複合ラーメン橋脚に用いるSRC横ばりのせん断耐荷挙動に関する実験的研究

九州大学大学院　学生会員　○郭　勝華，片山　明俊
九州大学大学院　正会員　　日野　伸一，山口　浩平
(株)日本工営　　正会員　　友田　富雄

1．はじめに

近年，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。著者らは，これまでに**図-1**に示すなような新しいタイプの複合ラーメン橋脚を提案し，鋼主桁がRCラーメン橋脚を貫通する剛結構造隅角部に対する模型載荷実験を行った[1)]。

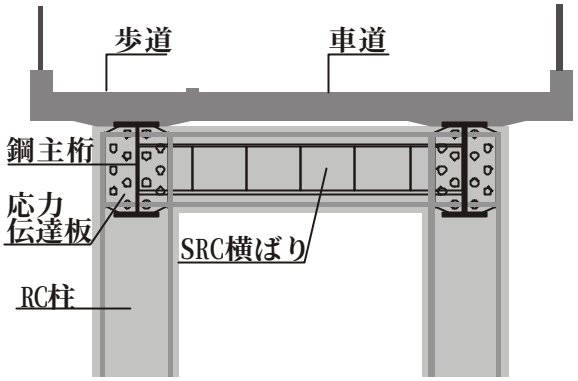

図-1　複合ラーメン橋脚の概念図

一方，RCラーメン橋脚の設計では横ばりスパンが短いため，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は，土木学会から次の累加強度方式[2)]が示されている。

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

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
［α＝3/(a/d)，0.5≦a/d≦3.0］

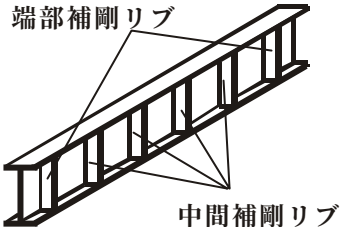

図-2　補剛リブ

本研究では，**図-2**に示すような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の適用性について，載荷試験およびFEM解析によって検討を行った。

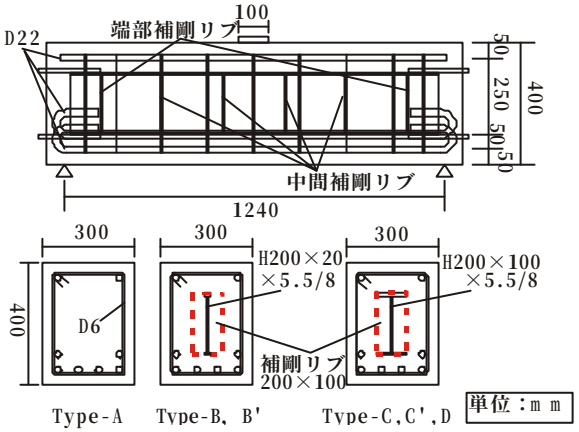

図-3　供試体の諸元

2．供試体および試験概要

供試体の諸元および材料特性を，それぞれ**図-3，表-1，2**に示す。供試体は**表-3**に示す6種類，各2体である。

載荷方法は，はり中央部の100×300mm幅に載荷する中央一点集中載荷とした。

表-1　コンクリートの材料特性

圧縮強度 (N/mm²)	ヤング係数 (N/mm²)	引張強度 (N/mm²)
30.4	2.80E+04	2.6

表-2　鋼材の材料特性

部材	規格	降伏強度 (N/mm²)	引張強度 (N/mm²)
主鉄筋	SD345	412	579
せん断補強鉄筋	SD295	383	530
鉄骨	SS400	381	483

表-3　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

3．試験結果および考察

(1)　せん断耐力

本試験では，ひび割れの進展状況および引張側主鉄筋のひずみから，すべての供試体ともにせん断破壊であると判断した。**図-4**に供試体の破壊時のひび割れ状況(模式図)を示す。Type-A，Bは同図①のように曲げひび割れ発生後，支点から載荷点へせん断ひび割れが発生し，破壊に至った。Type-C，Dは①のひび割れの後，さらに同図②のようにアーチ状のひび割れが発生した。端部補剛リブの入ってい

る Type-B’，C’D は，同図③のように，端部補剛リブより外の部分にひび割れが生じた。また，Type-D では，他の供試体よりひび割れが若干分散された。

供試体のせん断耐力の試験値，計算値および解析値を**表-4** に示す。試験値は 2 体の載荷試験の平均値である。せん断耐力の算定は，式（1）を用いた。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微量である事がわかった。さらに，SRC 横ばりに対して，累加強度方式によるせん断耐力の算定結果は，試験値に対してやや危険側の評価を与えることがわかった。

