

# プレキャスト床版の合成構造継手部の開発に関する研究

## Study on the Development of Composite Structures of Precast Slab Joints

浜田純夫\* 松尾栄治\*\* 山本博輝\*\*\*

Sumio HAMDA, Eiji MATSUO and Hiroki YAMAMOTO

\*Ph.D. 山口大学教授 工学部社会建設工学科 (〒755-8611 宇部市常盤台 2557)

\*\*工博 山口大学助手 工学部社会建設工学科 (〒755-8611 宇部市常盤台 2557)

\*\*\*山口大学大学院生 理工学研究科博士前期課程 (〒755-8611 宇部市常盤台 2557)

Precast slabs have been often applied to recent bridges due to quick construction and repayment of the bridges. Precast slabs are connected by lapped joint, loop joint and prestressing. Whereas the joint region is normally weak, its strength is short of information.

The present study aims to increase the strength of the joint, and to develop the new jointing method. The new joints consist of steel plate or steel beam composed with stud connectors in order to increase the bending strength and rigidity. The other merit is free from the form to cast concrete at the site. The reinforcing bars were simply lapped in the joint region. The punching shear test at the joint region have conducted to these joints.

From the test result the new jointing method increase the punching strength. The strength was larger than the plain precast slabs.

key words : punching shear capacity, reinforcement structures, precast slab joint

### 1. まえがき

現在、橋梁工事において工期に制約のある新設工事や、急速施工を要求される補修工事を行う場合、プレキャスト製品が使用されている。プレキャスト床版を用いる場合は必然的に継目が生じる。プレキャスト床版の継手方法にはラップ継手、ループ継手など種々の方法があるが<sup>1)</sup>、継手部は強度的に弱点であるにもかかわらず、その強度性状についての研究はほとんどなされていない。

そこで本研究では、図-1のように、継目を設けたプレキャストPC床版の継手部およびその周辺の静的押抜きせん断強度を求めた。また、新しい継手構造の開発として継手部分を合成構造にし、継手部の簡素化と強度の増進を期待した構造形式を試作し、静的押抜きせん断耐力を検討した。すなわち、構造的に簡便であるラップ継手部において、ジベル付き鋼板あるいはジベル付きH型钢桁を継手部の引張側に合成した。このシステムによるメリットは強度的弱点である継手部を補強できることと、鋼板、鋼桁を捨て型枠として利用できることで工期が短縮出来ることである。さらに載荷位置が床版部の場合と継手の場合について押抜きせん断強度を比較することで、弱点部についての検討を行った。

またプレキャスト床版部分と継手部分との界面にせん断キーとして波形形状を用い、付着の向上に伴う合成効

果を図った場合の比較検討を行った。

検討項目としては、押抜きせん断強度の他に荷重とたわみの関係および荷重と供試体各部分のひずみの関係等から、その力学特性を照査した。

その結果、継手を設けることによる強度低下率、継手部に補強をする場合の補強効果、補強方法による補強効果の違い、載荷部が異なる場合の検討、補強の効果が床版の剛性と終局強度に及ぼす影響、補強継手の荷重に対する変形抵抗性能、補強材の長さによる耐力増強の相違点等を明らかにした。

