

(36) 高強度軽量プレキャストPC床版を用いた合成桁におけるスタッドのせん断耐力

木下 貴史¹・小林 崇²・今川 雄亮³・大山 理⁴

¹学生会員 大阪工業大学大学院 工学研究科 博士前期課程 都市デザイン工学専攻

(〒535-8585 大阪市旭区大宮5丁目16番1号)

E-mail:m1m16102@st.oit.ac.jp

²正会員 株式会社IHIインフラ建設 開発部 (〒135-0016 東京都江東区東陽7-1-1)

E-mail:shu_kobayashi@iik.ihc.co.jp

³正会員 大阪工業大学特任講師 都市デザイン工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5丁目16番1号)

E-mail:yusuke.imagawa@oit.ac.jp

⁴正会員 大阪工業大学教授 都市デザイン工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5丁目16番1号)

E-mail:osamu.oyama@oit.ac.jp

高齢化が進む橋梁の延命化対策の一つである床版取替工事では、下部構造の負荷を軽減することなどを目的として、軽量コンクリートの使用により自重を軽減したプレキャストPC床版の適用が考えられる。しかし、鋼桁と床版の合成を図るスタッドの設計式は、普通コンクリートを用いた場所打ち床版を想定した試験の結果に基づいて構築されている。また、許容応力度設計法から限界状態設計法への移行期を迎え、新たなスタッドのせん断耐力算定式の検討も求められている。そこで、本研究では、高強度軽量コンクリートを用いたプレキャストPC床版の合成桁橋への適用を目指して、鋼桁と床版の合成を図るスタッドのせん断耐力を静的押抜きせん断試験により確認するとともに、スタッドのせん断耐力算定式を提案する。

Key Words : composite girder bridge, precast PC slab, high strength lightweight concrete, headed stud, shearing strength

1. はじめに

近年、わが国の重要な社会インフラの一つである道路橋では、建設から長い年月が経過しており、老朽化や劣化が顕著になってきている。このような現状の中、鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版と略記)においては、ひび割れなどの損傷が生じている。近年では、損傷した構造物に対して、各道路機関では大規模更新・修繕事業が検討および実施されており、橋梁の長寿命化を目指す取り組みが見受けられる^{1,2)}。道路橋床版の更新は、損傷した床版を撤去し、新たな床版に取り替える床版取替え工事が一般的で、その際、工期短縮などを目的として、プレキャスト床版が採用されている。

床版取替えにおいて、既設RC床版は、現行の設計規準と異なり、旧規準で設計されているため、現行規準の最小床版厚よりその厚さが小さい場合がある。よって、現行の設計規準を満たすRC床版を用いると、床版厚さが増大し、床版自重が大きくなることが予想される。ま

た、鋼桁や下部構造の応力増加への配慮から、床版自重の軽量化が求められている。このような課題に対して、最近では、高強度軽量コンクリート(以下、軽量コンクリートと略記)を用いたプレキャストPC床版(以下、軽量プレキャストPC床版と略記)も採用されている³⁾。

一般的に、鋼桁とプレキャスト床版の合成を図る頭付きスタッド(以下、スタッドと略記)の許容せん断力算定式は、普通コンクリート(以下、普通コンと略記)を用いた床版の結果に基づいて構築されている。式(1)および式(2)に、鋼桁とプレキャストPC床版を合成する際のスタッドの許容せん断力算定式の一例を示す⁴⁾。

$$Q_a = 30d^2\sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d \geq 5.5) \quad (1)$$

$$Q_a = 5.5dH\sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d < 5.5) \quad (2)$$

ここに、 Q_a : スタッドの許容せん断力 (kgf/本)

σ_{ck} : 設計基準強度 (N/mm²)

d : スタッドの軸径 (mm)

表-1 軽量骨材コンクリートの種類ごとの単位容積質量の範囲と使用する骨材の組み合わせ⁹⁾

コンクリート種類	単位容積質量の範囲 (kg/m ³)	使用する骨材	
		粗骨材	細骨材
軽量骨材コンクリート1種	1,600~2,100	軽量骨材 または一部普通骨材	普通骨材
軽量骨材コンクリート2種	1,200~1,700	軽量骨材 または一部普通骨材	軽量骨材 または一部普通骨材

H : スタッドの全高 (mm)

