

施工順序と設計条件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

(株) 復建エンジニアリング 正会員 井口 光雄

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仮線時の検討ケースを変え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。それぞれの切替イメージを図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。仮線工法の切替においては、図1a①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1a②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1a③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、直上工法の切替方法では、図1bに示すように営業活線上で施工を行い、線路を計画線に切替後、後施工地中梁を構築する順序となるため、図1b②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1b③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L1地震動に対する耐力照査により決定した断面とL2地震動に対する耐震性能照査により決定した断面の2ケースについて、それぞれの断面が持つ耐震性能の比較を行うこととした。完成時では仮線時で決定した断面を用いてL1地震動に対する耐力照査及びL2地震動に対する時刻歴応答解析を行い、耐震性能照査を行う。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。

3. 仮線時L1地震動耐力照査ケース

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3b、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。

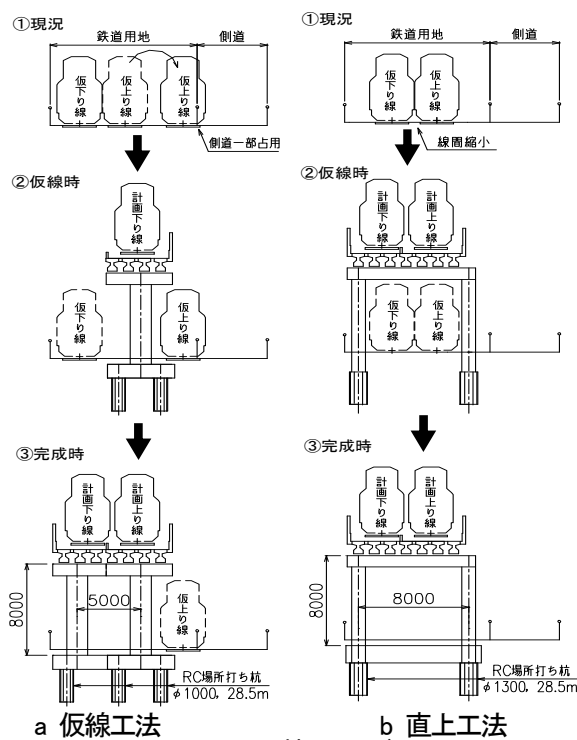


図1 切替イメージ

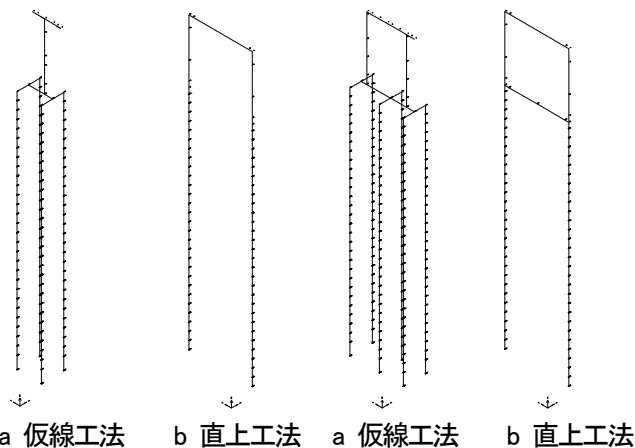


図2 仮線時モデル

図3 完成時モデル

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堀留町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

4. 仮線時L2地震動耐震性能照査ケース

次に、仮線時においても活線営業することから、構造物の安全性を考慮して、仮線時モデルにおいてL2地震動耐震性能照査を行い、決定した断面を図5に示す。仮線工法の左柱は完成時モデルの骨組にのみ現れる部材であるため、図4の結果と同じ断面である。L2地震動耐震性能により断面を決定すると図4に示すL1地震動耐力照査による断面よりも大きい断面と鉄筋量になる。図4cに示す結果と同様、図5cの直上工法の左右柱が同断面となるのに対し、図5a, bに示す仮線工法の柱断面は図4a, bに示す結果よりも違いが大きくなり、線路方向で400mm、直角方向で700mmの差が生じた。

