

鉄道近接の道路橋脚（パイルベント）の耐震補強工事

シーエヌ建設
シーエヌ建設

フェロー会員 ○丹間 泰郎
中条 正樹

1. はじめに

鉄道と道路は、共に社会的に重要なインフラであり、その交差部の維持管理は、双方にとっても、社会にとっても、非常に重要な案件である。線路を跨いでいるこ線道路橋の耐震補強は、地震発生時に、鉄道と道路を継続的に機能させるためにも、重要かつ喫緊の課題である。

2. 設計概要

対象の、こ線道路橋は、昭和 30～40 年代に多く造られたパイルベントによる橋脚で、橋脚部・基礎部という区別がない。よって、大きな慣性力に対して、主たる塑性ヒンジの発生位置が明確でなく、地中深い位置で損傷した場合、補修は容易ではない。また、鉄道に近接しており、狭隘かつ空頭制限がある条件下で、さらに、近接営業線の列車運転に影響を与えないように施工を行わなければならない。よって、補強は S S P 工法 (Super Strengthening Pile Bents Method) とした。S S P 工法とは、既成杭より一回り大きな補強鋼板で抱込み、圧入、無収縮モルタルを充填して一体化するもので、大規模な仮設の締切も不要で、補強断面も小さくて済む。また、圧入装置による補強鋼板の圧入沈設であり、振動が少なく、施工機械も小型のため、狭隘かつ低空頭の場所でも施工が容易である。

平成 24 年 3 月の道路橋示方書・同解説に基づき、死荷重 1800KN、地域区分 A1 地域、重要度区分 B 種、地盤種別 II 種、液状化を考慮、レベル 2 地震動にて耐震照査の結果、SM490Y、厚さ 22mm の鋼板で補強することとなった。補強長は地震発生時に地中部に作用する曲げモーメントの 1.1 倍が作用した場合においても既設杭の降伏曲げモーメント以下となる補強長 19.0m に余長 0.3m を考慮し、補強鋼板長を 0.5m で丸めて、補強長 19.5m とされた。

3. 施工中の課題と対策

圧入は、既設杭と補強鋼板の間を高圧ジェット水によって掘削しながら行うので、隣接線の軌道狂いが懸念され、日々、施工前・中・後の計 3 回の軌道検測と、軌道監視を常時実施した。軌道狂いが基準値に達した場合は、作業中断・関係箇所連絡・運転手配・軌道整備を実施することとした。実際に、施工前の狂いを加えた累積値が警戒値（高低 7 mm）に達したため軌道整備を実施した。更に、土の過剰排出によるボイリング等に伴う線路下地盤沈下には特に留意し、掘削深さに対し、土の取込量が設計掘削量以上とならないように監視した。また、土質柱状図の 15m 下付近に粘土層があり、その下に二次圧水が想定され、ボイリングが懸念されるため、排出土の土質を確認しながら、補強鋼板内

キーワード 交差交通構造物, 耐震補強, パイルベント橋脚, S S P 工法, 線路近接,

連絡先 〒453-0013 愛知県名古屋市中村区亀島一丁目 4 番 12 号シーエヌ建設株式会社 tel 052-451-4514



写真-1 現場状況

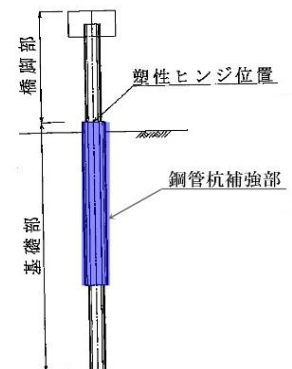


図-1 S S P 工法概要

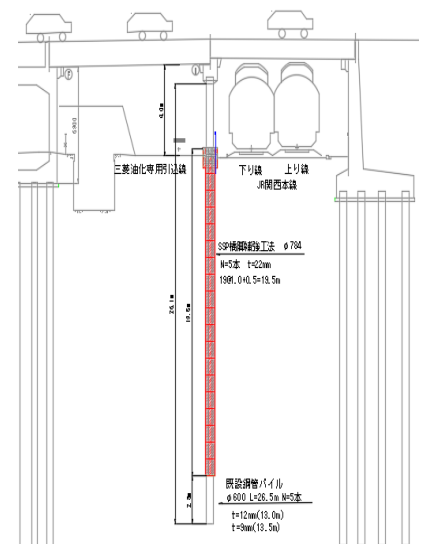


図-1 基礎杭補強図

部の水位管理を行った。また、発生した泥土水は濁水処理を実施し、排水及び再利用を行った。以上の管理により、軌道への影響及び対応も制御範囲内で完了できた。

一方、補強鋼板圧入時は、圧入ジャッキの反力で上向きの力が作用し、既設杭が軸方向に引抜かれ、上部構造物に負荷がかかる。よって、ジャッキの圧入力を設計値以下に保って施工した。 W_w ：補強鋼板必要圧入力と、 P_a ：既設部軸方向許容引抜き力の関係は、

