

論文 鋼板を用いた RC はりのせん断耐力

曳村俊貴^{*1}・睦好宏史^{*2}・佐野 正^{*3}

要旨：本研究は、RCはり供試体の側面にスターラップを模擬した短冊状の鋼板または広幅の鋼板を接着し、接着補強後のせん断性状を実験的に検討したものである。実験の結果、短冊状の鋼板を接着した場合には斜めひび割れが鋼板を避けるように進展し、十分な補強効果が得られなかった。これに対し、広幅の鋼板を接着すると斜めひび割れの進展が抑止され、せん断耐力が向上することが明らかとなった。また、広幅鋼板によるせん断補強効果は鋼板の高さの影響を受け、ある接着高さ以上になると補強効果が急激に高まることが確認された。

キーワード：鋼板接着、せん断補強、せん断耐力、側面鋼板、接着高さ

1. はじめに

老朽化あるいは道路構造令の改正による設計荷重の増加に伴い、既設のRCげたあるいはPCげたをいかに補強するかが今後の重要な課題になるものと思われる。これらの部材の曲げ補強方法としては、鋼板接着により引張鋼材量の不足を外部から補う方法、あるいは外ケーブルによりプレストレスを導入する方法が知られており施工実績も多い。また、補強効果については実験および解析により明らかにされており、補強設計法も提案されている[1, 2]。しかしながら、せん断補強に関する研究はあまり行われておらず、せん断補強の方法あるいは補強後のせん断性状については不明な点がある。

本研究は、既設のRCげたあるいはPCげたのせん断補強法を提案することを目的として行うものである。本論文では、短冊状あるいは高さの異なる広幅の鋼板をRCはり供試体の側面に接着し、接着補強後のせん断性状を実験的に検討した結果について述べるものである。

2. 実験概要

2. 1 実験 I

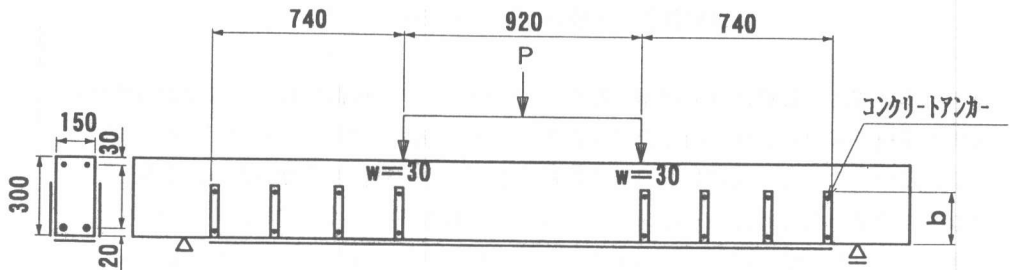
実験 I ではスターラップを模擬した短冊状あるいは広幅の鋼板をRCはり供試体のせん断スパン内側面に接着し、接着補強後のせん断性状を検討した。供試体形状を図-1、実験要因を表-1に示す。本実験では、実際のTげたにおいてウェブに鋼板を接着してせん断補強を行う場合を想定し、鋼板の接着高さをはりの全高としない供試体についても検討した。RCはり供試体は幅15cm×高さ30cm×長さ300cm、スパンは260cmである。せん断スパン内にはスターラップとして異形鉄筋D6を供試体No. 1～No. 5は23.3cm、供試体No. 6およびNo. 7は28.0cmのピッチで配置した。供試体No. 3～No. 5についてあらかじめ斜めひび割れが発生する位置を考慮し、短冊状の鋼板を24.7cmのピッチで接着した。供試体No. 6およびNo. 7はせん断スパン内に全幅にわたって接着してせん

