

論文・報告

鋼コンクリート合成床版に適用する底鋼板 継手部の構造提案に向けた実験的検討

～片面施工が可能な摩擦接合継手のすべり挙動について～

Experimental Study for Structural Proposal of Bottom Steel Plate Joint Applied to Steel Concrete Composite Slab

吉田 賢二 *1
YOSHIDA Kenji

岡本 真樹 *2
OKAMOTO Masaki

奥原 大貴 *3
OKUHARA Hiroto

石川 誠 *4
ISHIKAWA Makoto

田島 久嗣 *5
TAJIMA Hisatsugu

塩田 恵市 *6
SHIOTA Keiichi

鋼コンクリート合成床版の底鋼板継手形式の課題に着目して、底鋼板の上面のみから十全に施工ができるスタッドボルト摩擦接合継手の構造を検討している。本稿では、橋軸方向の荷重伝達性能とすべり挙動を検討するため、合成床版継手部の一部を切り出したはり模型の試験体を製作した。継手部の構造は、高力ボルト摩擦接合継手、スタッドボルト摩擦接合継手に加え、添接板上面に頭付きスタッドを溶接した3種類としている。曲げ載荷実験とせん断載荷実験を実施し、高力ボルトと比較したスタッドボルトによるすべり荷重の差は3%程度であり、スタッドボルト摩擦接合継手の設計は、高力ボルト摩擦接合継手を参考にできるものと考えられる。また、添接板上に頭付きスタッドを溶接した継手構造では、すべり発生後の断面の剛性低下が、頭付きスタッドの無い場合よりも小さく、合成効果の維持に寄与すると考えられる。

キーワード：鋼コンクリート合成床版，底鋼板継手，摩擦接合，スタッドボルト，頭付きスタッド

1. はじめに

鋼コンクリート合成床版（以下合成床版）¹⁾の底鋼板の継手形状として従来から適用されている高力ボルト摩擦接合継手は、床版上面から高力ボルトを施工する継手形式である。しかし、底鋼板の外面が塗装仕様や金属溶射の場合では、ボルト頭部周辺の塗装のために足場や高所作業車が必要となる。

著者らは作業性向上のため、新たに高強度ねじ付きスタッド（以下スタッドボルト）による摩擦接合継手を考案した。先の研究²⁾では、薄板にスタッドボルトを溶接した際の鋼板の変形量、締付け軸力、摩擦係数とすべり耐力などの継手部の基本性能を確認し、締付け管理手法を提案した。

本稿では、継手形状をパラメータとして、4点曲げ載荷実験（以下曲げ載荷実験）および曲げせん断載荷実験を行い、曲げとせん断力を受ける継手部の力学特性や耐荷機構について考察を行った結果について述べる。また、本稿で対象としている合成床版はロビンソン型合成床版であり、その底鋼板の継手部以外には頭付きスタッドが

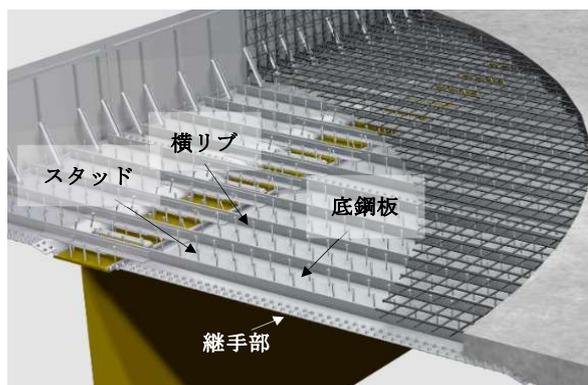


図1 本稿で対象としているロビンソン型合成床版の模式図³⁾

密に配置され、コンクリートと底鋼板が一体化されている（図1）。しかし、継手部にはずれ止めが配置されていない。そこで、継手部の合成効果を向上させるため、添接板に頭付きスタッドを溶接した継手構造についても検討を行い、その力学的特性や頭付きスタッドの効果について考察した。

