

神戸大学工学部 工博 ○西 村 昭

㈸ 栗本鉄工所 工修 奥 村 敏 久

㈸ 栗本鉄工所 工修 在 賀 良 介

1. 緒 言

合成桁の床版の施工には多大の労力と時間を必要とする。その上、配筋とコンクリートの施工の確実化には十分な注意を払う必要がある。それに対処するために、施工の省力化、急速化、簡略化、ならびに確実化を目的として、従来各種の方法が研究的に試みられている。それらを大別すると、Ⅰ) プレハブ床版を用いる方法 Ⅱ) 鋼格子床版を用いる方法 Ⅲ) デッキプレート床版を用いる方法 Ⅳ) FRC板を型枠とする方法 Ⅴ) などである。これらのうちで、Ⅱ)～Ⅳ)はほぼ全コンクリートが現場で施工されるに対し、Ⅰ)では各ユニット床版間、ユニットと鋼桁間の結合にコンクリートを現場打ちするかあるいは、高力ボルトと接着剤併用で行なうかなどがあるが、いずれの場合にも、合成作用が確実であることが要求される。

このほかの方式として、鋼桁と鉄筋コンクリート床版とを一体としてプレハブ化した例Ⅵ)も見られる。この例の特徴は、上フランジを省略し、スタッドをウェブ上部両側に側方に向け水平に溶植している。

今回発表する方法は、これらのいずれの方法とも異なつた発想に立つ合成桁鉄筋コンクリート床版工法である。すなわち、この方法は主桁に直角に配された主鉄筋と主桁上フランジとを結合し、それによつて床版と鋼桁間の合成効果を得ようとする方法である。図-1はその一例を図解したもので、鉄筋と主桁との結合は、上フランジに溶接した2列のリブに、正曲げモーメント領域の下側主鉄筋を折曲げずにそのまま通すことによつて達せられている。

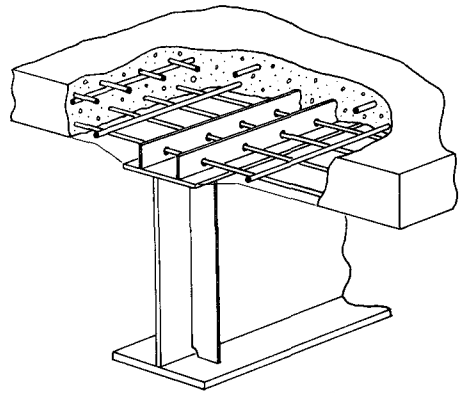


図-1

本工法が目的とするところは、ことに鉄筋コンクリート床版と鋼桁との結合部付近の構造単純化を通じて、省力化、急速化、施工管理能率向上に連なる配筋の確実化を達しようとするものである。更に、本工法では、構造的には、リブが上フランジに連続して溶接されることから、従来のブロック型、あるいはスタッドのように材質的、形状的な stress raiser とならないため、従来のジベルと比較して主桁の曲げ疲れ、強さを害することが少ない特徴を有する。

2. 押し抜き型試験

2.1 供試体

鉄筋を定着するためのリブ孔のサイズは、配筋施工の難易を左右する。孔に鉄筋を通す代りに切り込みを設けて鉄筋を落し込み、施工性を高めることもできる。そこでまず、孔サイズを選定する資料を得るため、基礎実験として、各種の孔サイズの場合と、従来のブロック型、ならびにジベルにつき押し抜き試験を行ない、耐荷力、ならびに変形性状の比較検討を行なつた。

供試体の種類は表-1に示す通りである。それらの詳細を図示すれば図-2～4のようになる。

試験は荷重を徐々に増加して破壊に至らしめる通常の押し抜き試験と、荷重を0と最大値間で静的に反復し、その最大値を増加してゆく静的繰返し押し抜き試験の2種類行なつた。