なお、 σ_{sk} は、プレキャスト床版に用いたコンクリートの設計基準強度あるいはずれ止め用孔の充填材料の設計基準強度のうち小さい方の強度としている⁴⁾。

また、桁端部および連続桁の中間支点付近において発生するせん断力の値が大きくなる。そのため、スタッドの配置本数が多くなり、プレキャストPC床版のスタッド孔やプレテンションPC鋼材の配置が難しくなる。この対策の一つとして、スタッド1本あたりの耐力が大きくなる高強度スタッドを使用し、スタッド本数を減らす方法が考えられる。しかし、道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編⁹⁾において、その規定は設けられておらず、ここでは、高強度スタッドを使用したプレキャスト床版の押抜きせん断試験から提案された設計式として、式(3)に示す員弁川橋のスタッド設計式を挙げる⁹⁾。

$$Q_d = 0.0181A_s f_{sy}^{1/3} + 8.826 \quad (3)$$

ここに、 Q_d : 設計せん断強度 (kN/本)

A_s : スタッドの断面積 (mm²)

f_{sy} : スタッドの降伏せん断強度 (N/mm²)

前述した式は、いずれも普通コンの使用が想定されているため、軽量コンクリートの材料およびプレキャスト床版の構造特性を考慮する必要がある。さらに、今後、わが国における橋梁の設計法が、許容応力度設計法から限界状態設計法に移行するにあたり、新たなスタッドのせん断耐力算定式の検討も求められている。

ここで、プレキャストPC床版の接合部における高強度スタッドの押抜きせん断試験に関する既往の研究を概観する。木村ら⁷⁾は、軽量プレキャストPC床版に高強度スタッドを適用するための基礎データを得ることを目的に、普通コンおよび軽量コンクリート1種(以下、軽量1種と略記)を対象としたスタッドの静的押抜きせん断試験を実施している。その結果、普通コンおよび軽量1種と高強度スタッドを併用した場合、両ケースのせん断力には、大きな差異はみられなかったと報告している。

文献⁷⁾における軽量プレキャストPC床版においては、普通コンより単位重量が小さい軽量1種が用いられているが、軽量プレキャストPC床版の更なる軽量化を目指

して、軽量1種より25%軽量化できる軽量コンクリート2種(以下、軽量2種と略記)におけるプレキャストPC床版への適用性を確認する必要がある。ここで、表-1に軽量コンクリートの種類ごとの単位容積質量の範囲と骨材の組み合わせを示す⁹⁾。

以上より、本研究は、合成桁の床版に軽量プレキャストPC床版を適用することを目的とし、現場打ち床版およびプレキャスト床版を対象としたスタッドの静的押抜きせん断試験を行う。本文においては、実施した試験の結果を示すとともに、上記で紹介した既往の研究⁷⁾の結果との比較および参考にし、最終的には、限界状態設計法の安全性の照査におけるスタッドせん断耐力算定式の提案を行う。

2. 試験概要

(1) 供試体

供試体種類を表-2に示す。プレキャスト床版タイプは、軽量2種における高強度スタッドの適用性を確認するために、スタッド種類をパラメータとした。また、場所打ち床版タイプでは、コンクリート種類の影響を把握するために、普通コン、軽量1種ならびに軽量2種を採用した。

コンクリート、モルタルならびにスタッドの力学特性を表-3に示す。スタッドの軸径、高さは、それぞれ、22mm、150mmである。なお、表-3に示す降伏応力、引張強さならびに伸びの値は、それぞれミルシートの特性値の平均値である。

供試体の形状、寸法は、(社)日本鋼構造協会の「頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)」⁹⁾に準拠するとともに、普通コンおよび軽量1種を用いたプレキャスト床版に対して試験を行った既往の研究⁷⁾との比較を行うため、それらと同形状および同寸法とした。ここで、供試体形状および寸法を図-1に示す。供試体は、H形鋼の両側にコンクリートブロックを配置し、接合部はスタッドを片側2本の計4本として一体化させた。なお、プレキャスト床版タイプにおいては、コンクリートブロックにスタッド孔を設けたプレキャスト部材として、無収縮モルタルを用いてH形鋼と一体化を図った。その際の、プレキャスト部材とH形鋼間のモルタル厚は30mmとした。

表-2 供試体種類

供試体 名称	床版 タイプ	コンクリート 種類	スタッド		供試体 数
			種類	径	
P-2-N	プレ キャスト	軽量2種	標準	$\phi 22$	各3体
P-2-H			高強度		
S-0-N	場所打ち	普通	標準	$\phi 22$	各3体
S-1-N		軽量1種			
S-2-N		軽量2種			
ケース1 (文献7))	プレ キャスト	軽量1種	高強度	$\phi 22$	各3体
ケース2 (文献7))				$\phi 19$	
ケース3 (文献7))				$\phi 22$	
ケース4 (文献7))		普通		$\phi 19$	

