

構造形式を変化させることによる耐震補強

東京地下鉄株式会社 正会員 辻貴大 非会員 千田健斗 メトロ開発株式会社 正会員 後藤晃
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○富吉隆生 津嶋雄大 高橋健

1. はじめに 耐震補強においては、せん断耐力、靱性、および曲げ耐力等の部材性能を向上させることが一般的である。しかしながら、都市部の鉄道において列車を運行させながら耐震補強を行う場合は、建築限界や用地等の部材寸法の制約の他、軌道や周辺建物への影響も考慮した補強方法とする必要があり、部材性能の向上による補強が困難なことがある。そのため東京地下鉄丸ノ内線茗荷谷駅から後樂園駅間にある跨線道路橋に対して、部材性能の向上では無く、構造形式を変化させる耐震補強設計を行った。

2. 耐震性能 地震時の構造物の要求性能は設計標準¹⁾に基づき、L1 地震動に対しては部材を損傷させず、L2 地震動に対しては一部の部材が破壊しても構造物全体系として破壊させないこととした。部材等の性能は設計標準^{2), 3)}に従い設定した。部材の破壊形態および降伏順序には言及せず、構造物が転倒しないことを確認し、基礎の支持力や変位の照査はしないこととした。

表1 要求性能

地震動	L1 地震動	L2 地震動 (スペクトルⅡ)
要求性能	復旧性 性能レベル1を確保※	安全性を確保※

※性能レベル1:機能は健全で補修をしないで使用可能な状態
 安全性:一部の部材が破壊しても、構造物全体系として破壊しない状態

3. 耐震診断結果および補強結果

3.1 対象構造物 対象となる跨線道路橋は茗荷谷駅から後樂園駅間にある、昭和30年代に設計された跨線橋3橋である。構造形式は単径間RC門型橋(3.2)、4径間桁式橋梁の無筋橋台およびRC橋脚(3.3)、3径間桁式橋梁の無筋橋台およびRC橋脚(3.4)である。

3.2 単径間RC門型橋

3.2.1 耐震診断結果と部材性能向上による耐震補強イメージ

図1a)に門型橋の耐震診断結果を示す。受働側は、側壁上部が損傷し、それに伴い上床版の負担が増え曲げ損傷する。主働側は、側壁基部が外側引張により曲げ損傷した後、側壁中間部が内側引張により曲げ損傷する。図1b)に部材性能の向上として、側壁・上床版をRC増し厚補強した補強イメージを示す。この場合、側壁外側の増し厚補強の施工時に、背面地盤の掘削のために、道路を使用できなくなる。また、床版下側の増し厚補強は、軌道直上での施工となり難易度が高い。

3.2.2 耐震補強結果

主働側の側壁のスパン低減によるモーメントやせん断力の軽減、受働側の側壁にかかる地震時水平力の軽減を目的として側壁にアンカーを設置する補強とした。地震時の水平力の軽減により上床版の損傷も制限値内に収まった。補強材は、軌道脇に施工機材を常設できないこと、施工機材の運搬経路の点から、手持ちで運搬・施工できる機材を使用する中径のアンカーを選定した。

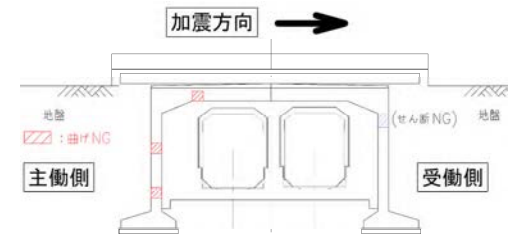


図1a) 耐震診断結果

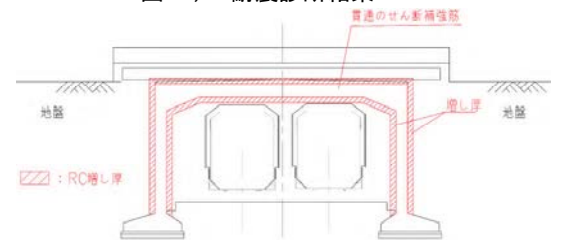


図1b) 耐震補強イメージ

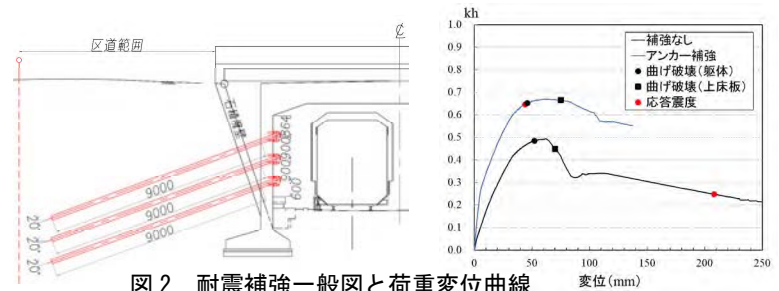


図2 耐震補強一般図と荷重変位曲線

キーワード 耐震性能, 地山補強土工法, ストラット補強, タイロッド補強

連絡先 〒101-6462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地 テラススクエア13F TEL:03-6777-1823