また、供試体は9種類

であるが、このうちブロック型1種類、スタッド2種類、鉄筋とリブとの組合せによるもの(以下BR型と略記する)は6種類である。

供試体用材料は次の通りである。

1) 鋼板 S S 4 1

2) スタッド 材質は

S S 4 1

で、長さ120mm、頭部直径はφ16、φ19に

対してそれぞれ29mm、32mmである。

る。

3) コンクリート セメントは早強性のものを用いた。押し抜き試験と静的繰返し押し抜き試験とは異なる時期に行なつたため、コンクリートの圧縮強度(材会8日)、ならびに弾性係数はそれぞれ次のようであつた。

押し抜き供試体：-

$\sigma_s = 311 \text{ ㎏}$

$E = 259230 \text{ ㎏}$

静的繰返し供試体： $\sigma_s = 307 \text{ ㎏}$

$E = 262230 \text{ ㎏}$

4) 鉄筋 リブと組み合せずれ止めに用いた鉄筋はSD35、公称径16mmのものであつて、引張試験の結果は次の通りであつた。

表-1 押し抜き供試体

番号	記号	参照図	すれ止め	リブ数	リブ孔径(mm)	供試体番号	試験の種類
1	B	図-3(b)	ブロック	-	-	1, 2	押し抜き
2	Slb	図-3(a)	スタッド	-	(スタッド 16φ)	1, 2 3	静的繰返し
3	Sl9	図-3(a)	スタッド	-	(スタッド 19φ)	1, 2 3	押し抜き 静的繰返し
4	RS1	図-3(c) 図-4(a)	鉄筋	1	φ20	1, 2 3	押し抜き 静的繰返し
5	RM1	図-3(c) 図-4(b)	鉄筋	1	20×25長孔	1, 2	押し抜き
6	RL1	図-3(c) 図-4(c)	鉄筋	1	20×40長孔	1, 2 3	静的繰返し
7	RS2	図-3(d) 図-4(d)	鉄筋	2	φ20	1, 2 3, 4, 5	押し抜き 静的繰返し
8	RM2	図-3(d) 図-4(b)	鉄筋	2	20×25長孔	1, 2 3	押し抜き 静的繰返し
9	RL2	図-3(d) 図-4(c)	鉄筋	2	20×40長孔	1, 2 3	押し抜き 静的繰返し

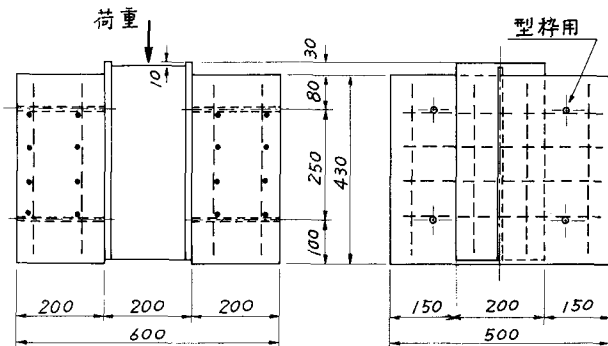


図-2 押し抜き試験供試体

$$\sigma_B = 57,30 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

$$\sigma_y = 39,02 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\varepsilon = 2.8, 0\%$$

供試体の作成に際し、ジ
ベルの効果を明確に把むた
め、フランジおよびリブの
表面にはグリスを塗布して
コンクリートとの附着を防
止した。

2.2 押し抜き試験

表 - 1 の 9 種類の供試体につき、それぞれ 2 体の試験を行なつた。

1) 試験方法 200
 の万能試験機を用いて供
 試体を圧縮し、図-5のよ
 うに6個のタイアルゲー
 ジによつて、鋼桁部とコン
 リート床版部間に生ずるず
 れ(タイアルゲーシ1,
 2, 4, 5)、ならびに床
 版間の間隔の変化(タイ
 アルゲーシ3, 6)を測定