ただし、文献7)のケース1～4は、本試験との比較を行うために、本試験と同様な供試体名称として表記する。

(ケース1, 2→P-1-H ケース3, 4→P-0-H)

(2) 試験および計測方法

本試験は、文献9)に準拠して行った。供試体の据付け状況の一例を写真-1に示す。供試体の鋼桁部が荷重装置(2000kN 万能試験機)の中央となるように設置し、供試体底面の不陸調整は敷モルタルを使用した。

荷重は、H形鋼とコンクリートブロックとの相対ずれが4mmとなるまで繰り返し荷重とし、40kNごとに荷重と除荷を繰り返し行った。相対ずれが4mmを超えてからは、破壊まで単調荷重に切り替えた。なお、荷重速度は、2~4kN/sec程度とした。また、荷重によりH形鋼とコンクリートブロックとの間に生じる相対ずれを計測した。測定位置は、スタッドが配置されている水平面内で、H形鋼左右のコンクリートブロックの両側面の4箇所で行った。

(3) 試験結果の整理

試験結果の整理については、文献9)に従い、作用せん断力-相対ずれ関係図を作成し、評価を行った。ここで、図-2に作用せん断力-相対ずれ曲線を示す。整理項目は、最大荷重(P_{max})、スタッド1本あたりの最大せん断耐力(Q_{max})、最大ずれ量(δ_{max})、作用せん断力-相対ずれ関係における $Q_{max}/3$ 荷重点の初期割線剛性であるずれ定数(K)ならびに降伏せん断耐力(Q_y)である。

表-3 各材料の力学特性

(a) コンクリート

供試体 名称	使用 材料	単位 重量	強度 (N/mm ²)		静弾性 係数 (N/mm ²)
		(kg/m ³)	圧縮	引張	
P-2-N	軽量2種	1,620	62.1	2.28	2.04×10^4
P-2-H					
S-0-N	普通コン	2,430	59.5	2.99	3.97×10^4
S-1-N	軽量1種	1,820	53.9	2.15	2.29×10^4
S-2-N	軽量2種	1,620	58.9	2.23	2.10×10^4
P-1-H (文献7))	軽量1種	—	69.6	—	2.55×10^4
P-0-H (文献7))	普通コン	—	73.2	—	4.17×10^4

(b) モルタル

使用材料	強度 (N/mm ²)	
	圧縮	引張
無収縮モルタル	67.8	5.69
無収縮モルタル (文献7))	65.2	—

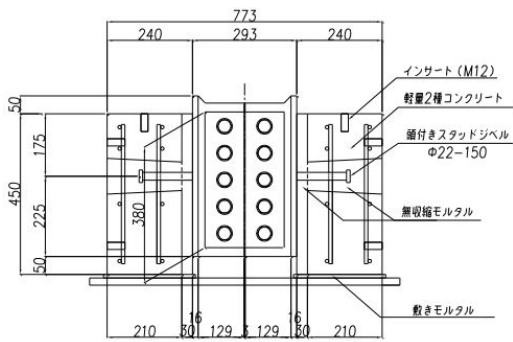
(c) スタッド

スタッド 種類	材質	降伏応力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
標準スタッド $\phi 22$	SS400	367	469	31
高強度スタッド $\phi 22$	HT570	545	621	21
高強度スタッド $\phi 19^*$	HT570	517	597	26
高強度スタッド $\phi 22^*$	HT570	525	602	21

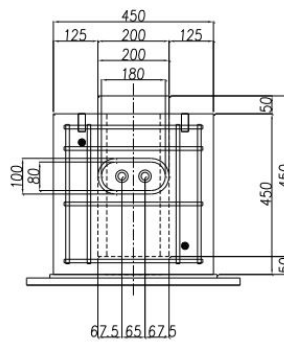
* 既往の研究(文献7))



