

プレキャスト合成床版実用化のための継手部構造の検討

On the Detail of Field Joint of Steel Plate in Precast Composite Slab

深沢 恵志*、松本 繁*、藤井 堅**

Keiji FUKAZAWA, Shigeru MATSUMOTO and Katashi FUJII

*三井造船株式会社 鉄構建設事業本部 技術部 (〒104-8439 東京都中央区築地 5-6-4)

**工博 広島大学助教授 工学部第四類(建設系) (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1)

The purpose of this paper is to present the practical field joints of steel plate in precast composite slabs. Though precast composite slabs have a lot of merits, the weakest point of them is the field joint between each precast slab, whose the tensile stress of steel plate must be transferred to the neighbor smoothly and firmly. In this paper, three types joint of steel plate in precast composite slabs are introduced and compared about their ultimate and fatigue strength.

key words : precast , composite slab , joint

1. はじめに

道路橋の床版は、舗装や伸縮継手とともに車両の輪荷重の影響を直接受ける部材であるため損傷が生じやすく、この現象は、近年の車両の大型化および交通量の増大にともない、より顕著になる傾向にある。また、最近の橋梁合理化による小主桁化の影響で、従来の床版に比べ、長い床版支間に耐えうる床版が求められるようになってきている。その一方、橋梁業界全体に共通する現場熟練技術者の不足や高齢化の問題についても今後より深刻化することが懸念されている。このような状況のなか高品質で施工性がよく、経済的に優れたプレキャスト合成床版の活用が注目されている。これは構造部材である鋼とコンクリートをずれ止めにより合成させたもので、各パネルを工場にて製作後、架設現場にてパネル間の連結を行うことで床版を構築するものである。しかしながら、多くの利点を持つプレキャスト床版では、床版間の連結部が最も大きな弱点といえ、現場での作業性、施工性も含めて、この改善が工学的重要な課題となっている。

本論文では、現場作業となる連結部の改善を目指して、床版下面に鋼板を有する合成床版の床版継手構造について3案考案し、疲労強度確認試験ならびに耐荷力試験を行い、その実用性について検討した。

2. 継手構造

プレキャスト合成床版の継手構造は、鋼板応力をいかに隣の鋼板に伝達するかということはもちろん、現場作業性を考慮すれば足場を不要とするのが望ましい。すなわち、

橋上面からだけの作業で連結できる構造が要求される。以下に考案した3種類の継手構造ならびに継手を設けない床版の構造について概要を示す。

(1)タイプA：高力ボルト引張接合継手

図-1に示すとおり床版下面の鋼板にL形鋼を溶接し、そのフランジどうしを高力ボルトにて接合する。継手部に作用する曲げ引張力を、高力ボルトの軸方向引張力によって応力伝達を行う接合形式の継手構造である。

(2)タイプB：高力ボルト摩擦接合継手

図-2に示すとおり鋼板に溶接したL形鋼のウェブを添接板を介して高力ボルトにより接合する。継手部に作用する鋼板の引張力を、添接板の摩擦抵抗によって応力伝達を行う接合形式の継手構造である。

(3)タイプC：鉄筋+ジベル接合継手

図-3に示すとおり鋼板に溶植したスタッドジベルの間に鉄筋を挿入する。継手部に作用する鋼板の引張力をスタッドジベルに作用する水平せん断力と、鉄筋とコンクリート間の付着力により生じる鉄筋引張力によって応力伝達を行う接合形式の継手構造である。

(4)タイプD：継手なし

図-4に継手を設けない床版の構造図を示す。本床版は底面鋼板とコンクリートのずれ止めによりL形鋼を用いた構造の合成床版である。上記継手では、タイプAおよびB、Cは橋の上面からの作業のみで連結できる構造となっている。

