

施工順序の違いによる鉄道構造物の耐震性能検討について

(株) 復建エンジニアリング ○正会員 窪 政樹

1. はじめに

鉄道の複々線化や立体化工事を行う場合、種々の施工順序により線路の切り回しを行わなければならない。この鉄道高架化工法の代表的なものに仮線工法と直上工法がある。仮線工法と直上工法では、施工ステップの差異により仮設時における暫定形の構造形式が異なり、完成時についても異なる構造形式となる。本研究では異なる施工方法により設計した構造物について、それぞれの構造物が持つ耐震性能について比較検討を行うものである。

2. 解析対象構造物

比較する高架化工法は仮線工法と直上工法である。それぞれの切り替えイメージを図 1 に示す。今回の研究対象とする構造物は起点方、終点方ともに 17m の調整桁を有する高さ 8m の鉄道 RC 橋脚である。仮線工法の切り替えにおいては、図 1 a ①に示すように現況用地と一部借用した側道上に地上仮線をふり、空いた用地に一次施工柱を構築する順序となるため、図 1 a ②仮線時のモデルは一本柱と線路方向及び線路直角方向にそれぞれ二本ずつの杭とこれを繋ぐフーチングを有する構造形式となる。図 1 a ③に示す仮線工法の完成時のモデルは仮線時のモデルに一本の柱と二本の杭を後施工し、横梁とフーチングで繋いだ構造形式となる。一方、直上工法の切り替え方法では、図 1 b に示すように営業活線上で施工を行い、線路を計画線に切り替えた後、後施工地中梁を構築する順序となるため、図 1 b ②仮線時のモデルは柱と杭をそれぞれ二本と横梁を有する構造形式となる。図 1 b ③に示す直上工法の完成時のモデルは仮線時のモデルに後施工地中梁を構築した構造となる。設計条件として仮線時においては L1 地震動に対する耐力照査を行うこととし、完成時においては L1 地震動に対する耐力照査及び L2 地震動に対する動的非線形解析を行うこととする。それぞれの橋脚の杭長は 28.5m であり、杭径は仮線工法では $\phi 1000$ 、直上工法では $\phi 1300$ とした。耐震設計上の地盤種別は G5 地盤である。解析モデルは、骨組モデルで地盤バネを考慮し、時刻歴応答解析の入力地盤波形には、G5 地盤用スペクトルⅡの地震波を使用した。

3. 仮線時耐力照査

図 2 に示す仮線時のそれぞれのモデルについて、静的解析により L1 地震動に対する耐力照査を行った。G5 地盤の L1 地震動（水平震度 0.4）において得られた断面力に対して柱の断面と配筋を決定した。仮線工法の右柱、直上工法における左右柱は図 3 b, c に示すような断面となった。仮線工法における仮線時では一柱で一線を支持する構造となるのに対し、直上工法では二柱で二線を支持する構造となる。仮線工法、直上工法ともに、線路方向解析ではほぼ同程度の応答断面力となったものの、線路直角方向解析では応答断面力に 3 割程度の差が生じ、断面高さに 200mm の違いが生じた。

キーワード：耐震設計、仮線工法、直上工法

連絡先：東京都中央区日本橋小伝馬町 1-11-12 (株)復建エンジニアリング第 2 技術部 Tel. 03-5652-8563 Fax. 03-3660-9374

