

# 縦リブを利用したずれ止め構造の耐荷力試験

高崎一郎\* 原 昭恵\*\*\*  
鬼頭省吾\*\*

## 1. まえがき

現場工期の短縮、施工管理の容易さ、工事の安全性等を目的とした新しい合成桁の開発についてはすでに報告した<sup>1)</sup>。本技報P4中の図-1に見られるように、床版コンクリートと鋼板との合成作用の確保に当っては多数のスタッドが用いられている。しかし、本構造物は薄鋼板のプレス加工を主体として、製作工数の低減を計ることを意図しているため、経済性を考慮して、出来ればスタッドに替わる簡易なずれ止めを用いたい。

この主旨から、デッキプレート上の縦リブを利用し、多少手を加えることによって、ずれ止めとしての機能を持たせるべく、種々の構造を検討した。

本文は、それらの案の中から、数種を選んで行った、ずれ止めとしての耐荷力試験のうち、静的載荷試験の結果について報告するものである。

ずれ止めについては、筆者らの知る限りにおいて、一般的な試験方法は確立されておらず、公にされた報告も多くない。また試験結果から実用上の耐荷力を定める過程についても同様である。従って、本試験においては、道路橋示方書に示されているスタッドの耐荷力を求める実用計算式との整合を前提として、BS<sup>2)</sup>、成岡らの報告<sup>3)</sup>、K.Roikらの報告<sup>4)5)</sup>等を参考とした。

## 2. 試験体と試験方法

### (1) 試験体の種類

試験は図-1のごとく9タイプについて行った。なおI型は、各タイプの強度を比較する上での基準とするものである。又V型はIII型およびIV型の、VI型はVII型およびVIII型の現場における施工精度を考慮したときの基礎データを取得する目的のものである。

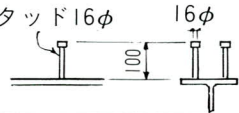

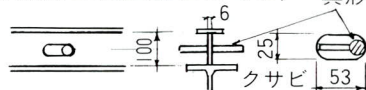
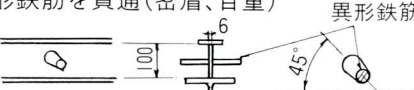
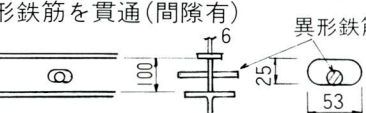

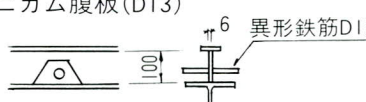
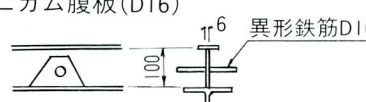

タイプ	ずれ止めの種類
I	スタッド16φ 
II	異形鉄筋を貫通(密着、溶接) 鋼板 異形鉄筋D16 密着(溶接) 25φ孔 
III	異形鉄筋を貫通(密着、クサビ) 異形鉄筋D16 クサビ 53 
IV	異形鉄筋を貫通(密着、自重) 異形鉄筋D16 45° 
V	異形鉄筋を貫通(間隙有) 異形鉄筋D16 25 53 
VI	ハニカム腹板(無筋) 
VII	ハニカム腹板(D13) 異形鉄筋D13 
VIII	ハニカム腹板(D16) 異形鉄筋D16 
IX	異形鉄筋ラチス腹板 異形鉄筋D16 

図-1. ずれ止めの種類

\*\* 千葉工場製造部生産技術課長

\* 技術本部技術開発部長 \*\*\* 技術本部技術開発部開発課長

## (2) 試験方法

試験方法については、BS-5400に記載されている方法を基とし、図-2のごとくH型鋼の両フランジに各タイプのずれ止めを設け、それにコンクリートを打設し、H型鋼の上部より载荷した時の荷重、およびH型鋼とコンクリートのブロックとの間のずれ量を、測定するものである。