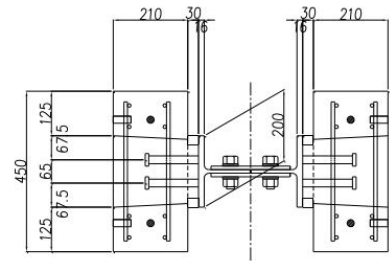
写真-1 供試体据付け状況



正面図

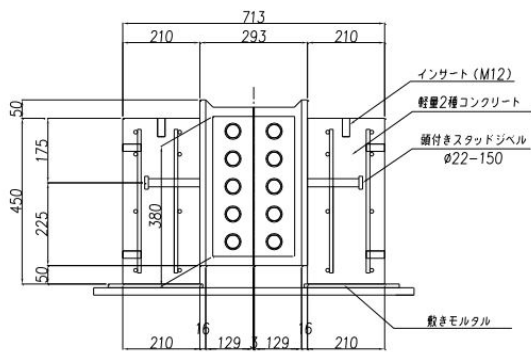


側面図

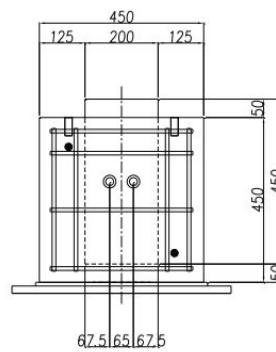


平面図

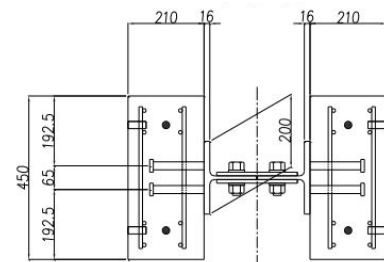
(a) プレキャスト床版タイプ (P-2-N, P-2-H)



正面図



側面図



平面図

(b) 場所打ち床版タイプ (S-0-N, S-1-N, S-2-N)

図-1 供試体形状・寸法 (単位: mm)

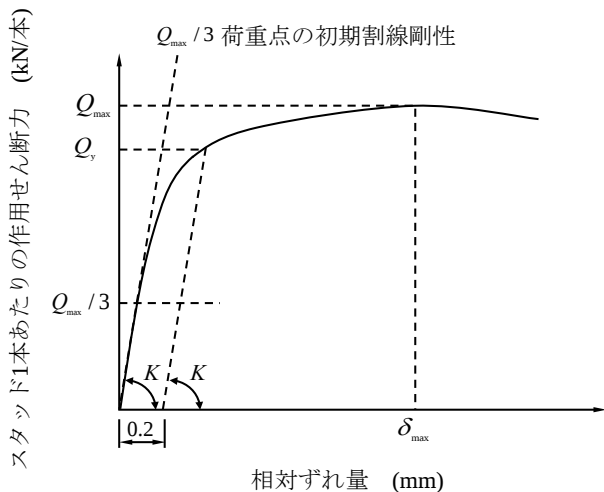


図-2 作用せん断力-相対ずれ曲線

3. 試験結果と考察

(1) 試験結果一覧と作用せん断力-相対ずれ関係

スタッドの静的押抜きせん断試験結果の一覧を表-4に示す。表中のP-1-HおよびP-0-Hは、前述した既往の研究⁷⁾における試験結果である。さらに、各供試体の作用せん断力-相対ずれ関係を図-3に示す。なお、同図における

作用せん断力-相対ずれ関係は、スタッドの破断により荷重低下が生じるか、ずれ量が大きくなり(10~15mm程度)、試験を終了する直前までを示している。

(2) 場所打ち床版タイプにおけるスタッドのせん断耐力評価

a) コンクリート種類の影響

場所打ち床版タイプにおけるコンクリート種類の影響を確認するため、表-4中のS-0-N、S-1-NならびにS-2-Nの平均値および図-3を用いて比較する。

表-4から、すべてのケースにおいて、破壊形態は、スタッドの破断となった。また、試験後に、破壊した供試体からコンクリートをはつり、スタッドを取り出した。その一例として、写真-2に各ケースにおけるスタッドの変形状況を示す。同写真より、軽量コンクリートを用いたS-1-NおよびS-2-Nにおいては、S-0-Nよりスタッド幹の変形が大きいことがわかる。これは、普通コンクリートの静弾性係数が軽量コンクリートと比べ大きいため、最大ずれ量およびスタッド変形が小さくなったと考えられる。

