

東日本大震災によるつくばエクスプレス線高架橋の被害と復旧

首都圏新都市鉄道(株) 新海 守一 岩本 博
 鉄道・運輸機構 正会員 森野 達也
 (株)レールウェイエンジニアリング 正会員 青木 一二三
 東亜建設工業(株) 正会員 ○山田 明宏 正会員 若松 宏知

1. はじめに

東日本大震災によって、つくばエクスプレス線利根川東高架橋の一部の橋脚が傾斜して、軌道面で最大150mm程度の残留変位や橋桁のねじり変位等が生じた。本稿では、被災した高架橋の各種調査による被害状況と水平載荷により橋脚を元位置へ復元した橋脚復元載荷、および橋桁扛上(こうじょう)による復旧作業について報告する。

2. 被災状況

本高架橋の上部工構造は、PCU型桁・合成床版構造(4主桁 L=20m)であり、橋脚基礎構造は杭基礎である(図-1参照)。軌道方式は、弾性枕木直結軌道である。

各橋脚の地震による残留変位量を表-1に示す。P24橋脚とP25橋脚の残留変位が特に大きく、P24橋脚は水平変位が132mm、鉛直変位が最大84mm、P25橋脚は水平変位が151mm、鉛直変位が最大62mmで、約0.7%の傾斜が生じていた。なお、衝撃振動試験により、橋脚の各部位において塑性化を生じるような大きな損傷は認められず健全であることが確認された。

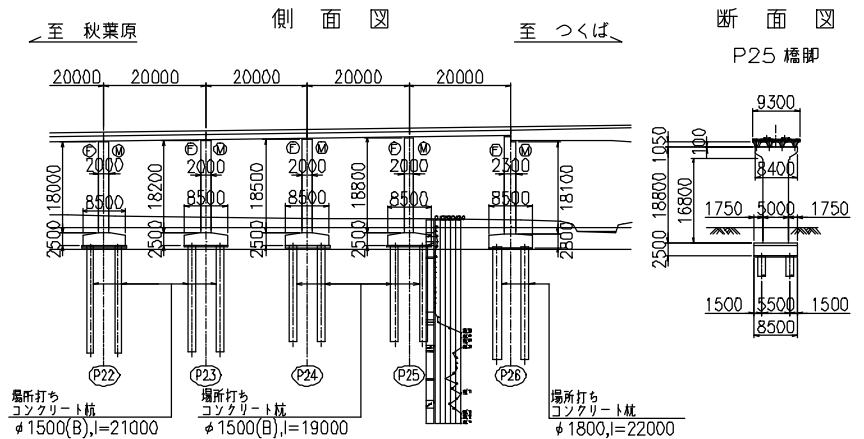


図-1 利根川東高架橋構造一般図

表-1 地震による残留変位量 (単位:mm)

橋脚NO	軌道面 変位量	橋脚沈下量		桁遊間	
		上り	下り	上り	下り
P22	+1	+10	+6	-	-
P23	+9	+49	+42	130	30
P24	-132	+55	+84	0	70
P25	-151	+22	+62	5	61
P26	-17	-2	-2	65	8

※軌道面変位量の+は上り側方向を示し、-は下り側方向を示す。橋脚沈下量の+は沈下を示す。



写真-1 下り側桁遊間目開き状況



写真-2 上り側破損状況

PCU型桁は、橋脚の傾斜により最大で $\theta=5.79/1000$ の相対ねじりが生じ、斜めひび割れの発生が確認された。桁遊間は、P24、P25橋脚が下り側に傾斜したことにより、下り側は大きく開き、上り側はせり合い、防音壁、床版、桁に破損が見られた(写真-1、写真-2参照)。鋼棒ストッパー部は、ストッパー自体の損傷はなかったが、周辺コンクリートは押し抜きせん断破壊が生じた箇所があった。

3. 復旧工事

3.1 復旧方針

復旧方針は、まずP24、P25橋脚を橋脚復元載荷により当初位置に復元し、次に、沈下に対しては、ジャッキアップによる桁の扛上を行うこととした。これらの復旧作業により徐行を解除した後、増し杭による耐震補強、主桁の繊維補強、破損部の補修を実施することとした。

キーワード 東日本大震災, 鉄道, 橋脚, 水平載荷, 桁扛上, 復旧

連絡先 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町 4-1-6 東亜建設工業(株)東京支店 TEL 03-6214-1302

3.2 橋脚復元載荷

橋脚復元載荷は、橋脚の下り側に反力架台を設置し、G.L.+11.0m の位置にセットした油圧ジャッキ (2 台直列×2 並列配置、最大能力 8,000kN) にて載荷した。反力架台は H 形鋼 (H-400×400×13×21) を主材とし、基礎構造は直接コンクリート基礎 (B=14m, L=20m, t=0.7m) と杭基礎 (回転圧入鋼管杭 φ400, L=28.0m, 16 本) の複合基礎構造とした (図-2 参照)。

