

I - B 457 鋼管柱の変形性能が地下構造物の耐震性能に及ぼす影響

(株) テ ス 正 会 員 加藤淳一
 (財)鉄道総合技術研究所 正 会 員 西山誠治 室谷耕輔
 同 上 正 会 員 池田 学
 同 上 フェロー 西村昭彦

1. はじめに

地下鉄駅舎等の多径間の開削トンネルでは、内部空間を有効に確保するために、中柱に鋼管柱が用いられることが多い。一般に、鋼管柱は支圧板を介して床版（縦桁）と簡易なアンカー筋で接合されている。このような構造が地震時に水平力を受けた場合、軸力の小さい場合は支圧板の浮上り、軸力の大きい場合は支圧板および鋼管の曲げ降伏および局部座屈に伴う非線形性を示すと考えられる。しかしながら、これらの特性に関する研究は少なく¹⁾、その現象は明らかにされていない。そのため、実務設計での鋼管柱の結合条件は、各規準により剛結合またはヒンジと仮定されている。

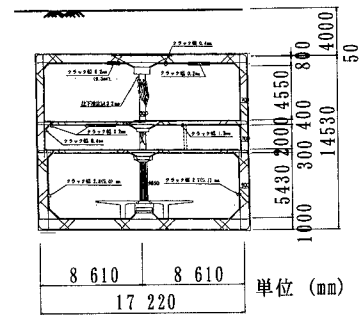


図1 上沢駅一般図

本研究では、兵庫県南部地震で被災を受けた神戸市営地下鉄の構造物を用いて、鋼管柱の結合条件の変化が構造物の耐震性能に及ぼす影響を調査するとともに、解析結果と実被害の整合性の観点から鋼管柱のモデル化の方向性を示すことを目的とする。

2. 検討方法

対象構造物は、鋼管柱(B3F)およびRC中柱(B1F, B2F)を有し、RC中柱、床版および側壁隅角部に被害を受けた「上沢駅」とした(図1参照)。地盤条件をSHAKEによる解析結果とともに図2に示す。入力地震動は神戸ポートアイランドでの観測波を用いた。構造物部分での地盤変位量は10.2cmである。この条件を用いて応答変位法²⁾による解析を実施する。

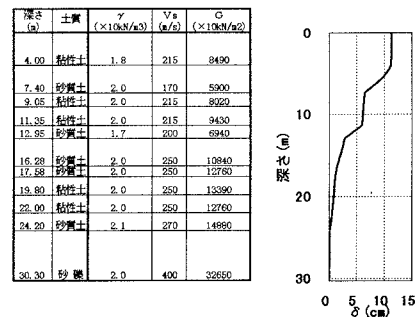


図2 地盤条件および地盤変位分布

表1 解析ケース

CASE	鋼管柱の非線形性	結合条件	備 考
1	弾 性	ヒ ン ジ	ヒンジ状態と仮定
2			鋼管柱を弾性体と仮定
3			鋼管柱の変形性能を考慮
4	非 線 形	剛 結	鋼管柱の変形性能、 支圧板の浮上りを考慮
5			実状を想定 (CASE3, 4の平均)

RC部材の非線形性は、コンクリート標準³⁾によるモーメント～曲率関係で終局耐力以上の耐力増加を0としたトリリニアでモデル化を行った。鋼管柱のモデル化は、表1に示す5ケースを考えた。CASE3は鋼管の非線形性を、CASE4は鋼管部分の浮上りを簡易的に考慮した場合である。鋼管柱の非線形特性は、CASE3は全塑性モーメントを、CASE4, 5は、さらに引張り側の応力負担を無視して算出した全塑性モーメントを折れ点とし、CASE5はCASE3, 4の平均としたバイリニアでモデル化した。CASE5は文献²⁾による鋼管柱の水平交番載荷試験より、CASE3および4の平均的な耐力を示していることから、実際挙動に近い仮定とした。CASE2, 5の変形特性を図3に示す。

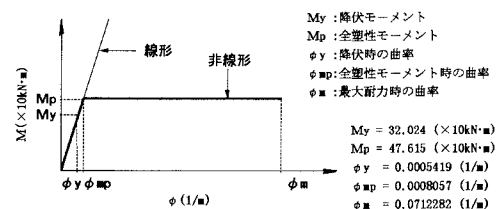


図3 鋼管柱の変形特性

キーワード：開削トンネル，地中構造物，耐震設計，限界状態設計，変形性能，鋼管柱

連絡先：〒185 東京都国分寺市光町2-8-38 (株)テス TEL(042)573-7347 FAX(042)573-7347

3. 解析結果

(1) 接合条件が耐震性能に及ぼす影響

図4にCASE1, 2, 5の構造物層間水平変位を示す。これより、変形量の差はB3Fのみで生じていることがわかり、B1F～B3F間変位の差は最大2.7%で、B3Fのみでは8.9%