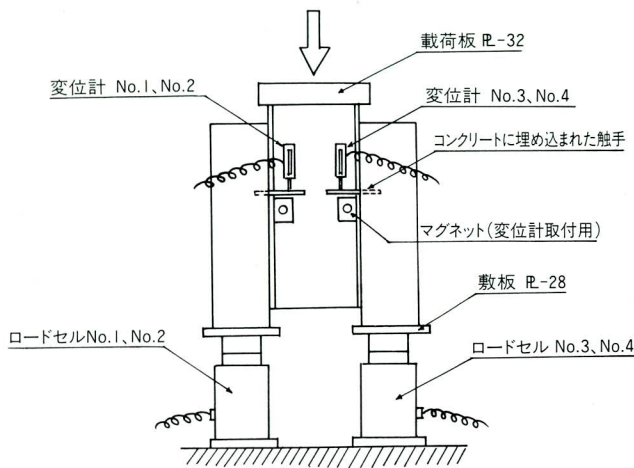


図-2. 試験方法

## (3) 試験体の製作

試験体は、各体3体、合計27体製作した。使用材料については、コンクリートの配合および強度は表-1の通りであり、鉄筋はSD30、その他の鋼材はSS41材を使用した。なおコンクリートの養生は打設後1週間は湿潤養生とし、その後は屋内で放置した。強度試験用供試体は、試験体と同一養生としたものである。

試験体の製作にあたっては、次のことを特に配慮した。

- 1) コンクリート打ち込みの方向は、前田、平城、松井の報告<sup>7),8)</sup>を参考とし、実際の橋梁でのずれ止めと床版コンクリートとの位置関係に同じくするため、図-3に示すごとくH型鋼を2つに割り、コンクリート打設、養生の後、H.T.Bにより組立てた。
- 2) 鉄筋および異形スタッド以外の鋼材については、コンクリートとの接触面に付着力が発生しないようにグリースを塗布した。
- 3) II型~VIII型の試験体については、载荷時に偏心力によってコンクリートのブロックとH型鋼との

表-1. コンクリートの強度と配合

強度試験結果	320kg/cm <sup>2</sup>
ス ラ ンプ	12cm
水	154kg/m <sup>3</sup>
セ メ ント	291kg/m <sup>3</sup>
細 骨 材	806kg/m <sup>3</sup>
粗 骨 材	1,105kg/m <sup>3</sup>
混 和 材	1.02kg/m <sup>3</sup>
水・セメント比	53%

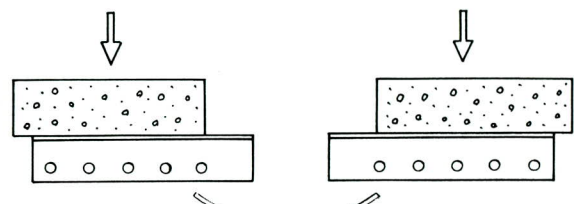


図-3. コンクリート打ち込みの方向

はく離が生じないように、巾50mmのフランジをつけた。(実際の縦リブのフランジに相当する。)

- 4) ウェブ及びフランジ材がコンクリートを直接支圧しないように、その下端に発砲スチロールを入れ、コンクリートのブロックを箱抜きした。

試験体の寸法はIII型の場合について図-4に示したが、他の型式についても、ずれ止めの詳細以外については、同寸法である。写真-1は、II型の場合のコンクリート打設前のものである。