※1 ショーボンド建設株式会社 補修工学研究所、正会員

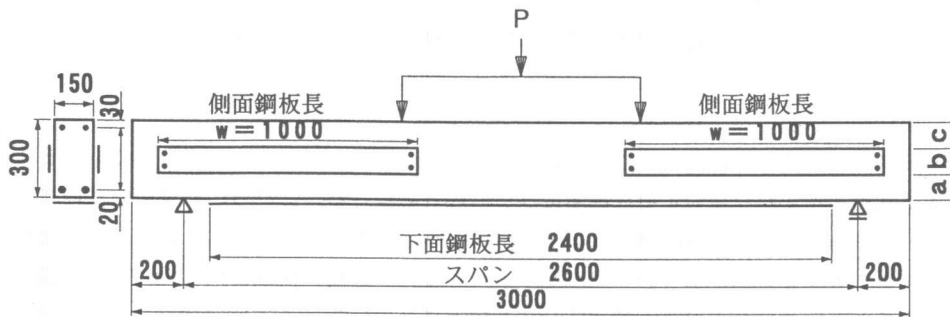
※2 埼玉大学教授 工学部建設工学科、工博、正会員

※3 ショーボンド建設株式会社 補修工学研究所課長、博士(工学)、正会員

断補強を行った。また、供試体No. 1を除き、はり下面に厚さ2.3mmの鋼板を接着して曲げ補強を行っている。



供試体No. 2～No. 5



供試体No. 6およびNo. 7

図-1 実験Ⅰ供試体形状図(単位mm)

表-1 実験Ⅰ実験要因(単位mm)

供試体 No.	補強方法	鋼板(SS400)					引張鉄筋	圧縮鉄筋	f'c' (kgf/cm ²)
		t	a	b	c	w			
1	RC	-					2 D 13	2 D 6	257
2	鋼板(短冊)	2.3	-	0	-	30			
3				300					
4				200					
5				150					
6	鋼板(広幅)	2.3	0	150	150	1000			296
7			100	100	100				

t : 鋼板厚さ b : 鋼板高さ w : 鋼板の幅 f'c' : コンクリートの圧縮強度
aおよびcの寸法については図-1を参照

2. 2 実験Ⅱ

実験ⅡはA、B 2種類のタイプについて行った。また、鋼板接着のみによるせん断補強効果を検討することを目的とし、基準となるRCはり供試体にはスターラップを用いないものとした。タイプAおよびタイプBの供試体の形状寸法および実験要因を図-2および表-2に示す。

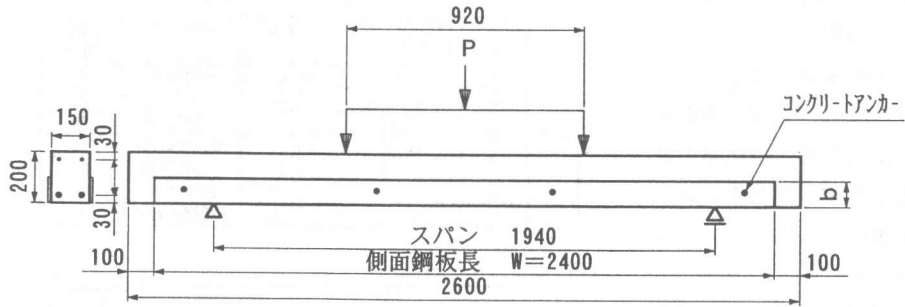


図-2 実験Ⅱ供試体形状図 (単位mm)

基準となるRCはり供試体は幅15cm×高さ20cm×長さ260cm、スパンは194cmである。せん断破壊以前に曲げ破壊が生じないように主鉄筋としてタイプAはD22を2本、タイプBはD22を3本用いて十分に曲げ補強を行った。実験Ⅰおよび実験Ⅱともせん断補強には厚さ2.3mmの鋼板を使用

した。鋼板の接着の手順は以下に示すとおりである。接着面となるコンクリート面をディスクサンダーでケレンした後、鋼板とコンクリート面との平均隙間厚が2mmとなるようにスペーサーを設置し、M10の金属拡張型アンカーボルトで固定する。次いで鋼板の周囲をガムテープでシールし、鋼板とコンクリートとの隙間にエポキシ樹脂を注入することにより接着を行った。なお、実験Ⅰ、Ⅱに使用した鋼材およびエポキシ樹脂の物性を表-3および表-4に示す。表-4の引張せん断強度とは、図-3に示すように2枚の鋼板片(SS400)を接着して一軸引張試験を行い、接着部分が破壊した時の荷重を接着面積で除した値である。また、加力方法は両実験ともスパン中