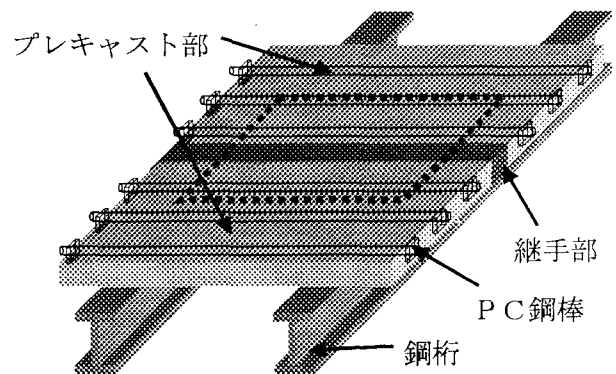


図-1 継手を有する床版例

表-1 供試体の詳細一覧および破壊荷重

記号	継手 区間	通称	継手の補強材		形状	P C	寸法	スパン 1	スパン 2	継目	破壊荷重	平均
			形態	長さ								
A1-1 A1-2	—	普通	—	—	正方形	橋軸直角 方向	140×140 ×13cm	120cm	120cm	—	294.0kN 356.7kN	325.4kN
B1-1 B1-2 B1-3 B1-4	20cm	突出し 中継手	なし	—	正方形	橋軸直角 方向	140×140 ×13 cm	120cm	120cm	波形	287.1kN 269.5kN 247.9kN 265.6kN	267.5kN
B2-1 B2-2	20cm	突出し 偏継手	なし	—	正方形	橋軸直角 方向	140×140 ×13 cm	120cm	120cm	波形	318.5kN 327.3kN	322.9kN
C1-1 C1-2 C1-3	20cm	鋼板 中継手	鋼板	床版端部 まで	正方形	橋軸直角 方向	140×140 ×13 cm	120cm	120cm	波形	347.0kN 348.9kN 354.8kN	350.2kN
C2-1 C2-2 C2-3	15cm	鋼板 中継手	鋼板	床版端部 まで	正方形	橋軸直角 方向	140×140 ×13 cm	120cm	120cm	波形	338.1kN 310.7kN 314.6kN	321.1kN
C3-1 C3-2	18cm	鋼板 偏継手	鋼板	支持辺間隔 より短い	正方形	橋軸直角 方向	140×138 ×13 cm	120cm	120cm	波形	326.3kN 279.3kN	302.8kN
D1-1 D1-2 D1-3	15cm	H型鋼 中継手	H型鋼	床版端部 まで	正方形	橋軸直角 方向	140×140 ×13 cm	120cm	120cm	波形	521.4kN 555.7kN 553.7kN	543.6kN
D2-1 D2-2	13cm	H型鋼 偏継手	H型鋼	支持辺間隔 より短い	正方形	橋軸直角 方向	140×133 ×13 cm	120cm	120cm	波形	336.1kN 309.7kN	322.9kN
E1-1 E1-2	—	自由縁	—	—	長方形	橋軸直角 方向	140×100 ×13cm	120cm	なし	—	170.5kN 177.4kN	174.0kN

## 2. 実験方法

### 2.1 供試体の条件

表-1 および図-2 に本研究で用いた供試体条件を示す。供試体 A1 は継目を設けないものであり、1 方向にプレストレスを導入し、他方向を鉄筋コンクリートとした床版である。供試体 B1 は、橋軸方向に 20cm の継手区間長を有するラップ継手を設けたものである。継手は供試体の中央に設け、載荷位置は継手部分とした。また、床版部分を作成する際に、継手と接する継目部分には型枠に波板を用い波形のせん断キーを作った。これは継手と床版の付着を高めるためであり、全供試体とも同じ構造にした。

供試体 B2 は同様の継手を床版の中心からずらした位置に設けたものであり、載荷位置はプレキャスト床版部分にした。供試体 C1 は、供試体 B1 と同様であるが、継手部分の下側（引張側）にジベルを設けた鋼板を合成して補強したものである。この鋼板は施工時に埋込み型枠として使用されるケースを想定しており、継手部分の剛性も高まるため、継手区間を 18cm にしたものも作成し。これを C2 とした。

この構造形式で、載荷位置をプレキャスト床版部分にするために、継手位置を中心からずらしたものが供試体 C3 である。

また同様に、補強材に H 型鋼を合成したものが供試体 D1 であり、最も継手部分の補強効果が高いと期待されるものである。したがって継手区間は 15cm と短く設定し

た。さらに載荷位置をプレキャスト部分にするために、継手位置をずらしたものが供試体 D2 である。また、比較のために長方形床版である供試体 E1 も作成し、自由縁を想定して 3 辺支持条件で押抜きせん断強度を求めた。これは、継目を極端に弱くしたものとみなすことができる。

図-3 に鋼板補強をした継手部の断面図を示す。C1 および C2 については、補強鋼板を継手部に埋め込む形状にし、床版下面をフラットにした。図-4 に H 型鋼補強をした継手部の断面図を示す。支持辺の構造物が設置の妨げにならないように、図のような斜めの切り込みを設けて設計した。

継手部分にはプレストレスの導入は行わず、RC 構造とした。使用した鋼材は、鉄筋が SD295A（引張強度 490MPa）、PC 鋼棒が B 種 1 号（SBPR930/1080）である。また表-2 に使用したコンクリートの配合及び強度試験結果を示す。プレストレスはポストテンション方式により、材齢 14 日に鋼棒を緊張後シース内にグラウトを注入して導入した。有効プレストレス力は 4.0N/mm<sup>2</sup> である。図-5~6 に供試体 A1 および B1 の配筋図を示す。供試体 B2~D2 は供試体 B1 に準じて、供試体 E1 は供試体 A1 に準じて作成した。