4. 完成時耐震性能照査

図3に示す仮線工法及び直上工法の完成時モデルに対し柱断面を変えて線路方向動的解析による耐震性能照査を行った。図4に示す仮線時L1耐力照査により決定した断面の結果が図6であり、図5に示す仮線時L2耐震性能照査により決定した断面の結果が図7である。これは柱の回転角 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。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6の耐力照査断面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。図7に示す耐震性能照査断面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、仮線工法では決定ケースが右柱は仮線時、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。

5. まとめ

仮線工法と直上工法という施工ステップにより骨組の異なる施工法において、柱断面の耐震性能の比較を行った。仮線工法において、仮線時・完成時のそれぞれの骨組においてもL2地震動を考慮すると、仮線時でL1地震動までを考慮した場合と比べて、完成時の左右柱の断面及び耐震性能の違いは大きくなる。一方、直上工法では施工ステップと骨組に関わらず、左右柱の耐震性能は同等となることが分かった。今後は、仮線工法における柱の耐震性能の偏りの対策として仮柱等を用いる方法や他の施工法などについての検討を行っていきたい。

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

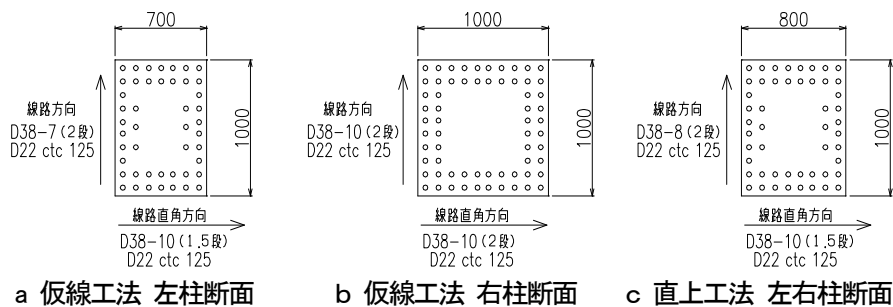


図4 柱断面図(仮線時L1耐力照査断面)

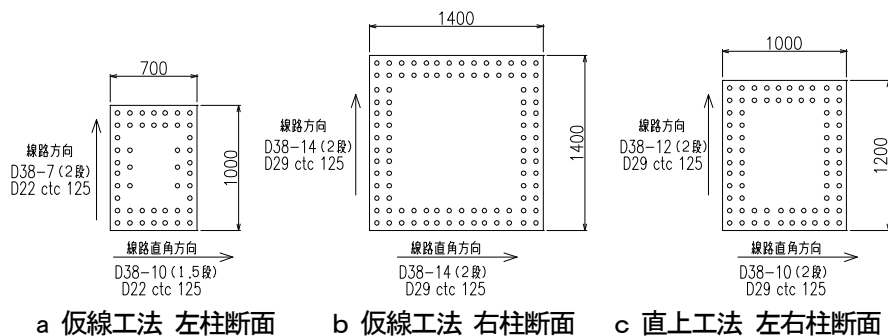


図5 柱断面図(仮線時L1耐力照査断面)

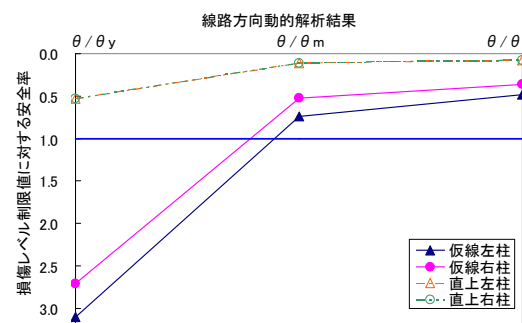


図6 線路方向L2地震動照査
(仮線時L1耐力照査断面)

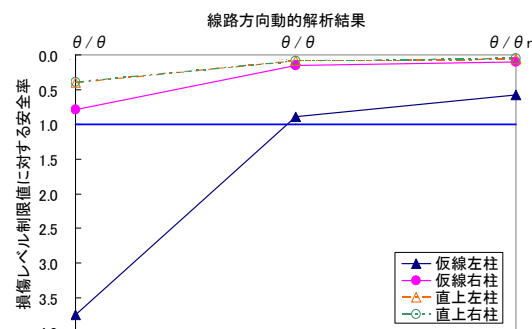


図7 線路方向L2地震動照査
(仮線時L2耐震性能照査断面)