央に92cmのモーメント一定区間を持つ2点集中荷重とし、有効高さに対するせん断スパンの比は3とした。測定項目はたわみ、ひずみ等であり、ひび割れの進展状況を目視観察した。

表-2 実験Ⅱ実験要因 (単位mm)

供試体タイプ	鋼板 (SS400)			引張鉄筋	圧縮鉄筋	f c' (kgf/cm ²)
	t	b	w			
A	1	-		2 D 22	2 D 13	278
	2	50	2400			288
	3	75				292
	4	100				298
	5	150				311
B	1	-		3 D 22	2 D 13	287
	2	50	2400			297
	3	75				325
	4	100				323
	5	150				324

t : 鋼板厚さ b : 鋼板高さ w : 鋼板の幅
f c' : コンクリートの圧縮強度

表-3 使用鋼材の物性

鋼材 (SD295)	降伏点 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (×10 ⁶ kgf/cm ²)
異形鉄筋 D 6	3630	5550	1.96
" D 13	3940	5880	1.79
" D 16	4030	5930	2.04
" D 22	3990	5930	1.86
鋼板厚 t=2.3mm	3410	5530	2.01

表-4 エポキシ樹脂の物性 (材齢7日)

圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	引張せん断強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (×10 ⁶ kgf/cm ²)
734	501	159	2.18

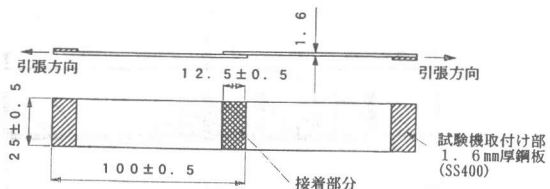


図-3 引張せん断試験

3. 実験結果および考察

3. 1 実験 I

実験 I の荷重試験結果を表-5 に示す。また、短冊状の鋼板を接着した場合および広幅の鋼板を接着した場合の荷重とスパン中央の変位との関係を図-4 および図-5 に示す。表-5 中の斜めひび割れ荷重および最大荷重は、それぞれせん断スパンに斜めひび割れが発生した荷重および破壊形態が生じた時点での荷重を表す。側面鋼板の接着形状と破壊形態との関係を比較すると、短冊状の鋼板を接着した供試体がせん断破壊したのに対し、広幅の鋼板をはり下面まで接着した No. 6 は破壊形式が曲げへと移行した。特に、短冊状の鋼板を接着した場合、斜めひび割れが鋼板を避けて進展し、せん断破壊に至る傾向が認められた。No. 5 および No. 6 を例に破壊後のひび割れ状況を図-6 に示す。このように、RC はりのせん断補強には短冊状の鋼板をスターラップ状に接着するよりも広幅の鋼板を接着する方が補強上効果的であることが確認された。これは施工上からも有利と考えられる。

表-5 実験 I 荷重試験結果

	供試体 No	斜めひび割れ荷重 (t f)	最大荷重 P (t f)	破壊形態	鉄筋降伏の有無
実験 I	1	-	10.66	曲げ破壊	有
	2	10.78	12.58	せん断破壊	無
	3	10.50	12.00	せん断破壊	無
	4	13.50	14.36	せん断破壊	無
	5	10.34	11.85	せん断破壊	無
	6	-	16.18	曲げ破壊	有
	7	6.08	14.00	下面鋼板剥離	無

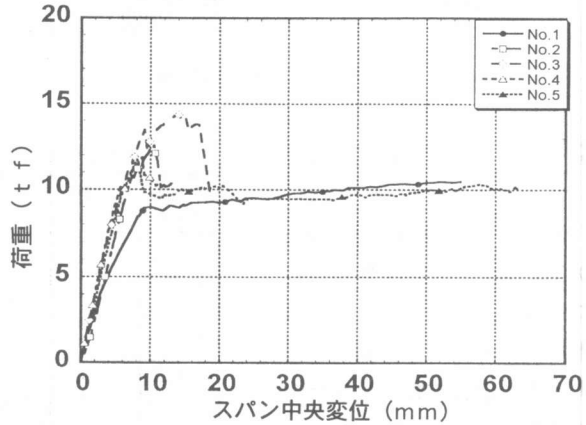


図-4 荷重とスパン中央変位関係 (短冊)

