

横浜ベイブリッジの東北地方太平洋沖地震後調査と耐震性能評価

首都高速道路(株) 正会員 ○並川 賢治
 首都高技術(株) 正会員 布施 光弘
 東京大学 正会員 藤野 陽三

1. 目的

東北地方太平洋沖地震により横浜ベイブリッジの地震応答計測システムでは主桁の橋軸直角方向、橋軸方向および鉛直方向のそれぞれで 299cm/s^2 , 51cm/s^2 , 194cm/s^2 , 主塔頂部の橋軸直角方向で 600cm/s^2 以上の最大加速度が観測された。主桁および主塔の振動は橋軸直角方向の応答が支配的であり、これによる主桁の変位は橋軸直角方向で最大 62cm, 橋軸方向は 20cm, 中央径間中央部鉛直方向は 20cm, 主塔の変位は頭頂部の橋軸直角方向で 55cm, 橋軸方向は 25cm であった¹⁾。筆者らは地震後に本橋の主桁縦断形状測定、主塔倒れ量測定、主桁の移動痕跡調査を行い橋体全体の健全度と耐震性能を評価した。

2. 横浜ベイブリッジの構造特性と耐震システム

横浜ベイブリッジは 1989 年 9 月に開通した、中央径間長 460m, 側径間長 200m, 橋長 860m の 3 径間連続斜張橋である。主桁はダブルデッキ鋼トラスからなり、上層部は 6 車線の首都高速道路湾岸線が通り、下層部

港外側は 2 車線の一般国道に供されている。主塔は高さ 172m, 幅 29.25m の等断面の H 形である。本橋の耐震システムの特徴は端橋脚と主桁の間にエンドリンク、主塔と主桁の間にタワーリンクを配置したことである(写真-1)。橋脚および主塔と主桁に相対変位を生じさせることにより地震中の橋軸方向の固有振動数が約 7.7 秒程度に保持された。地震時に生じる橋軸方向変位を拘束するために桁と主塔の連結には振り子形状の長さ 2m の短尺のタワーリンクが用いられている。

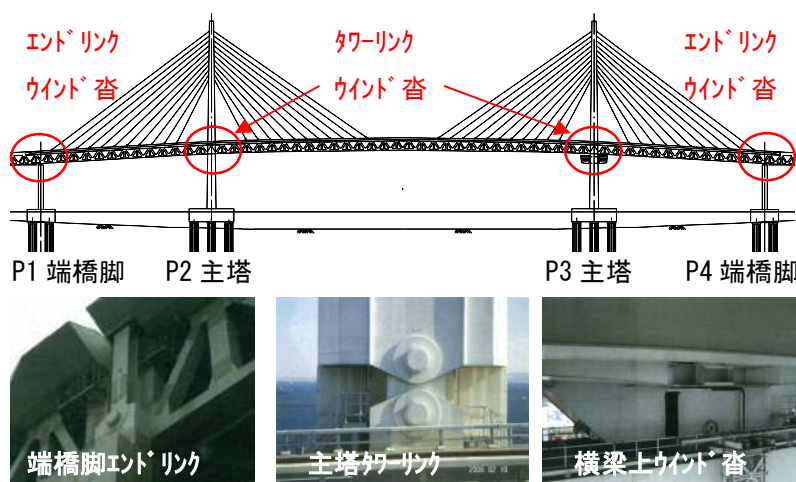


写真-1 横浜ベイブリッジの耐震システム

3. 東北地方太平洋沖地震後の調査結果

(1) 主桁縦断形状測定

地震前後(平成 23 年 1 月, 3 月)の主桁縦断形状を港内外でそれぞれ測定した結果を図-1(A)に示す。港内外ともに地震前後の計測値に大きな変化は見られない。建設時(初期値)の縦断形状との差を示した図-1(B)では中央径間中央の港外側計測値が 82mm 下降しているが、これは下層部郊外側に一般国道 357 号が 2 車線で暫定整備された影響である。荷重が偏心して載荷される影響は中央径間中央の高低差で 110mm と計算されている。地震前後の計測値に変化がないことから地震による主桁縦断形状への影響はないと考えられる。

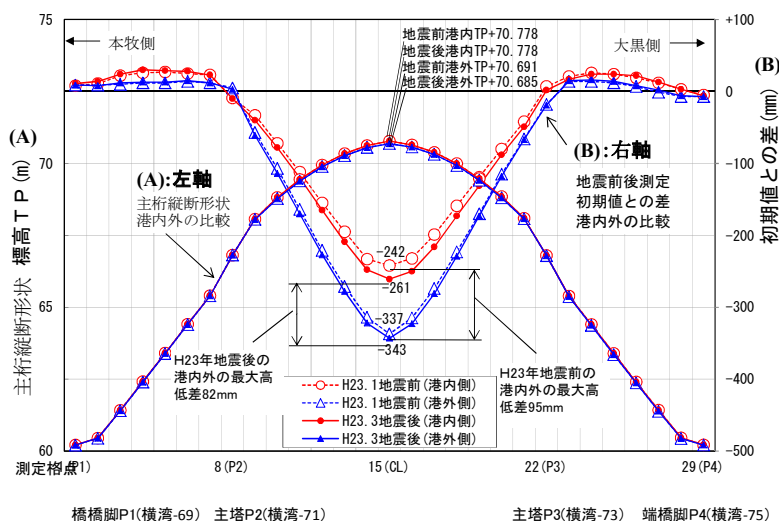


図-1 主桁縦断形状測定の結果

キーワード 東北地方太平洋沖地震, 横浜ベイブリッジ, 耐震システム, 健全度, 耐震性能, リンク
 連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 (日土地ビル) 首都高速道路(株)技術部 TEL 03-3539-9452