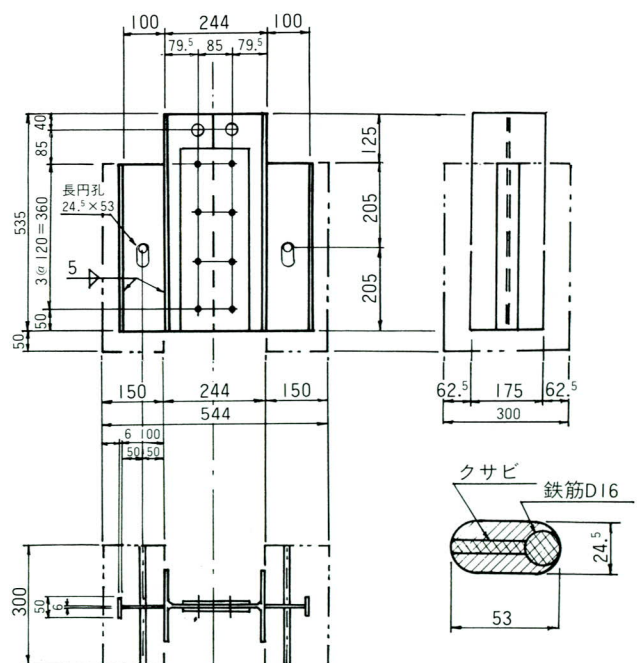


図-4. III型の詳細図



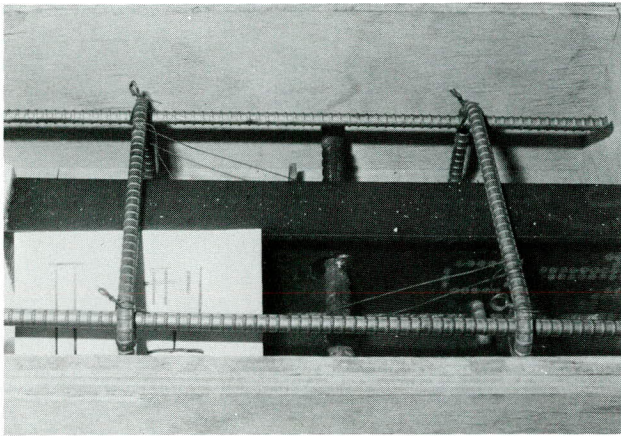


写真-1. II型 コンクリート打設前

#### (4) 荷重の載荷方法とずれ量の測定

載荷にあたっては、図-2に示すごとく、4個のロードセルと、4個の変位計を使用した。荷重はアムスラーにより、1)0t→1t→0t、2)0t→1t→2t→0t、3)0t→1t→2t→3t→0t、のごとく載荷し、それぞれの荷重に対するずれ量を、自動記録した。なお、ずれ量および残留ずれ量は、1)の時の初期値を0とし、1)、2)、3)、……の各ステップに対し、載荷時および、荷重解放時の値を計測した。

又、試験体は左右のコンクリートのブロックで、各々独立に、荷重およびずれ量を計測しているために、各タイプ共に、6種のデータが得られている。

### 3. 試験結果

図-5~8は、載荷荷重の増減の過程における荷重とずれ量を追跡したものの一部である。

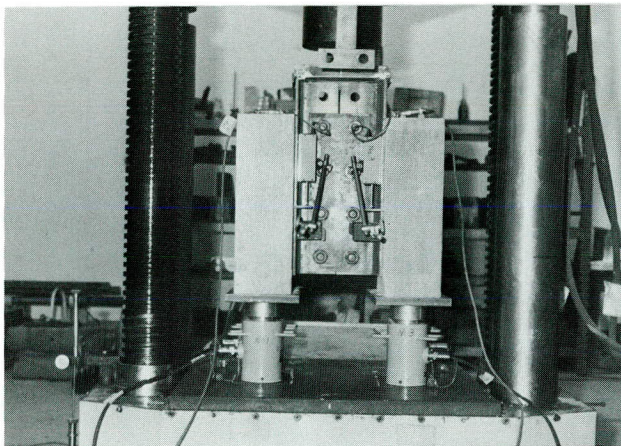


写真-2. 載荷試験

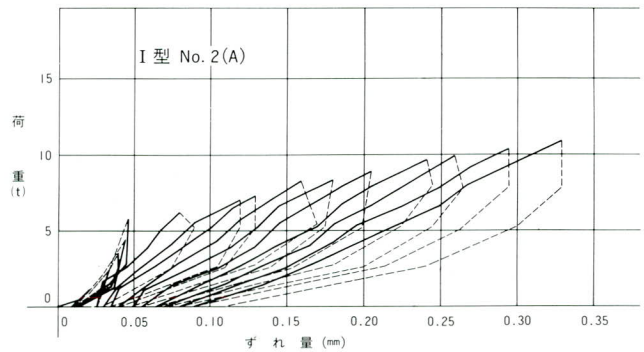


図-5 荷重-ずれ量 (I型. No.2 A)

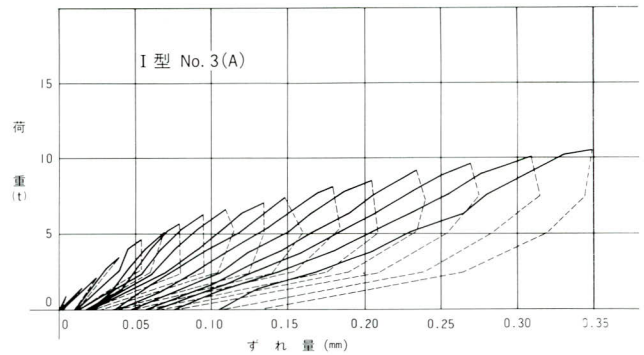


図-6 荷重-ずれ量 (I型. No.3 A)

