

圧縮鋼材で補強したPCはりに関する研究

九州産業大学工学部 学生員 奥迫 隆史
 同 正員 佐藤 武夫
 同 正員 宮川 邦彦

1. はじめに

社会基盤整備の一環として、交通網を全国に完備するため、数多くの橋梁が建設されてきた。しかしながら、その構造形式の大半は、1径間長が20m程度の単純桁で施工されている。単純桁橋は、経済性や施工性の面では優れているが、耐震安全性、車両走行性等の面に多くの欠点を有しており、特に平成7年の兵庫県南部地震以後、これら既設の橋梁構造物に対する耐震安全性の補強対策に膨大な経費が投入されている。

そこで本研究では、全長等断面連続PC桁橋の施工可能性を検討するため、連続桁橋の中間支承部に生じる大きな負の曲げモーメントに対処するための一策として、曲げ圧縮部にある程度の曲げ剛性を有する溝形鋼材を配置し、プレストレス分布の改善、同鋼材の横拘束による曲げ破壊耐力の増強や靱性の改善を意図した新しい補強形式のPCはりに関する基礎的実験を行った。

2. 実験概要

本実験では、セメントに早強ポルトランドセメント、細骨材に玄海産海砂、粗骨材に最大寸法20mmの輝緑岩碎石、引張鉄筋にSD345(降伏強度: $f_{sy}=367\text{N/mm}^2$)、帯鉄筋にSD295B($f_{sy}=354\text{N/mm}^2$)、PC鋼材にSWPR-7A(引張強度: $f_{pu}=1722\text{N/mm}^2$)、溝形鋼材と補強鋼板にSS400($5\times 50\times 100\times 400\text{mm}$ および $12\times 100\times 200\text{mm}$, $f_{sy}=330\text{N/mm}^2$)を用いた。表-1にコンクリートの示方配合、図-1に部材の形状寸法および載荷試験方法を示す。なお、床版に配筋される軸方向鉄筋を考慮して

表-1 コンクリートの示方配合 (kN/m^3)

配合	W	C	S	G	混和剤
I	180	360	762	1086	0.018
II	156	500	669	1176	4.00

注). 配合I: AE剤, 配合II: 高性能AE減水剤

表-2 コンクリートの力学特性

配合	プレストレス導入時		破壊試験時		
	f'_c	E_c	f'_c	f_t	E_c
I	31.8	24.3	42.9	3.35	27.9
II	65.6	32.2	81.1	4.90	34.9

注). 単位 $f'_c, f_t: \text{N/mm}^2$ $E_c: \text{kN/mm}^2$

引張鉄筋に2-D16を配置し、連続橋の中間支承部における負の曲げモーメント区間を想定した中央一点載荷試験を行った。本実験では、長さ40cmの溝形鋼材の中央部上面に更に長さ20cmの補強鋼版を溶接した、圧縮鋼材で補強したPC部材をSPC部材と呼ぶ。部材は全て材齢3日でプレテンション方式によりプレストレスを導入した後、恒温室内(温度: $20\pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度: $65\pm 5\%$)に移し、部材表面(打設時の上面と側面中央部)、軸方向鉄筋(上部と下部)および圧縮鋼材の中央部に貼付したひずみゲージを用い、破壊試験までの約60日間部材各部のひずみ変化を測定し、その結果から破壊試験時における部材の内部応力状態を推定した。PC鋼材の緊張はロードセルを介して、中空ジャッキにより約100kNの初期プレストレス力を導入した。破壊試験は2kN毎に部材各部のひずみとスパン中央部のたわみ(変位計: 最大50mm)を測定しながら、部材が破壊に至るまで単調載荷した。

3. 実験結果および考察

表-2にプレストレス導入時および破壊試験時におけるコンクリートの力学特性を示す。配合Iでは破壊試験の目標圧縮強度を $f'_c=40\text{N/mm}^2$ 、配合IIでは $f'_c=80\text{N/mm}^2$ とした。表-3に全部材の実験結果および計算結果の一覧を示す。なお、同表の

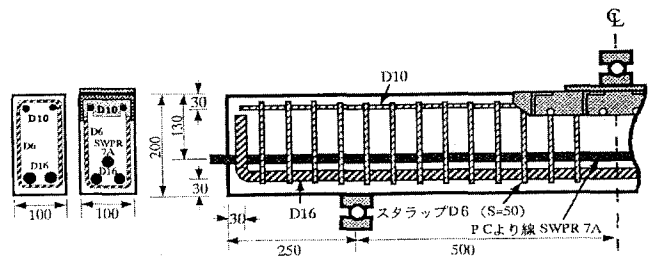


図-1 部材の形状寸法および載荷試験方法

部材Ⅰは配合Ⅰ、部材Ⅱは配合Ⅱを表している。

破壊試験時における部材下縁のプレストレス ($\sigma'c$) は、SPC部材の値がPC部材のそれより 1.9～2.7 倍になっている。また、部材下縁に貼付したひずみゲ

