

首都高速道路公団 正員 小坂 寛己
新構造技術株式会社 古谷 徹夫

1. まえがき

首都高速道路公団では、図-1に示すように高速足立三郷線(埼玉県八潮市)にSUダンパーを用いた9径間連続PC主箱桁橋(反力分散方式)を採用している。これは、都市内高架構造の伸縮目地を極力少くすると共に橋脚形状の均一性を計っている。このためには、PC多径間連続桁橋を設計する際、地震時の上部桁慣性力及び桁の長期変形(温度変化、乾燥収縮、クリープ等)に伴う水平反力(橋軸方向)を

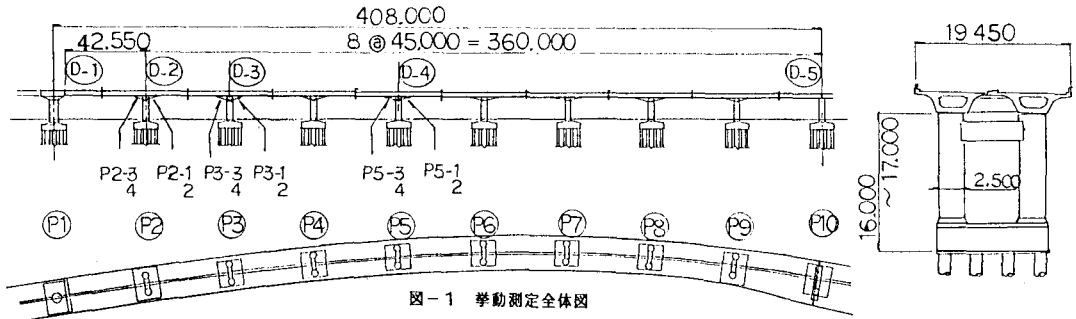


図-1 挙動測定全体図

各橋脚に分散させることが重要課題である。本橋の反力分散方式は、固定支承を設けず、すべて滑り支承と、桁と橋脚を連結する繫材(以下ダンパー材)を組み合わせたSUダンパーと称する方式である。これは、常時に主桁が自由に伸縮し地震時には桁の橋軸方向滑り変位を支承の摩擦とダンパー材の引張抵抗で制御するものであり、支承に生じる履歴によって振動エネルギーの吸収を図る減衰方式である。この方式を採用した実橋例はいくつかあるが、橋長が400mを超える9径間連続を有する大規模なものは画期的な例といえる。

本稿においては、本橋梁の常時の状態を確認するために1年間に渡ってこの9径間連続桁の温度変化に関する水平変位、ダンパー材の荷重、主桁のひずみ等を測定したデータを基に、その挙動性状について報告するものである。加えて地震時の挙動についても測定中である。

2. 測定目的および測定項目

本測定の主な目的と測定項目を表-1に示す。

また、測定位置は図-1に示す様に、変位として、P1, P2, P5, P10の4点、ダンパー材の荷重としてP2, P3, P5の両側ダンパー、主桁のひずみとして各径間の上下床版を選定し、測定器をそれぞれ設置している。また、橋梁下に百葉箱を設置し外気温を測定していると共に、ひずみ計、ダンパーの荷重計には、測温機能を内蔵しているものを使用している。

表-1

測定目的および測定項目	
実橋による長期測定によって、SUダンパーを使用した多径間連続高架橋の設計手法の妥当性を確認するとともに今後の多様な条件の下での設計手法の向上を計ることを目的として温度変化による挙動測定を行う。	
①外気温および桁の内部温度の測定	温度変化範囲の確認 橋軸方向の温度分布状態の確認 上床版と下床版の温度差の確認
②SUダンパーに作用する軸力の測定	初期緊張力の確認 反力分散機構の確認 復元力の確認 (地震時の挙動測定と兼用)
③桁の伸縮量の測定	桁の伸縮量の確認 線膨張係数の確認 橋軸方向の温度分布と伸縮量の関係の確認 上床版と下床版の温度変化と伸縮量の関係の確認
④桁端部および可動部における水平移動量の測定	桁端部における桁と墩台との相対変位量の確認 地震時の桁と墩台との相対振動特性の確認
⑤橋脚の水平移動量の測定	橋脚天端の水平移動量の確認
⑥橋脚の鉛直移動量の測定	不等沈下量の確認