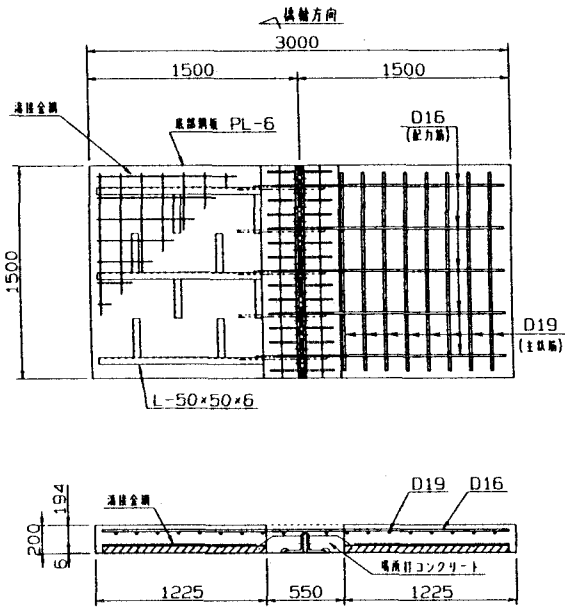


図-1 タイプA：高力ボルト引張接合継手

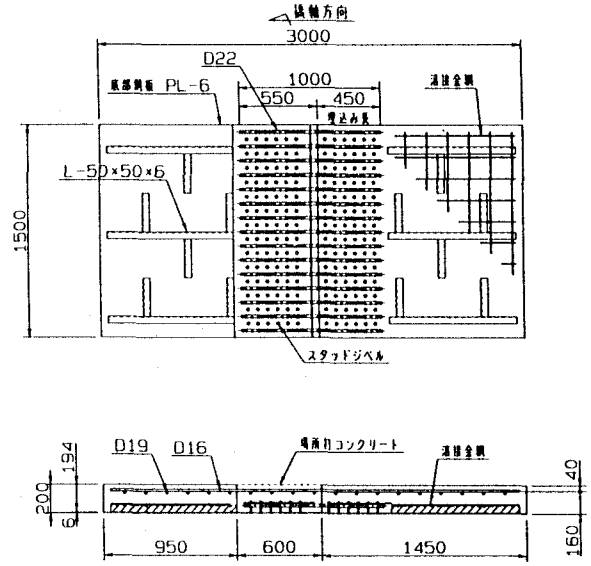


図-3 タイプC：鉄筋+ジベル接合継手

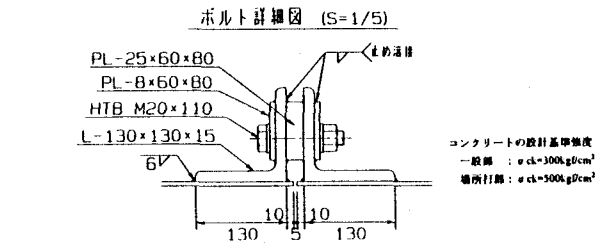


図-2 タイプB：高力ボルト摩擦接合継手

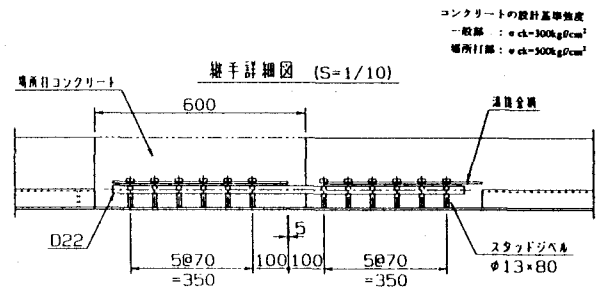
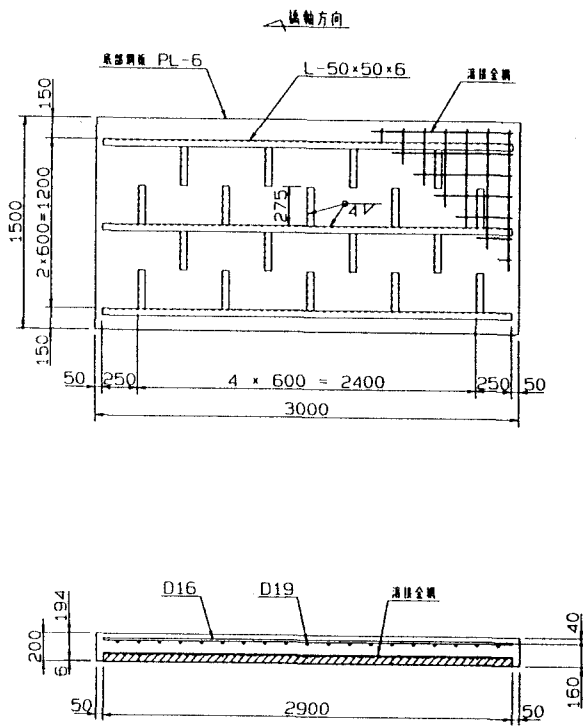
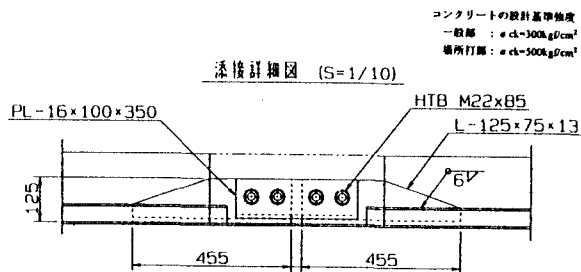
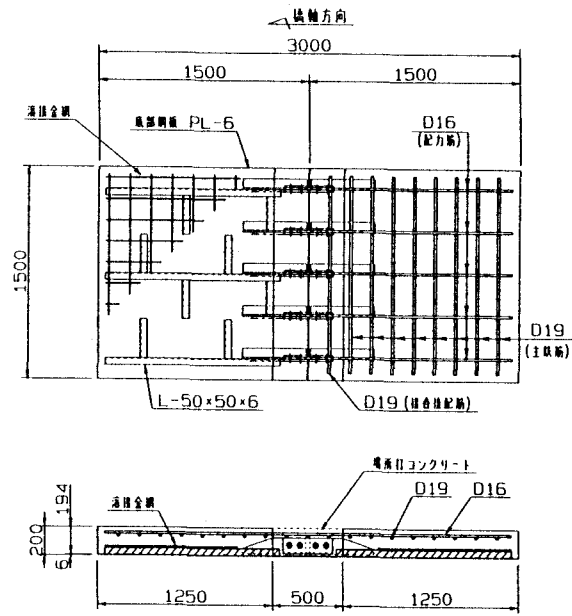


