

跨座型モノレールPC軌道桁用新型支承の開発

オリエンタル白石 (株) 正会員 ○佐藤 祐輔
 日本鑄造 (株) 原田 孝志
 日本鑄造 (株) 石山 昌幸
 日本鑄造 (株) 山崎 信宏

1. はじめに

跨座型モノレールは、軌道桁の上を跨って走行するタイプのモノレール(写真-1)である。軌道はPC単純桁構造が標準であり、モールドと呼ばれる曲線形状に曲げることが可能な特殊型枠を用いて、直線桁・曲線桁とも高い精度で製作を行っている。支承は写真-2に示す鋼製支承(ラーゲル)を用いており、一般的な橋梁用の支承とは機能の違いがある。PC軌道桁は桁1本で全ての荷重を支えており、車両の動揺・風荷重・地震荷重などによる横方向の荷重が働き、その荷重は同時に支承へ作用する。よって、一般的な橋梁用支承の機能プラス横方向の転倒モーメントにも対応できる構造となっている。兵庫県南部地震以降の設計では、供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動(レベル2地震動)に対して支承部材の降伏は許容していないため、レベル1地震動で設計した場合より支承部材がかなり大きくなり、コスト増加も著しいことから、コスト削減を図るため新型支承の開発を行い実物大試験を行ったので報告する。



写真-1 跨座型モノレール

2. 新型支承

2. 1 支承の機能

跨座型モノレールPC軌道桁用支承の役割は、車両や軌道桁の荷重を下部工へ確実に伝達すること、軌道桁の温度変化などによる伸縮や活荷重による回転に追従すること、軌道桁の相互の連続性を確保するため、据え付けの位置調整ができるなどがある。

2. 2 支承の構造

従来タイプのラーゲルの基本構造は、上沓・下沓に分離されており太径のピン(固定)・ローラー(可動)構造で連結されている。また、ラーゲルでは4点支持であるが、実際の挙動において3点支持になる場合もあり、ピン・ローラー部が経年偏摩耗し桁の揺動が発生する可能性がある。これらの欠点を改善することを目的にゴム支承タイプを開発したが¹⁾、今回さらに改良を加えゴム沓部分をベアリングプレートに置き換え、ダボ部には球面ベアリングを配置することで鉛直たわみが生じにくく、列車荷重によるPC桁のたわみで発生する支承の回転を拘束せず、温度変化などによる水平移動がスムーズになる構造とした(写真-3, 図-1)。なお、支点条件は固定・可動ではなく、両側とも小規模移動する半固定方式とした。



写真-2 ラーゲル

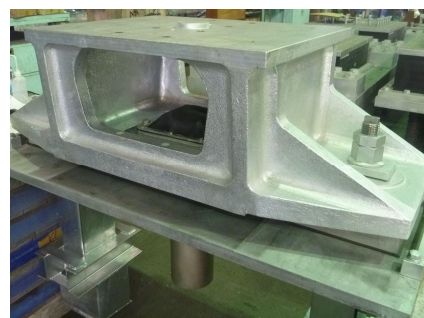


写真-3 新型支承試験体

2. 3 試設計

新型支承の試設計に用いる条件は、橋長 $L=21.5$ m, 曲線半径 $R=150$ m, 設計水平震度 $kh=0.7$ (レベル2) とした。反力は従来の固定支承の考え方を踏襲した。また、使用材料に対する地震時の許容値は、日本工業規格 (JIS) に記載の降伏点を使用した。なお、アンカーボルトの間隔は風荷重時に上揚力を発生させない距離とした。

3. 現場施工時の調整機能確認試験

現場施工時には、下部工の施工誤差を支承部分で吸収し、桁遊間の段差など乗り心地に影響しないよう桁の調整を行う必要がある。実物大の新型支承を用いて、以下の調整機能確認試験を行った。

- ・高低調整試験：上側へ 20mm, 下側へ 10mm 調整可能か 0mm~30mm の範囲で確認を行った。
- ・橋軸および直角方向の位置調整：橋軸方向±10mm, 直角方向±30mm の調整確認を行った。
- ・カント調整：橋軸直角方向に 5/1000 の傾きがある場合に調整可能か確認を行った。何れの場合においても調整は可能であることが確認された。

