

I - B 477 小型軽量化したTMDによる新幹線通過時の橋梁振動の制御 — 東静岡駅南北自由通路橋 —

J R 東海	(正会員)	当 目 雅 人
J R 東海		牧 三喜夫
J R 東海		奥 村 義 雄
J R 東海コンサルタンツ	(正会員)	岩 田 秀 治
日本車輛製造	(正会員)	小 澤 一 誠

1. はじめに

平成10年10月30日、東海道本線に東静岡駅と南北自由通路橋が開業した(図-1)。本自由通路橋は、東海道新幹線・東海道本線等を跨ぐ重要構造物のため、より防災強度の高い構造物を目指し設計を行った。兵庫県南部地震以後、耐震技術基準の改正による想定地震動の引き上げに伴い、効果的かつ経済的に耐震性能を向上させる一つの方法として、上部構造の軽量化が有効であると考えた。

しかし、それは同時に橋桁の剛性低下につながり、高速列車の通過により列車風圧を受けるような環境下においては、振動の発生を伴う場合がある。本自由通路橋は、270km/h で直下を通過する東海道新幹線の列車風圧の影響を受けるため、列車通過時の橋梁振動を抑制する必要があった。このため、解析上でコンマ数ミリ単位の微振動を再現し、小型軽量化を可能にした制振装置(TMD: Tuned Mass Damper)を設置することにより、振動制御を行ったのでその結果を報告する。

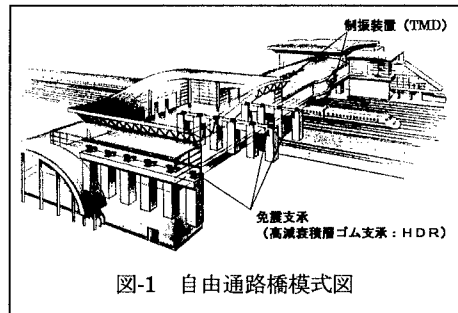


図-1 自由通路橋模式図

2. 微小変形領域の動的挙動の把握

2.1 新幹線通過時の風圧測定

振動状況を把握するため、自由通路橋の施工途中(上屋建方完了後)に新幹線通過時の風圧分布と、自由通路橋の振動応答を計測した(図-2)。風圧は新幹線特有の先頭部・2 箇所のパンタグラフ部・後方部と4つのピークを有しており、ピーク値は158paであった。

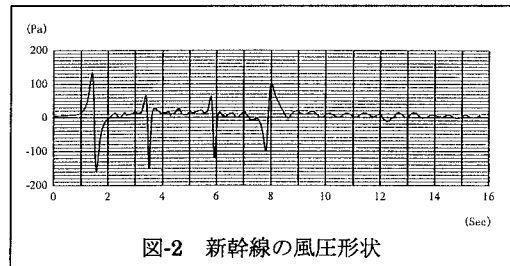


図-2 新幹線の風圧形状

2.2 解析による振動特性の再現

完成時の振動を予測するには、測定時の振動を解析上で再現する必要があった。そこで、本自由通路橋の

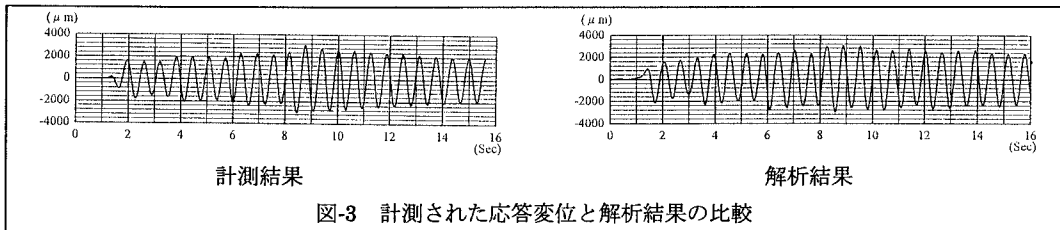


図-3 計測された応答変位と解析結果の比較

キーワード：制振構造、TMD、新幹線風圧、自由通路橋

連絡先：名古屋市中村区名駅南 1-18-24 J R 東海 建設工事部 TEL 052-583-6947 FAX 052-583-6949

立体モデルによる時刻歴応答解析を行い、上屋を伴う複雑な構造物の微小変形領域の挙動を計測時と合わせるため、固有振動数・剛性・減衰特性のキャリブレーションを行い振動を再現した（図-3）。これを用いて予測した自由通路橋の完成時の振動は、減衰定数 0.7%、残響時間 98 秒であり、対策を施さない場合長時間にわたり振動を感じることが確認された。