また、図-7 にジベル付き H 型鋼の形状、寸法を示す。H 型鋼は 150×150×7×10mm、ジベルは φ19×110mm である。鋼板補強については、継手方向の幅を 150mm および 200mm とした。すなわち、C3 の場合は床版部分へ 10mm ずつ重なるようにした。ジベル間隔は、配筋状態を考慮

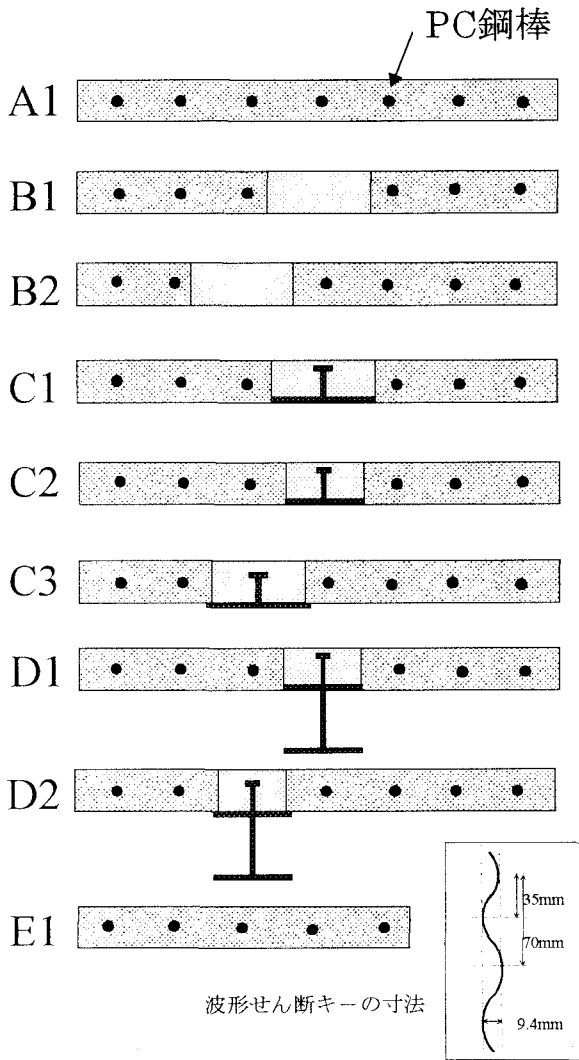


図-2 供試体の主な相違点

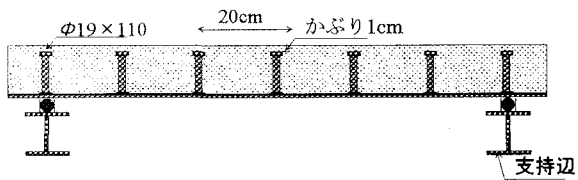


図-3 鋼板継手部の断面図

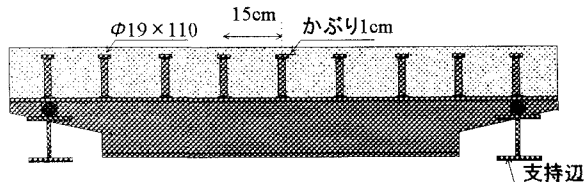


図-4 H型鋼継手部の断面図

し、供試体 C1～C3 および D2 は 200mm とし、D1 は 150mm とした。

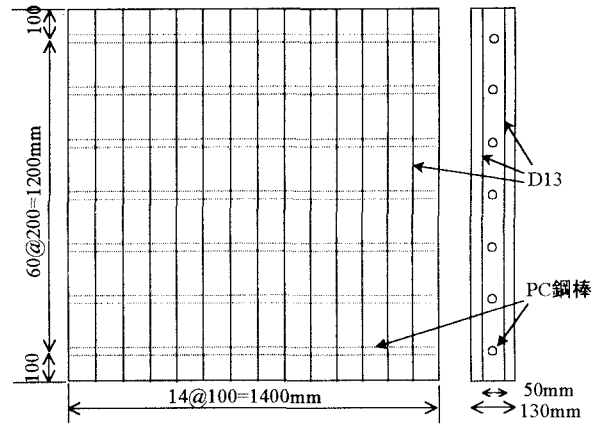


図-5 供試体 A1 の配筋図

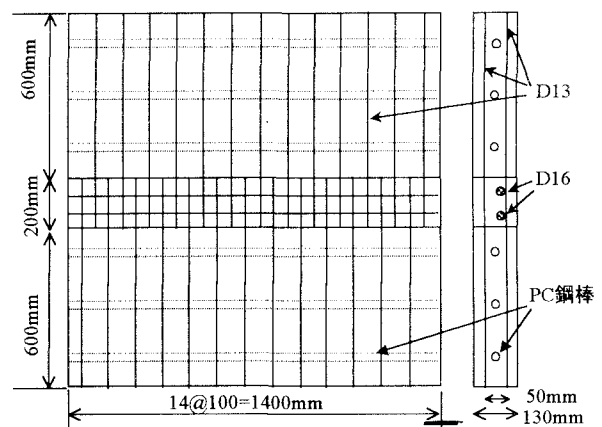


