

構造 Q-03

焼抜き栓溶接

頭付きスタッド

合成梁

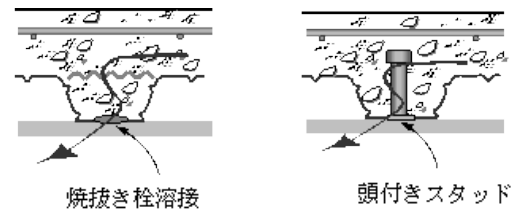
鉄骨梁とデッキ合成スラブを焼抜き栓溶接で接合した場合、この梁を合成梁として設計することはできますか。

構造 A-03

合成梁は、床スラブと鉄骨梁とを結合し、断面性能が鉄骨梁単体より増大することを期待する設計方針であり、そのためのシャコネクターは、鉄骨梁もしくは床スラブが全塑性になるまでその機能を保持することが要求されます。この設計については、日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説」に詳細に述べられており、適用範囲 1.1.4 にシャコネクターには頭付きスタッドを用いると規定されており、焼抜き栓溶接を用いて合成梁として設計することはできません。

《参考》

添付資料-1 に焼抜き栓溶接を用いた合成梁の実験を示します。これに拠れば、相当の合成効果が確認できますが、頭付きスタッドを用いたものに比べると最大耐力は低くなります。右図のように、頭付きスタッドの場合はデッキ山上コンクリート内にスタッドが存在するため、せん断力はスタッドを介して床スラブから鉄骨梁に伝達されます。一方、焼抜き栓溶接の場合はデッキプレートリブ溝内コンクリートのせん断破壊によりその耐力が決定するためと考えられます。



しかし、デッキプレートと梁とを焼抜き栓溶接で接合すれば、ある程度までは合成梁としての挙動を示すことが知られています。小梁に直交して敷設された合成スラブ用デッキプレートに焼抜き栓溶接が施されている場合、床を歩行することによる振動程度の低荷重域では、梁は合成梁として挙動し、床スラブの振動数の実測値は合成梁と仮定した計算値とよく合致します。ただし、これは梁サイズ H-400 程度までに限定されるものであり、あまり大きなサイズの小梁については実測データも無く、合成効果は明確ではありません。

したがって、H-400 程度以下の小梁であれば、鉄骨梁のみで設計し、振動障害の検討時には不完全合成の度合い 50%程度の不完全合成梁と仮定することで、実状に近い設計が可能であると考えられます。

一方、大梁の場合は一般的に梁サイズが大きく、また、負曲げモーメント区間が存在するため、鉄骨梁単体のみの設計とするか、必要があれば頭付きスタッドを用いて合成梁として設計してください。

添付資料－1

焼抜き栓溶接を用いた合成スラブと鉄骨梁の合成梁の実験（抄録）

川鉄建材工業 技術資料

1) 実験概要

1. 試験体

計画した 8 体の試験体の諸元を表 1 に示す。梁長さはすべて 5.5m とした。

鉄骨梁のサイズは、H-300 シリーズとして、フランジ 150mm と 200mm の 2 種とした。

デッキ上のコンクリート厚さ、幅は表 1 に示す通りで幅 80cm、厚 8cm を主とした。焼抜き栓溶接のピッチはデッキの形状によって決まり、60cm 幅当たり 3～5ヶ所である。

また、No.2 はデッキを梁と平行に敷き込んだもので、溶接ピッチは 2-@300 とした。

頭付きスタッドは 16φ = 120mm をデッキプレートを通って溶接した。(No. 7 & 8)

コンクリートはすべて普通コンクリート設計基準強度 210kg/cm<sup>2</sup>とした。

またワイヤーメッシュを全面に配し、そのサイズは、表 1 の通りである。

実測したコンクリート圧縮強度及び梁の降伏点を表 1 に示す。

スタッド付きの試験体の合成度は 30%として、コンクリートの面積を決めている。

デッキは、当社 QL デッキの旧タイプ QL750、QL400 及び新タイプ QL99-75、QL99-50 の 4 種類とし、No. 2 以外はデッキを梁に直交して敷き込んでいる。また No. 3 と 5 は鉄骨梁、メッシュピッチ以外は同じ形状で、梁の全塑性耐力を変化させて、接合耐力の変化を調べるために計画したものである。