*1 川田工業㈱橋梁事業部技術部大阪技術部四国技術課 課長

*2 川田工業㈱橋梁事業部技術部大阪技術部大阪技術課

*3 川田工業㈱橋梁事業部技術部東京技術部東京技術課

*4 川田工業㈱橋梁事業部技術部東京技術部東京技術課 主幹

*5 川田工業㈱橋梁事業部生産統括部生産技術部富山橋梁技術課 課長

*6 川田工業㈱橋梁事業部工事部大阪工事部 上席工事長

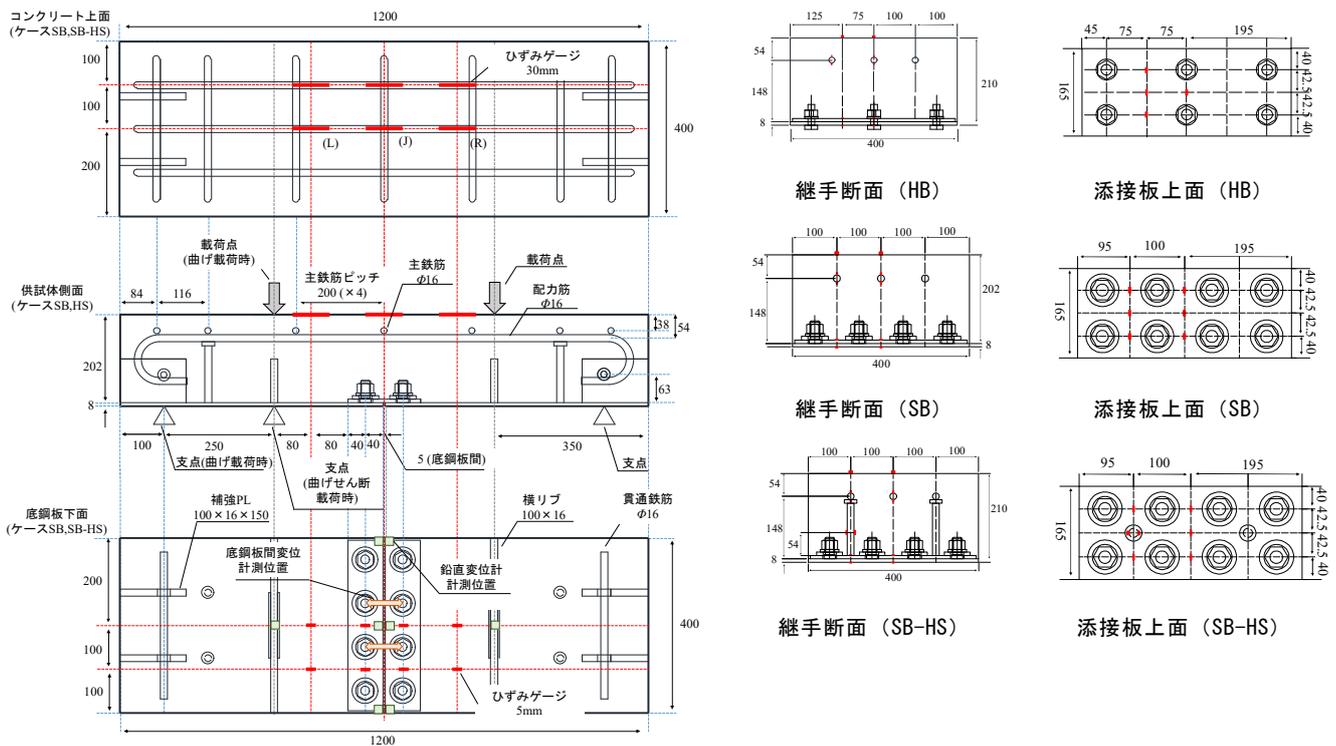


図2 実験供試体の構造，寸法，および計測位置 (mm)

2. 実験の概要

(1) 実験供試体

実験供試体の構造および寸法を図2に示す。図中には変位計とひずみゲージによる計測位置も示す。供試体は、長さ1200mm、床版厚210mm(底鋼板厚含む)、底鋼板と添接板は板厚8mmとし、床版支間4mの連続版を想定したはり模型である。

継手部の構造として、高力ボルト摩擦接合継手(ケースHB:以下HB)、スタッドボルト摩擦接合継手(ケースSB:以下SB)に加え、SBの添接板上面に頭付きスタッドを溶接したケースSB-HS(以下SB-HS)の3種類とした。また、供試体は曲げ載荷用に各ケース2体ずつ、曲げせん断載荷用にSBとSB-HSを2体ずつ製作した。

(2) 供試体に用いた材料特性

供試体に用いた鋼材およびコンクリートの機械的性質を表1と表2に示す。なお、コンクリートの設計強度は 30N/mm^2 であるが、コンクリートの実強度が設計強度を上回った場合でも、供試体の破壊順序に変わりはないため、実験結果への影響は少ないと判断した。高力ボルトはF10TM22を用い、スタッドボルトはHT570M22(スタッド軸径は $\phi 20.3\text{mm}$)²⁾とした。また、スタッドボルト溶接時の底鋼板の面外変形について、先の研究²⁾より、その最大変形量は 0.4mm となったが、すべり試験より十分なすべり係数を確保できたこと、荷重-相対変位関係やボルト軸力の推移、接合面のすべり痕などから、鋼

表1 鋼材の機械的性質

	鋼種	降伏点 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	伸び (%)
底鋼板	SM400A	318	470	29
添接板	SS400	301	424	32
鉄筋	SD345	404	542	26
スタッドボルト	HT570	577	643	25
頭付きスタッド	SS400	388.3	472.3	30

表2 コンクリートの機械的性質

種類	ヤング率 (N/mm^2)	ポアソン比	圧縮強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)
30-8-25N	35400	0.21	42.5	3.79

板の面外変形がすべり挙動に与える影響は小さいとされているため、本稿でも面外変形については考慮していない。

設計荷重に対する必要ボルト本数を表3に、設計すべり耐力とその時の載荷荷重をすべり時荷重と称し表4に示す。スタッドボルトの設計軸力については 100kN とし²⁾、すべりに対するボルト1本当たりの許容力については、設計軸力が高力ボルトの半分程度であることから、高力ボルトの半分程度の 25kN とした⁴⁾。

(3) 実験方法

載荷実験は、大阪公立大学が所有する 1000kN 万能試験機と 1000kN アクチュエーターを用いて、静的な単調増加荷重をはりに作用させた。曲げ載荷実験時の様子を図3に示す。