図-4 タイプD：継手なし



4. 耐力試験

(1) 実験概要

疲労強度試験終了後、破壊荷重までの静的載荷実験を行った。実験は供試体1体ごとに行い、載荷位置および支持条件等については疲労強度確認試験と同様とした。実験装置の概要ならびに実験状況について図-9、10に示す。

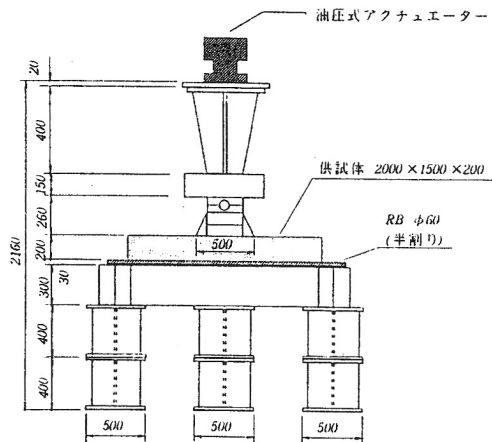


図-9 実験装置概要図

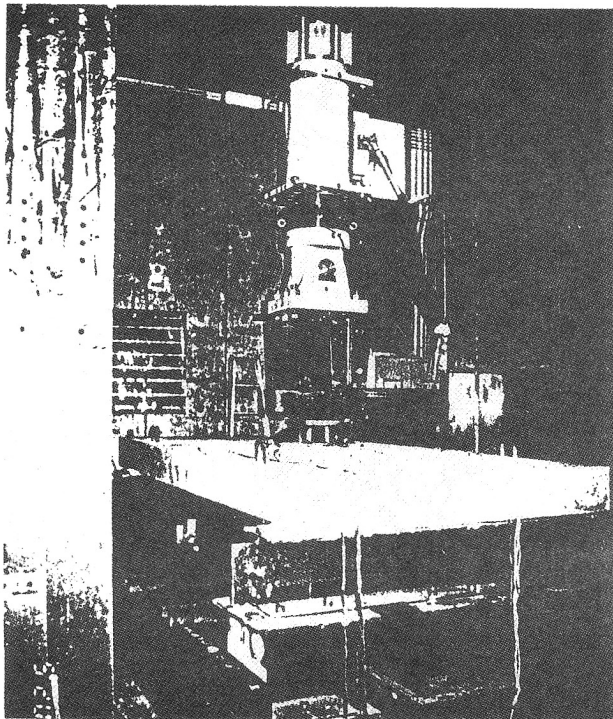


図-10 実験状況

(2) 試験結果および考察

a) 残存耐力

各供試体の残存耐力を把握するにあたり、継手部の終局曲げモーメント M を、完全合成とした合成床版の降伏曲げモーメント $M_y (=39.7\text{tf}\cdot\text{m})$ 、終局曲げモーメント $M_u (=42.6\text{tf}\cdot\text{m})$ と比較した。表-1に残存耐力を示す。な

