

G1-3 複合ラーメン橋脚に用いる SRC 横ばりのせん断挙動および隅角部の応力伝達機構に関する研究
片山 明俊

1. 目的

近年、道路橋における維持管理の軽減および耐震性能の向上、また桁下空間の有効利用の観点から、上・下部一体構造の複合ラーメン橋が注目されている。そこで、図-1 に示すような新しいタイプの複合ラーメン橋脚の開発に向け研究を行っている。

RC ラーメン橋脚の設計では、大規模地震時のせん断耐力が曲げ耐力と同様に支配的な要因となってくる。従来は過密なスターラップを配置することで対応してきたが、複合ラーメン橋脚では SRC 横ばりを採用することでせん断耐力が向上し、設計上の自由度も高くなる。

SRC 部材のせん断耐力の算定方法として、土木学会から累加強度式(1)が示されている。

$$Vud = \alpha \cdot Vcd + Vsd + Vrd \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 Vcd : コンクリートの設計せん断耐力

Vsd : せん断補強鉄筋の設計せん断耐力

Vrd : 鉄骨腹板の設計せん断耐力

α : せん断スパン比(a/d)の影響係数

$$[\alpha = 3/(a/d), 0.5 \quad a/d \quad 3.0]$$

そこで本研究では、本構造で提案する鉄骨ウェブに設けた端部および中間補剛リブ(図-2)と鉄骨フランジの有無がせん断耐力に及ぼす影響、さらにはそれに対する既存算定式(1)の適用性について検討を行った。また、本構造で提案する SRC 横ばりと RC 柱との隅角部の応力伝達機構についても検討を行った。

2. 内容

2.1 横ばりのせん断耐力試験

供試体の諸元を図-3 示す。供試体は表-1 に示す 6 種類、各 2 体である。コンクリートは $f_c' = 30\text{N/mm}^2$ の普通コンクリートを用いた。載荷方法は、はり中央部の $100 \times 300\text{mm}$ 幅に載荷する中央一点集中載荷とした。また、汎用 FEM パッケージである LUSAS を用いて 3 次元非線形解析を行った。

表-2 に供試体のせん断耐力の試験値、計算値および解析値を示す。ただし、解析は 2 体目のみを行った。同表より、鉄骨ウェブに補剛リブを設けることによるせん断耐力への影響は認められないこと、また、フランジの有無によるせん断耐力への影響は 10%以内であることがわかった。さらに、SRC 横ばりに対して、累加強度式によるせん断耐力の算定結果は、試験値に対して 10%程度危険側の評価を与えることがわかった。

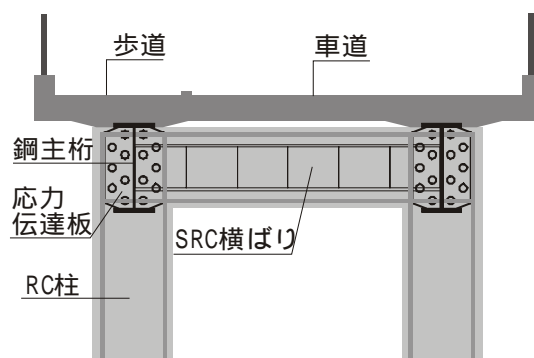


図-1 複合ラーメン橋脚の概念図

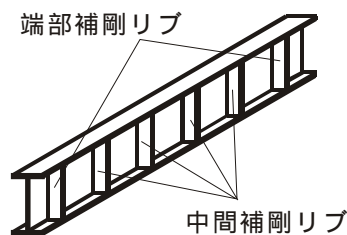


図-2 補剛リブ

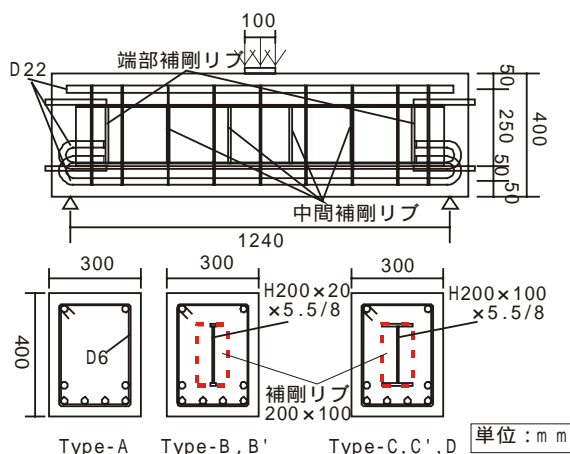


図-3 供試体の諸元

表-1 供試体種別

Type	形式	フランジ幅 (mm)	端部補剛リブ	中間補剛リブ
A	RC	-	-	-
B	SRC	20	なし	なし
B'	SRC	20	あり	なし
C	SRC	100	なし	なし
C'	SRC	100	あり	なし
D	SRC	100	あり	あり

表-2 せん断耐力

供試体		試験値(kN)		計算値(kN)	解析値(kN)	試験値 計算値 Vu/Vud	試験値 解析値 Vu/Vua
		最大荷重 Pmax	せん断耐力 Vu(=Pmax/2)				
Type-A	1体目	792	396	346	-	1.14	-
	2体目	797	399	369	360	1.08	1.11
Type-B	1体目	1045	523	575	-	0.91	-
	2体目	1046	523	599	488	0.87	1.07
Type-B'	1体目	1073	537	575	-	0.93	-
	2体目	945	473	599	467	0.79	1.01
Type-C	1体目	1129	565	599	-	0.94	-
	2体目	1124	562	625	546	0.90	1.03
Type-C'	1体目	1079	540	599	-	0.90	-
	2体目	1058	529	625	586	0.85	0.90
Type-D	1体目	1081	541	599	-	0.90	-
	2体目	1061	531	625	584	0.85	0.91