載荷方法は、連続載荷方式、多サイクルとし、6 サイクル実施した。水平変位量は、ワイヤー式変位計を使用して、ジャッキ載荷位置と地表面付近を計測し、軌道面変位量は、橋脚に設置した傾斜計の測定値から推定した。橋脚復元載荷は、終電通過後から始発通過までの間に行ったが、この間に軌道整正、試験電車の運行を行うため、復元載荷を実施したのは午前 1 時過ぎ～午後 3 時前の 2 時間弱であった。載荷は、桁にねじれを発生させないために、各サイクルで P24, P25 橋脚を同時に載荷、除荷を行った。最大荷重は P24 橋脚で 5,511kN, P25 橋脚で 6,893kN であり、軌道面変位量は、P24 橋脚で 278.8mm, P25 橋脚は 289.5mm であった。P25 橋脚の水平載荷による軌道面復元変位量を表-2 に、荷重～変位量関係を図-3 に示す。

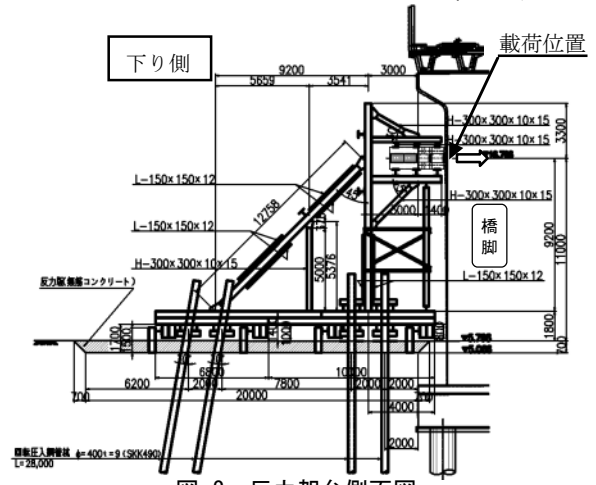


図-2 反力架台側面図

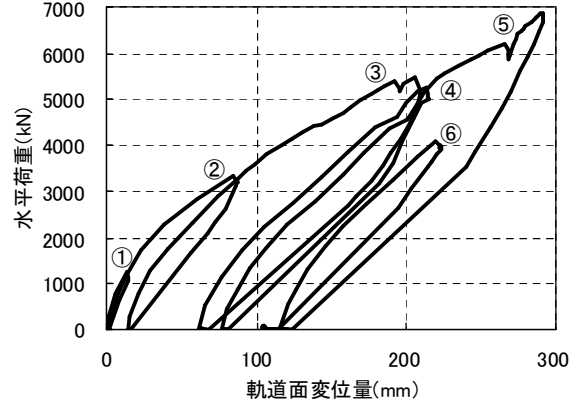


図-3 水平荷重－軌道面水平変位量関係 (P25 橋脚)

表-2 水平載荷による軌道面復元変位量

サイクル	P24橋脚			P25橋脚		
	最大荷重 (kN)	最大変位 (mm)	復元変位量 (除荷後変位) (mm)	最大荷重 (kN)	最大変位 (mm)	復元変位量 (除荷後変位) (mm)
①	1024	14.2	1.9	1250	13.0	1.3
②	3132	84.2	15.0	3341	84.1	13.9
③	5069	224.2	56.5	5478	206.1	61.5
④	4609	223.8	67.3	5276	212.6	76.9
⑤	5511	278.8	94.6	6893	289.5	115.7
⑥	3234	194.4	88.7	4084	219.2	110.6

軌道面での復元変位量は P24 橋脚で 88.7mm, P25 橋脚で 110.6mm であった。地震による残留変位量が P24 橋脚で 132mm, P25 橋脚で 151mm であったため、目標値まで復元はできなかったが、軌道の通りは締結装置の調整等により直線を保持できる範囲であった。

3.3 桁の扛上

桁の扛上は、橋桁をジャッキアップし、沓座とゴム沓の間に扛上材を設置することにより行った。扛上材はゴム被覆鋼板を用い、高さの微調整にはステンレス鋼板を使用した。桁の扛上量は、橋脚の復元状況によって異なるため、橋脚復元載荷後の測量結果に基づき決定し、必要扛上量は 25～69mm となった。

桁扛上に使用するジャッキは、フラットジャッキを採用した。フラットジャッキは周囲に半円形の凹みを有する 2 枚の薄い軟鋼板を張り合わせた構造となっており、この内部に水圧をかけ揚圧力を発生させる。最大の特長は機械高 30mm で、25mm のストローク長を有することである。さらに 2 基重ねて使用することが可能であるため、1 回で 50mm の扛上が可能となる (写真-3 参照)。



写真-3 フラットジャッキ使用状況

なお、50mm 以上の扛上が必要な箇所は、フラットジャッキでジャッキアップを行い、油圧ジャッキを設置できる高さを確保した後に、油圧ジャッキに受替え、さらにジャッキアップを行う 2 段階で実施した。

4. まとめ

橋脚復元載荷、桁の扛上を実施することにより、徐行解除となり通常運転が再開された。今後、同様の被災が発生した際に、今回の復旧方法が参考になれば幸いである。