した。測定間隔は荷重 0 ~ 2 t では 0.5 t 刻み、2 t 以上では 1 t 刻みとした。

2) 試験結果 図-6(破線)は荷重に対する鋼桁と床版間の滑りの関係を、各シリーズ

の供試体 No. 1 のものについて示したものである。また、表 - 2 は試験の結果得られた諸特性値をまとめたものである。

2.3 静的繰返し押し抜き試験

表-1のように7種類の供試体につき試験を行なった。

1) 試験方法 押し抜き試験と同じ試験機を用い、試験荷重を $0 \rightarrow 2 \rightarrow 0 \rightarrow 4 \rightarrow 0 \rightarrow 6 \cdots$ のように毎回 0 に戻しながら上限荷重を 2 t ずつ上げた。反復荷重の最大値は S 16, R S 1, R L 1 では 12 t, 他は 16 t とした。これらの値の根拠は、鋼道路橋の合成ゲタ設計施工指針の規定するスタ

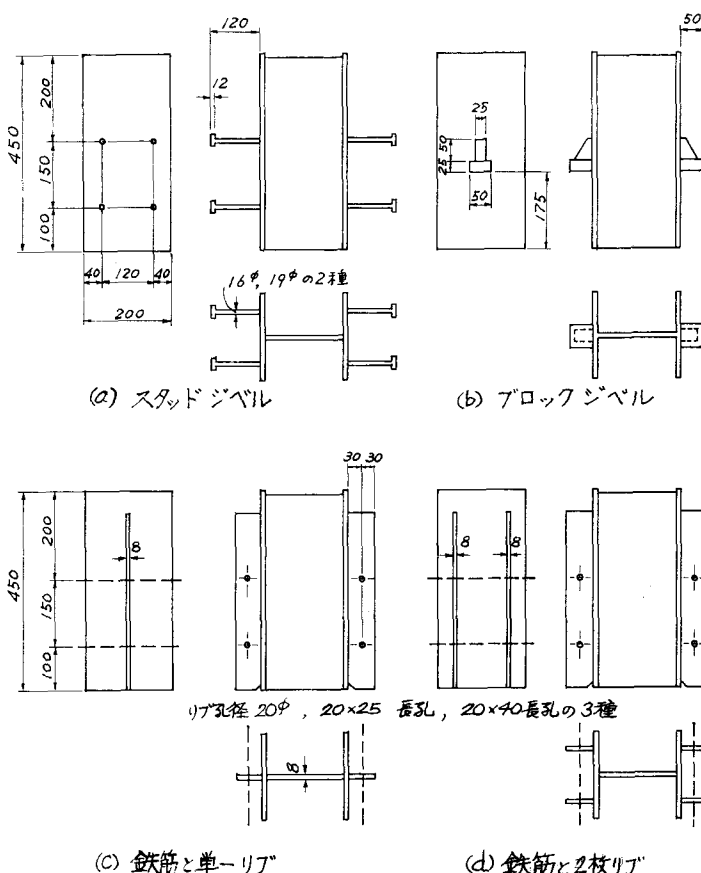


図-3 押し抜き試験供試体(鋼桁部分)