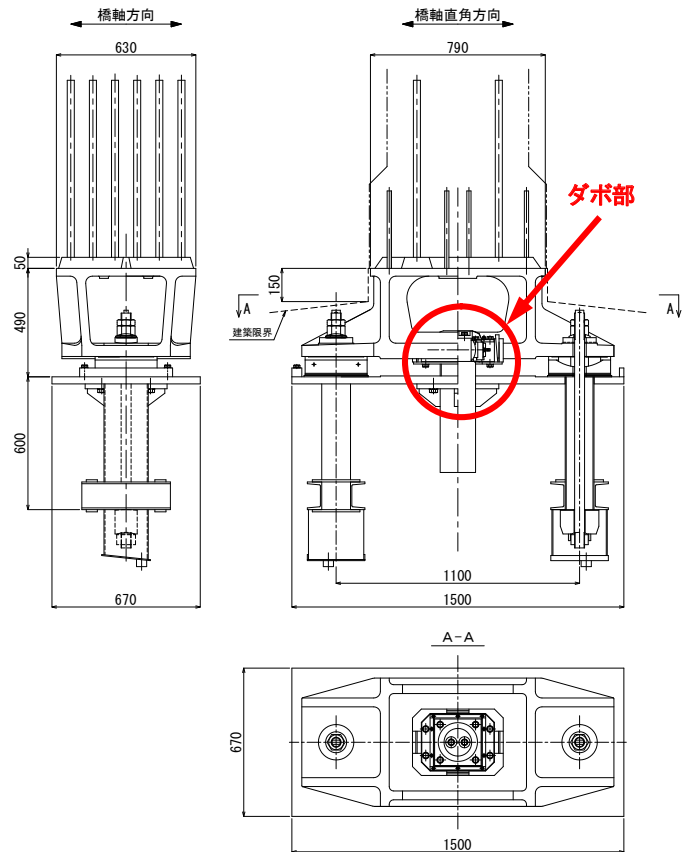


図-1 新型支承の構造図

4. 常時機能に対する性能確認試験

実物大の新型支承を用い、常時機能に対する性能確認試験として、鉛直載荷試験・回転追従試験・水平移動試験を行った。試験装置の概要を図-2に示す。コンクリートにアンカーケースを埋め込み新型支承をセ

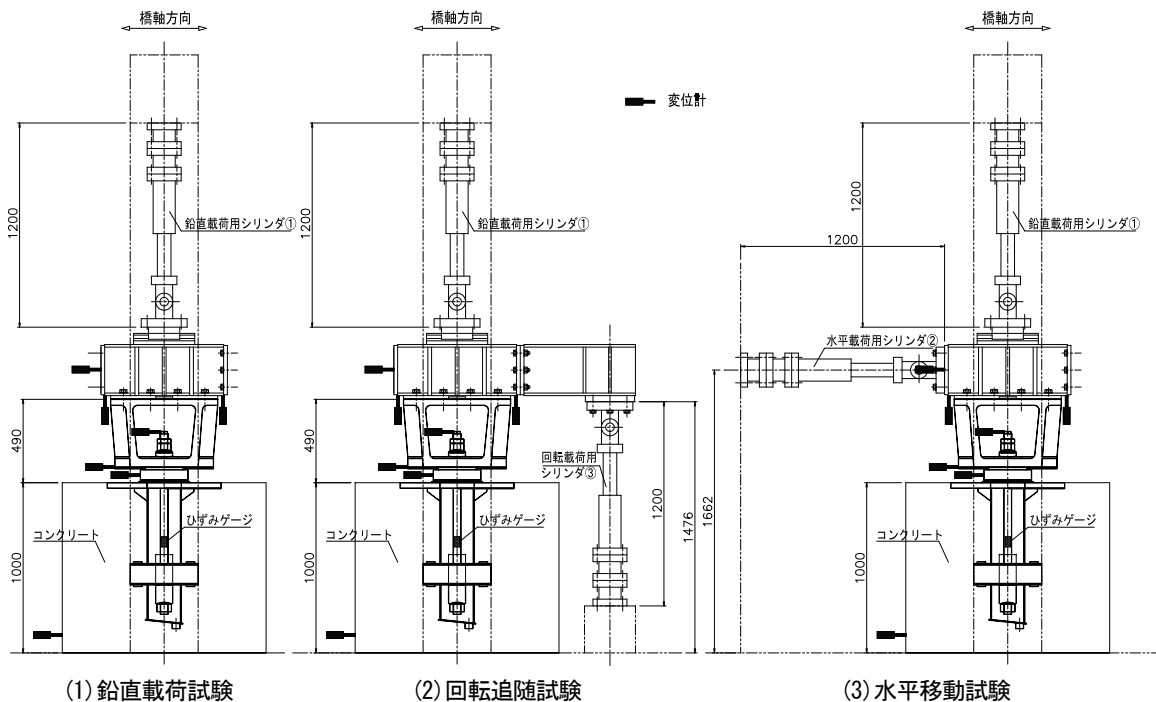


図-2 試験概略図

ットし、アンカーボルトに手締め相当と考えた 35kN の軸力を導入した。軸力の導入にあたっては、アンカーボルト全長の中央付近にひずみゲージを貼り付けてひずみにより管理を行った。

