

論文 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

松尾栄治^{*1}・浜田純夫^{*2}・山本 孝^{*3}・阿部宗人^{*4}

要旨：橋梁にプレキャスト床版を用いる場合に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種々あるが¹⁾、継手部は強度的に弱点となる事が多いにもかかわらず、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のが実状である。

そこで本研究では、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が要求されており、本研究においては継手部分を合成構造にし、継手部の簡素化と強度の向上を期待した構造形式を試作し、研究供試体とした。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するために波形形状を用いた場合の比較検討を行った。

キーワード：PC 床版、押抜きせん断強度、継手、たわみ、ひずみ、せん断キー

1. まえがき

橋梁用プレキャスト床版の接合方法は大別して PC 鋼材で緊張しプレストレスを与える方法と張出した鉄筋を後打ちコンクリートで埋込む方法によるものがある。プレストレスを与える接合方法は大きな接合力が期待できるが、部分的な損傷を受けた際床版の取替えが困難である。鉄筋による接合方法は施工が容易であるものの、床版間の継手部分が強度的な弱点となる。

筆者らのこれまでの研究⁴⁾では鉄筋による接合

方法のうち、継手形態をループ状にすることにより、そのまま鉄筋を張り出したラップ継手よりも床版の押抜きせん断強度が大幅に増加すること、あるいは継手区間長を短く取れることなどを明らかにした。

本研究では、押抜きせん断強度の検討を行うために図-1 のように橋軸直角方向にプレストレスを導入した矩形プレキャスト床版に、橋軸方向に継目を設け、各種継手構造において静的押抜きせん断強度を求めた。

本研究で用いたプレキャスト床版は通常の鉄筋を張り出し、コンクリートを後打ちした継手方法を適用した。一般に接合部は弱いので、補強のために鋼板あるいは鋼梁との合成構造とした。さらにプレキャスト床版はせん断抵抗を増すためにせん断キーをつけた。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、その力学特性を明らかにした。

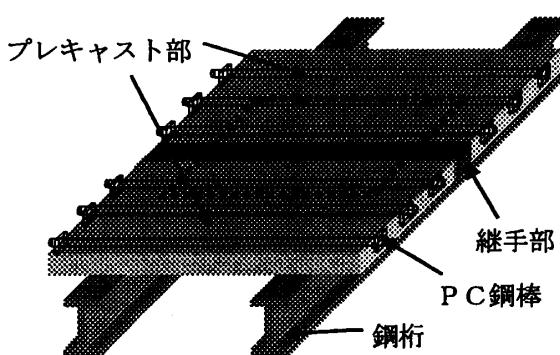


図-1 継手を有する床版例

*1 山口大学助手 工学研社会建設工学科, 工博 (正会員)

*2 山口大学教授 工学部社会建設工学科, Ph.D. (正会員)

*3 五洋建設㈱, 工修 (正会員)

*4 ㈱ピー・エス 技術研究所所長, 工博 (正会員)