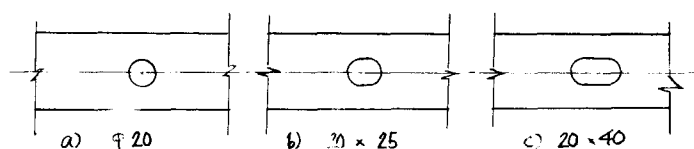


図-4 リブ孔の形状寸法

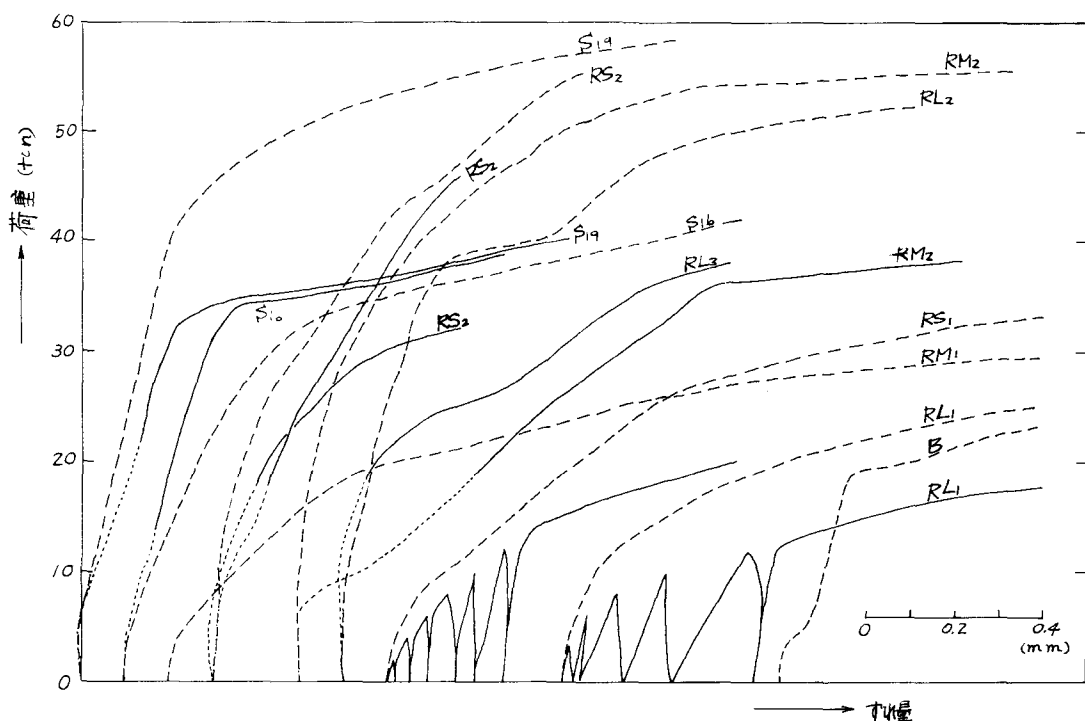


図-6 荷重・すれ量

ッドの許容せん断力であつて、スタッドの全高 H 、直径 d とする場合、スタッドのずれ止めとしての許容せん断力 Q_a (Kg /本)は、次式で与えられる。

$$H/d \geq 5.5; Q_a = 5.5 d^2 f_{ba}, \quad H/d < 5.5; Q_a = 1.0 d H f_{ba}$$

ここに f_{ba} は版コンクリートの許容基本支圧応力度 (kg/cm^2) = $\sigma_{28}/3$ である。これらの式に、対応する値を用いて計算すると次のようになる。

$$S16 \text{ の場合: } d = 1.6 \text{ cm}, H = 12.0 \text{ cm}, f_{ba} = 10.3 \text{ kg}/\text{cm}^2, \therefore Q_a = 1.43 \text{ t}$$

従つて8本では

$$1.43 \times 8 = 11.44 = \text{約 } 12 \text{ t}$$

$$S19 \text{ の場合: } d = 1.9 \text{ cm}, H = 12.0 \text{ cm} \text{ であるから、}$$

$$8 \text{ 本では } 2.01 \times 8 = 16.08 \text{ t} = \text{約 } 16 \text{ t}$$

測定は2 t 刻みに行なつた。

測定点の位置は押し抜き試験の場合と同様である。

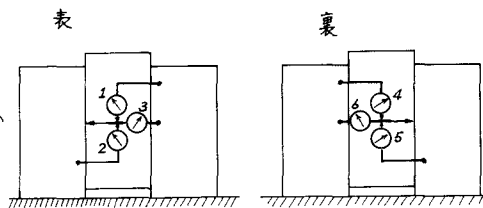


図-7 ダイアルゲージ取付図

2) 試験結果 荷重を漸増しつつ、反復するにつれて、最大荷重時のずれ、および残留ずれは顕著に増加し、各ずれ止めの回復能力の差異が明瞭にあらわれた。前掲の図-6の実線は荷重とずれとの関係を示したもので、単一リウの場合以外は、反復過程を省略し点線で示してある。また、この試験で得られた諸特性値を表-2に併記した。

