

シールドトンネル交差工事に伴う東京モノレール羽田線への近接施工その2（影響検討結果）

東京モノレール（株）	正会員	小口里志
同 上	正会員	引本秀樹
（財）鉄道総合技術研究所	正会員	稲葉智明
同 上	正会員	羽矢 洋

1. はじめに

「シールドトンネル交差工事に伴う東京モノレール羽田線への近接施工その1（防護対策工）」では、東京モノレール羽田線と地下交差する状況で施工されたシールドトンネル工事の防護対策工概要を紹介した。

そこで、本報告ではこの工事の進捗に伴うモノレール下部構造物の影響評価を目的に実施した衝撃振動試験結果について紹介する。

2. 試験法概要

シールドトンネルがモノレール支柱基礎近傍あるいは直下を通過することによる支柱への影響は、支柱変位および支持力の変化となって現れるものと考えられる。そこで筆者らは、この工事による影響評価を目的に衝撃振動試験を実施し、得られる試験結果から支柱の支持力低下等の発生に関する影響評価を行った。なお、支柱変位については、2mm程度変位の発生が認められたことは（その1）で述べた通りである。

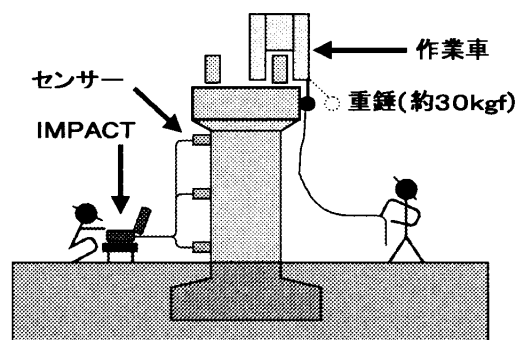


図1 衝撃振動試験概要

衝撃振動試験は、既設橋梁下部工および既設ラーメン高架橋の診断法としてJRだけでなく私鉄事業者にもおおいに利用されている非破壊診断法である。この試験法の概略を紹介すると、図1に示すように、橋脚の上下方向に複数個配置した振動計により、橋脚天端付近を重錘打撃した際に生じる橋脚の自由減衰振動波形を収録し、この波形のフーリエスペクトルから当該橋脚の固有振動数と振動モードを把握する。次に、当該橋脚の固有値解析モデルを作成し、これによる試験結果のシミュレーション解析を実施し、躯体剛性および地盤ばね値について定量的な評価を行うものである。

今回の調査では、シールドトンネル通過に伴う構造物の状態変化を評価するため、はじめにシールドトンネル通過前の初期値取りとして試験を実施し、これにより現状における構造物の支持性状を把握した後、薬液注入による地盤改良後、シールドトンネル片側通過後、両側通過後の各々の段階であらためて試験を実施し、この試験結果に基づき支柱への影響の有無について時系列的な検討を行うこととした。

3. 試験結果

衝撃振動試験は、上述したように①シールドトンネル工事開始前、②薬液注入による地盤改良後、③シールドトンネル片側通過後、④シールドトンネル両側通過後の4回にわたって実施した。

調査対象支柱は、シールドトンネルが基礎直下を通過する526DwおよびP1支柱と、直下ではないまでも近接施工となることから工事の影響が懸念される両支柱に隣接する524Xと529T支柱の合計4基とした。

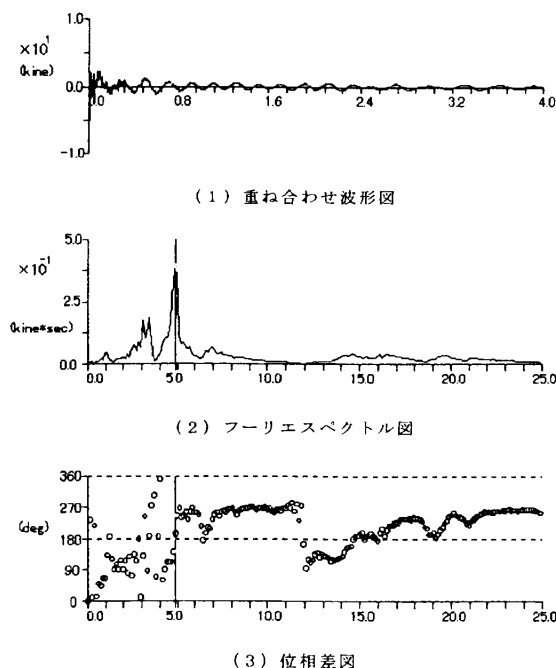
図2 実測波形とフーリエ解析結果の例
（支柱番号：524X）

図2は、シールドトンネル通過前に実施した524X支柱の天端位置に設置した振動計（速度計）により得られた減衰振動波形とそのフーリエスペクトルおよび位相スペクトルである。この図より、本支柱の1次の固有振動数が4.9Hzであることがわかる。各々の支柱の実測固有振動数の変化を表1にまとめた。