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	形状	PC	寸法	スパン1	スパン2	継目	破壊荷重	平均
A-1	—	普通	—	正方形	橋軸直角方向	140×140×13cm	120cm	120cm	—	294.0kN 356.7kN	325.4kN
A-2	—	普通	—	正方形	橋軸直角方向	140×140×13cm	120cm	120cm	—	294.0kN 356.7kN	325.4kN
B-1	20cm	突出し中継手	なし	正方形	橋軸直角方向	140×140×13cm	120cm	120cm	波形	287.1kN 269.5kN 247.9kN 265.6kN	267.5kN
B-2	20cm	突出し中継手	なし	正方形	橋軸直角方向	140×140×13cm	120cm	120cm	波形	287.1kN 269.5kN 247.9kN 265.6kN	267.5kN
B-3	20cm	突出し偏継手	なし	正方形	橋軸直角方向	140×140×13cm	120cm	120cm	波形	318.5kN 327.3kN	322.9kN
B-4	20cm	突出し偏継手	なし	正方形	橋軸直角方向	140×140×13cm	120cm	120cm	波形	318.5kN 327.3kN	322.9kN
C-1	18cm	鋼板中継手	鋼板	正方形	橋軸直角方向	140×138×13cm	120cm	120cm	波形	296.9kN 309.7kN 271.5kN	292.7kN
C-2	18cm	鋼板偏継手	鋼板	正方形	橋軸直角方向	140×138×13cm	120cm	120cm	波形	296.9kN 309.7kN 271.5kN	292.7kN
D-1	18cm	鋼板偏継手	鋼板	正方形	橋軸直角方向	140×138×13cm	120cm	120cm	波形	326.3kN 279.3kN	302.8kN
D-2	18cm	鋼板偏継手	鋼板	正方形	橋軸直角方向	140×138×13cm	120cm	120cm	波形	326.3kN 279.3kN	302.8kN
D-3	13cm	H型鋼中継手	H型鋼	正方形	橋軸直角方向	140×133×13cm	120cm	120cm	波形	262.6kN 277.3kN 272.4kN	270.8kN
E-1	13cm	H型鋼偏継手	H型鋼	正方形	橋軸直角方向	140×133×13cm	120cm	120cm	波形	336.1kN 309.7kN	322.9kN
E-2	13cm	H型鋼偏継手	H型鋼	正方形	橋軸直角方向	140×133×13cm	120cm	120cm	波形	336.1kN 309.7kN	322.9kN
F-1	—	自由縁	—	長方形	橋軸直角方向	140×100×13cm	120cm	なし	—	170.5kN 177.4kN	174.0kN
F-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 に本研究で用いた供試体条件を示す。供試体A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Bは、橋軸方向に20cmの継手区間長を有する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C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Dは、供試体B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。この状態で、載荷位置をプレキャスト部分にする