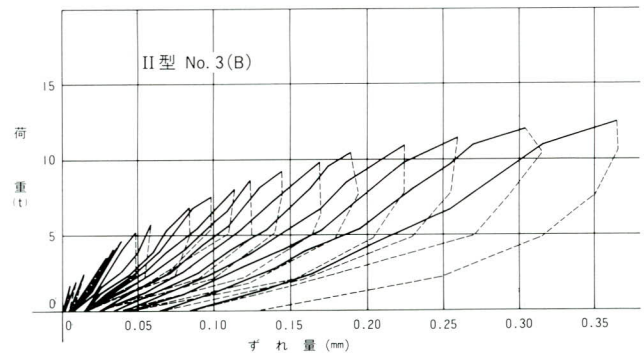


図-7 荷重-ずれ量 (II型. No.3 B)

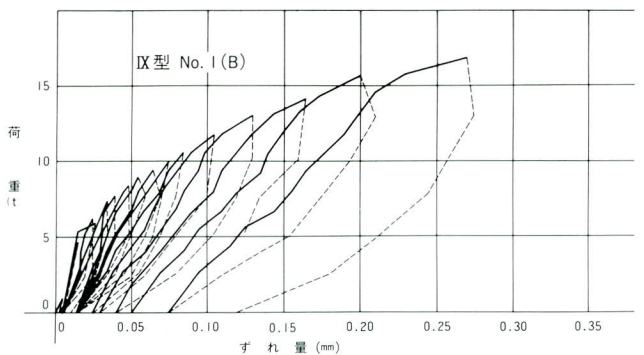


図-8 荷重-ずれ量 (IX型. No.1 B)

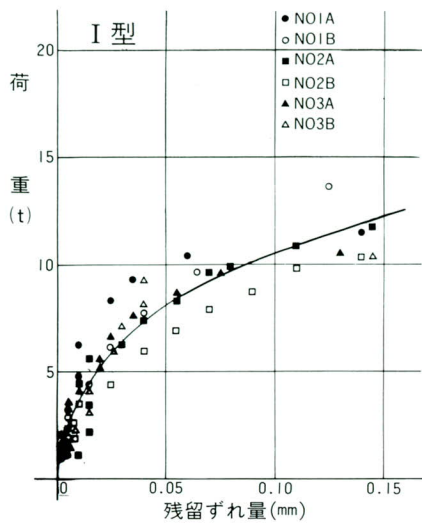


図9. 荷重—残留ずれ量 (I型)

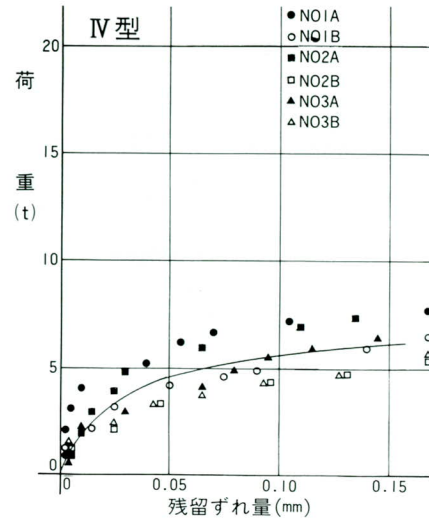


図12. 荷重—残留ずれ量 (IV型)

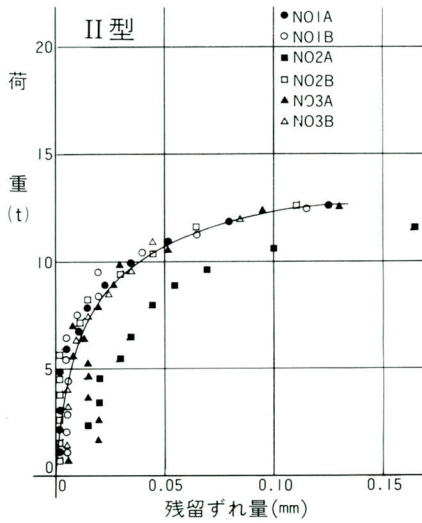


図10. 荷重—残留ずれ量 (II型)