2.4 押し抜き型試験結果の考察

押し抜き試験
ならびに静的繰
返し試験を通じ
て得られた結果
について考察す
る。

まず、荷重-
ずれ曲線に関連
して

① 荷重-ず
れ曲線は、スタ
ッドの場合 (S16
S19) は他の場
合と比較して滑
らかである。

② 2枚リブ
の場合とスタッ
ドの荷重-ずれ

表-2 試験結果

1	2	3	4-4 鋼梁和木			5	6	7	8
記号	番号	試験の種類	最終破壊荷重(t)		繰返し 押板	最小量 0.075mm 時の荷重 (t)	最大繰返し (荷重(t))	最大繰返し荷重の ずれ (mm)	試験の 平均 (回)
			試験値	平均値					
B	1	押板	24.35	24.95	—	6.5			13
	2	"	24.95			18.9			11
S16	1	"	47.80	47.65	0.88	11.5			9
	2	"	47.50			21.8			11
	3	繰返し	41.95			14.4	12	0.058	15
S19	1	押板	62.10	60.60	0.77	13.0			13
	2	"	59.10			18.6			11
	3	繰返し	46.35			15.0	16	0.082	15
RS1	1	押板	40.30	40.23	2.52	8.0			9
	2	"	40.15			13.0			9
	3	繰返し	35.30			5.7	13	0.265	16
RM1	1	押板	37.10	35.75		7.0			11
	2	"	34.40			14.0			9
RL1	1	"	32.25	31.38	1.02	10.0			11
	2	"	30.50			14.3			11
	3	繰返し	32.00			6.7	12	0.2-4	15
RS2	1	押板	55.00	58.25	0.96	20.6			8
	2	"	61.50						8
	3	繰返し	52.50			16.1	16	0.104	14
	4	"	51.30				16		16
	5	"	57.10				16		16
RM2	1	押板	56.40	58.05	0.90	26.5			10
	2	"	59.20			17.1			10
	3	繰返し	52.45			9.0	16	0.223	14
RL2	1	押板	52.90	44.40	0.90	21.4			11
	2	"	48.25			19.4			10
	3	繰返し	44.40				16	0.030	16

曲線とを比較すると、荷重10~20tの低荷重では前者の方がずれ量が小さく、それ以後は逆転する様な傾向がみられ、BR型ずれ止めの低荷重域での高剛性が期待される。定量的には立上り部の傾斜の比較のため、ずれ $\delta = 0.075\text{mm}$ での荷重を求めると表-2のようになり、単一リブの場合は一般に値が低く、2枚リブの場合は一般に高く、スタッドの場合はそれらの中間の値を示している。

③ 静的繰返しによる残留ひずみの増加は単一リブ型で極めて顕著であり、2枚リブ型がそれに次ぎ、スタッドの場合は最も少なかった。

つぎに、最終破壊荷重に関連して、

④ BR型ずれ止めの場合、単一リブ (RS1, RM1, RL1) は2枚リブ (RS2, RM2, RL2) に比較して荷重-ずれ曲線が低い位置に横たわり、最終破壊強度も3割程度低い。(表-2)