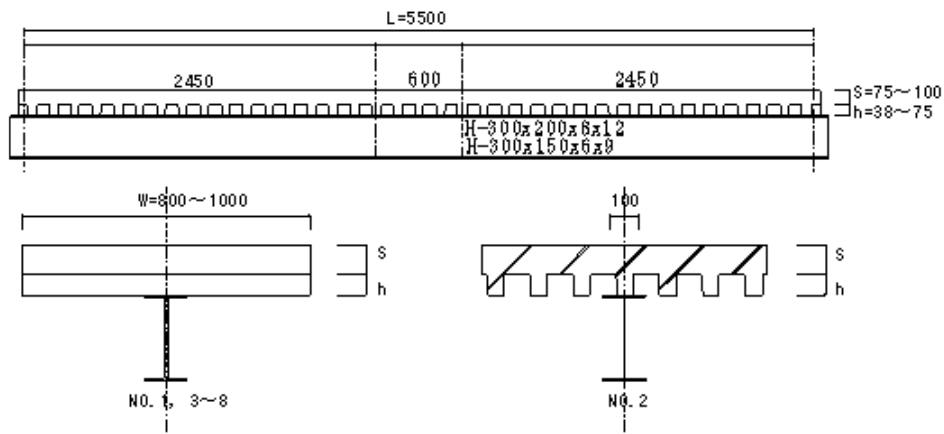


表 1 試験体諸元

試験体 No.	梁サイズ*	デッキプレート	コンクリート		接合法 ピッチ (コ/60cm)	ワイヤー メッシュ	材料強度		備考 MsD
			幅 W cm	厚 S cm			$F_c$ kg/cm <sup>2</sup> コンクリート	$\sigma_y$ t/cm <sup>2</sup> スチール	
1	H-300×150×6.5×9	QL750-12G	80	8	PW 47/60 cm	6φ×@150	209	3.27	17.7
2	H-294×200×8×12	QL750-12G (梁と平行)	100	9.5	PW 2-@300	6φ×@150	209	2.35	24.5
3	H-300×150×6.5×9	QL99-50-12G	80	8	PW 37/60 cm	6φ×@150	222	3.27	17.7
4	H-300×150×6.5×9	QL99-75-12G	80	8	PW 37/60 cm	6φ×@150	222	3.27	17.7
5	H-294×200×8×12	QL99-50-12G	80	8	PW 37/60 cm	6φ×@100	213	3.12	26.8
6	H-300×150×6.5×9	QL400-12G	80	8	PW 37/60 cm	6φ×@100	213	3.27	17.7
7	H-294×200×8×12	QL99-50-12G	100	10	スタッド 16φ @-300	6φ×@100	260	3.17	27.2
8	H-294×200×8×12	QL99-75-12G	100	7.5	スタッド 16φ @-300	6φ×@100	260	3.17	27.2

	A	Jx	Zx	ZD
* H-300×150×6.5×9	46.78 cm <sup>2</sup>	7.210 cm <sup>4</sup>	481 cm <sup>3</sup>	542 SS41
H-294×200×8×12	72.38	11.300	771	859 SS41