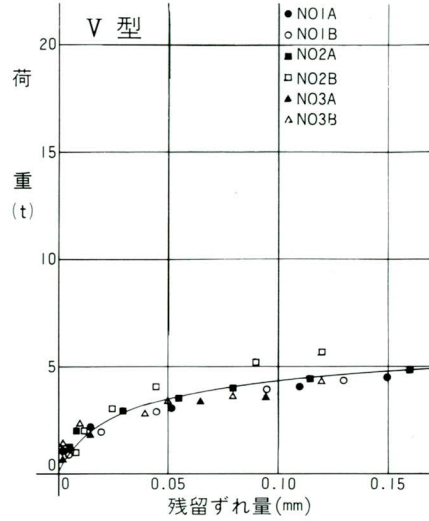


図13. 荷重—残留ずれ量 (V型)

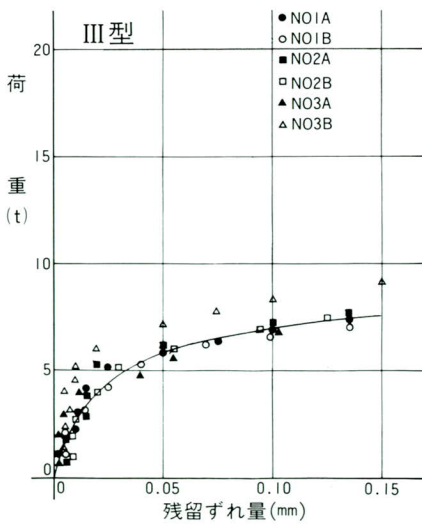


図11. 荷重—残留ずれ量 (III型)

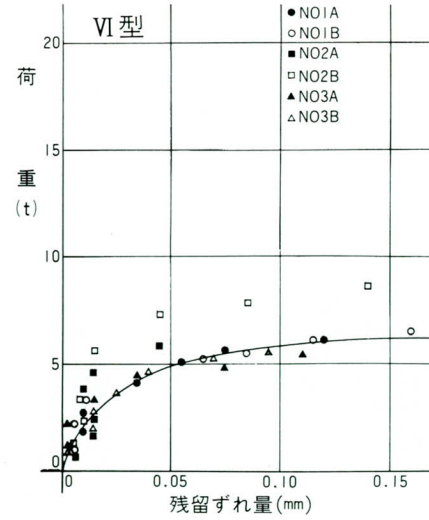


図14. 荷重—残留ずれ量 (VI型)

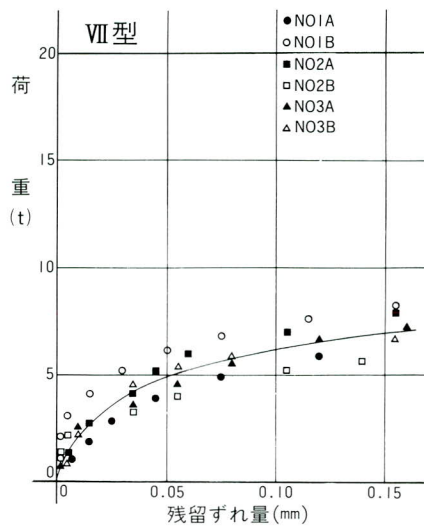


図15. 荷重—残留ずれ量(VII型)

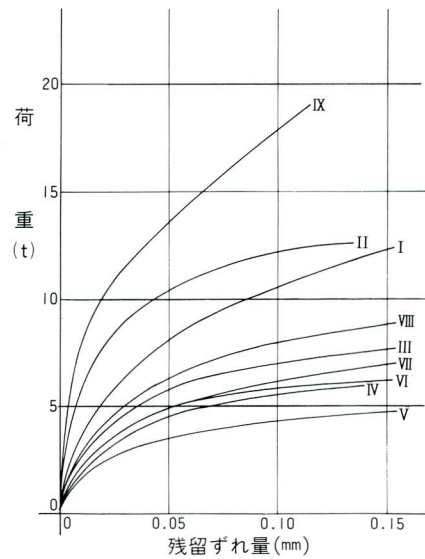


図18. 荷重—残留ずれ曲線

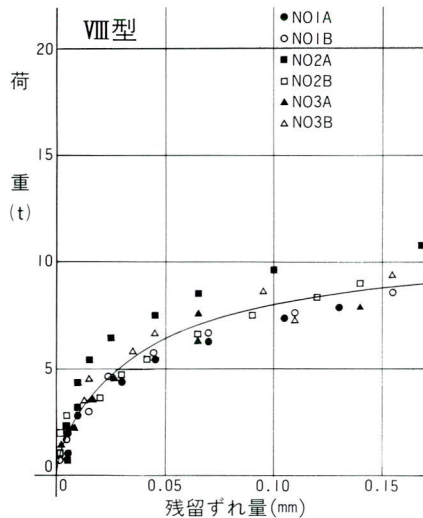


図16. 荷重—残留ずれ量(VIII型)