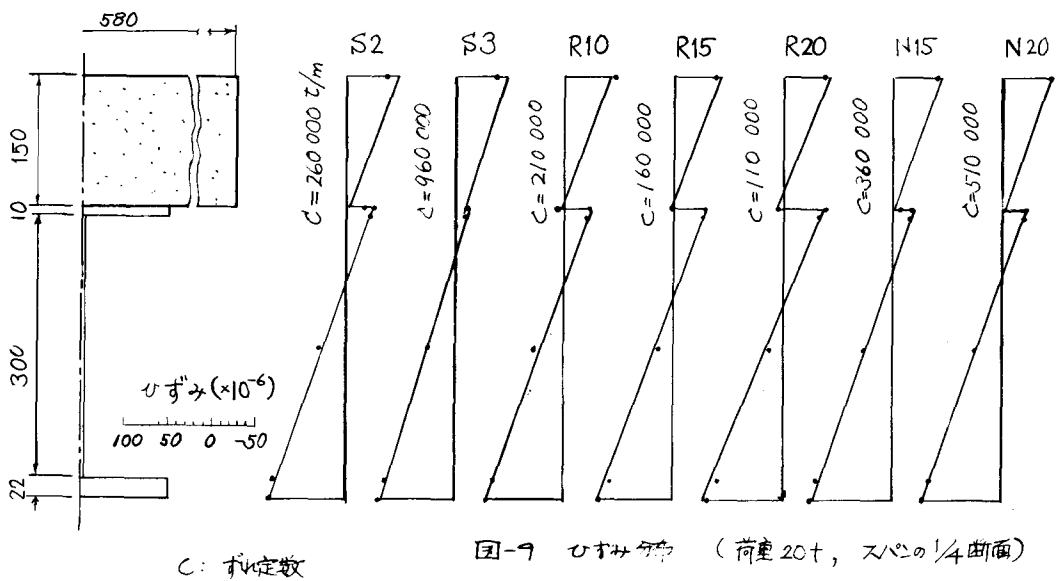
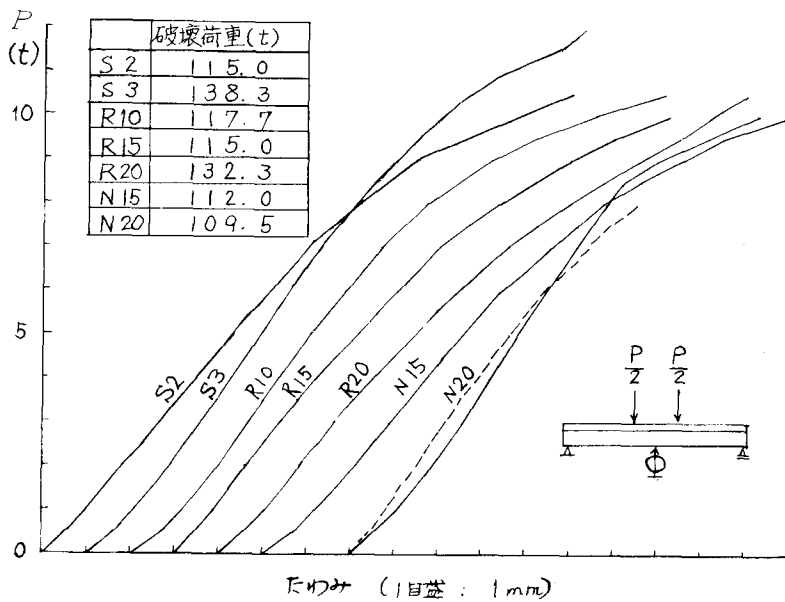
⑤ リブ孔のサイズによる影響は、単一リブ、2枚リブいずれの場合にも共通して、サイズは小さいほど最終破壊強度は大きかった。(表-2)

⑥ 静的繰返し押し抜き試験を経験した供試体の最終破壊荷重は一般に低下し、その低下の割合はスタッドの方がBR型よりも大きい。

なお、ブロック型のジベルでは、版の浮上り防止用の輪型筋を取り付けなかつたため、ずれ止めとして十分な機能を果たし得なかつたようである。これは版間隔変化曲線からも明らかであつた。