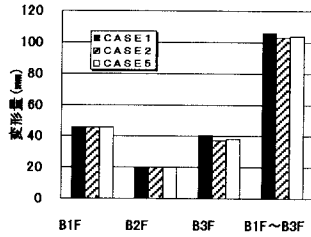
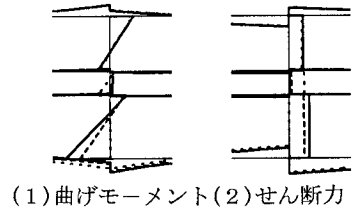


図4 層間水平変位

である。図5に中柱付近の断面力分布を示す。これより、鋼管柱近傍の断面力分布は、鋼管柱のモデル化の相違によりかなり変化することが分かる。特にB2FのRC中柱の発生せん断力の値が異なる。



(1) 曲げモーメント (2) せん断力

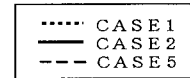


図5 中柱付近の断面力分布図

(2) 被害解析との整合性

図1より、B1F中柱の被害が大きくB2F中柱は小さいことから、B1F中柱がはじめに損傷したと思われる。図6に上・下床間相対変位とB1F中柱およびB2F中柱のせん断力の関係を示す。ここでは、中柱のせん断破壊が解析で表現できないため、B1F中柱がせん断耐力に達した場合、B1F中柱をピン結合と仮定して計算した値を示している。B2F中柱の発生せん断力がステップ状になっているのは、B1F中柱の損傷に伴うB2F中柱の発生せん断力の変化を示す。これより、CASE1の鋼管柱をピン結合とした場合は、B2F中柱がはじめにせん断耐力に達し実被害に合わない。CASE2の鋼管柱を剛結合とした場合は、B1F中柱がはじめにせん断耐力に達するが、B2F中柱がせん断耐力に達しないため実被害に合わない。CASE5の鋼管柱に非線形性を考慮した場合は、B1F中柱がはじめにせん断耐力に達し、つぎにB2F中柱がせん断耐力に達するため実被害に整合する。したがって、鋼管柱の非線形性を考慮する方が、実被害を説明できることが分かる。

4. まとめ

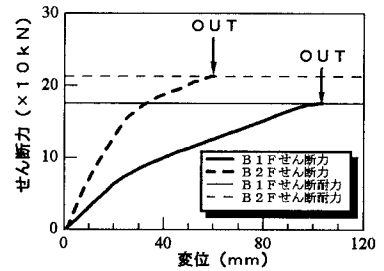
① 鋼管柱を有する階層の層間変位に及ぼす鋼管柱のモデル化の影響は今回のケースでは最大8.9%であった。

② 被害解析との整合性からも、鋼管柱の非線形性を考慮した方が被害結果と整合することが分かった。

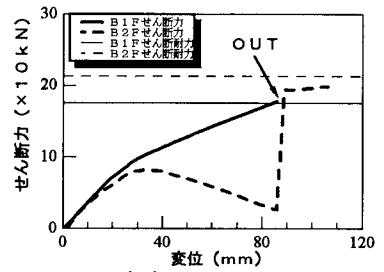
今後は、実験等により鋼管柱の変形性能の適切なモデル化を検討する必要がある。ただし、当面の設計においては、鋼管柱の接合部をピン結合と仮定してもよいと考えられるが、鋼管柱の近傍は、設計計算以外に安全度を高めておく必要がある。そのために十分なせん断補強筋を配置し変形性能に余裕を持たせるのがよいと思われる。さらに、鋼管柱自体にも曲げモーメントが作用することから、コンクリート等で中詰めすることにより、局部座屈を防ぐとともに鋼材の軸力の負担を減らすのが適切と考えられる。同様に、剛結と仮定した場合も、設計での想定と実際の挙動との差異に留意する必要がある。

<参考文献>

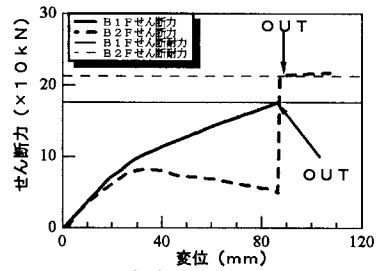
- 1) 森崎 充, 榮藤 修, 渡辺忠朋: 地下鉄構造用合成鋼管柱の水平交番載荷試験, 土木学会第52回年次学術講演会 I-A130, 1997, 9
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 (案), 平成10年11月
- 3) (財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 平成4年10月



(1) CASE 1



(2) CASE 2



(3) CASE 5

図6 相対変位～せん断力の関係