(2) 主塔倒れ量測定

主塔中心の倒れ量を現在の条件における解析値，地震前後（平成 23 年 1 月，3 月）の計測値について主塔中心座標に対して記したものが図－2 である。地震後に P2 主塔は橋軸方向に P3 側へ 13mm，直角方向は港内側へ 10mm，直線距離で 16mm 移動している。P3 主塔は橋軸方向に P4 側へ 10mm，直角方向は港外側へ 16mm，直線距離で 19mm 移動している。地震後に P2,P3 それぞれの主塔倒れ量が中心座標側に向かったこと，測定した結果が絶対量として解析値を超えていないことから地震による主塔形状への影響はないと考えられる。

計測値には測量誤差および温度補正誤差（測定値を温度補正するとき生じる実際の値との差）が含まれている。

(3) 主桁移動痕跡調査

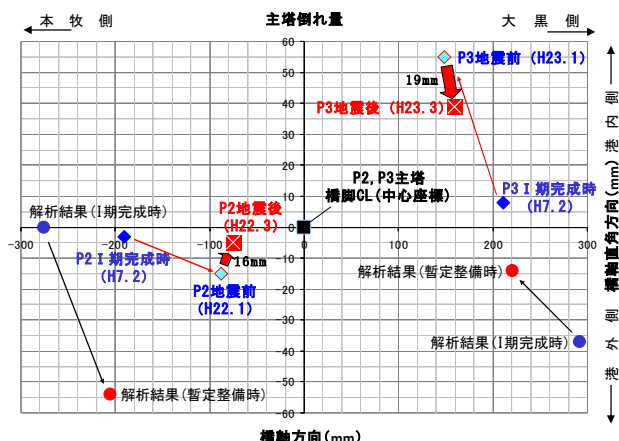
リンク支承は球面軸受けを用い回転変位を拘束しないユニバーサル構造となっている。橋軸直角方向の荷重に抵抗するためにウインド杮を端橋脚，主塔の下部水平梁上に設置している。ウインド杮は水平力の分担のほか鉛直方向、橋軸方向の移動および回転が可能であることが要求され滑動面はステンレスクラッド銅とテフロン板（PTFE 板）を用いた密閉ゴムタイプとしている。橋脚と主桁および主塔と主桁の連結部の目視調査から P2 および P3 主塔のタワーリンク，P1 および P4 端橋脚のウインド杮に地震による滑動の痕跡が見られた。P2 および P3 主塔のタワーリンク支承下部に設けられている上面円盤近傍では表－1 に示すように取り付けボルト数本が破損し円盤の塗装の剥離が明瞭に観察された。これら塗装の剥離やボルトの破損は，タワーリンク位置で主塔と主桁橋軸直角方向の衝突があったことや主桁の回転と橋軸直角方向，鉛直方向の変位が組み合わされて生じたものと考えられる。ウインド杮の表面には写真－2 のように主桁が大きく橋軸方向に相対変位したことを示す円形の痕跡が残されていた。P4 端橋脚の港外側ウインド杮ではテフロン板が脱落しており橋軸直角方向や回転方向の力が大きなものであったことが推察される。端橋脚のエンドリンク，主塔のウインド杮は滑動痕跡が確認されなかった。

4. 横浜ベイブリッジの耐震性評価

(1) 主桁縦断形状測定および主塔倒れ量測定：地震前後の計測値に変化は見られず東北地方太平洋沖地震による橋体全体系への影響はなく健全な状態が保たれていると考えられる。

(2) 主桁移動痕跡調査：タワーリンクとウインド杮の滑動痕跡は主桁と主塔および主桁と橋脚に相対変位があったことを示している。この相対変位を生じさせるためには主桁と主塔および橋脚を連結するリンク支承は滑動して完全ヒンジ形の連結状態となっている必要がある。横浜ベイブリッジのこのような挙動は東北地方太平洋沖地震により設計で前提とした耐震システムの機能が発揮されたことを示すものであると考えられる。

参考文献 1) Dionysius SIRINGORINGO，Yozo FUJINO，Tomonori NAGAYAMA；Response of Yokohama-Bay Cable-Stayed Bridge in the 2011 Great East Japan Earthquake；平成 21 年度全国大会 第 64 回年次学術講演会



図－2 主塔倒れ量測定の結果

調査場所		痕跡写真	滑動痕跡(スケッチ)
主塔(P2)	港内側		
	港外側		
主塔(P3)	港内側		
	港外側		

表－1 リンクの滑動痕跡調査の結果



写真－2 ウインド杮の滑動痕跡調査の結果