2) 試験結果

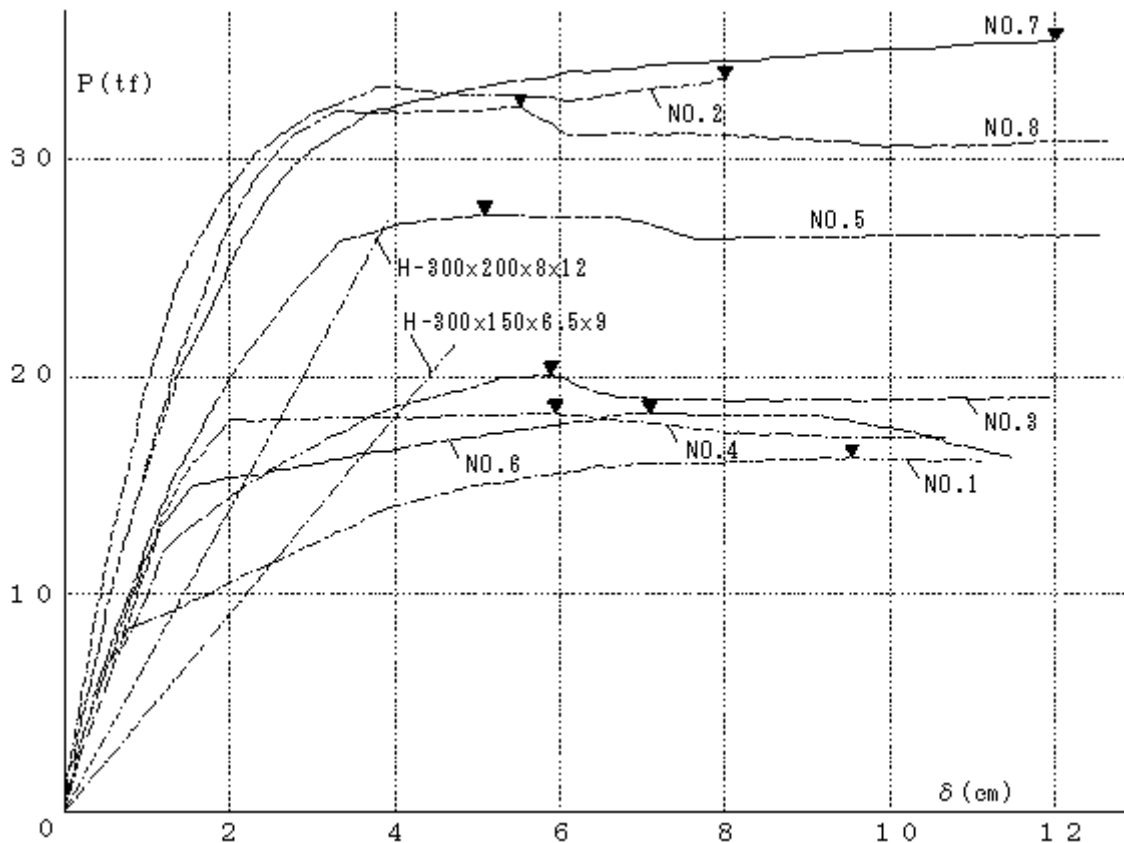


表 2 実験結果一覧表

試験体 No	実P <sub>max</sub> t	実P <sub>GV</sub> t	実M <sub>max</sub> t·m	実M <sub>GV</sub> (M <sub>st</sub> ) t·m	実Q'h 指針 83式 63式 t	eQh t/m	完全合成梁		Qh 下欄小		c I n cm <sup>4</sup>	c S n cm <sup>3</sup>
							cMp (6Mp) t·m	M <sub>st</sub> t·m	C1 t	T t		
1	16.45	8.50	20.2	10.4 (3.9)	10.2 (0.094)	11.1	35.8 (17.7)	41.3	108	153	24500	641
2	33.65	25.9	41.2	31.7 (37.0)	34.3 (0.60)	33.0	46.3 (24.5)	61.5	167	206	38300	977
3	20.05	13.5	24.6	16.5 (12.6)	35.9 (0.31)	18.7	33.3 (17.7)	41.6	115	153	22300	617
4	18.35	16.0	22.5	19.6 (7.71)	20.5 (0.18)	21.3	36.2 (17.7)	43.3	115	153	25500	678
5	27.40	15.0	33.6	18.4 (13.9)	35.5 (0.32)	19.2	42.4 (26.6)	43.1	110	226	29200	746
6	18.50	13.0	22.7	15.9 (9.14)	25.5 (0.23)	18.1	31.4 (17.7)	39.4	110	153	20800	530
7	35.40	18.1	43.4	22.2 (36.2)	104 (0.51)	24.6	54.4 (27.2)	79.0	205	229	37100	1010
8	32.15	20.8	39.4	25.5 (24.5)	63.5 (0.41)	27.0	50.8 (27.2)	56.9	155	229	35700	926