お、計算にあたっては、材料試験結果より得られた鋼板の引張強度 $f_y=2800\text{kgf/cm}^2$ 、コンクリートの圧縮強度 $f_{ck}=393\text{kgf/cm}^2$ を用いた。

表-1 供試体の降伏曲げモーメント比 M/M_y と終局曲げモーメント比 M/M_u

	タイプA	タイプB	タイプC	タイプD
M/M_y	0.87	0.56	0.66	1.00
M/M_u	0.94	0.60	0.71	1.08

b) 供試体中央部のたわみ

供試体中央部のたわみと曲げモーメントの関係を図-11に示す。図中の曲げモーメント M は完全合成とした合成床版の降伏曲げモーメント M_y と、終局曲げモーメント M_u を用いて無次元化してある。以下では、この無次元化された曲げモーメントを用いて比較を行う。タイプBにおいて $M/M_y=0.5$ 付近で鋸刃状の挙動が現れているが、これは継手部のボルトのすべりによるものである。タイプDの $M/M_y=1.0$ からの荷重の急激な減少はコンクリート表面の圧壊による。継手剛性の面ではタイプAが最も大きく、以下タイプC、Bの順となる。タイプBとCを比較するとタイプCの変形は大きい、タイプB以上の強度を有しているのがわかる。

c) タイプAの高力ボルトの軸ひずみ

高力ボルトの軸ひずみと曲げモーメントの関係を図-12に示す。図中のひずみは高力ボルトの初期導入軸力による軸ひずみ 2865μ を考慮している。図-12より載荷初期において実験値はコンクリートと鋼板が完全剛性とした場合に対応するボルトの軸ひずみと一致している。高力ボルトの伸びに伴い継手剛性は低下するが、 $M(A)/M_u=0.87$ 、 $M(A)/M_y=0.94$ と継手部は十分な継手強度を有していると判断できる。 $M(A)/M_y=0.4$ 付近からボルトのひずみ増加が大きくなるが、これは高力ボルトが降伏したためと推察される。

d) タイプCの鉄筋の軸ひずみ

鉄筋の軸ひずみと曲げモーメントの関係を図-13に示す。図-13より載荷初期において、実験値はコンクリートと鋼板が完全合成とした場合のはり理論値と一致している。これは鋼板の引張力が鉄筋へスムーズに伝達されていると考えられ、鉄筋とコンクリート間には十分な付着が確保されていると思われる。また、 $M(C)/M_u=0.71$ 付近で鉄筋が降伏し、これに起因して曲げ破壊に至ったと考えられる。また、 $M(C)/M_y=0.2$ 付近からひずみ増加が大きくなるのは、供試体中央部から発生したコンクリートの曲げひび割れによって断面剛性が低下し、鉄筋の引張応力の分担が増加したためと考えられる。