ージの値が急変する荷重から求めた曲げひび割れ発生荷重 (P_{mc}) の実験値は、SPC部材の値がPC部材のその 1.9～2.3 倍になっており、圧縮鋼材の配置が曲げひび割れ耐力の増強に有効であることを確認できた。同表の計算値は、破壊試験時の部材下縁のプレストレスを考慮し、スパン中央部の部材下縁における応力度が表-2に示すコンクリートの引張強度 (f_t) に達するときの値から求めた。実験値と計算値は若干相違しているが、これは、プレストレスの推定誤差、鉄筋やPC鋼材の配置誤差、コンクリートの引張強度のばらつき等に起因するものと考えられる。

表-3の曲げ降伏荷重 (P_{my}) の実験値は、図-2に示す荷重-たわみ曲線の傾きが急変する荷重から、同計算値はコンクリート標準示方書の曲げ破壊耐力の算定式から求めた。なお、SPC部材の曲げ破壊耐力の算定は、圧縮鋼材を等価な圧縮鉄筋断面積に置換えて計算した。同表のようにSPC部材の実験値はPC部材のその 1.2 倍程度で、両部材間にはあまり差は見られないが、最大荷重 (P_{max}) がSPC部材の場合、PC部材のその約 1.4 倍であること、最大荷重時のたわみ (δ_{max}) が、PC部材と比較して、SPC部材は大幅に増大し、圧縮鋼材の配置が特に破壊靱性の改善に有効であることが判明した。SPCI部材は、写真-1のように部材下縁が載荷フレームに接触する状態になるまで荷重低下を生じなかった。また、SPCII部材は、250kNレンジで破壊試験を行ったが、破壊まで至らなかったため、再度、500kNレンジで最大荷重だけを求め直した。その結果、262kNで載荷点直下のPC鋼材が破断したが、試験終了後の測定からその時点で 50mm以上のたわみを生じていたことがわかった。なお、PC鋼材の破断原因は、SPCII部材の場合、高強度コンクリートを用いたため、鋼材とコンクリートとの付着が良好で、載荷点位置のひび割れ幅だけが拡大したことに起因するものと考えられる。

4. まとめ

以下に、本実験から得られた結果を要約する。

- (1). コンクリートの曲げ圧縮部を溝形鋼材で補強したSPC部材は、通常のPC部材と比較して、載荷点位置における荷重分散やプレストレス分布の改善により、曲げひび割れ発生荷重を2倍程度まで増強できる。
- (2). SPC部材は、曲げ破壊耐力の増強は勿論のこと、特に曲げ破壊靱性の改善に有効であり、曲げ圧縮で破壊するような過多配筋部材の設計や施工も可能である。
- (3). SPC部材は、大きな負の曲げモーメントが作用する連続PC桁橋の中間支承部等に適用できる。

表-3 全部材の実験結果および計算結果

部材	$\sigma'c$	P_{mc} (kN)		P_{my} (kN)		P_{max}	δ_{max}	破壊形式
	N/mm ²	実験値	計算値	実験値	計算値	kN	mm	
PCI	1.60	16～18	17.3	146～148	124	149	6	曲げ圧縮
PCII	1.40	16～18	21.6	152～154	144	188	8	曲げ圧縮
SPCI	3.09	32～34	34.6	174～176	172	204	50 以上	曲げ引張
SPCII	3.75	38～40	43.7	190～192	174	262	27 以上	曲げ引張

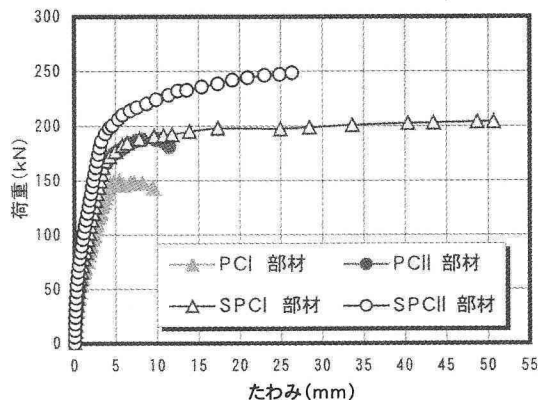


図-2 全部材の荷重-たわみ曲線

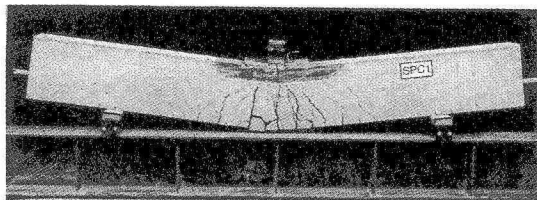


写真-1 SPCI部材の破壊状況