表 3 供試体に用いたボルトとその本数

供試体	使用ボルト	継手発生応力 (N/mm ²)	底鋼板厚 (mm)	供試体幅 (mm)	単位幅荷重 (kN)	すべりに対するボルト 1本当たりの許容力 (kN)	必要本数 (本)	使用本数 (本)
HB	高力ボルト (F10TM22)	26.9	8	400	86.08	48	1.8	3
SB SB-HS	スタッドボルト (HT570M22)							4

表 4 設計すべり耐力とすべり時荷重

ケース	使用ボルト	設計軸力 kN	ボルト本数 本	接合面の数 -	すべり係数 -	設計すべり耐力 kN	底鋼板断面積 mm ²	継手作用応力 N/mm ²	曲げモーメント kN・m	すべり時荷重 kN	
										曲げ載荷実験	曲げせん断載荷実験
HB	高力ボルト (F10TM22)	205	3	1	0.45	276.8	3200	86.5	41.3	330.1	-
SB SB-HS	スタッドボルト (HT570M22)	100	4	1	0.45	180.0	3200	56.3	26.8	214.7	120.8



図 3 曲げ載荷実験時の様子 (SB-2)

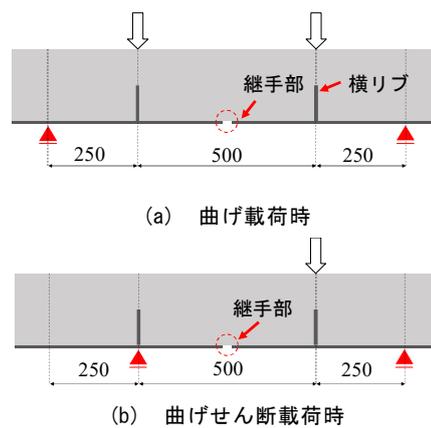


図 4 載荷模式図

a) 曲げ載荷実験

曲げ載荷実験では、高力ボルトに代わりスタッドボルトを用いたときのすべり挙動や終局耐力などに着目し、スタッドボルト摩擦接合継手の適用性について検討する。また、合成構造における継手部の力学的挙動についても着目する。

曲げ載荷実験時の載荷模式図を図 4(a)に示す。支間長は 1 000mm とし、支持条件は両端ピンローラー支持とした。また、載荷位置は支点から 250mm (支間長の 1/4) の横リブ位置とし、最大曲げモーメントが発生する支間中央に継手部を配置し、載荷を行った。

曲げ載荷実験は、HB 以外の 2 ケースについてはコンクリートが圧壊に至るまで載荷し、HB の内、HB-1 については継手部のすべり発生が確認できた時点で、HB-2 についてはすべり発生後再び荷重の上昇が確認できた時点で載荷を終了した。以降、各ケースの最大荷重について、SB と SB-HS では最大荷重、HB では最大荷重^{sup}と称し区別している。なお、SB-1 の載荷実験を最初に実施したが、載荷方法を線載荷とした影響で、載荷点におけるひび割れが顕著となった。そのため、SB-1 以外のケースは面載荷に変更した。

b) 曲げせん断載荷実験

曲げせん断載荷実験では、添接板上面に溶接した頭付

きスタッドが継手部の力学的挙動に与える影響に着目する。曲げせん断載荷実験時の載荷模式図を図 4(b)に示す。支間長は 750mm とし、支持条件は曲げ載荷実験時と同様にピンローラー支持とした。また、載荷位置および支点位置は、曲げ載荷実験と同一の供試体で実施するため、版の破壊形態である押し抜きせん断破壊の最終破壊位置が継手中央となるよう設定した。曲げせん断載荷実験は、SB と SB-HS をそれぞれ 2 体ずつ行い、すべてコンクリートが破壊に至るまで載荷した。

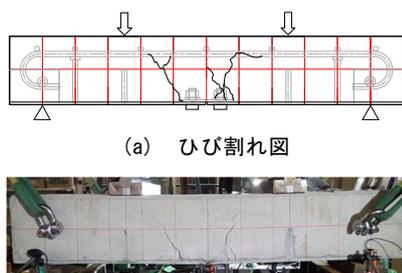
(4) 計測方法

載荷実験では、継手部と載荷位置での鉛直変位、底鋼板間の離間量、供試体の水平方向の変位、支承の沈下量、コンクリート上面、配力鉄筋、添接板上面、底鋼板下面および頭付きスタッドのひずみを計測するとともに、ひび割れ発生状況を観察した。各計測位置は図 2 に示すとおりである。

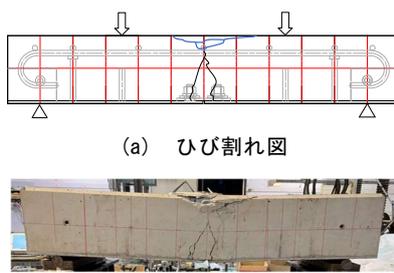
3. 曲げ載荷実験の結果と考察

(1) コンクリートのひび割れ状況

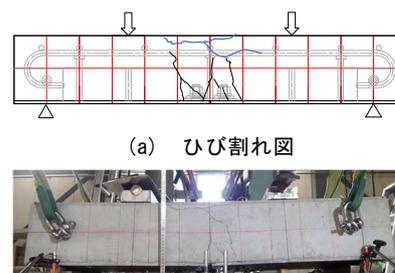
実験終了時の供試体側面のひび割れ発生状況を図 5 から図 7 に示す。なお、各図の(a)のひび割れ図における赤線は、供試体側面に描いた 100mm 四方のメッシュであり、SB と SB-HS の青線は、コンクリートの圧壊に伴い