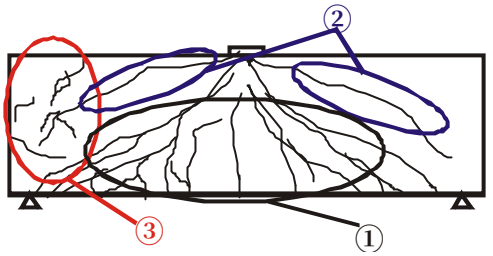

図-4　ひび割れ状況(模式図)

表-4　せん断耐力

供試体	試験値(kN) 最大荷重 Pmax	試験値(kN) せん断耐力 Vud	計算値(kN) Vud’	解析値(kN) Vud’’	試験値/計算値 Vud/Vud’	試験値/解析値 Vud/Vud’’
Type-A	795	397	345	360	1.15	1.10
Type-B	1044	522	568	488	0.92	1.07
Type-B’	1009	505	568	467	0.89	1.08
Type-C	1127	563	568	546	0.99	1.03
Type-C’	1069	534	568	586	0.94	0.91
Type-D	1071	536	568	584	0.94	0.92

(2)　変形性状

図-5 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，せん断破壊後の挙動に注目すると，Type-B の変形挙動が Type-B’ に比べ急な変化をしており，粘りが乏しいもろい破壊を起こしている。さらに**図-6** 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，端部補剛リブは内部コンクリートと鉄骨の一体性を高め，せん断破壊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。

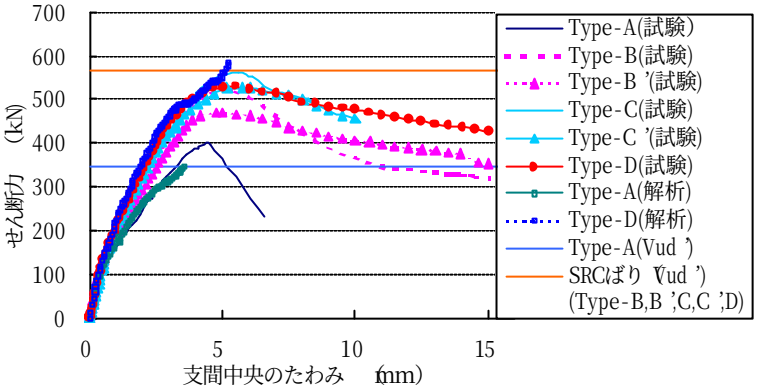

図-5　せん断力-たわみ曲線

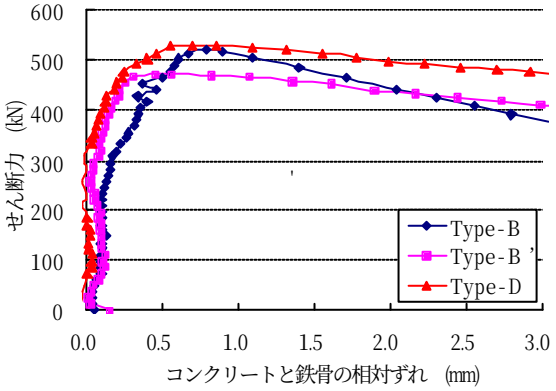

図-6　せん断力-コンクリート･鉄骨ずれ量

3．まとめ

(1)　両端が主桁ウェブに相当する端部補剛リブで拘束され，さらにせん断スパン比が小さい SRC 横ばりに対して，累加強度方式によるせん断耐力の算定結果は，試験値に対してやや危険側の評価を与える。

(2)　鉄骨フランジがない場合，せん断耐力には大きな影響は見られないが，せん断破壊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。

(3)　鉄骨フランジがある場合，補剛リブによるせん断耐荷挙動への顕著な影響は見られない。

参考文献

1)　友田富雄，日野伸一，山口浩平，前川智彦：鋼 I 主桁が貫通する RC ラーメン橋脚隅角部の応力伝達機構に関する実験的研究，土木学会第 54 回年次学術講演会，pp.1395-1396，2004.9

2)　土木学会 鋼・コンクリート合成構造連合小委員会：複合構造物の性能照査指針（案），丸善，pp.16-19，2001.1