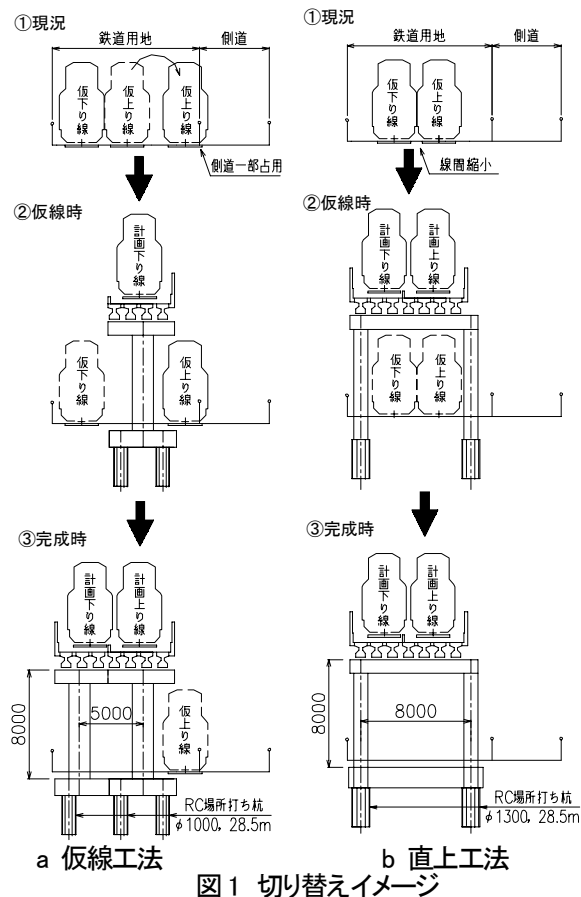


図 1 切り替えイメージ

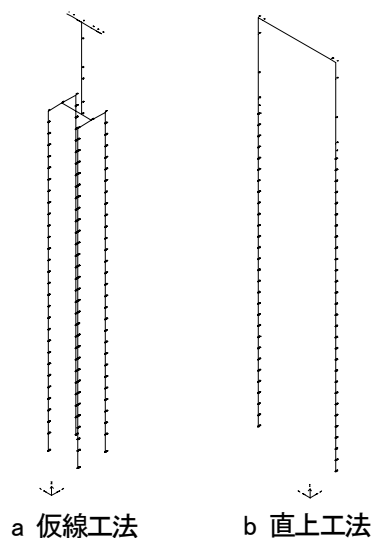


図 2 仮線時モデル

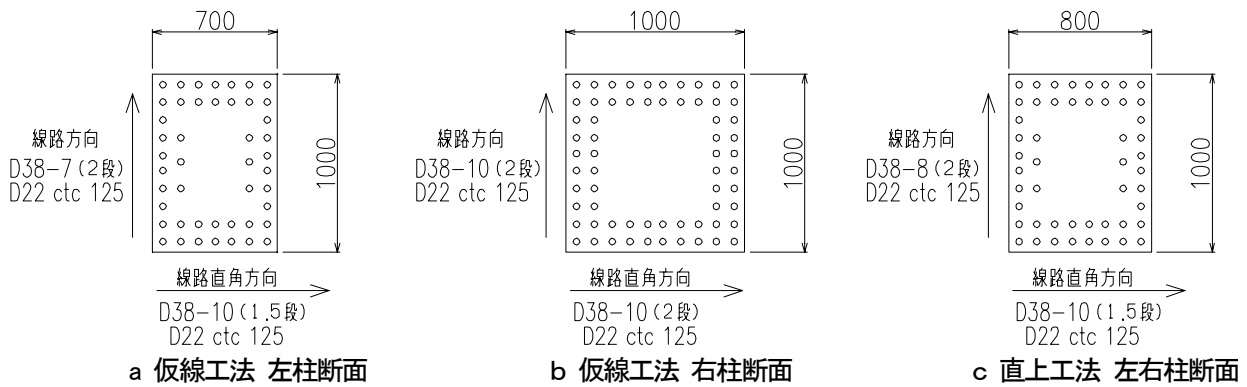


図3 柱断面図

4. 完成時耐震性能照査

図4は仮線工法及び直上工法の完成時のモデルである。図4aの仮線工法モデルにおける左柱は、完成時モデルにおけるL1地震動に対する耐力照査により図3aのように断面を決定した。以上のように仮線時及び完成時の耐力照査により決定した断面についてL2動的非線形解析を行った。その結果を図5及び図6に示す。図5は線路方向解析により得た柱の回転角 θ を損傷レベル1, 2, 3の制限値 θ_y , θ_m , θ_n に対する安全率をグラフにしたものである。図6は線路直角方向における同様のグラフである。この安全率が θ_y において1を超えていないことは損傷レベル1を示し、1を超えていることは損傷レベル2を、 θ_m , θ_n において1を超えることは損傷レベル3, 4を示すものである。図5の線路方向における結果によると、直上工法の左右柱が損傷レベル1を示し、重なってプロットされているのに対し、仮線工法の一次施工右柱と二次施工左柱は同じ損傷レベル2であるものの、結果に多少の差が見られる。図7に示す線路直角方向の結果をみると直上工法は線路方向と同様に左右柱とも損傷レベル1を示しているのに対し、仮線工法では右柱が損傷レベル1を、左柱が損傷レベル2を示している。これは、仮線工法ではL1耐力照査時の骨組が右柱は仮線時、左柱は完成時と異なり、それぞれの耐力としては十分となるものの構造物全体としては偏りが生じることを示しているといえる。また、柱断面をL1耐力照査により決定したため非線形領域においては損傷レベルに違いが生じたものと思われる。

5. まとめ

仮線工法のような施工ステップにより骨組の異なるモデルにおいては、L1耐力照査により断面決定を行うとL2地震動に対する損傷レベルが異なる結果となった。仮線時も活線営業を行う場合、構造物の安全性を考え、仮線時・完成時のそれぞれの骨組においてもL2地震動を考慮すれば、施工ステップと骨組に関わらず、柱の耐震性能は同等になると考えられる。しかし、すべての仮線高架橋にこの考えを適用すると仮線期間の長さや経済性とのバランスを考慮する必要があり、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編：1999. 10
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・杭土圧構造物編：2000. 7
- 3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物編：2000. 7

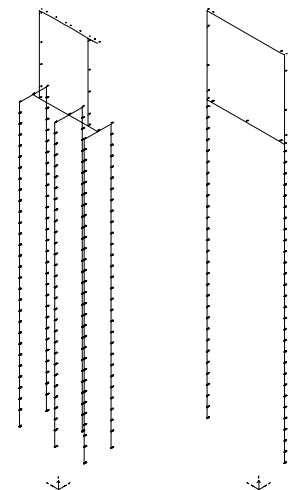


図4 完成時モデル

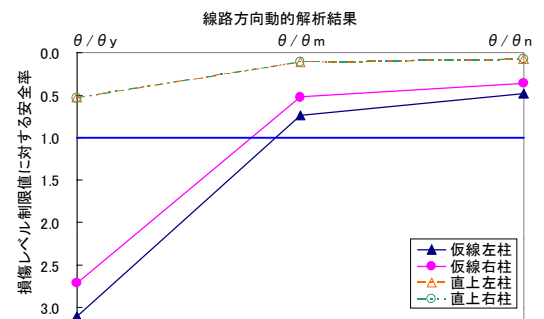


図5 線路方向L2地震動照査

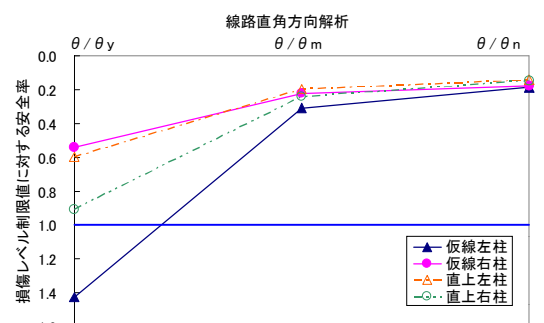


図6 線路直角方向L2地震動照査