図-6 供試体 B1 の配筋図

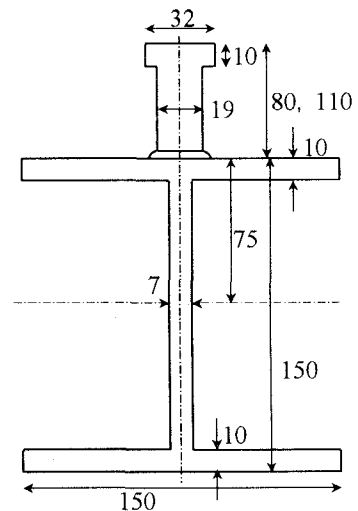


図-7 ジベル付きH型鋼の形状

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤
52.0	40	175	337	720	1131	1.01
床版部コンクリートの圧縮強度：42.8N/mm <sup>2</sup>						
継目部コンクリートの圧縮強度：42.3N/mm <sup>2</sup>						

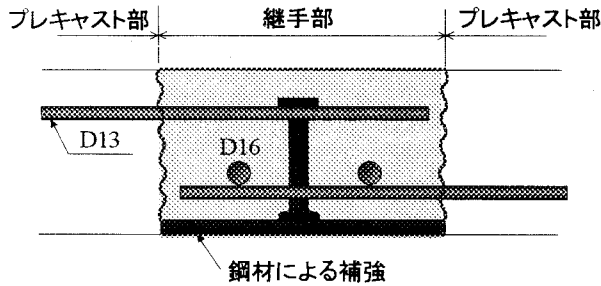


図-8 継手部の配筋の一例

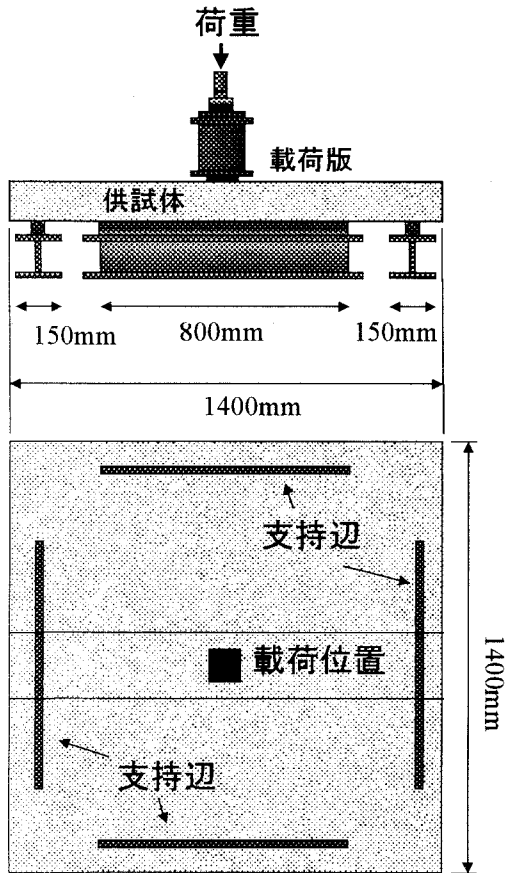


図-9 荷重方法

## 2.2 荷重方法

供試体 A1~D2 は、支持条件を浮き上がり防止を設けない4辺単純支持とした。支持辺は長さ 80cm、直径 5cm の丸鋼棒を用い、床版の各辺中央部分直下に配置した。