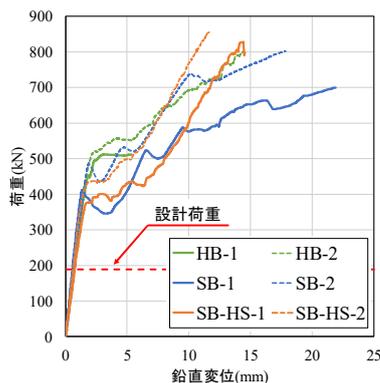
(a) ひび割れ図
(b) 実験終了時の様子
図 5 HB のひび割れ状況
(曲げ載荷)



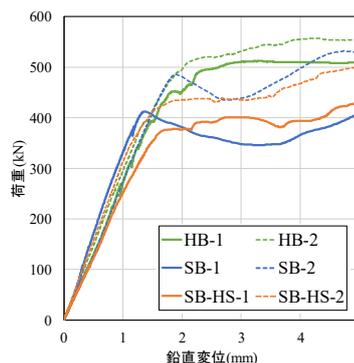
(a) ひび割れ図
(b) 実験終了時の様子
図 6 SB のひび割れ状況
(曲げ載荷)



(a) ひび割れ図
(b) 実験終了時の様子
図 7 SB-HS のひび割れ状況
(曲げ載荷)



(a) 最大変位まで



(b) 変位 5mm まで

図 8 荷重-鉛直変位関係 (曲げ載荷)

発生したひび割れである。また、各ケースでひび割れの発生および進展に大きな差が見られなかったため、ここでは各ケースを 1 体ずつ示す。すべてのケースで、継手部でのすべり発生とともに添接板縁端付近あるいは継手中央部から曲げひび割れが発生し、すべり量の増加とともに上方へ進展した。その後、曲げひび割れは荷重の上昇とともに中立軸付近まで進展し、SB と SB-HS ではコンクリートの圧壊とともに載荷点間でひび割れと剥離 (図中の青線) が発生した。

(2) 荷重-鉛直変位および底鋼板間変位関係

試験機荷重 (以下荷重) と支間中央の鉛直変位および底鋼板間変位関係を、図 8 と図 9 に示す。鉛直変位は、変位 5mm までと最大変位までを、底鋼板間変位は、変位 1mm までと最大変位までを示している。なお、図中には 2 章で示した設計荷重 (=189.2kN) を赤点線で示している。また、鉛直変位に関しては継手部 6 箇所での計測値の平均を、底鋼板間変位に関しては底鋼板下面 2 箇所での計測値の平均としている。

図 8 の荷重と鉛直変位関係より、全てのケースで初期剛性は概ね一致し、設計荷重以下では弾性挙動を示した。また、いずれのケースでも荷重低下あるいは荷重停滞 (荷重が増加せず、変位のみが大きくなる挙動) が発生している。このとき図 9 の荷重と底鋼板間変位関係を見ると、

図 8 で荷重低下あるいは荷重停滞が発生している荷重で、図 9 において変位が増大しており、継手部において添接板と底鋼板間ですべりが生じていると考えられる。これより、荷重低下および荷重停滞の発生は継手部ですべりが発生したことで、底鋼板間の連続性が失われ、荷重伝達ができなくなったためと考えられる。

なお、図 8 において SB-1 と SB-2 を見ると 2 段階で荷重低下が発生しているが、これは、SB-1 では 400kN 付近で、SB-2 では 480kN 付近でそれぞれ継手部の片側ですべりが生じた後、520kN 付近でその反対側の継手部ですべりが生じたためと考えられる。また、SB-1 と SB-2 で最初のすべり荷重が異なる原因として、SB-1 では荷重の載荷を線載荷で行ったためと考えられる。また、荷重低下あるいは荷重停滞後、再び荷重の増加が見られるが、これは継手部で添接板とボルト軸部が支圧状態に移行したためと考えられる。この時、SB-HS の剛性が最も高くなっており、これは継手部の支圧に加え、頭付きスタッドの頭部とコンクリート間での支圧による荷重伝達の影響と考えられる。

すべり荷重、最大荷重および最大荷重^{sup}について表 5 に示す。継手部ですべりが発生することで、底鋼板間の荷重伝達が失われ、荷重低下あるいは荷重停滞が発生すると考えられる。そこですべり荷重は、図 9(b)の荷重-