選定したアンカーを1段あたり5本3段配置することで、占用可能な範囲内に収めることができた。

3.3 4径間桁式橋梁

3.3.1 耐震診断結果と部材性能向上による耐震補強イメージ 図3a)に桁式高架橋の耐震診断結果を示す。橋台、橋脚共に、基礎の性能が低く地震時に転倒する上、橋脚く体は鉄筋量が少なく、曲げ、せん断耐力ともに不足する。図3b)に部材性能の向上として、柱、フーチング、杭を増し打ちした場合の補強イメージ図を示す。この場合、橋台に増し打ちするフーチング、および杭は使用可能な用地内に収まらない。また、施工には、背面地盤の掘削が伴い、道路の使用に制限が必要である。橋脚に増し打ちする柱およびフーチングは、建築限界に支障する。フーチング、杭の施工は、軌道仮受を伴う路下施工となり膨大な費用がかかる。

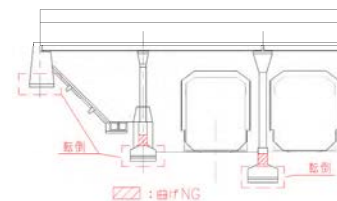


図3a) 耐震診断結果

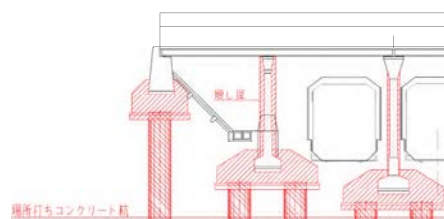


図3b) 部材性能の向上による耐震補強イメージ

3.3.2 耐震補強結果 橋台や橋脚の上部の変位を拘束する事を目的として橋脚間上部にストラットを設置する補強とした。上部を拘束することにより、橋脚は転倒しない。また、く体は下端を剛となる片持ち構造から、上下を支点とする構造に変化し、橋脚自体に作用する水平力は自重+上部工死荷重から自重へと変化し、く体自体への補強は不要となった。夜間作業はブラケットの取り付けとストラットの設置、ストラットのグラウト充填のみとなった。

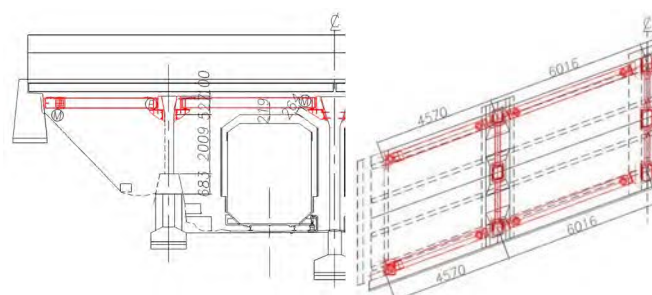


図4 耐震補強縦断面図(左)と平面図(右)

3.4 3径間桁式橋梁

3.4.1 耐震診断結果と部材性能向上による耐震補強イメージ

図5に本橋の耐震診断結果を示す。3.3.1の桁式高架橋の部材、基礎と同様に柱が曲げ、せん断損傷し、基礎が転倒する。本橋の部材性能を向上させた場合の補強イメージは図3b)と同様である。また、補強の懸念事項も、3.3.1と同様である。

3.4.2 耐震補強結果 橋台は3.2.2と同様のアンカー補強とすると、道路用地に収まらないため、控え杭+タイロッドを設置する補強とした。橋台前面に支障物によりストラットを設置できず、転倒防止のため橋脚間にはく体上部で剛結した補強梁を設置し、下側の回転拘束が必要な片持ち構造から、上側を剛とするラーメン構造に変化させた。構造形式の変化により、橋脚上部のモーメントは増加すること、また橋脚く体の鉄筋は段落としされており、下端以外のせん断耐力は不足していたことから、鋼板巻き補強を行った。

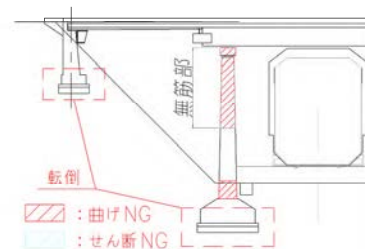


図5 耐震診断結果

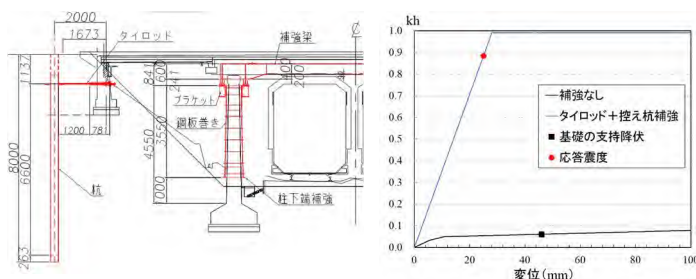


図6 耐震補強補強一般図(左)と荷重変位曲線(右)

4. まとめ 既存の構造形式のまま部材の追加や寸法の増大を伴う補強とした場合、建築限界への支障や用地境界等の制約により成立しない、また周辺道路の通行規制により利便性が低下する等の課題があり、構造形式を変化させる補強を行った。補強の工夫により、耐震補強費の低減が可能であることも示唆された。

- 参考文献**
- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), H16年4月, 鉄道総合技術研究所
 - 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), H24年9月, 鉄道総合技術研究所
 - 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物), H21年7月, 鉄道総合技術研究所