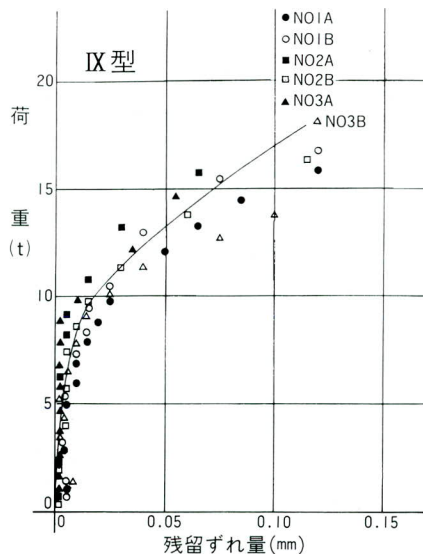


図17. 荷重—残留ずれ量(IX型)

図-9~17は、I型よりIX型までの各タイプについて  
 載荷ステップ 1)、2)、3)、……の各々の最大荷重とそれ  
 による残留ずれ量を、6種のデータによりプロットし  
 たものである。実際にはこの図のプロット数の約2倍の  
 ものを測定している。又、曲線はそのタイプにおける平  
 均的な荷重と残留ずれ量の関係を表わしたものである。

図-18は、図-9~17の曲線をまとめたものである。

#### 4. 考 察

周知の如く、我国の道路橋示方書ではスタッドの設計  
 耐力の計算式として次式を与えている。

$$\left. \begin{aligned} Qa &= 30d^2\sqrt{\sigma_{ck}} & (H/d \geq 5.5) \\ Qa &= 5.5H\sqrt{\sigma_{ck}} & (H/d < 5.5) \end{aligned} \right\} \text{---(1)}$$

この数式は、押し抜き試験の結果に基づく残留ずれ量  
 が0.08mmとなる荷重を基準として定められた<sup>6)</sup>実験式  
 であり、我々の試験結果の評価も同様の考え型に従うこ  
 ととした。

即ち、基準となるI型の試験結果において残留ずれ量  
 0.08mmに対応する載荷々重を $P_1$ とする時

$$\alpha = P_1 / 2 \cdot Qa \text{---(2)}$$

なる $\alpha$ を一種の安全率と考え、各型に対して同一の安全  
 率を採用する。

I型に対しては図-18から  $P_1 = 9.7t$  (スタッド2本



分) と判断され、又(1)式から  $Qa = 1.374t$  と計算されるから

$$\alpha = \frac{9.7}{2 \times 1.374} = 3.53$$

となり、実験の対象とした全ての型式に対して

$$Qa = P/\alpha$$

を一組のずれ止めの設計耐荷力と考える。ここにPは各型式における残留ずれ量が0.08mmとなる時の試験体の載荷荷重である。

表-2には各型式に対して残留ずれ量が0.08mmとなる荷重と設計耐荷力を基準スタッドの相当数で表わしたものの、およびその時のずれ量を6種のデータにより平均したものを示す。

試験の結果耐荷力の小さかったものに対しても、前述のPを用いて設計耐荷力を定めるのは、降伏に対する安全率の評価に多少問題を残すが、荷重—残留ずれ量の曲線から明確な降伏荷重が判断出来ないため、あえて统一的に扱った。

試験の結果から、各構造については次のことが言えよう。

#### 1) II～V型

これらは床版コンクリート内でT型縦リブに直交して配筋される鉄筋にずれ止め作用を合せ持たせようとするものである。これらの型式では、原理的に鉄筋とリブの間に直接、力の伝達を保証する必要があるが、一方で施工精度、施工性の面からは鉄筋の貫通孔はなるべく大きくしたい。この相反する要求に対応する構造としてIII及びIVの型式を選定した。いずれも鉄筋とリブの間の力の伝達は両者の支圧に依っている。II型は施工性を多少犠牲にしても力の伝達を明快にする目的で、両者の交点を溶接したものである。又V型は、III、IV型の施工精度に着目し、鉄筋とリブの密着が不十分であった場合の耐荷力の低下を調べるものである。