M/Mu M/My

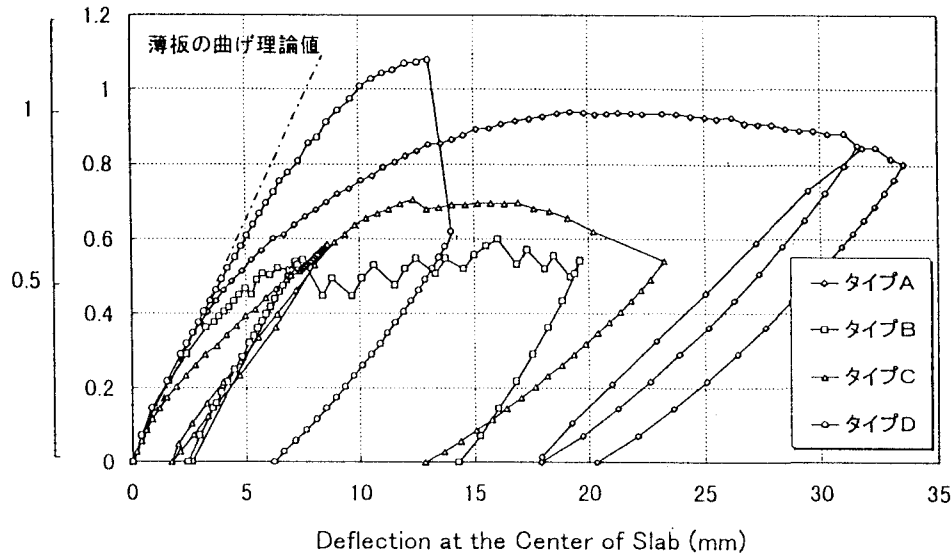


図-11 供試体中央部のたわみと曲げモーメントの関係

M(A)/Mu M(A)/My

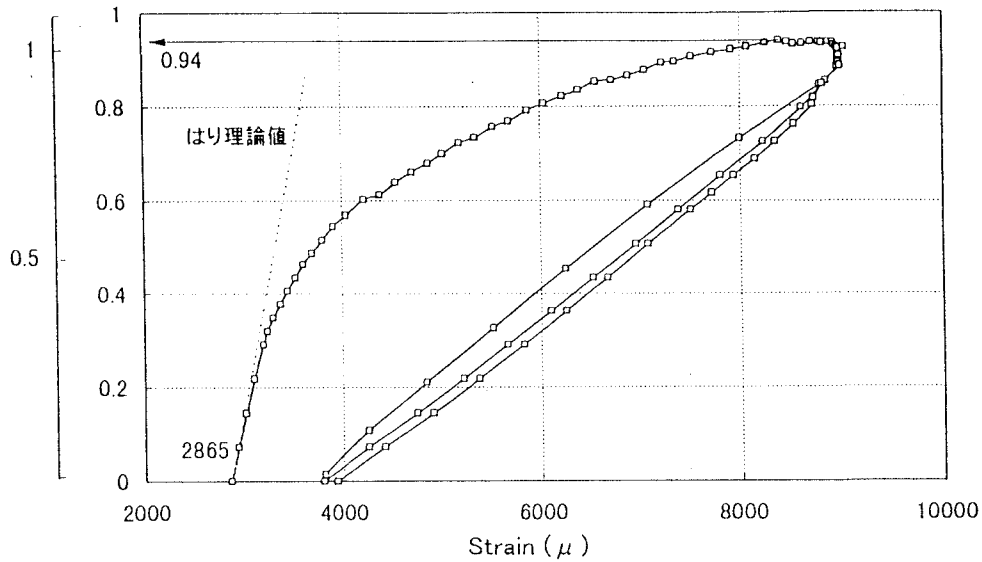


図-12 高力ボルトの軸ひずみと曲げモーメントの関係

M(C)/Mu M(C)/My

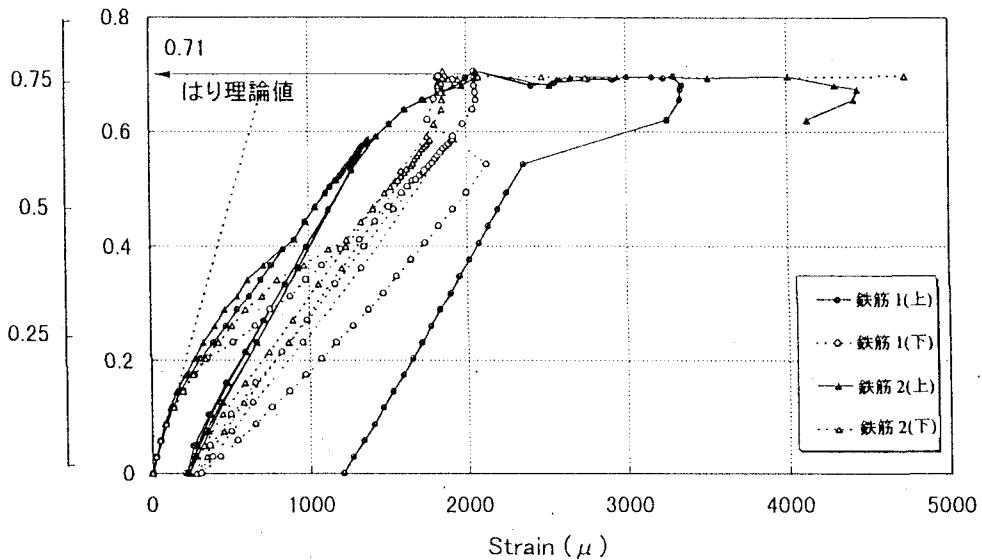


図-13 鉄筋の軸ひずみと曲げモーメントの関係

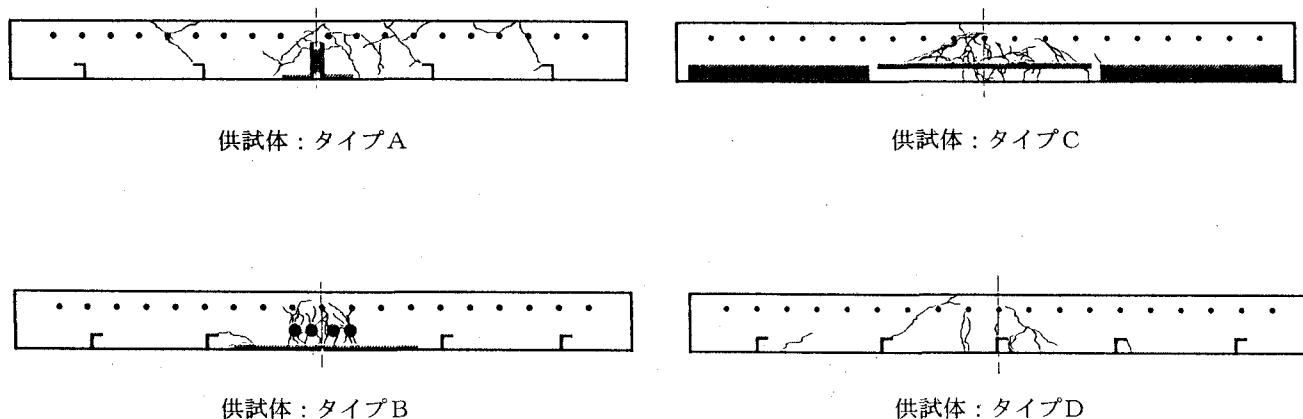


図-14 ひび割れ状況

(3)崩壊性状

耐荷力試験終了後の各供試体側面のひび割れ状況を図-14に示す。タイプAは高力ボルトの伸びに伴うL形鋼に沿ったひび割れが発生した後、L形鋼の頭部で剥離ひび割れが水平に進展している。タイプBは床版内部で継手部にボルトの滑りに起因するひび割れが集中している。タイプCはジベル頭部および鉄筋に沿った剥離ひび割れが水平方向に進展している。継手部のないタイプDの最終的な破壊形式は鋼板の降伏によるコンクリートの圧壊である。

5. おわりに

床版下面に鋼板を有するプレキャスト合成床版について3種類の継手構造を考案し、疲労強度確認試験および耐荷力試験を行い、その特性について検討を行った。本検討によって得られた結論は以下のとおりである。

(1)疲労強度確認試験

3タイプ全てについて、ひび割れは発見されず、供試体のたわみ、ひび割れ、ひずみ性状においても目立った変化は見られなかった。このことから本形式の継手構造は設計曲げモーメントに対して十分な疲労強度を有していると考えられる。