ために継手位置を中心からずらしたものが供試体Eである。

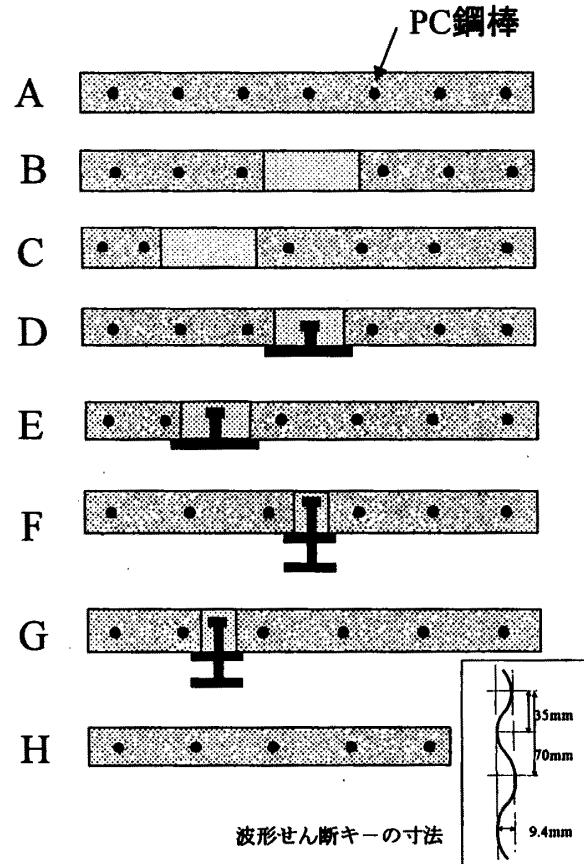


図-2 供試体の主な相違点

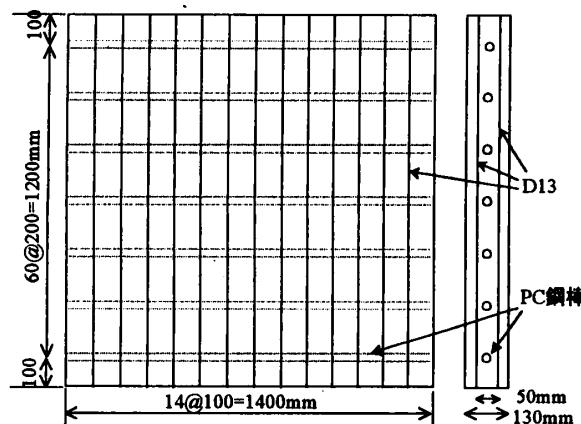


図-3 供試体Aの配筋図

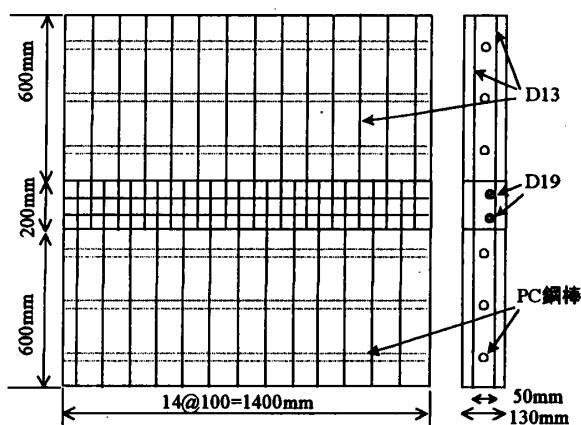


図-4 供試体Bの配筋図

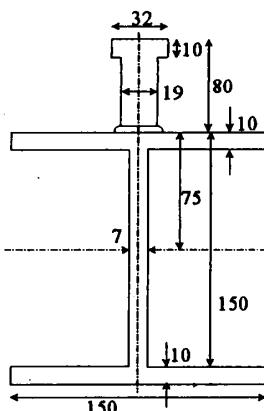


図-5 ジベル付きH型鋼の形状

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
		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 ²						
継目部コンクリートの圧縮強度 : 42.3N/mm ²						

また同様に、補強材にH型鋼を合成したものが供試体F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13cm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Gである。また、比較のために長方形床版である供試体H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。

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日目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/mm²である。図-3～4に供試体AおよびBの配筋図を示す。供試体C～Gは供試体Bに準じて、供試体Hは供試体Aに準じて作成した。

また、図-5にジベル付きH型鋼の形状、寸法

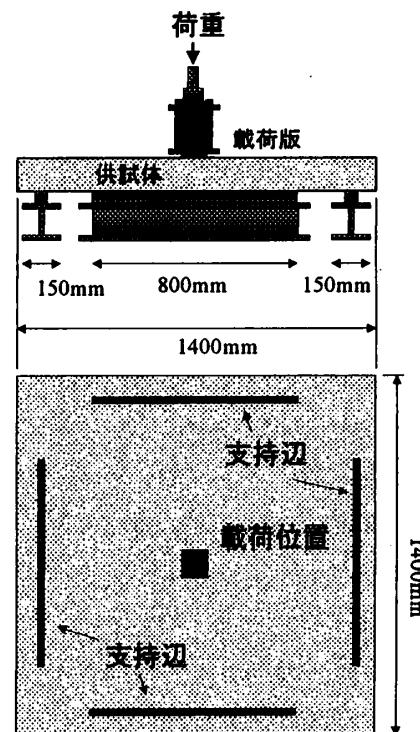


図-6 載荷方法

を示す。H型鋼は $150 \times 150 \times 7 \times 10\text{mm}$ 、ジベルは $\phi 19 \times 80\text{mm}$ である。鋼板の場合は、継手方向の長さを 200mm とし、床版部分へ 10mm ずつ重なるようにした。供試体 D～G におけるジベル間隔は、配筋状態を考慮し 200mm とした。またこれらの補強鋼材は支持辺までは到達しない長さとした。これは、実構造物を想定した場合は支持辺まで到達するべきであるが、本研究では継手部の剛性を高めることのみを目的としたためである。

2.2 載荷方法

供試体 A～G 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。載荷は、図-6 のように供試体の中央部分に $10 \times 10\text{cm}$ の正方形ゴム板を介して載荷した。ただし供試体 H についてはこのうち 1 辺を取り除き、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。