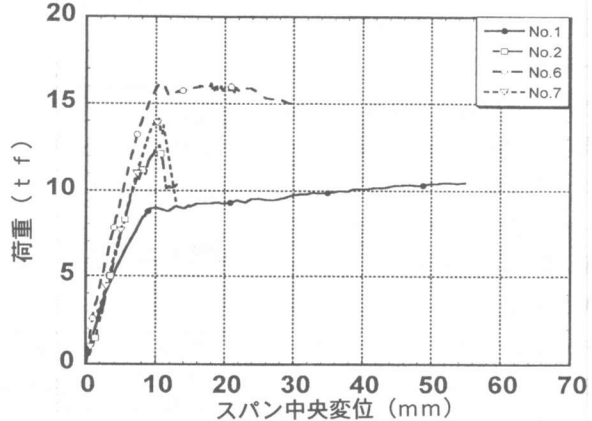


図-5 荷重とスパン中央変位 (広幅)

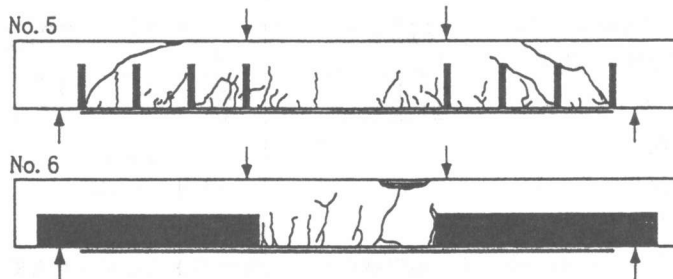


図-6 ひび割れ状況 (1)

3. 2 実験Ⅱ

実験Ⅱの結果を表-6に示す。表-6中のひび割れ荷重および最大荷重は、それぞれせん断スパンに斜めひび割れが発生した時の荷重および破壊が生じた時の荷重を表す。

鋼板を側面に接着した供試体のうちせん断破壊を生じたものについて破壊過程をみると、破壊荷重の80~90%程度

の高い荷重で鋼板接着が施されていない部分でせん断スパンに斜めひび割れが発生した。荷重を継続すると斜めひび割れは鋼板の上縁に沿って鋼板の端部に向かって進展するとともに荷重点方向にも急激に拡大して終局に至った。実験終了後、鋼板を撤去して斜めひび割れの状況を観察したが、主鉄筋に沿って鋼板端部にまでひび割れが達していた。このようなひび割れ状況の代表的な例として、供試体A-4の結果を図-7に示す。これに対し、高さ15cmの鋼板を接着した供試体A-5およびB-5では、圧縮縁のコンクリートが圧壊する曲げ破壊により終局に達した。この場合の最大荷重は、コンクリートの圧壊荷重である。なお、鋼板の接着高さが高い場合、破壊時には鋼板の上部が外側にはらみ出すように面外変形を生じていた。このように鋼板をRCはり側面に接着して補強する場合には、鋼板の接着高さが補強効果を左右すると思われる。また、側面補強の効果が十分に発揮できるようになる鋼板の接着高さが存在するものと考えられる。

表-6 実験Ⅱ 荷重試験結果

		供試体 No	斜めひび割れ荷重 (t f)	最大荷重 P (t f)	破壊形態	鉄筋降伏の有無
実験Ⅱ	A	1	9.05	9.23	せん断破壊	無
		2	9.53	11.28	せん断破壊	無
		3	10.53	12.68	せん断破壊	無
		4	12.68	12.83	せん断破壊	無
		5	—	19.08	曲げ破壊	有
	B	1	8.85	10.31	せん断破壊	無
		2	11.25	12.01	せん断破壊	無
		3	11.98	15.18	せん断破壊	無
		4	14.15	15.18	せん断破壊	無
		5	—	25.77	曲げ破壊	無

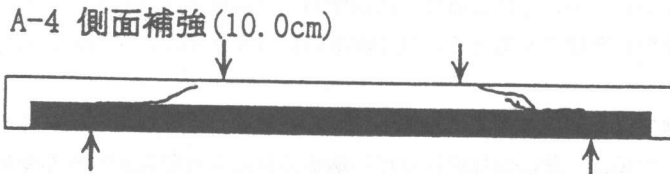


図-7 ひび割れ状況(2)