(2)耐荷力試験

供試体タイプAについては、強度および変形性能ともに他のタイプに比べ優れており、十分に実用性があると判断できる。供試体タイプBについては、タイプAに比べて7割程度の強度しかなく、突然滑りを生じて急激に荷重が低下することから実用には適さないといえる。供試体タイプ

Cについては、他のタイプと比較すると変形は大きいですが、タイプAと比較しても8割程度の強度を有している。

(3)評価

実用性を考える場合、強度のみならず施工性についても重要な判断要素となる。タイプAならびにタイプBはともに現場にてボルト接合を行った後、接合部のコンクリートを打設する構造であるため、コンクリートを打設するだけで継手を構築するタイプCに比べ、施工性に劣る。また、タイプAとタイプBを比べた場合、ボルトの添接箇所数がタイプBの方が多く、鋼板に目違いが生じ易い構造であることなどから、タイプAの方が施工上、有利であると考えられる。各継手タイプの疲労強度、耐荷力ならびに施工性についての検討結果を表-2にまとめる。これより、強度ならびに施工性について総合的に評価すると、タイプCの継手が実用の可能性が大きいと判断できる。

表-2 各継手の評価

	疲労強度	耐荷力	施工性	総合評価
タイプA	○	◎	△	○
タイプB	○	△	△	△
タイプC	○	○	◎	◎

◎：優れている、○：普通、△：やや劣る

参考文献

1)岩村・藤井・江川・松本：プレキャスト合成床版実用化のための継手部構造の検討、土木学会第52回年次学術講演会講演概要集 第1部(A)、1-A184、1997.9