一般的に、「普通コン>軽量1種>軽量2種」の順で静弾性係数が大きいので、最大荷重および最大せん断耐力

表-4 試験結果一覧

供試体		最大荷重 $P_{\max}$ (kN)	最大せん断力 $Q_{\max}$ (kN/本)	最大ずれ量 $\delta_{\max}$ (mm)	ずれ定数 K (kN/mm)	降伏せん断耐力 Q_y (kN/本)	破壊形態
P-2-N $\phi=22\text{mm}$	1	613.6	153.4	4.0	330.9	101.2	スタッド破断
	2	646.2	161.5	4.6	307.4	102.0	スタッド破断
	3	643.1	160.8	4.5	274.4	97.2	スタッド破断
	平均	634.3	158.6	4.4	304.2	100.1	—
P-2-H $\phi=22\text{mm}$	1	733.9	183.5	3.8	289.1	111.9	スタッド破断
	2	731.6	182.9	3.1	331.3	117.4	スタッド破断
	3	680.0	170.0	6.1	267.3	107.4	スタッド破断
	平均	715.2	178.8	4.4	295.9	112.2	—
S-0-N $\phi=22\text{mm}$	1	768.5	192.1	6.6	380.2	135.5	スタッド破断
	2	790.6	197.7	3.4	403.9	116.8	スタッド破断
	3	809.3	202.3	6.4	338.0	145.0	スタッド破断
	平均	789.5	197.4	5.5	374.0	132.4	—
S-1-N $\phi=22\text{mm}$	1	719.2	179.8	8.6	384.2	121.8	スタッド破断
	2	735.1	183.8	5.6	362.3	119.2	スタッド破断
	3	754.9	188.7	5.4	412.0	122.6	スタッド破断
	平均	736.4	184.1	6.5	386.2	121.2	—
S-2-N $\phi=22\text{mm}$	1	864.4	216.1	11.6	348.3	126.8	スタッド破断
	2	835.4	208.8	7.9	355.3	130.3	スタッド破断
	3	804.9	201.2	7.1	333.2	127.5	スタッド破断
	平均	834.9	208.7	8.9	345.6	128.2	—
P-1-H $\phi=22\text{mm}$ (文献7))	1	660.5	165.1	4.0	274.3	104.7	モルタル割裂
	2	667.7	166.9	2.3	286.5	117.3	モルタル割裂
	3	688.3	172.1	4.2	270.3	121.7	モルタル割裂
	平均	672.2	168.0	3.5	277.0	114.6	—
P-1-H $\phi=19\text{mm}$ (文献7))	1	501.3	125.3	5.0	316.9	84.1	スタッド破断
	2	529.8	132.5	5.1	247.3	92.8	スタッド破断
	3	545.8	136.5	4.2	271.9	96.9	スタッド破断
	平均	525.6	131.4	4.7	278.7	91.3	—
P-0-H $\phi=22\text{mm}$ (文献7))	1	686.9	171.7	5.4	331.4	102.4	モルタル割裂
	2	696.4	174.1	8.8	333.2	103.7	モルタル割裂
	3	695.6	173.9	5.9	323.7	108.3	モルタル割裂
	平均	693.0	173.2	6.7	329.4	104.8	—
P-0-H $\phi=19\text{mm}$ (文献7))	1	503.7	125.9	3.0	330.2	90.6	スタッド破断
	2	531.9	133.0	5.9	366.9	88.1	スタッド破断
	3	533.0	133.2	7.0	329.4	89.3	スタッド破断
	平均	522.9	130.7	5.3	342.2	89.3	—

の値も同様な順になると想定した。しかし、試験結果の値を比較してみると、最大荷重および最大せん断耐力は、「軽量2種>普通コン>軽量1種」の順となったが、軽量1種および軽量2種の最大せん断耐力は、それぞれ、普通コンの0.93倍および1.06倍であり、大きな差異はみられ

なかった。

ずれ定数についてみると、軽量1種および軽量2種のずれ定数は、それぞれ普通コンの1.03倍および0.92倍となった。したがって、両項目において、ほぼ同等な値となっていることから、スタッドの力学特性は、軽量コンク