$$W_w = R_F + R_R < P_a = P_{a1} + P_{a2}$$

W_w ：補強鋼板必要圧入力

R_F ：補強鋼板周面摩擦力 R_R ：先端抵抗力

P_a ：既設部軸方向許容引抜き力

P_{a1} ：上部工死荷重 P_{a2} ：既設杭の引抜き抵抗力

$W_w = 501.8 \text{ kN} < P_a = 531.7 \text{ kN}$ 。となり、必要圧入力に既設杭の引抜き抵抗力が耐えられる計算となる。よって、圧入ジャッキは所定以下の圧入力とし、上部桁と既設構造物の変状を常に監視して慎重に施工を進めた。ところが、所定の圧入力では、補強鋼板が圧入不可能になった。作業を中断し、掘削により排出された土砂を採取して、土質を調べた結果、当初設計でシルトと考えられていた箇所に砂層や礫層があり、CCD カメラで既設杭と補強鋼板の隙間・補強鋼板先端を確認した結果、支障物や大きな礫はなかった。設計圧入力は柱状図の N 値から推定されており、実際の周面摩擦力、先端抵抗力は、推定値に比べて大きかったと考えられる。以上の検証結果からジャッキの圧入力を当初(500kN)より増加して、補強鋼板を圧入することとし、再照査を実行、

$W_w = 701.8 \text{ kN} > P_a = 531.7 \text{ kN}$ との結果がでたため、既設部軸方向許容引抜き力(P_a)を 1000kN まで与えることができるように、両隣の既設杭を結合鋼板で繋げて補強・応力分担させる構造とし、補強鋼板必要圧入力に対応させた。再度、補強鋼板の圧入を試みた結果、既設構造物に変状を発生させることも無く、順調に圧入沈設できた。

4. さいごに

今回の施工は、途中、大深度掘削による隣接する軌道に影響が生じたり、杭周面摩擦力が当初計画より大きく圧入不可能になった。しかし、監視体制を確実に実施し、適切な対策を講じ、鉄道と国道への影響を与えず、既設杭 5 本の補強鋼板 19.5m を予定通り圧入完了できた。充分な管理をし、適切に対応すれば、今後も大いに期待できる施工法である。

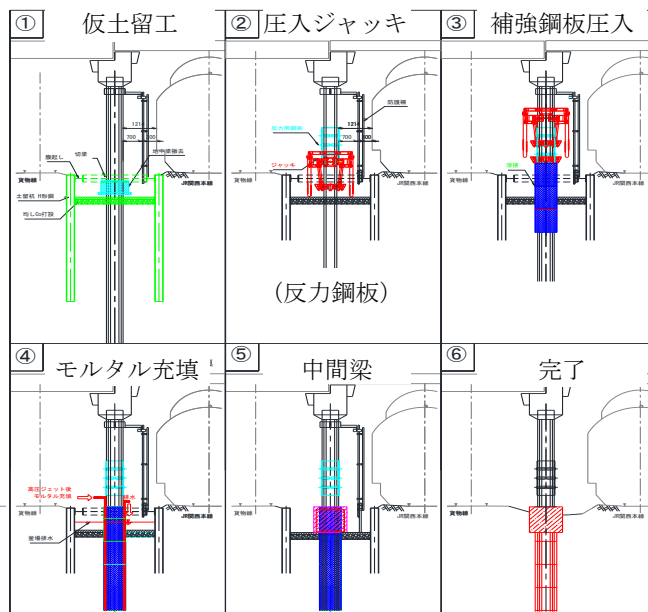


図-3 耐震補強施工手順



写真-2 補強鋼板圧入

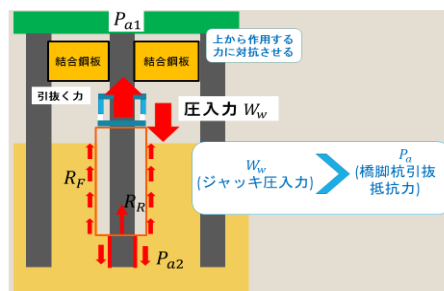


図-4 圧入力と引抜き力



写真-3 耐震補強完了