荷重は、図-9 のように供試体の中央部分に 10×10cm の正方形ゴム板を介して載荷した。ただし供試体 E1 についてはこのうち 1 辺を取り除いた 3 辺単純支持とし、プレキャスト床版の自由縁近傍に載荷されるように設置した。たわみは供試体の載荷点すなわち供試体の中央部分で測定した。また、継手部分における主鉄筋のひずみ分布を測定した。

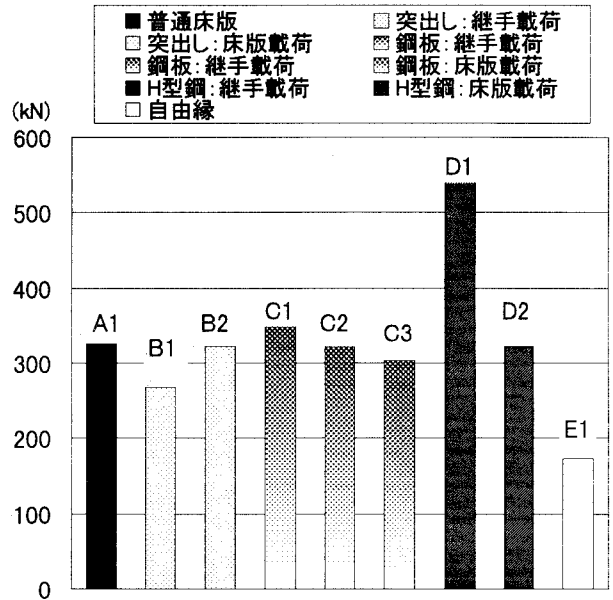


図-10 押抜きせん断耐力の比較

## 3. 結果および考察

### 3.1 静的押抜きせん断強度

図-10 に各供試体の押抜きせん断強度試験結果を示す。破壊形態はいずれも押抜きせん断破壊であった。普通床版 A1 では 325.4kN の耐力を示した。これに対して単純に突出し継手を設けた場合の B1 では、約 20% の強度低下になる。

鋼板を合成して補強をした C1 は、350.2kN と普通床版よりも 25kN 程度大きな耐力を示し、H型補強を行った D1 については、継手長を 15cm と短くしたにも関わらず、543.6kN と普通床版の 2 倍近くの耐力を示した。すなわち、これらの補強構造は継手部の補強に対して極めて有効に作用しているといえる。

また、支持辺まで補強材を到達させない場合については、これまでの研究結果<sup>2)</sup>では、鋼板補強の場合で約 10% の強度低下、H型鋼補強の場合で約 17% の強度低下が確

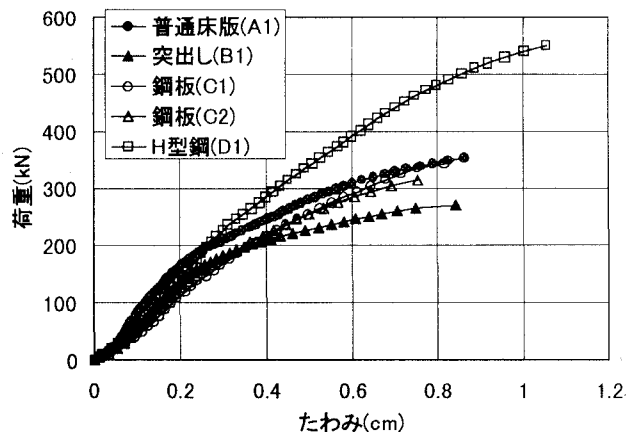


図-11 荷重とたわみの関係

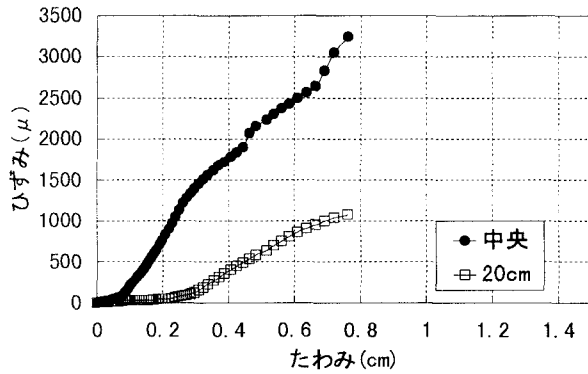


図-12 ひずみとたわみの関係  
(突出し継手: B1)