この表を見ると、524X、526Dw、P1の3支柱に関しては有意な振動数の変化は認められないことがわかる。なお、振動波形の収録は、サンプリング周波数500Hz、サンプリング時間8秒で行っており、この波形に対しフーリエ解析を実施している。したがって、フーリエ解析の分解能は0.125Hzとなり、このことから0.1Hz程度の変動値は誤差の範囲と考えてよい。

一方、529T支柱は、地盤改良の段階で0.4Hzという有意な固有振動数の低下を示していることがわかる。これは注入工事に先立ち整地の為、この支柱の周辺の地表面を2m程度掘り下げたことによるものであり、薬液注入による杭基礎周辺地盤の乱れの発生等によるものではなく又、本件の健全性にも影響しないものと判断した。

表1 固有振動数の時系列一覧

支柱名(構造)	524X(RC)	526Dw(RC)	P1(鋼)	529T(RC)
工事開始前	4.9	3.9	22.3	3.2
地盤改良後	4.9	4.0	22.6	2.8
片側シールド通過後	5.0	4.0	22.4	2.7
両側シールド通過後	4.9	4.0	22.6	2.7

そこで、この0.4Hzの低下が地表面地盤のはぎ取りに拠るものである事を固有値解析により検証した。先にも述べたように、衝撃振動試験では複数の振動計を配置（今回は、支柱天端・中間部・地表面近傍の3個）していることから、計測された波形のフーリエ解析結果から固有振動数およびスペクトル振幅による1次の振動モードが把握できることから、これを固有値解析によりシミュレートすることで地盤ばねの評価が可能となる。

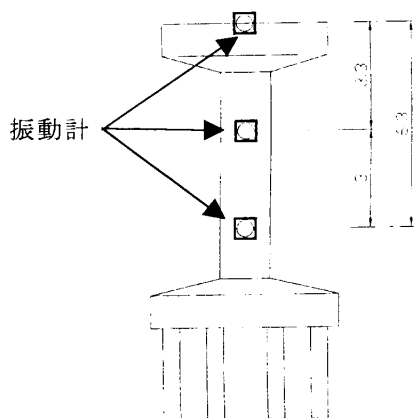


図3 529T支柱形状とセンサーの配置状況

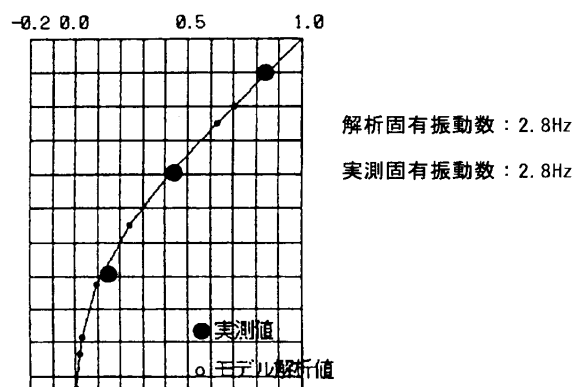


図4 固有値解析による実測固有振動モードのシミュレーション結果

図3は529T支柱の形状と試験時のセンサーの位置図で、この3個の振動計の波形によるモード振幅が、図4の中の実測値である。また、同じく図4中の弧を描く実線が固有値解析で得られた支柱躯体の曲げ変形モードである。これより本解析により実測値が良好にシミュレートできていることがわかる。なお、解析条件は、工事開始前の初期解析モデルから地表面2m分の土被りを削り取った地盤ばね定数（モデルでは、杭頭位置におけるばねとして回転、水平、鉛直の3種類のばねを設定）に再設定し直し、解析を行ったもので、予想したとおり、0.4Hzの低下は支柱周りの土のはぎ取りに拠るものであり、地盤改良による深い位置における地盤の乱れ等を原因とするものではないことがわかる。なお、表1より、シールドトンネル通過に伴う状態の変化はないことがわかる。

4. まとめ

（その1）では若干ながら支柱の変位の発生があったことは述べたが、本報告で述べたように、支持力的に見たときの支柱への影響はなかったことが衝撃振動試験および解析により検証された。