$$M_{st} = \frac{c I n}{c S n} \times \text{実} Q'h \quad (\text{実} Q'h / Qh)$$

$$eQh = \frac{c S n}{c I n} \times \frac{\text{実} P_{GV}}{2}$$

3) 焼抜き栓溶接によるコネクターとしての終局せん断耐力

1. 不完全合成梁としての全水平せん断力 Q'h よりデッキプレート 1 山当たり ( /rib とする) の終局せん断力について計算すると表 3 のようになる。但し、これらはデッキプレートを梁に直交かつ連続状態で敷設したもののみを対象としている。

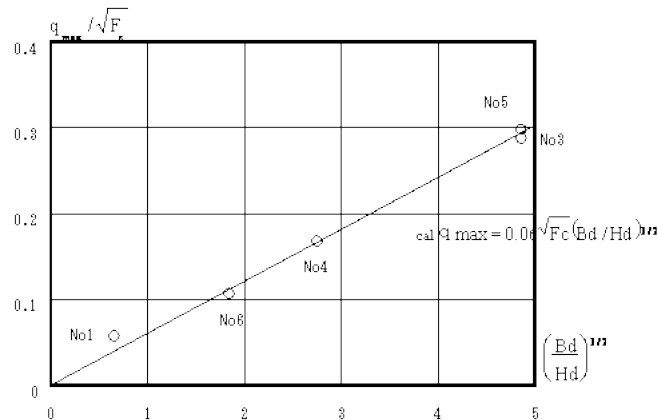
今、q<sub>max</sub> / rib を  $\sqrt{F_c}$  で除して縦軸に、横軸に  $(Bd / Hd)^{3/2}$  を取ってプロットすると図 1 の如くなり、q<sub>max</sub> / rib はほぼ  $(Bd / Hd)^{3/2}$  に比例していると言える。

Bd はデッキプレート溝中のコンクリート平均幅、Hd はデッキプレートのデプスである。

表 3 デッキ各溝当たり終局耐力

試験 体 NO.	デッキプレート	Hd mm	Bd mm	(1) q <sub>max</sub> /rib ton	F <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>	(2) (Bd/Hd) <sup>3/2</sup>	(3) (1)/F <sub>c</sub>	(4)注 cal q max ton	(4)/(1)
1	QL-750	76.2	57.2	0.833	209	0.65	0.0576	0.563	0.63
3	QL99-50	48.8	140	4.29	222	4.86	0.288	4.34	1.01
4	QL99-75	73.8	145	2.51	222	2.75	0.168	2.46	0.98
5	QL99-50	48.8	140	4.35	213	4.86	0.298	4.26	0.98
6	QL-400	38.1	57.2	1.56	213	1.84	0.107	1.61	1.03

(4)注  $cal q_{max} = 0.06 \sqrt{F_c} (Bd / Hd)^{3/2} (ton)$



デッキ各溝当たり終局せん断耐力（計算）

$$cal q_{max} = 0.06 \sqrt{F_c} (Bd/Hd)^{3/2} \text{ (ton)}$$

デッキ種類	溝形状		コンクリート強度	
	Hd	Bd	180	210
溝狭 QL-400	38.1	57.2	1.48	1.60
	QL-750	76.2	57.2	0.52
溝広 QL99-50	48.8	140	3.91	4.23
	QL99-75	73.8	145	2.21