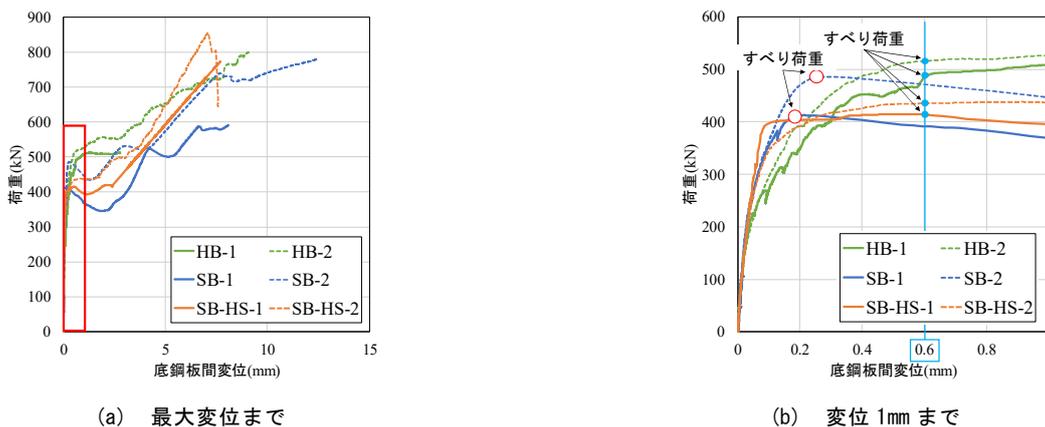


図9 荷重-底鋼板間変位関係 (曲げ載荷)

表5 すべり荷重, 最大荷重および最大荷重^{HB} (曲げ載荷)

ケース	すべり荷重 (kN)			設計すべり耐力との比	最大荷重 および最大荷重 ^{HB} (kN)		
	各ケース	平均	SBとの比		各ケース	平均	SBとの比
HB-1	485.46	498.02	1.11 (1.03) ^{※1}	1.51	512.44	800.75 ^{※3}	1.00
HB-2	510.58				800.75		
SB-1	412.10	448.00	1.00	2.09	699.94	800.96	1.00
SB-2	483.90				800.96		
SB-HS-1	381.79	408.12	0.91 (0.82) ^{※2}	1.90	827.43	841.34	1.05
SB-HS-2	434.44				855.25		

※1 ()内は、SB-2との比を示す。

※2 ()内は、HBとの比を示す。

※3 HBは終局まで載荷を行っていないため、高い方の値を示している。

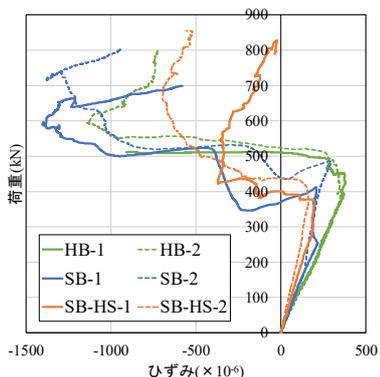


図10 荷重と添接板上面ひずみの関係 (曲げ載荷)

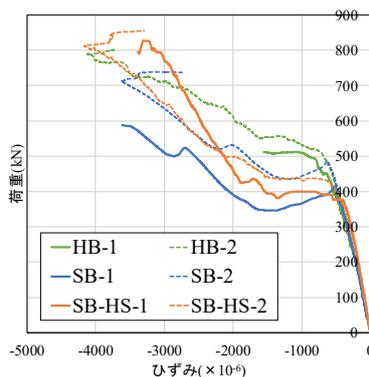


図11 荷重とコンクリート上面ひずみの関係 (曲げ載荷)

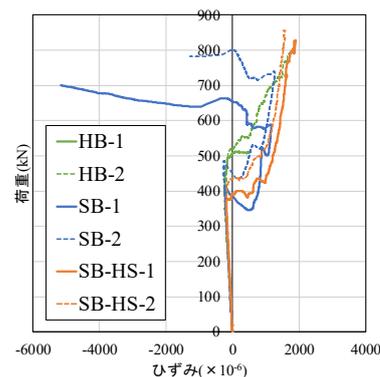


図12 荷重と配力鉄筋ひずみの関係 (曲げ載荷)

底鋼板間変位関係において、SB について明瞭な主すべりが発生したと考えられる荷重低下時の荷重 (図中の○)、HB と SB-HS については明確な主すべりが確認できなかったため、いずれのケースにおいても荷重が横ばいとなる変位 0.6mm 時点 (図中の青線) の荷重とした。なお、SB については荷重低下が 2 回生じたが、1 回目の荷重低下時をすべり荷重とした。また、表 4 に示した設計すべり耐力との比も示す。最大荷重については、HB は終局まで載荷を行っていないため、HB-1 と HB-2 の試験終了時の荷重の内、高いほうの値を平均の欄に示している。すべり荷重に着目すると、SB では HB に比べてすべり荷重は約 10% 低下した。これは SB-1 を線載荷で行ったため、継手部にかかる荷重が大きくなったためと考えられる。面載荷を行った SB-2 と HB のすべり荷重

を比較すると、その差は約 3% 程度であった。一方で SB-HS では、HB と比較して約 18%、SB と比較して約 10% 低下した。これは添接板上面に溶接した頭付きスタッドにアップリフトの影響が作用したのと考えられる。また、設計すべり耐力との比に着目すると、いずれのケースも設計すべり荷重よりも実験のすべり荷重の方が高い結果となった。さらに、実験のすべり荷重が最も低い SB-HS であっても安全率として 1.7 を見込めると考えられる。最大荷重に着目すると、SB-2 では最大荷重が 800kN 程度であるのに対し、HB-2 では 800kN でもコンクリートは圧壊せず、荷重は増加傾向にある。また、SB-2 と SB-HS の平均を比較すると、最大荷重は SB-HS の方が約 5% 高い。なお、SB-1 と SB-2 を比較すると、SB-1 では 100kN 程度最大荷重が低い、これは SB-1 の荷重載荷