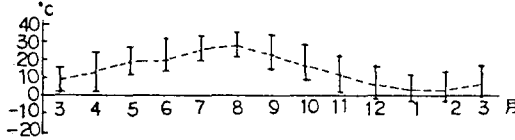
表-2 設計条件

橋 長	408m
橋 幅	19.45m
橋 脚	TL-20
水平曲率	K=0.26(4種地盤)
温度変化	PC桁に対して ±15℃
温度差	床版と主桁に対して ±5℃
線膨張係数	PC桁に対して 10×10^{-6}
クリープ係数	長期クリープ係数 $\phi=2.4$
乾燥収縮	長期乾燥収縮係数 $\epsilon_s=19 \times 10^{-5}$
不等沈下量	50mm
構造形式	9径間連続PC2主箱桁
支承形式	SUダンパー+可動支承
橋脚形式	鉄筋コンクリート2本柱橋脚
橋梁形式	C.C. (リバース工法) 橋脚: 1,500m
橋軸方向地震力係数	K=1.5rad
ダンパー用PC鋼材の許容応力度	常時: 0.60σ _{yk} あるいは0.75σ _{yk} のうち小さい方の値 温度+地震の影響: 0.85σ _{yk} ここに、σ _{yk} : PC鋼材の引張り強さ (N/mm ²) σ _y : PC鋼材の降伏強度 (N/mm ²)

3. 測定結果と考察

3. 1 外気温に関して

図-2 年間外気温温度



外気温の1年間の推移を図-2に示す。破線は、平均気温を表わしている。最高気温は、7、8月で33℃、最低気温は、1、2月で-3℃であり温度差は36℃を記録している。最高最低気温の発生時間が日中の3～4時間に限られることを考えれば設計上採用している $\pm 15^\circ\text{C}$ は、ほぼ妥当な数値といえよう。

また、桁内温度と外気温の差は、3℃前後であった。

3. 2 外気温と桁移動量に関して

外気温の変化による主桁の移動は図-3に示す様に桁端部において設計値と極めて良く一致する。桁端の移動量には絶対値として主桁コンクリートのクリープ、乾燥収縮が含まれるが、構造物完成後2ヶ年経過している測定時には、クリープ、乾燥収縮量がほぼ終了の状態にある。従って桁の移動量は、温度変化によるところが大きいと判断される。また、図-4に示す様に年間を通した移動は、ほぼ直線上を移動し歪の拘束等は顕著に見うけられない。この移動線の勾配から線膨張係数を算出すると $10.4 \times 10^{-6} \sim 9.0 \times 10^{-6}$ の値となり、設計上の 10×10^{-6} に近似し設計値の妥当性が確認出来た。

3. 3 外気温とダンパー材の荷重に関して

温度変化による主桁の移動によりダンパー材の引張力が変化する。これは、ダンパー材に予め初期緊張力が作用しており常時バネ状態にあるためである。図-5に示されるように、ダンパー材の張力は、比較的良く設計値に近似している。また、図-6に示す様に年間を通してもある1本のラインに近似した方向で履歴を示している。すなわち、ダンパー材は、主桁の伸縮移動により常にバネ特性を示しており、その値も外気温による主桁の変位から求めたダンパー材軸力とも一致している。

4. まとめ

今回の測定結果には、地震時の状態を加味していないが、設計温度、桁の水平移動量、ダンパー材のバネ作用、かつ常時のPC9径間連続桁構造の反力分散機能が確認されたと判断できる。今後には、継続中の地震時の挙動も加えて報告する予定である。

参考文献

- (S. 54) 第34回土木学会学術講演会 香川、高松、徳島：免震材を用いた9径間連続コンクリート橋の動力学
(S. 55) 第35回土木学会学術講演会 徳島、香川、高松：SUダンパーを用いた
(S. 55) プレストレストコンクリート 高松、香川、高松：SUダンパーを用いた多径間連続PC桁について
(S. 60) プレストレストコンクリート 高松、高松：SUダンパーを用いた9径間連続PC桁の挙動

図-3 主桁の水平移動量分布

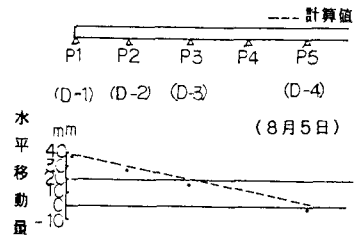
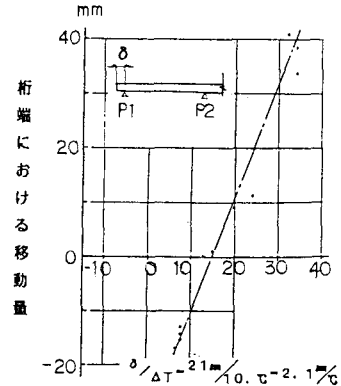
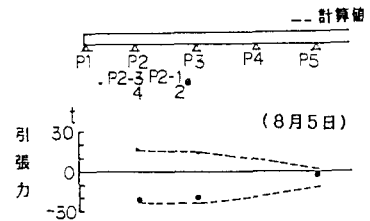
図-4 外気温と桁端移動量 (D-1測点)
(各月の最高温度時)

図-5 ダンパー材の引張荷重分布

図-6 外気温とダンパー材の引張力 (P 2)
(各月の最高温度時)