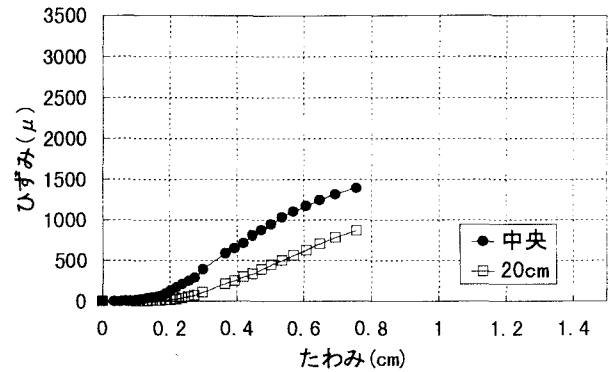


図-14 ひずみとたわみの関係  
(鋼板補強継手: C2)

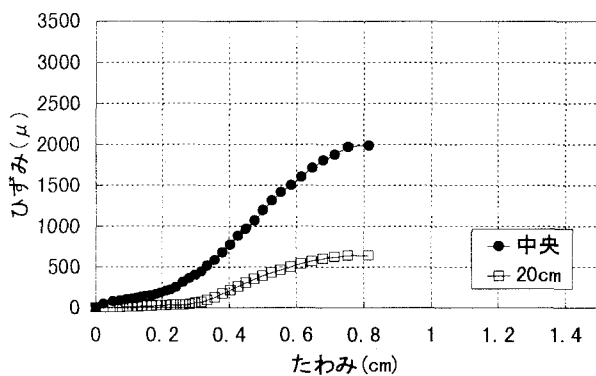


図-13 ひずみとたわみの関係  
(鋼板補強継手: C1)

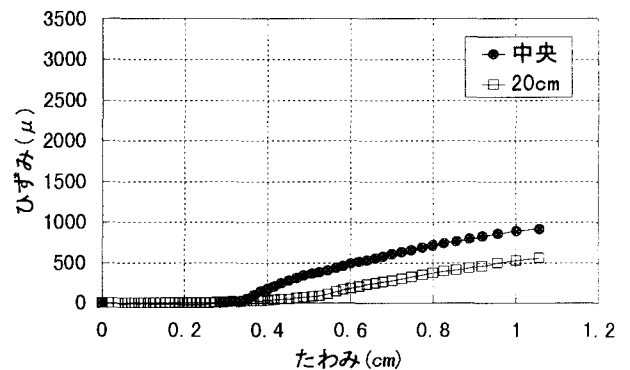


図-15 ひずみとたわみの関係  
(H型鋼補強継手: D1)

認できている。しかしながら、継手部分をずらしてプレキャスト部分に載荷した B2 の 322.9kN、および C3 の 302.8kN のように、普通床版に対してもあまり遜色のない強度を示している。

すなわち、自由縁の供試体 E1 が 174.0kN と他の供試体と比較して大きく強度低下していることも考慮すると、弱点部である継手が存在しても、継手部に荷重がかからない場合は、継手の存在は必ずしも弱点とはならず、押抜き強度は低下しないといえる。

### 3.2 荷重とたわみの関係

図-11 に荷重と床版中央部すなわち載荷位置のたわみの関係を示す。H型鋼補強の床版の剛性が高いことがわかる。次に剛性が高かったのは普通床版であり、最も剛性が小さかったのは補強材を合成していない突出し継手床版であった。鋼板により補強を行ったものは、普通床版と同程度の剛性を示した。

この原因としては、継手が存在する場合は、床版部と継手部にずれが生じていることが考えられる。

また前述の押抜きせん断耐力の比較結果から、剛性の大きさが終局耐力の大きさに影響を及ぼしていることが確認できる。

### 3.3 たわみとひずみの関係

図-12~15 にたわみと継手部分における主鉄筋のひずみとの関係を示す。この主鉄筋は、橋軸直角方向に配置されたものである。各図において載荷点直下と載荷点から 20cm 離れた位置におけるひずみを比較した。

同じたわみ量におけるひずみを比較することにより、ひずみの大きさが場所によって異なるほど、すなわち中央部のひずみが 20cm 離れた位置のひずみより大きいほど、床版としての変形が載荷部の近傍に集中していると判断することができる。

