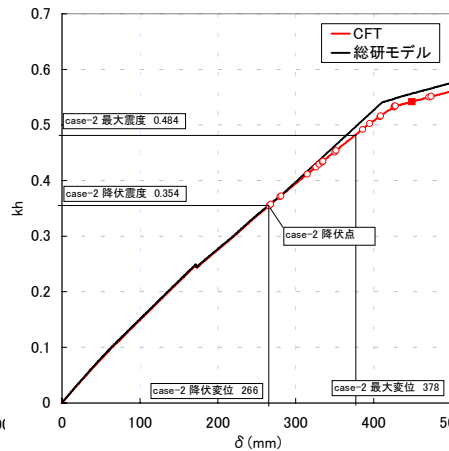
III) Case－3（杭頭部のモデル化：鋼部材）

- ・押し込み側の杭頭部より降伏し、降伏震度は 0.335、構造物天端の変位量は 238mm となる。
- ・等価固有周期は 1.686(sec)であり、所要降伏震度スペクトルより算出される最大応答時の変位量は 374mm となる。
- ・耐震性能Ⅱを満足している。

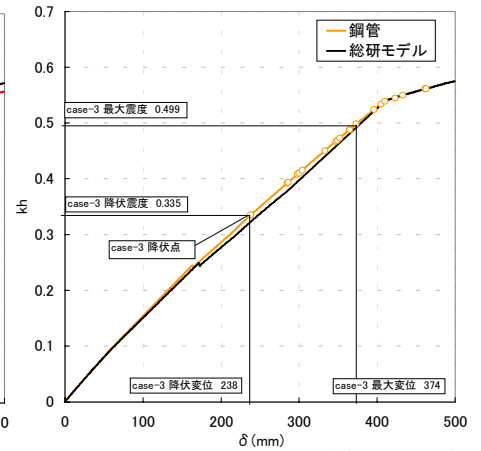
これらの結果より、Case－1, 2 はほぼ同様な損傷推移を示し、引抜き側の杭頭部付近より降伏し、最大応答時の変位量も同程度があることがわかる。またどのモデル化を用いた場合の荷重変位曲線についても総研モデルと近似した推移を示している。このことより、耐震設計上の観点ではモデル化の違いにおける影響は微小であると思われるため、鋼管杭頭部に材端ばねを考慮したモデル化を用いた場合についても簡易的に照査することが出来ると考えられる。また、Case－3 については中詰めコンクリートを考慮していないため、他の Case とは異なり圧縮側が先行して降伏している。



図－3 荷重変位曲線(Case－1)



図－4 荷重変位曲線(Case－2)



図－5 荷重変位曲線(Case－3)

5. おわりに

- ・鋼管杭頭部のモデル化の違いによる、構造物の損傷推移への影響は、ほとんどみられなかった。
- ・鋼管杭頭部を仮想 RC 部材とするモデル化と、CFT 部材とするモデル化を用いた解析結果は、降伏変位、降伏震度共にほぼ同等な値となった。
- ・鋼管杭頭部を、材端ばねを考慮した非線形モデルとした場合においても、総研モデルとほぼ近似した結果を得ることが出来た。

今後の展開として、杭頭接合部を仮想 RC 部材としてモデル化を行った場合の、接合部のアンカー筋量と鋼管の板厚についての関連性等について、検討を進めていきたいと考える。

参考文献

- 1) 運輸省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 1999. 2) 江口聡, 谷口望, 神田政幸, 平田尚: 鋼管杭とフーチングの接合部に関する研究 (その 2: モデル化手法) 土木学会第 58 回年次学術講演概要集, 2003. 3) 勅使川原: 鋼管杭とフーチングの接合部に関する研究 (その 3: 感度分析), 土木学会第 58 回年次学術講演概要集, 2003