一方デッキプレートに梁に平行に配置した No. 2 の Q'h より焼抜き栓溶接 1ヶ所当たりの終局せん断耐力を計算すると  $94.3 \text{ ton} / (2.45 / 0.3 \times 2) = 5.77 \text{ ton}$  となり焼抜き栓溶接自身の破断耐力（≒ 3 ton）をはるかに超越している。

これはH形梁上でコンクリートの摩擦抵抗があり、この抵抗が寄与しているためと考えられる。

No. 2 試験体では焼抜き栓溶接は破断していないが、最大耐力時にほぼ耐力に達していたものとし、先の超過分  $5.77 - 3 = 2.77 \text{ ton} / 30 \text{ cm}$  を摩擦抵抗力とすると、幅は約 10cm であるので摩擦抵抗による終局せん断付着応力は  $\tau = 2770 / 30 \times 5 = 18.5 \text{ kg/cm}^2$  となる。

#### 4) スタッドコネクタのせん断耐力

表 4 にスタッドコネクタのせん断耐力を指針により求めた値及び曲げ実験より推定した Q'h より求めた値を示す。

表 4 スタッドコネクタの終局せん断耐力

試験体 No	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	$F_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	$q_{sol}(\text{TON})$ $= 0.5 \frac{sc a}{\sqrt{E_c F_c}}$	$q_{rib}(\text{TON})$ (1)	実験 $q_{max}$ (2)	(2)/(1)	(2)/(1)
7	210000	260	7.43	7.43	11.6	33%	1.56
8	210000	262	7.45	5.18	7.06	30%	1.36

↑ % は合成率 ↑

曲げ実験結果より推定したスタッドコネクタのせん断耐力は指針による値より 36%～56%大きい

添付資料－ 2

※添付資料－ 1 に記載の「指針」に該当するもの

スタッドコネクタのせん断耐力表

日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説」による。

1. 等厚な RC スラブの場合

$$q_{s1} = 0.5 \quad s c a \sqrt{F_c \cdot E_c}$$

$s c a$  : スタッドの軸部断面積 (cm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (kg/cm<sup>2</sup>)

$$E_c = 2.1 \times 10^5 \times \left( \frac{\gamma}{2.3} \right)^{1.5} \times \sqrt{\frac{F_c}{200}}$$

$\gamma$  : コンクリート単位重量 (t/m<sup>3</sup>)

	普通 コンクリート	軽量コンクリート	
		1種	2種
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	2.3	1.9	1.6

表 1.

コンクリート種別	普通コンクリート		軽量コンクリート			
			1種		2種	
$F_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	180	210	180	210	210	
$E_c \times 10^5$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1.99	2.15	1.50	1.62	1.25	
$q_{s1}$ (t)	13φ	3.97	4.46	3.45	3.87	3.40
	16φ	6.02	6.75	5.22	5.86	5.15
	19φ	8.48	9.53	7.37	8.27	7.26
	22φ	11.4	12.8	9.88	11.1	9.74

2. デッキプレートが鉄骨ばりに直行、かつ、連続して敷設された場合

$$Q_{s2} = a \cdot q_{s1} \left( \text{ただし、} a = \left( \frac{0.85}{\sqrt{nd}} \right) \cdot \left( \frac{bd}{Hd} \right) \cdot \left( \frac{L}{Hd} - 1.0 \right) \leq 1.0 \right)$$

$q_{s1}$  :  $0.5 \quad s c a \sqrt{F_c \cdot E_c}$  (表1. 参照) (t)

$nd$  : 1本のみぞの中のスタッド数

$bd$  : デッキプレートのみぞの平均幅 (cm)

$Hd$  : デッキプレートのせい (cm)

$L$  : スタッド長さ(cm) 但し  $\begin{cases} \text{デッキせい} - 50\text{mm} & L \geq 8 \\ \text{デッキせい} - 75\text{mm} & L \geq 10.5 \end{cases}$