3. 曲げ試験

3.1 供試桁



前述の押し抜き型試験結果から、BR型では2枚リブの場合がずれ止め効果がすぐれていたが、ここでは更に合成桁のずれ止めとしての効果を検討するため、図-7および表-3に示す7種類の供試桁について試験を行なった。鋼材はSS41（試験値 $\sigma_y = 27.1 \text{ Kg/mm}^2$, $\sigma_B = 46.3 \text{ Kg/mm}^2$ 、 $\delta = 25\%$ ）、コンクリートは早強性のものを用いた。

3.2 試験方法

供試桁を支間3Mで設置し、800M間隔で中央部に2点载荷した。測定はタイアルゲージによるたわみ測定（支間中央と1/4断面）、および鋼桁と床版間のずれ測定、ならびに電気抵抗線ひずみ計によるひずみ測定よりなる。

3.3 試験結果とその考察

1) 荷重-たわみ関係 図-8は荷重と支間中央のたわみとの実測値を示したものである。同図において桁N20では第1次試験（8tまで）を点線で併記した。図-8よりS3とN20の第2次のものがその他に比較してやや剛性が大きいようである。BR型では丸孔か切り込みか、あるいはそれらのピッチによつて、変形性状に明確な差を見出すことはできない。この結果から、BR型ジベル桁の性状に対する目安を、S2程度のスタッドの桁の性状に置くことができる。

2) ひずみ分布 図-9は支間の1/4断面におけるひずみ分布を、荷重20tに対して示したもので、●が測定点、実線が弾性合成桁としての計算値である。計算に用いた断面の諸値は表-3に記した通りで、床版と鋼桁間のずれ定数 α を種々に選んで予め求めたひずみ分布の中から、実験値に最もよく適合するものを図示してある。図-9から、次の諸点が明らかである。

①BR型ジベルの合成位置が床版内の鉄筋面にあるため、鋼桁と床版接合面でのずれが顕著である。

②桁S3は他に比して最もずれが少ない。

③BR型ジベルで丸孔の場合、鉄筋ピッチが大きくなるにつれずれ定数は小さくなる。切り込みの場合はN20の結果がやや大きすぎる様であるため、丸孔との比較は困難であるが、切り込みの方がずれが少ない。弾性合成桁としての計算値と、実測値との一致は、鋼桁部については満足しうるが、床版部は一般に実測値の方が小さく出ている。

④破壊荷重は図-9に併記した通りであるが、S3、R20が明確に他より大きい以外は、明白に優劣はつけにくい。

4. お そ び

主桁上フランジに取付けたリブに主鉄筋を結合することにより、床版と鋼桁間の合成効果を得ようとする試みにつき、押し抜き、ならびに桁の曲げ試験を実施したが、結論としては、この合成桁はスタッドの数の少ない場合とほぼ同等の性状を有することがわかった。すなわち、弾性合成桁として取扱うことができる。その際、床版と鋼桁間のずれ定数は、ずれ止め鉄筋のピッチ、リブへの結合が丸孔か切り込みかなどの差により110.0000～510.0000t/mの値を用いると実験値とよく合致した。この値は、鉄筋径、鉄筋ピッチ、リブ数などによりさらに増大せしめることができよう。

この工法が目的とするのは、冒頭に述べたように構造の単純化による施工の省力化、すなわち鉄筋位置の固定による施工管理の確実化と作業の簡略化である。更に、桁に対する、ずれ止めのstress

