

首都高速道路公団 正会員 池内武文
 " " 音川庫三
 " " 遠藤有昭

1. まえがき 多径間連続橋の形式の一つに、S U ダンパー形式がある。首都高速道路公団では、足立三郷線の一部で図1に示すようなS U ダンパー形式の9径間連続のP C 桁を計画しており、この計画と並行してS U ダンパーの挙動試験を行なった。この試験の目的は、地震時の水平力の分散（反力分散）や地震で何回か大きく振られた後の桁の変位（残留変位）が理論通り行なわれるかどうか、地震時の急速な载荷によりP C ケーブルに衝撃力が生じるかどうか確認することにある。またP C ケーブルには、温度変化、乾燥収縮、クリープによってたるまないよう初期緊張力を入れるが、この初期緊張力と、反力分散や減衰性能に大きく関与する摩擦係数の影響も調べる。本文は、この挙動試験に関する報告である。

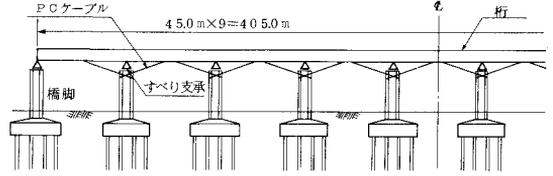


図1 S U ダンパー配置図

2. 試験方法 試験体は、図2に示すようにコンクリートの梁を鋼製の2本の支柱で支えたものを用いた。この試験体の形状は、実施計画されている9径間連続橋と、P C ケーブルと支柱のパネ定数比、固有周期、最大応答速度が同じ位になるように決められている。

(1) 予備試験。 諸定数を測定する。結果は表1に示す通りである。

(2) 静的試験。 初期緊張力と摩擦係数及びP C ケーブルの配置を変えた各場合について、反力分散や残留変位を調べる。押し引きの途中の何点かで梁に加えている力、梁及び支柱の変位、P C ケーブルの歪を測定する。**(3) 動的試験。** 初期緊張力等3つの条件を変えた各場合について、梁を鋼棒（φ 11 mm）で引っ張っておき、その鋼棒を切断することによって自由減衰振動を起こし、反力分散と残留変位及び衝撃力を調べる。鋼棒切断後から振動が減衰してしまう迄の梁の加速度、梁及び支柱の変位、P C ケーブルの歪をアナログレコーダーで連続的に記録した。

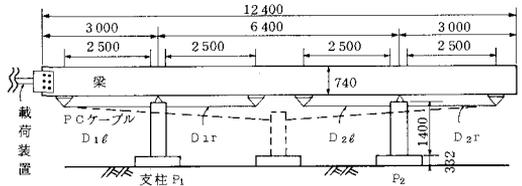


図2 試験体

表1 予備試験結果

測定項目	測定結果
梁の重量	15.8 t
可動支承の摩擦係数	0.10 or 0.012
支柱のパネ定数	725 t/m
P C ケーブルのパネ定数	φ 5 mm 155 t/m
	φ 7 mm 294 t/m

3. 試験結果 静的試験結果の一例を図3に示す。これは、図2のD1lとD1rにφ 5 mmのP C ケーブルをD2lとD2rにφ 7 mmのものを用いた時の、水平荷重(P)とP C ケーブルの軸力(D1rの軸力をS1r, D2rの軸力をS2r)の履歴曲線である。P = 0の時、S1rとS2rは初期緊張力(Poi, i = 1 or 2)に等しく、0.5 tである。Pを増していくと、支承の最大静止摩擦力を越えた時点からP C ケーブルが伸び始める。初期緊張力を入れている為、最初は支柱の両側のP C ケーブルがパネとして働らくが、変位が大きくなると片側のP C ケーブルは張力がなくなりパネとして働らなくなり、ΔS1r / ΔPの傾きが倍になる。Pのある時点で止め減少させると支承の摩擦力が逆になり、戻りに対する静止摩擦が最大になる迄支柱と梁は一体でP C ケーブルの軸力は変化しない。更にPを減少させると、支柱の左右のP C ケーブルの軸力差が支承の摩擦力と釣り合って梁と支柱が一体になる迄、軸力は減少する。軸力差が摩擦力と釣り合った後は、いくらPを減少させても軸力は変化しない。この為梁には変位が残る。これが残留変位となる。

図3のS_{1r}とS_{2r}の差は、反力分散によるものである。片側のPCケーブルのみバネとして働らく状態迄変位させた時、PCケーブルの軸力(S_{1r})は式(1)で求める事ができる。この式で求めた値と試験値を表

$$S_{1r} = P_{oi} + \frac{k_1}{k_1 + k_2} \cdot (P - \sum P_{oi} - \sum F_i) \dots (1)$$

k₁; 支柱P_iとPCケーブルの合成バネ定数

F_i; " の支承の摩擦力

2にまとめる。残留変位(δ)と摩擦力及び初期緊張力の関係は式(2)のようになる。F_iを定数とした時の関

$$\left. \begin{aligned} 2\delta k^* &= \sum F_i & (\sum P_{oi} \geq \sum F_i / 2) \\ \delta &= \frac{\sum F_i}{k^*} - \frac{\sum P_{oi}}{k^*} & (\frac{\sum F_i}{2} > P_{oi} > 0) \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

k*; 2本の支柱とPCケーブルの合成バネ定数

係を図示すると、図4のようになる。同図にプロットした点は試験結果である。

動的試験結果の一例を図5に示す。PCケーブルの配置は図3と同じである。PCケーブルは半周期毎に正弦波に近い変形をするが、梁と支柱は連続した波形となる。第1波の反力分散は、S_{1r} = 1.52t, S_{2r} = 2.53tとなり、計算値はS_{1r} = 1.63t, S_{2r} = 2.50tである。桁の振動から、静的試験と異なり残留変位が殆んどない事がわかる。