3. TMDによる振動制御

振動制御のためには、剛性や重量を変化さるよりも残響時間の短縮に力点を置き、施工実績・現地の状況・工事行程等を総合的に判断してTMDを設置した（写真-1、図-4）。

TMDの設計において、

マス重量・減衰定数などは2質点系モデル等による簡易な解析によって決定するのが主流であるが、これによると本自由通路橋の場合は 30tf 程度のマス重量が必要と考えられた。しかし、完成時の振動を正確に再現し、このモデルによりTMD設置時の振動応答をシミュレートしたことにより、少ないマス重量でも効果があると判明し、TMDの小型軽量化を可能にした。この結果、マス重量が橋梁重量の 1/533 である 6 tf (1.5tf × 4 個) のTMDを、第2 径間の中央付近に設置した。

4. 制振効果

TMDの設置後、再度振動計測を行い定量的な確認を行った（図-5、表-1）。TMD設置後、減衰定数が 3.1%、有感振動の継続時間は 5 分の 1 に減少しており、十分な振動低減効果が認められた。また、解析値と実測値との比較結果は、実測最大振幅は解析値の 90% 程度、実測減衰定数は解析値の 93% となっており、解析の妥当性が立証できた。

制振装置の採用により、仮に橋梁自重で振動を制御する場合少なくとも鋼材が 20% 増となることを、6tf のTMDで制御することを可能にしたため、建設コストの削減にも寄与できた。

5. まとめ

本自由通路橋は橋梁と上屋を一体化し、免震・制振技術を採用した構造物である。今回、耐震性能を向上するために上部構造の重量を小さくして柔らかに支持

する構造とし、振動については制振装置を用いて制御を行う、極めて合理的・経済的な設計を実現した。

最後に、本事象は過去にはあまり事例のない列車通過時の風圧により起こる振動であるが、今後のさらなる鉄道高速化に伴い、同様の事象が発生する可能性がある。今回の成果を基に、さらに高精度な振動予測と制御方法を目指し検討を行いたい。

謝辞

今回ご協力いただいた（財）鉄道総合技術研究所、（株）フジエンジニアリング、三菱製鋼（株）の方々をはじめ、関係者各位に紙面を借りてお礼申し上げます。

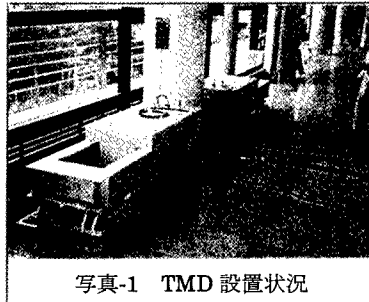


写真-1 TMD 設置状況

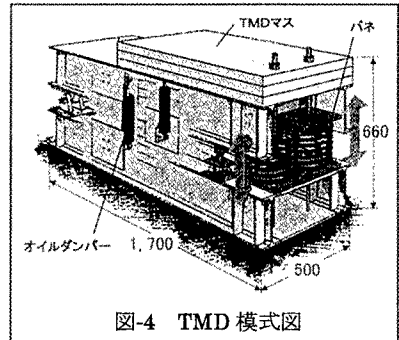


図-4 TMD 模式図

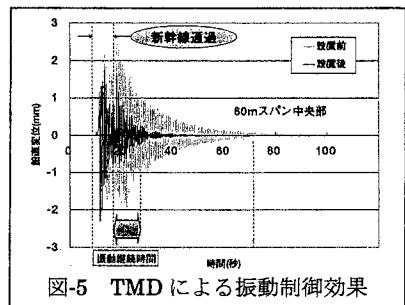


図-5 TMD による振動制御効果

表-1 解析結果と実測値の比較

		動的応答解析値 (A)		実測値 (B)		比率 (B/A)	
		最大振幅 (mm)	減衰定数 (%)	最大振幅 (mm)	減衰定数 (%)	最大振幅	減衰定数
通路橋 の振動	TMD 停止時	2.069	0.87	1.887	0.81	0.91	0.93
	TMD 作動時	2.000	3.31	1.750	3.1	0.88	0.94
	TMD の振動	10.000	2.24	6.400	1.85	0.64	0.83