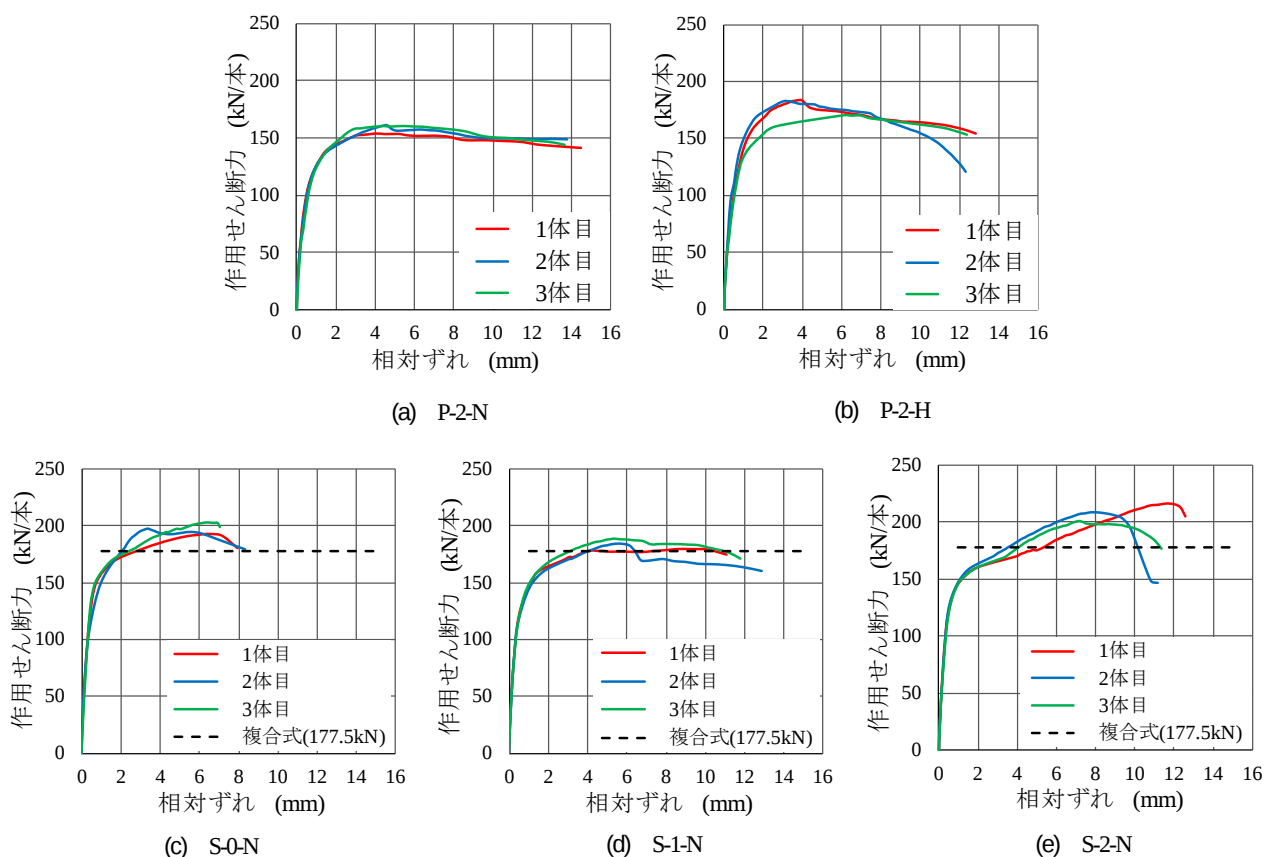


図-3 作用せん断力-相対ずれ関係



写真-2 スタッド変形状況 (場所打ち床版タイプ)

リートの種類に依存しないと考えられる。

さらに、作用せん断力-相対ずれ関係についてみると、相対ずれ量が6mm程度で低下している普通コンおよび軽量1種に対して、軽量2種の場合では、相対ずれ量が6mmを超えてからも増加する傾向がみられた。ここで、表-3から、最大ずれ量について比較してみると、「軽量2種>軽量1種>普通コン」の順となっており、これは、静弾性係数の順と同様であることがわかる。すなわち、軽量2種においては、静弾性係数が小さく、相対ずれ量が大きくなったものと考えられる。

最後に、軽量1種、軽量2種のスタッドの降伏せん断耐力は、それぞれ普通コンの0.92倍および0.97倍となった。

上記より、軽量2種の最大荷重が普通コンの値より大きくなった要因として、スタッド変形が挙げられる。軽量2種は、普通コンよりずれ定数が大きく、最大ずれ量も約2倍ほど変形していることがわかる。このことから、軽量2種は、普通コンと同等な荷重が作用した場合、スタッドが変形しやすいという点より、ずれ量が増加するにしがいい、作用荷重も増加するという特徴があると考えられる。

b) 試験方法の影響

前述した軽量2種の作用せん断力-相対ずれ関係について、試験方法に着目した。本試験は、前述の通り、文献9)に準拠しており、相対ずれが4mmに至るまで載荷・

除荷の繰り返し载荷として、4mm以降は単調载荷に切り替えている。ここで、単調载荷へ切り替える際の3体の作用せん断力の平均値を求めてみると、普通コンが180.5kNであるのに対して軽量2種は170.4kNであった。これは、普通コンと比べて軽量2種の方が、静弾性係数が小さくスタッドが変形しやすいことが要因として挙げられる。したがって、軽量コンクリートによる頭付きスタッドの静的押抜きせん断試験では、普通コンの相対ずれが4mm程度となる作用せん断力まで繰り返し载荷を行うことが必要ではないかと考えられる。

c) 複合構造標準示方書式による最大せん断力との比較

2014年制定 複合構造標準示方書¹⁰⁾より求まる頭付きスタッドの最大せん断耐力算定式との比較を行う。図-3より、すべてのケースにおいて、算定値である177.5kNを上回る結果となった。