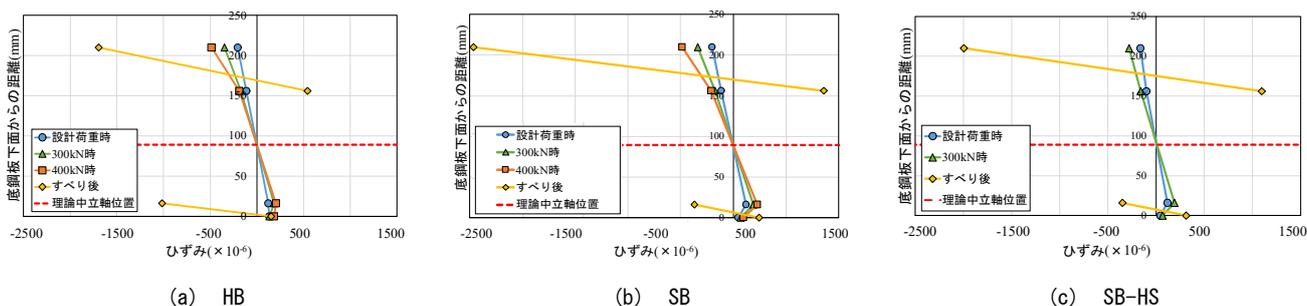
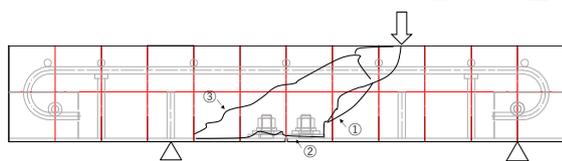


図 13 中立軸位置の変化（曲げ載荷）

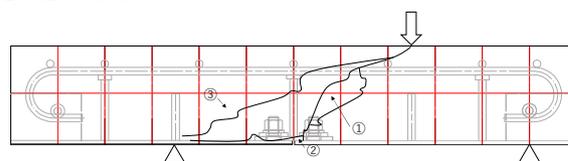


(a) ひび割れ図



(b) 実験終了時の様子

図 14 ケース SB のひび割れ状況（曲げ載荷）



(a) ひび割れ図



(b) 実験終了時の様子

図 15 ケース SB-HS のひび割れ状況（曲げ載荷）

方法を線載荷としたため、コンクリートのせん断ひび割れが出やすくなったためと考えられる。

(3) 荷重ひずみ関係

各ケースの添接板上面とコンクリート上面のひずみを図 10 と図 11 に、配力鉄筋のひずみを図 12 に示す。図 10 よりすべてのケースで、添接板上面のひずみはすべり荷重に近い荷重レベルで引張ひずみから圧縮ひずみに転ずる。これは、最初引張力が作用していた添接板上面が、継手部でのすべりによりコンクリートと添接板間で付着切れが生じ、継手部が重ねはりのような挙動を示す状態となり、作用している曲げモーメントの影響で添接板上面に圧縮力が作用したためと考えられる。しかしながら、継手部前後の底鋼板は横リブや頭付きスタッドなどによりコンクリートと一体化されており、継手部でのすべり後も合成断面として挙動すると考えられる。

継手部の支圧状態移行後は、圧縮ひずみが減少している。これは添接板が負担していた荷重が底鋼板にも伝達されるためと考えられる。また、SB-HB は他の 2 ケースに比べ、すべり発生後の圧縮ひずみが小さいが、添接板に溶接された頭付きスタッドが荷重を水平せん断力として分担するためと考えられる。支圧状態移行後は、ボルト軸部と添接板ボルト孔端の支圧により底鋼板間で荷重は伝達されるが、コンクリートのひび割れが進行していることと、添接板上面とコンクリートの付着切れの範囲が広がることを踏まえると、初期状態ほどの合成効果と曲げ剛性を得ることは難しいと考えられる。図 11 より

コンクリート上面のひずみは、すべりの発生により圧縮ひずみが増加する。これは継手部が重ねはりの挙動を示す状態となったことで、すべり発生前と比較して中立軸位置が上方へ移動したためと考えられる。また、すべり発生直後に荷重を終了した HB-2 を除き、継手部が支圧状態に移行した後は、ひずみの増加量が大きくなるが、これはコンクリートのひび割れの進行により断面剛性が低下したためと考えられる。図 12 より、配力鉄筋の軸ひずみはすべてのケースで、すべりが生じた後は圧縮ひずみから引張ひずみに転じる。これは継手部が重ねはりの挙動を示す状態になったこと、ひび割れがコンクリート上面近くまで進展したことで、コンクリートの圧縮領域に配置された鉄筋に引張力が作用したためと考えられる。

(4) 中立軸位置の変化

各ケースの設計荷重時、300kN 時、400kN 時、すべり発生後の継手断面の中立軸位置を図 13(a)~(c)に示す。プロットは上からコンクリート上面、配力鉄筋、添接板上面、底鋼板下面である。また、図中には理論中立軸位置を赤点線で示している。すべり発生後は、荷重低下あるいは荷重停滞後、再度荷重が再び増加した時点のひずみから求めた。また、SB-HS については 400kN 時ですべりが発生していたため、設計荷重時、300kN 時、すべり発生後を示す。図 13 より、すべりが生じるまでは、中立軸位置は理論値と概ね一致している。一方、継手部ですべりが生じたあとは、中立軸位置がコンクリートの上