4. 1 鉛直載荷試験

鉛直載荷試験(写真-4)は、常時における鉛直最大荷重である 693kN の 1.5 倍相当、1039.5kN の載荷を 3 回行った。試験により得られた鉛直荷重と鉛直変位との関係を図-3 に示す。その結果、最大鉛直たわみは 1.0mm 程度(載荷治具のなじみも含む)であった。また、死荷重状態である 241kN から死荷重+活荷重状態 593kN までの実使用範囲における鉛直たわみは 0.3mm 程度であり、乗り心地に影響を与える値ではないと考える(伸縮継手許容段差 2mm)。図-4 に鉛直荷重とアンカーボルトのひずみとの関係を示す。荷重の増加に伴いひずみの減少傾向が見られ、最大荷重時に導入軸力はほぼ 0 となった。実使用範囲(死荷重から死荷重+活荷重)におけるアンカーボルトのひずみは、左右で多少の差異が見られるものの 25 μ 程度の振幅と微小であり、アンカーボルトへの影響はないと考える。



写真-4 鉛直載荷試験

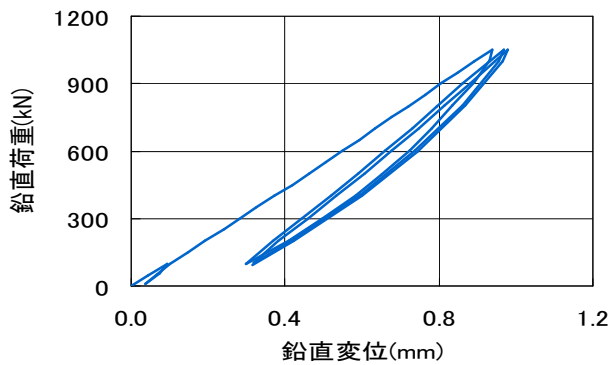


図-3 鉛直荷重と鉛直変位

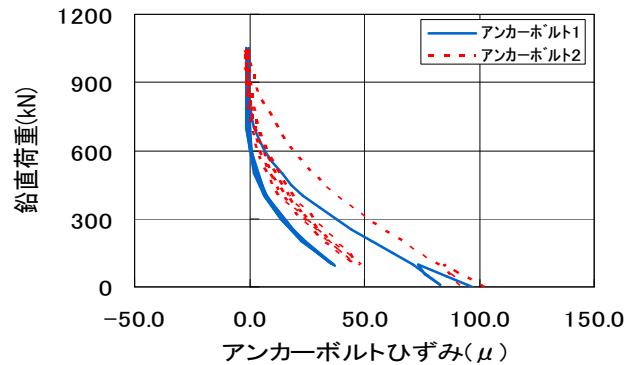


図-4 鉛直荷重とアンカーボルトひずみ

4. 2 回転追従試験

回転追従試験は、鉛直荷重 693kN を載荷した状態で最大回転角 $\pm 1/300$ rad となるまでの加振を 2 回行った。試験により得られた回転モーメントと回転角との関係を図-5 に示す。試験では最大回転角 $\pm 1/300$ rad までスムーズに回転することを確認した。その際、回転モーメントは治具の摩擦も含んで最大 30kN \cdot m 程度であった。図-6 に回転モーメントとアンカーボルトのひずみとの関係を示す。支承の回転に伴いひずみの増減は見られるが、正負振幅の最大値は 30 μ 程度と微小であった。