(3) プレキャスト床版タイプにおけるスタッドのせん断耐力評価

a) 軽量2種における高強度スタッドの適用性

表-4より、軽量2種プレキャスト床版に標準スタッドを使用したP-2-Nと高強度スタッドを使用したP-2-Hを比較すると、P-2-Hの方がスタッド1本あたりの最大せん断耐力および降伏せん断耐力は約10%程度大きくなった。これより、軽量2種プレキャスト床版において高強度スタッドを使用した場合、適用上問題ないことを確認した。

b) コンクリート種類の影響

既往の研究⁷⁾の試験結果より、高強度スタッドをプレキャスト部材に用いた場合のコンクリート種類の影響について比較する。ここでは、表-4のP-2-H($\phi 22$)、P-1-H($\phi 22$)ならびにP-0-H($\phi 22$)の平均値を用いる。

表-3より、P-2-Hは、P-1-HおよびP-0-Hと比べ、コンクリートの圧縮強度、静弾性係数が低いことから、せん断耐力が小さくなると想定された。しかし、表-4より、軽量1種を用いたP-1-Hおよび軽量2種を用いたP-2-Hの最大せん断耐力は、それぞれ、P-0-Hの0.96倍および1.03倍となり大きな差異はみられなかった。また、P-1-HおよびP-2-Hの降伏せん断耐力についても、それぞれ、P-0-Hの1.09倍および1.07倍と同等な値を示している。以上より、スタッドの力学特性は軽量コンクリートの種類の影響を受けないと考えられる。

c) プレキャスト床版への適用性

軽量2種を用いた場合の異なる床版タイプのP-2-NとS-2-Nを比較する。場所打ち床版タイプにおいて、最大荷重および最大せん断耐力の値の平均値は、S-2-Nの値が大きい結果となった。しかし、プレキャスト床版タイプの場合では、P-2-Nの最大せん断耐力の値は、S-2-Nの0.76倍となり約25%程度低下する結果となった。各ケー

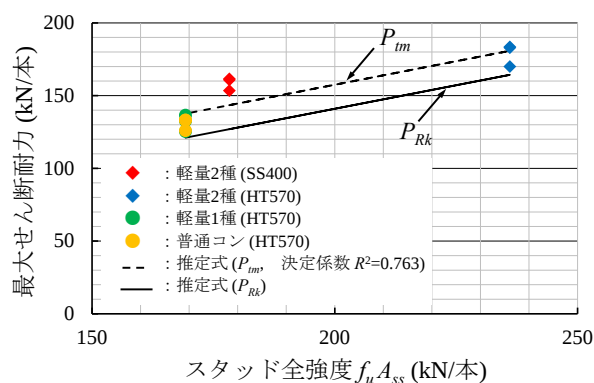


図-4 スタッド全強度と最大せん断耐力の関係

スの材料特性をみると、圧縮および引張強度は、P-2-Nの値の方が大きくなっていることがわかる。また、静弾性係数が小さいにも関わらず、P-2-Nの最大ずれ量の値の平均値はS-2-Nの約50%程度小さくなっていることから、プレキャスト床版タイプにおいては、コンクリートの材料特性が及ぼす影響は小さいと考えられる。

4. スタッドのせん断耐力算定式の提案

本試験および文献⁷⁾におけるプレキャスト床版タイプの結果から、スタッドのせん断耐力算定式を提案する。なお、スタッドのせん断耐力がコンクリートの種類に依存しないことを踏まえ、ここでは、破壊形態がスタッド破断となった場合のみ考慮した。

本試験および文献⁷⁾の試験結果から得られたデータをもとに、単回帰分析を行う。

まず、1次推定式として、 f_u (スタッドの引張強度)に A_{ss} (スタッドの断面積)を乗じたものであるスタッドの全強度を変数としたスタッド1本あたりの最大せん断耐力の算定式を式(4)に示す。

$$P_{tm} = 0.647f_u \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) + 28.050 \quad (4)$$

ここに、 P_{tm} : 本試験と文献⁷⁾よりの推定式 (kN/本)

f_u : スタッドの引張強度 (N/mm²)

d : スタッドの軸径 (mm)

式(4)の決定係数は $R^2 = 0.763$ であり、概ね推定式から得られる値と計測値に相関関係が見られる。引き続き、推定式の精度の向上を目指し、データ数を蓄積していく予定である。