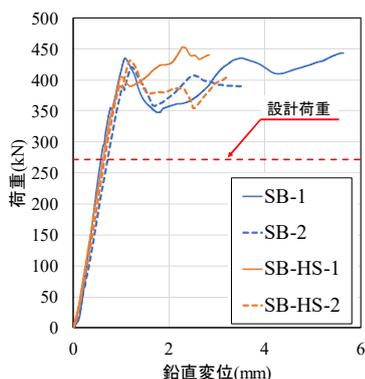
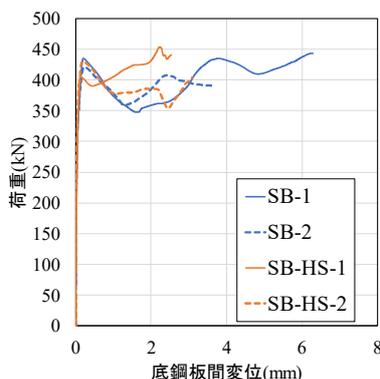
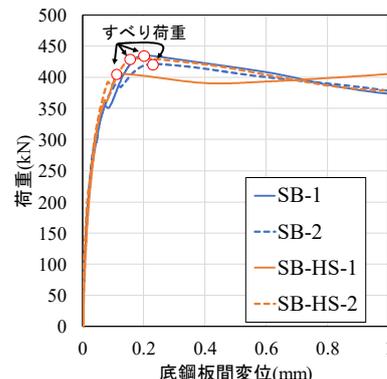


図 16 荷重-鉛直変位関係
(曲げせん断載荷)



(a) 最大変位まで



(b) 変位 1mm まで

図 17 荷重-底鋼板間変位関係 (曲げせん断載荷)

方、添接板と底鋼板間の 2 箇所に現れる。このことから継手断面が合成断面から重ねはりのような挙動を示す状態になったと考えられる。なお、すべり後の継手断面の中立軸位置はすべてのケースで変わらなかった。

4. 曲げせん断載荷実験結果と考察

(1) コンクリートのひび割れ状況

実験終了時の供試体側面のひび割れの発生状況および損傷状況を、SB について図 14 に、SB-HS について図 15 に示す。なお、各ケースでひび割れの発生状況にほとんど違いが見られなかったため、ここでは SB と SB-HS をそれぞれ 1 ケースのみを図示する。いずれのケースでも、ひび割れは、まず継手部付近から載荷点にかけての斜めせん断ひび割れが発生し、荷重の上昇とともにひび割れが進展した。その後このひび割れの下部において、支点位置に向かって水平ひび割れが発生・進展した。さらに載荷点におけるたわみが増大すると支点位置と載荷点にかけての斜めせん断ひび割れが発生した。

(2) 荷重-鉛直変位および底鋼板間変位関係

載荷点における鉛直変位と荷重の関係を図 16 に、継手部の底鋼板間変位と荷重の関係を図 17 に示す。図 16 中には設計荷重を赤点線で示している。

図 16 より、曲げ載荷実験と同様、継手部のすべりに伴い荷重低下が発生している。荷重低下の程度は SB-HS の方が小さく、SB では再び荷重が増加するまで変位が増加し続けるのに対し、SB-HS では荷重低下後すぐに荷重が上昇している傾向が見られる。これは、3 章で継手部のすべりの発生により継手断面が合成断面から重ねはりのような挙動を示す状態になると述べたが、この時 SB-HS では添接板に溶接した頭付きスタッドが添接板と底鋼板とコンクリート間の荷重伝達を担うためと考えられる。

また、終局時の載荷点のたわみ量と底鋼板間変位量を見ると、SB-HS の方がどちらも小さい。これは添接板上面に溶接した頭付きスタッドがせん断抵抗力を示すためと考えられる。

すべり荷重と最大荷重を表 6 に示す。すべり荷重については、曲げ載荷実験と同様、荷重低下あるいは荷重停滞が生じた時点の荷重とし、すべり発生により生じた荷重低下と考えられる図中の○印時の荷重とした。また、設計すべり耐力と実験のすべり荷重の比も表中に示す。すべり荷重に着目すると、曲げ載荷時と同様、SB-HS の方が SB と比較して、すべり荷重が 2% 低い。一方、最大荷重を見ると、SB-HS が 3% 高い。これは添接板に溶接した頭付きスタッドがせん断力の伝達に寄与したためと考えられる。また、設計すべり耐力との比較では、どちらのケースも設計すべり耐力よりも実験のすべり荷重の方が高い結果となった。

(3) 荷重-ひずみ関係

SB-2 の添接板上面とコンクリート上面のひずみを図 18 と図 19 に、配力鉄筋のひずみを図 20 に示す。曲げせん断載荷実験においても、継手部でのすべり発生後の各ひずみは曲げ載荷実験と同様の挙動を示した。また、その後、各ひずみの増加があまりないことから、ボルト軸部と添接板が支圧状態に移行する前に、コンクリートのせん断ひび割れが進展し、終局に至ったと考えられる。