図-4 に示す変形性状において、SRC ばりでは最大荷重までの挙動に大きな違いは見られない。しかし、最大荷重到達後の挙動に注目すると、Type-B の荷重減少量は Type-B' に比べて大きいことがわかる。さらに図-5 から、端部補剛リブによってコンクリートと鉄骨の相対ずれが効果的に抑えられていることが確認できる。これらのことから、端部補剛リブは、最大荷重到達後のじん性を向上させる効果があると考えられる。しかし、フランジを有するタイプでは、その効果はフランジによって既に発揮されているため補剛リブの有無による挙動の違いは見られなかったと考えられる。

2.2 隅角部の開く方向載荷試験

本研究で提案している構造では、SRC 横ばりと RC 柱との隅角部に主桁が貫通しているため、隅角部の剛性を確保するのに十分なだけの補強筋を配筋できない。そこで、隅角部の力の伝達を確保するために孔あき鋼板を応力伝達板として挿入することを提案している。今回用いた L 型ラーメン橋脚供試体を図-6 に示す。これは横ばり

スパンの半分をモデル化したものであり、開く方向に載荷した。用いた鉄筋は主筋に D25、補強筋に D16 を使用し、コンクリートは普通コンクリートを使用した。また、孔あき鋼板ありおよび孔あき鋼板なしの供試体の二体を用意し、孔あき鋼板による影響を調べた。

表-3 に各部材の終局耐力の計算値と試験の最大耐力を示す。これより、鋼板の挿入によって最大耐力が約 2 倍になっていることがわかるが、鋼板ありの供試体では試験値が計算値の 7 割程度になっている。これは、写真-1 を見てもわかるように、柱外側の圧縮鉄筋が隅角部付近で膨らみだしたことでかぶりコンクリートおよび圧縮鉄筋が応力を伝達できなくなったためと考えられ、隅角部の横拘束鉄筋の配置が必要であることがわかった。

3. 結論

- (1) SRC 横ばりのせん断試験では、各供試体間でせん断耐力には大きな影響は見られないが、鉄骨フランジが無い場合最大荷重到達後の剛性低下が大きくなる。この場合、端部補剛リブをつけることによって剛性低下を抑えることができる。また、鉄骨フランジがある場合、補剛リブによるせん断挙動への顕著な影響は見られない。
- (2) 今回の SRC 横ばりに対して、累加強度式によるせん断耐力の算定結果は、試験値に対して 10% 程度の過大評価を与える。
- (3) 隅角部の開く方向の載荷試験では、孔あき鋼板の挿入により耐力は大幅に向上されるものの、外側軸方向筋の膨らみ出しにより十分な抵抗力を発揮することができず、横拘束筋の配置などの必要性が認められた。

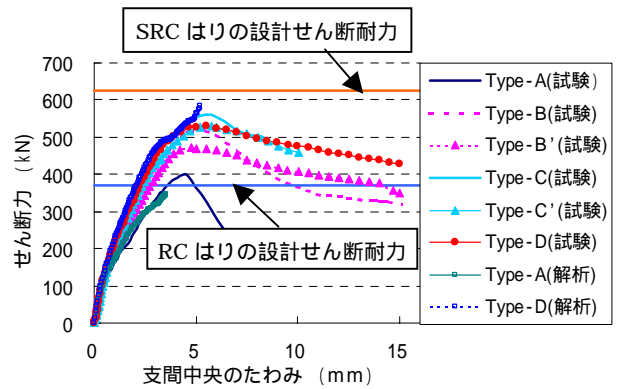


図-4 せん断力-たわみ曲線

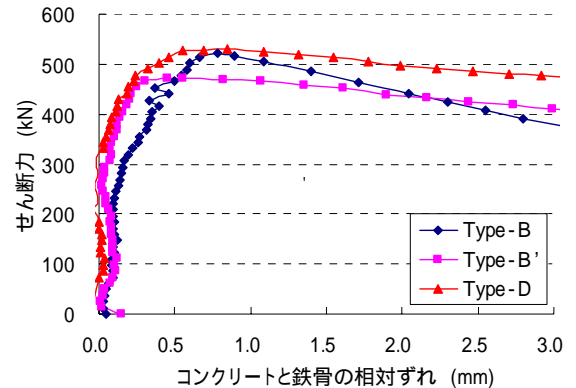


図-5 せん断力-コンクリート・鉄骨ずれ量

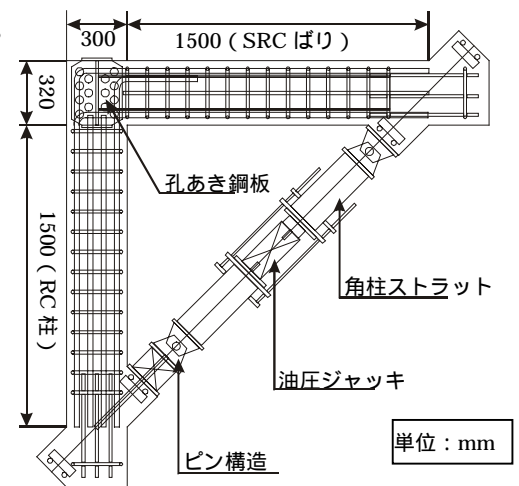


図-6 隅角部供試体

表-3 終局耐力 (kN)

		計算値	試験値
孔あき鋼板あり	柱	175	119
	横ばり	177	
	隅角部	212	
孔あき鋼板なし	柱	175	56
	横ばり	177	
	隅角部	47	



写真-1 終局時ひび割れ状況(鋼板あり)