試験の結果は、II型に比べIII、IV型の耐荷力がかなり小さく、力の伝達を支圧に頼るのは無理であることを示している。載荷荷重の小さい初期段階からずれ量が大きいのは、異形鉄筋の使用にも原因の一部があると考えられる。

即ち、鉄筋のフシのためにリブとの接触面積が極めて小さく、早期に支圧面のつぶれが生じていると想像される。また、基準となるスタッドに比べてII型の耐荷力が大きいのは、その長さの違い（スタッド100mm、鉄筋150mm）に起因し、終局耐力には差がないと考えられ

る。

#### 2) VI、VII、VIII型

縦リブのウェブをハニカム状に切断することによって材料効率を良くし、かつ、ずれ止め効果を期待したものであるが、コンクリートとの支圧面積が小さいため、スタッドに比べて十分な耐力が得られていない。又、支圧面が線状である為、コンクリートに対して多少くさび作用を及ぼす懸念がある。VII、VIII型はリブの切欠き部に鉄筋を配し、くさび作用によるコンクリートの割れに対処したものである。図-18に見るように、鉄筋径の違いにより残留ずれ量に大きな差が現れており、鉄筋が割れ防止効果だけでなく、支圧によるコンクリートの変形を拘束するために極めて有効に働いていることが判る。

#### 3) IX型

縦リブのウェブを鉄筋のラチスで構成し、同時にずれ止め効果を期待したものである。デッキプレート上に斜めに溶植した鉄筋をずれ止めとして使用した例は過去に存在し、旧合成桁設計施工指針にも其の耐力算出式が次式の様示されている。

$$Qa = \sigma_{sa} A_s \text{-----} (3)$$

試験の結果得られた耐力は(3)式で求められた値と良く一致しており、耐力機構上は同一であると考えられる。但し、実際の構造物に採り入れた場合は、縦リブ上フランジが鉄筋上部と結合されるため、局部的なせん断力に対し見掛けの剛度が大きく、又、力の塑性配分と合せてずれ量の減少、耐荷力の上昇が期待出来ると考える。詳しくは梁試験による必要があろう。

表-2. 耐力荷重、スタッド相当本数、平均ずれ量

タイプ	耐力荷重	スタッド相当本数	平均ずれ量
I	9.7t	2.00本	0.275% <sub>m</sub>
II	11.7	2.41	0.289
III	6.7	1.38	0.151
IV	5.2	1.07	0.126
V	4.0	0.82	0.100
VI	5.6	1.15	0.143
VII	5.7	1.18	0.167
VIII	7.5	1.54	0.127
IX	16.4	3.38	0.183

## 5. あとがき

床版コンクリート中に埋められた縦リブにずれ止め機能を付与するための基礎的な試験の結果について概要を述べた。冒頭に記したように、この結果に基づいて、一部の型式に対し、更に疲労試験の実施を予定している。

本試験では、実用的な残留ずれ量の範囲で、標準的なスタッドとの耐力比較をするのが目的であったため、終局耐力、破壊機構などに対しては十分な考察を行っていないことをお断りしておく。

### <参考文献>

- 1) 上前、高野；薄鋼板を用いた新しい鋼コンクリート合成桁、土木学会構造工学委員会・コンクリート合成構造小委員会「鋼とコンクリートの合成構造に関する調査研究報告書」昭和59年3月、(本技報に再掲)
- 2) British Standards Institution; BS5400 Part 5 Code of practice for design of composite bridges,1979.
- 3) 沢野、浜田、若林、成岡；直径19mmスタッドジベルの押し抜き疲労強度に関する研究、土木学会論文報告集第174号 1970年2月
- 4) K.Roik, G.Hanswille; Beitrag zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Reib-Abscherverdübelungen bei Stahlverbundträgerkonstruktionen, STAHLBAU Feb.1984
- 5) K.Roik, G.Hanswille; Beitrag zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Kopfbolzendübeln,STAHLBAU Okt.1983
- 6) 橋善雄；橋梁工学 共立出版 昭和43年6月
- 7) 前田幸雄；複合構造に関する研究の発展の歴史と動向、土木学会論文集第344号 1984年4月
- 8) 前田、松井、平城；Effects of Concrete-Placing Direction on Static and Fatigue Strengths of Stud Shear Connectors, 阪大工学報告 Vol.33 No.1733 1983
- 9) 大阪市土木局、関西道路研究会；旧神崎橋の耐荷力に関する研究報告書、昭和58年3月