反力分散については、静的にも動的にもほぼ理論通り挙動していると思われるが、試験値と理論で大きな差の出た所では軸力の合計がP - ∑F_iと大きく異なる事から反力分散を理論通り行なわせるには支承の摩擦係数についてより明確にする必要がある。残留変位は静的試験では理論通り挙動したが、動的試験では残留変位が出ない方向の好ましい結果となった。

PCケーブルの衝撃力の有無は、クーロン摩擦振動の理論値と試験結果を比較して判定する。図6に両者を併記する。これより、梁の最大速度が約20cm/secの時、PCケーブルに生じる軸力は衝撃を考えないで計算した値と一致する事がわかる。従って、桁の最大応答速度が約20cm/sec以下の時、衝撃力は考えなくてよいと思われる。

最後に本試験を行なうに際して多大の尽力を頂いた当団の飯野忠雄、久保田信雄両氏及び新構造技術株式会社の皆様へ厚くお礼申し上げます。

(参考資料)「免震材を用いた9径間連続コンクリート橋の動的解析」第34回年次学術講演会 遠藤、音川、池内

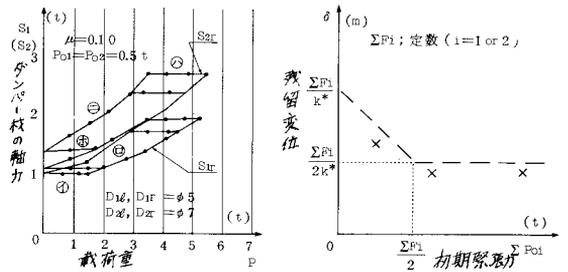


図3 PCケーブルの軸力 図4 残留変位

表2 反力分散の比較 (単位: t)

ケーブル	μ	Poi	Pos	S _{1r}	S _{2r}	S _{1r} ^f	S _{2r} ^f	S _{1r} ^f /S _{1r}	S _{2r} ^f /S _{2r}
D1φ D1r はφ 5 mm	0.10	0.2	0.2	1.80	2.85	1.80	2.82	1.00	1.01
		0.5	0.5	2.07	3.10	2.02	2.99	1.02	1.04
		1.0	1.0	1.95	2.75	1.69	2.13	1.15	1.29
D2φ D2r はφ 7 mm	0.012	0.2	0.4	2.14	3.53	2.14	3.58	1.00	0.99
		0	0	1.85	3.23	1.97	3.24	0.94	1.00
		0.1	0.1	1.60	2.60	1.60	2.61	1.00	1.00
		0.5	0.5	1.82	2.50	1.79	2.62	1.02	0.95

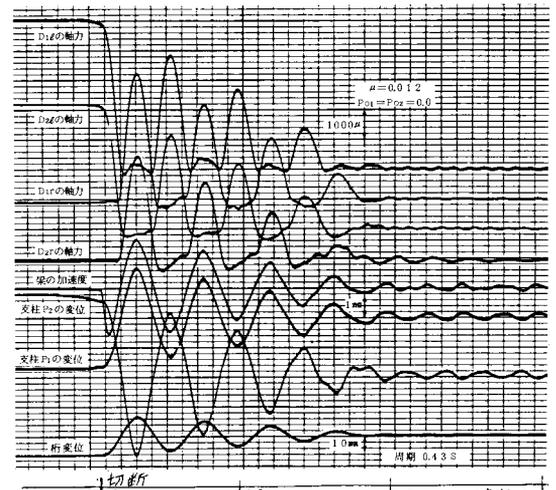


図5 動的試験結果

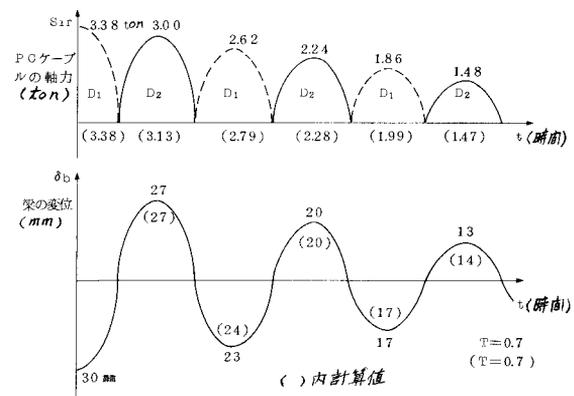


図6 クーロン摩擦振動との比較