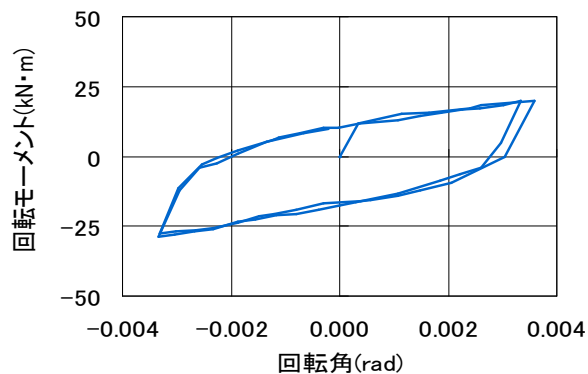


図-5 回転モーメントと回転角

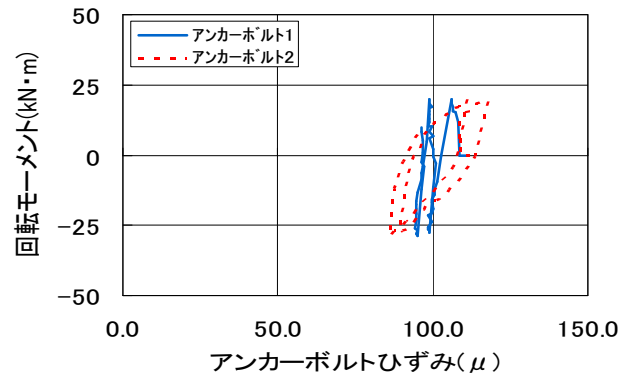


図-6 回転モーメントとアンカーボルトひずみ

4. 3 水平移動試験

水平移動試験(写真-5)は、常時における鉛直最大荷重である693kNを載荷した状態で、水平変位±5mmの加振を2回行った。試験により得られた水平荷重と水平変位との関係を図-7に示す。試験では支障なく水平変位±5mmの移動が行えることを確認した。その際の摩擦係数は、静摩擦係数で0.13程度、動摩擦係数は0.09程度であった。なお、図-7には上沓変位に併記して、水平方向のジャッキ載荷位置にて計測した結果も示している。除荷剛性に見られる緩やかな勾配は、載荷ジャッキ位置の関係で上沓が回転した影響と考える。これは、水平移動が生じる前に回転が生じていることを示している(1/200 rad程度の回転)。図-8に水平荷重とアンカーボルトのひずみの関係を示す。上沓が5mm移動した場合、アンカーボルトの伸張に伴う設計上の発生ひずみは22μとなるが、試験結果において正負振幅の最大値は90μ程度となった。これは、水平載荷位置が上沓の上側であったこと、ジャッキの取り付け部がピン構造で梁が回転したことから、実験装置の問題であり上沓の回転による影響が含まれたためと考える。



写真-5 水平移動試験

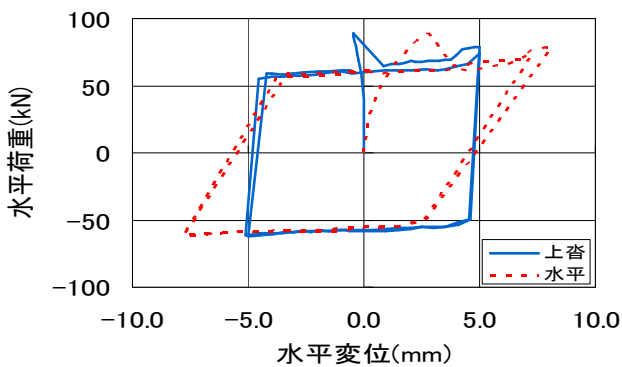


図-7 水平荷重と水平変位

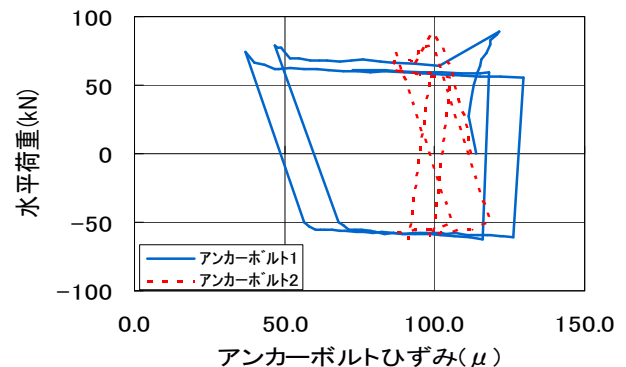


図-8 水平荷重とアンカーボルトひずみ

5. まとめ

跨座型モノレールPC軌道桁用新型支承の実物大性能確認試験を行った結果、以下の事項について確認することができた。

- (1) 現場施工時におけるPC桁据え付け調整機能である高低調整、橋軸方向・橋軸直角方向の調整、カントの微調整について、最大誤差を想定しても調整は可能であることが確認できた。
- (2) 鉛直支持機能において、載荷治具のなじみ等の影響で最大1.0mm程度の変位はあったが、実使用範囲では0.3mm程度であり乗り心地に影響ないことが確認できた。
- (3) 回転機能は、最大回転角の±1/300radまでスムーズに回転することが確認できた。
- (4) 水平移動機能は、水平変位±5mmの移動において静摩擦係数0.13程度、動摩擦係数0.09程度で移動できることが確認できた。

参考文献：

- 1) 秋山清志, 川喜田効, 中村昭, 今井昌文：モノレール軌道けた用半固定ゴム支承の開発, オリエンタル建設(株)ORIKEN 技報第6号, pp.16-21, 1997.11