突出し継手の場合が最もひずみ差が大きく、載荷部近くで大きく変形していることがわかる。またH型補強継手の場合が最もひずみ差が小さく、継手あるいは床版全体で変形することにより押抜きせん断荷重に抵抗しているといえる。すなわちせん断応力に対する抵抗として作用する断面積が大きくなり、このことが終局耐力の増加に影響していると思われる。

鋼板補強継手の場合は、突出し継手とH型鋼補強継手の中間的な挙動を示した。

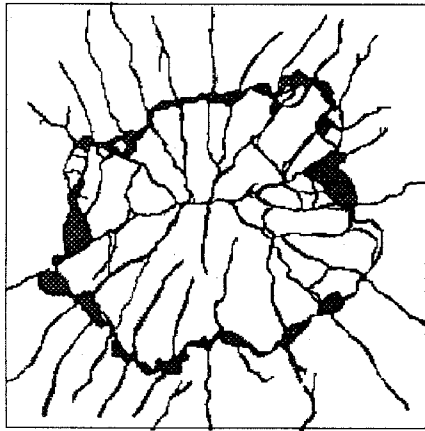


図-16 押抜き試験後のひび割れ図  
(普通床版：A1)

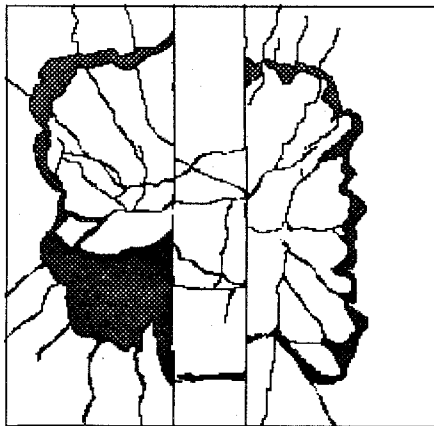


図-17 押抜き試験後のひび割れ図  
(せん断キー有り，突出し継手：B1)

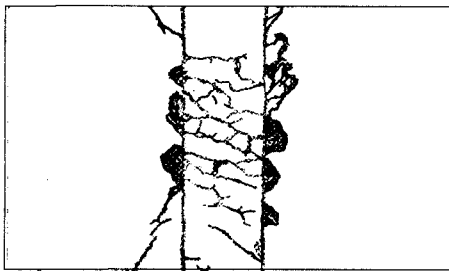


図-18 押抜き試験後のひび割れ図  
(せん断キー無し，突出し継手)

### 3. 4 せん断キーの影響

図-16～18 に破壊後の供試体を下側（引張側）から観察した主要ひび割れの様子を示す。図-16 は、普通床版（供試体 A1）のものであり、典型的な押抜きせん断破壊の様子が確認できる。

図-17 は今回行った実験のうち、補強材のない突出し継手（供試体 B1）であり、普通床版とほぼ同様の破壊形状を示していることから、せん断キーが有効し、せん断応力が十分にプレキャスト部へ伝達されていることが確

認できる。

図-18 は昨年度に押抜きせん断試験を行った床版<sup>2)</sup>であり、この打継目はせん断キーを設けない打放し仕上げのマッチキャスト方式によるものである。破壊形態からせん断応力はプレキャスト部まで伝達されていないことがわかる。

これらは全体的な形状も異なるが、構造的に最も違うのは、継目部分のせん断キーの有無であることから、せん断キーを設けた場合には、押抜け部分が全体的に広がり、せん断応力がプレキャスト部分に十分に伝達されるといえる。

## 4. 結論

本研究で得られた結論を以下に要約する。

- (1) 継手部に補強材としてH型鋼を合成する構造は、强度的に普通床版よりも强度的に大幅に改善される。
- (2) 强度的に弱い構造形態の継手を有する床版においても、継手以外の床版部に載荷した場合は、押抜きせん断耐力の低下はほとんどみられない。
- (3) 継手部の剛性を高めることで終局耐力が増加する。
- (4) せん断応力はせん断キーを設けることにより、載荷部である継手部から床版部まで効果的に伝達される。

## 参考文献

- 1) 今井：最近の合成床版工法，コンクリート工学 Vol.33, No.8, 1995.5
- 2) 松尾，浜田，山本，阿部：PC 床版の継手部分の押抜きせん断耐力に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20, No.3, 1998
- 3) 山本，浜田，野村，松尾：床版継手部の押抜き強度に関する一実験，コンクリート工学年次大会論文集，Vol.19, No.2, pp.1311-1316, 1997