表-3 供試桁特性値一覧表

供試桁	すれ止め	$I_{st} (cm^4)$	$e_{st} (cm)$	$I_v (cm^4)$	$e_v (cm)$	試験日(枚令)	コンクリート強度	$E (kg/cm^2)$
S 2	スタッド φ19 ピッチ10cm 2列	16484	4.38	59312	11.60	75.7.6 (60)	(406) kg/cm^2	(301000)
S 3	" 3列	"	"	"	"	7.24 (78)	360	276000
R 10	BR型丸孔, ピッチ10cm	24313	0.78	60505	12.16	7.27 (81)	(399)	(295000)
R 15	" 15cm	"	"	"	"	7.8 (82)	(406)	(301000)
R 20	" 20cm	"	"	"	"	7.14 (68)	(406)	(301000)
N 15	BR型切欠, ピッチ15cm	21792	1.90	59895	11.95	7.30 (84)	360	295000
N 20	" 20cm	"	"	"	"	6.2 (24) 7.3 (57)	(329) 406	283000 301000

註: I_{st} : 鋼断面の重心軸回り断面2次モーメント e_{st} : 鋼断面重心のウェブ中心からの偏心
 I_v : 合成断面 e_v : 合成断面 "
 (): それに述べた枚令での試験結果

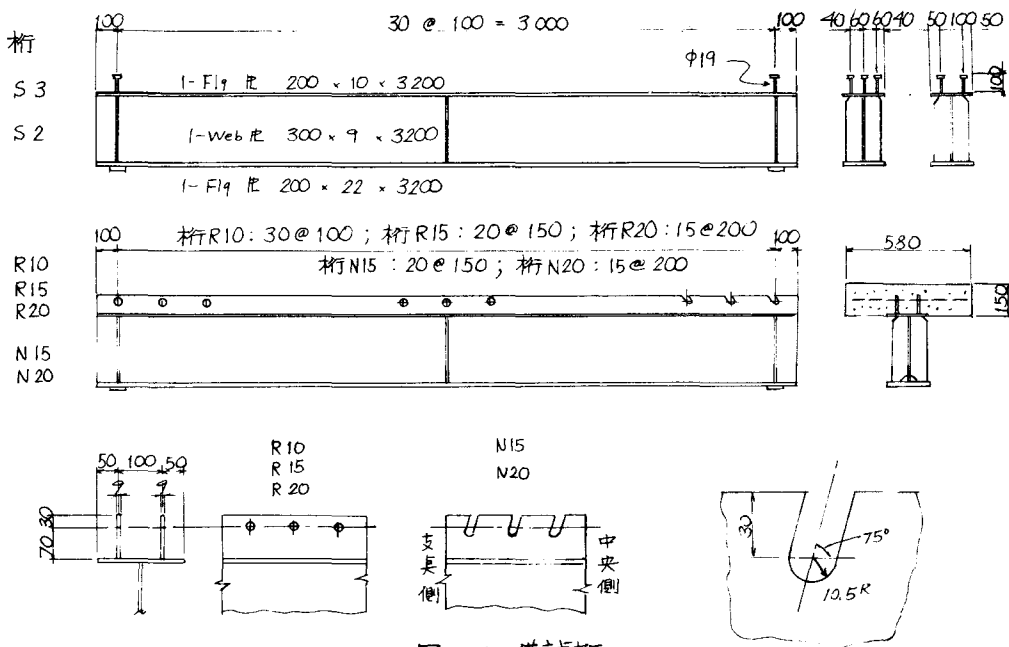


図-7 供試桁

raiserとしての作用の緩和も考えられる。今回の基礎実験では本工法による合成桁の力学的性状が明らかにされたが、今後、合成桁床版施工の合理化において本研究が貢献することがあれば幸である。

参考文献:

- 1) 太田、村瀬、百田、新開: プレキャスト鉄筋コンクリート床版の強度試験、土木技術資料、12巻、4号、184-189、1970年4月
- 2) 田村、初沢: 合成床版を用いた西栗橋の概要、橋梁と基礎、4巻8号、27-1970年8月
- 3) 前田、池田、松井、桑原、梶本: 重荷重用格子床版の実験的研究(第1報)、土木学会第22回年次学術講演会、1-178、1967年5月、他に第4報まである。(残参考文献は発表時制作)