また、一次推定式において、非超過確率95%の特性値を考慮したもののスタッド1本あたりの設計せん断耐力算定式として式(5)に示す。

$$P_{Rk} = 0.647 f_u \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) + 11.519 \quad (5)$$

ここに、 P_{Rk} : 非超過確率95%の特性値を考慮した回帰直線 (kN/本)

5. まとめ

本研究では、軽量コンクリートをプレキャストPC床版に適用することを目的として、現場打ち床版およびプレキャスト床版を対象とした静的押抜きせん断試験を実施し、既往の研究⁷⁾結果とともに考察を行った。

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 場所打ち床版タイプにおいて、軽量コンクリートの種類別の影響がスタッドのせん断耐力に及ぼす影響は、小さいと考えられる。しかし、軽量2種に対して軽量1種の圧縮強度が小さいことや作用せん断力-相対ずれ関係において軽量2種では、異なる挙動を示したため、試験方法を含め、今後、さらなる検討が必要である。
- 2) 軽量2種を用いたプレキャスト床版に高強度スタッドを使用した場合、標準スタッドを使用した場合と比較して、スタッド1本あたりの最大せん断耐力および降伏せん断耐力が大きくなった。よって、軽量2種においても高強度スタッドの適用性が見いだされた。
- 3) 鋼桁と高強度軽量コンクリートを用いたプレキャスト床版の合成を図る頭付きスタッドの設計せん断耐力の算定式を提案した。

本試験では、異なる床版タイプにおけるスタッドの静的押抜きせん断試験を行ったが、両タイプともに、コンクリート種類による影響に大きな差はみられなかった。しかし、軽量2種を用いた供試体については、作用せん

断力-相対ずれ関係において、異なる挙動が確認されたため、今後、再試験を行い、軽量コンクリートの押抜きせん断試験方法を検討する予定である。一方、プレキャスト床版タイプにおいては、合成桁に高強度軽量コンクリートを用いたプレキャストPC床版を適用した際の設計法の構築を目指して、さらに試験を実施し、データを蓄積するとともに、疲労耐久性についても確認するため、繰返し押抜きせん断試験を行う予定である。

参考文献

- 1) 例えば、緒方辰男、萩原直樹：NEXCOにおける大規模更新・修繕、プレストレストコンクリート Vol.59, No.2, pp.28-33, 2017.3.
- 2) 例えば、鈴木 威、渡辺尚夫：阪神高速道路における大規模更新・修繕事業—コンクリート構造物の更新・修繕—、プレストレストコンクリート Vol.59, No.2, pp.40-45, 2017.3.
- 3) 例えば、郷保英之、山村繁雄、廣井幸夫、吉房俊裕：高強度軽量プレキャスト PC 床版を用いた床版取替工事の設計・施工—播但連絡道路 市川大橋—、プレストレストコンクリート Vol.55, No.5, pp.29-34, 2013.9.
- 4) 中井 博編：プレキャスト床版合成桁橋の設計・施工、森北出版(株)、1988.5.
- 5) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編)、2012.3.
- 6) 水口和之、小松秀樹、松野 進、小野辺良一、倉田幸宏：プレキャスト PC 床版用のスタッドの強度特性に関する解析的検討—員弁川—、土木学会年次学術講演会講演概要集第1部 (A) Vol.54, pp.310-311, 1999.
- 7) 木村俊紀、岸田政彦、齊藤史朗、橋 肇：プレキャスト PC 床版の接合部に用いる高強度スタッドの押抜き試験、第25回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.337-340, 2016.10.
- 8) 土木学会：コンクリート標準示方書〔施工編〕, p.362, 2012.3.
- 9) (社)日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状, 1996.11.
- 10) 土木学会：2014年制定 複合構造標準示方書〔原則編・設計編〕, 2015.5.

SHEAR STRENGTH OF HEADED STUD IN COMPOSITE GIRDER BRIDGES WITH PRECAST PC SLAB USING HIGH STRENGTH LIGHTWEIGHT CONCRETE

Takashi KINOSHITA, Shu KOBAYASHI, Yusuke IMAGAWA and Osamu OHYAMA

The existing bridges have been seriously damaged from heavy traffic, corrosion due to salt damage of an anti-freezing agent chloride in winter season and so on. Recently, the precast concrete slab by using high strength and lightweight concrete is garnering attention for renewal construction technology. One of the advantages by adopting this structural system, it is possible to reduce the effect of substructure.

However, the composite action and design method of the headed studs by using high strength lightweight concrete have not yet been studied thoroughly. Therefore, the authors carried out the static push-out test of the headed studs. This paper presents the results of the static push-out test and proposed design method.