5. まとめ

本稿では、合成床版の底鋼板継手部の荷重伝達性能と力学的挙動を明らかにすることを目的に、はり模型による曲げ載荷実験とせん断載荷実験を行った。これらの検討から、以下の知見が得られた。

- (1) T 荷重を想定し、床版作用のみを考慮して設計を行った合成床版底鋼板の高力ボルト摩擦接合継手、スタッドボルト摩擦接合継手、添接板に頭付きスタッドを溶接したスタッドボルト摩擦接合継手のいずれにおいても設計荷重範囲では弾性挙動を示した。また、荷重の増加に伴い継手部ですべりが発生し荷重低下と荷重停滞が確認された。その後、継手部の添接板とボルト軸部が支圧状態に移行したことで再び荷重が増加

表 6 すべり荷重と最大荷重（曲げせん断載荷）

ケース	すべり荷重 (kN)			設計すべり耐力 との比	最大荷重 (kN)		
	各ケース	平均	SBとの比		各ケース	平均	SBとの比
SB-1	435.36	428.04	1.00	2.31	435.36	428.04	1.00
SB-2	420.72				420.72		
SB-HS-1	405.10	418.08	0.98	3.46	453.43	442.25	1.03
SB-HS-2	431.06				431.06		

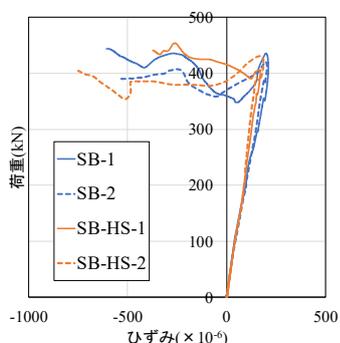


図 18 荷重と添接板上面ひずみの関係（曲げせん断載荷）

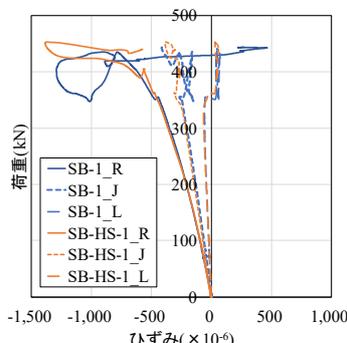


図 19 荷重とコンクリート上面ひずみの関係（曲げせん断載荷）

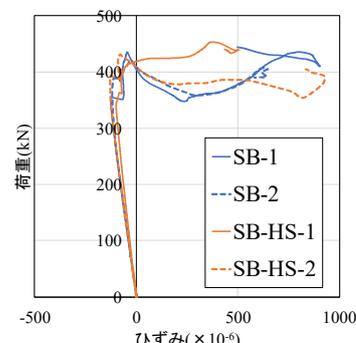


図 20 荷重と配力鉄筋ひずみの関係（曲げせん断載荷）

し、それとともにコンクリート版のひび割れが進行、コンクリートの破壊に至った。

- (2) 曲げ載荷実験において、スタッドボルト摩擦接合継手では約 800kN で最大荷重を示したが、高力ボルト摩擦接合継手では、800kN でもコンクリートの圧壊には至らなかった。すべり荷重は、スタッドボルトの場合、高力ボルトに比べ低下したが、その差は 3%程度であり、スタッドボルト摩擦接合継手でも、高力ボルト摩擦接合継手の設計を参考にできると考えられる。
- (3) 底鋼板継手部において、すべりが生じるまでは中立軸位置の移動はほとんど無く、コンクリートの引張領域を無視したときの理論中立軸位置と概ね一致し、合成断面および合成効果を維持すると考えられる。
- (4) 底鋼板継手部においてすべりが生じることで、継手断面が合成断面から重ねはりのような挙動を示す状態となり、中立軸位置がコンクリート上方へ移動し、コンクリート上面と添接板上面では圧縮ひずみが、底鋼板下面と配力鉄筋では引張ひずみがそれぞれ増加する。
- (5) 添接板に頭付きスタッドを溶接した継手構造では、すべり発生後、添接板上面の圧縮ひずみの増加を抑制し、継手部の支圧状態移行後は剛性が高い状態を維持する。また、たわみと底鋼板間変位を抑制する。ただし曲げ載荷時において、すべり荷重が 10%程度低下した。

本稿により、合成床版の底鋼板継手の基礎的な力学的挙動については概ね把握できた。添接板に溶接した頭付きスタッドの詳細な挙動については、今後、FEM 解析による検討を行う。実橋への適用には、疲労試験を実施し疲労耐久性について把握する必要がある。

参考文献

- 1) 複合構造委員会・鋼コンクリート合成床版設計・施工指針作成小委員会：鋼コンクリート合成床版設計・施工指針(案)の策定，土木学会論文集 A1, Vol.72, No.5, pp.164-176, 2016.
- 2) 奥原大貴，吉田賢二，山口隆司，吉見正頼，尾籠秀樹：薄鋼板に高強度ねじ付きスタッドを溶接した摩擦接合継手の導入軸力とすべり挙動に関する研究，構造工学論文集，Vol.65A, pp.408-399, 2019.
- 3) 吉田賢二，稲本晃士，松井繁之，東山浩士，街道浩：鋼・コンクリート合成床版に適用する高耐久性スタッドの開発，構造工学論文集，Vol.58A, pp.908-916, 2012.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材編，2017.