タイプAを例に、各供試体の荷重とスパン中央における変位との関係を図-8に示す。曲げ破壊した供試体A-5を除き、全ての供試体においてせん断破壊に伴い急激な荷重の低下がみられた。また、接着高さが高くなるにつれて荷重-変位関係の傾きも増加しており、側面鋼板が部材の曲げ剛性の増加にも寄与しているのがわかる。

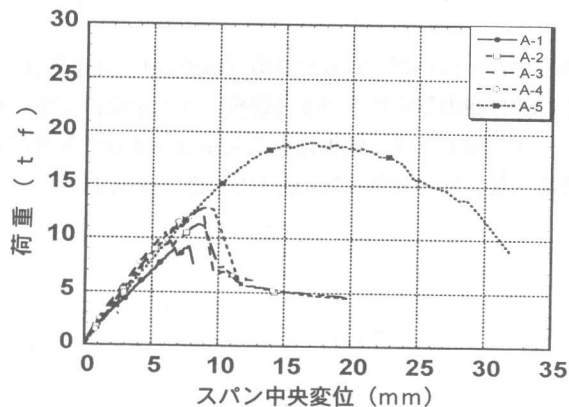


図-8 荷重とスパン中央変位関係

同様に、タイプAを例に荷重とスパン中央における主鉄筋ひずみとの関係を図-9に示す。各供試体における主鉄筋ひずみの発生状況をみると供試体A-1～A-4では主鉄筋が降伏する以前にせん断破壊を生じた。また、供試体A-5ではせん断耐力が大幅に増加し、曲げ破壊に移行したことに伴って主鉄筋が降伏していることがわかる。

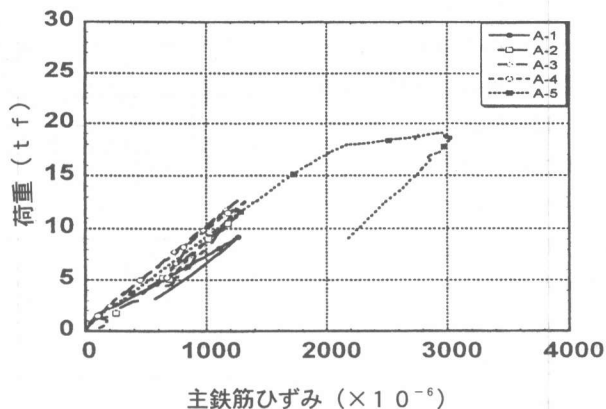


図-9 荷重と主鉄筋ひずみ関係

4. 結論

RCはり供試体の側面に短冊状あるいは広幅の鋼板を接着し、接着補強後のせん断性状を実験的に検討した結果、以下の結論が得られた。

- (1) スターラップを模擬した短冊状の鋼板をRCはり供試体側面に接着した場合、斜めひび割れが鋼板を避けるように進展してせん断破壊に至る傾向があり、十分な補強効果が得られなかった。
- (2) 広幅の鋼板をRCはり供試体側面に接着すると、斜めひび割れの進展が抑止され、せん断耐力の向上に効果的である。
- (3) 広幅鋼板を接着することによるせん断補強効果は鋼板の接着高さに左右され、せん断補強の効果が十分に発揮できるようになる鋼板の接着高さが存在するものと思われる。

以上、今回の実験では、鋼板を側面に接着してせん断補強したRCはり供試体の基本的なせん断性状を確認した。今後は、解析的な検討も行い鋼板接着による効果的なせん断補強法を提案したい。

参考文献

- [1] 睦好宏史、土田一輝、MATUPAYONT Songkiat、町田篤彦：外ケーブルPC部材の曲げ性状および曲げ耐力算定法に関する研究、土木学会論文集、NO. 508/V-26、pp67-77、1995. 2
- [2] 佐野 正、三浦 尚：鋼板接着によるコンクリート部材の補強設計法に関する研究、土木学会論文集、NO. 550/V-33、pp. 117-129、1996. 11