3. 実験結果と考察

3.1 静的押抜きせん断強度

図-7 に静的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。継手を有する床版の継手部分に載荷した供試体 B, D, F の押抜きせん断強度が低下しているのは明らかであり、単に継手を設けた場合は約 20% の強度低下になる。また、鋼板により補強をした場合には、強度低下は 10% 程度に抑えることができる。さらに H 型鋼により補強した供試体 F の場合は、継手区間長を 13cm と極端に短くしたにも関わらず、その強度低下は継手区間長が 20cm の突出し継手と同程度に抑えることができた。すなわち、継手部分の補強が床版の補強に有効的であることを示している。

しかしいずれの継手形態についても、継手位置をずらして床版部に載荷した場合には継目の

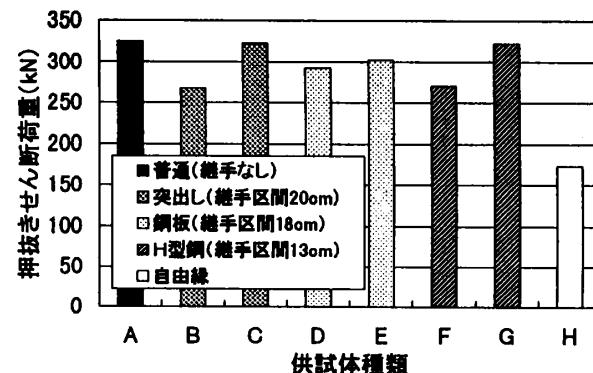


図-7 押抜きせん断強度試験結果

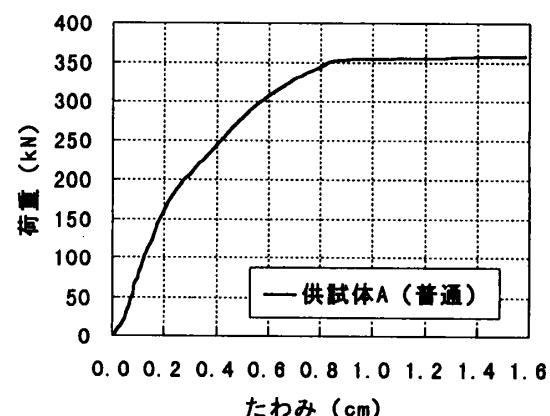


図-8 普通供試体の荷重-たわみ曲線

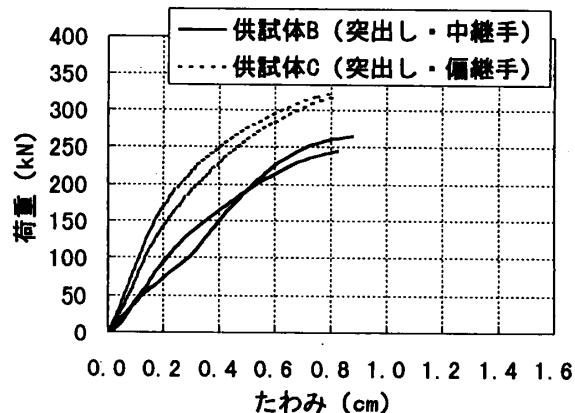


図-9 補強材なし供試体の荷重-たわみ曲線

ない普通床版となんら遜色のない耐力を示している。

3.2 荷重とたわみの関係

図-8～11 に荷重と床版中央部すなわち載荷位

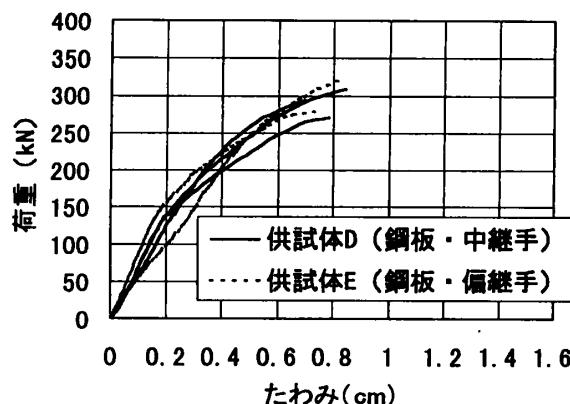


図-10 鋼板補強した供試体の荷重-たわみ曲線

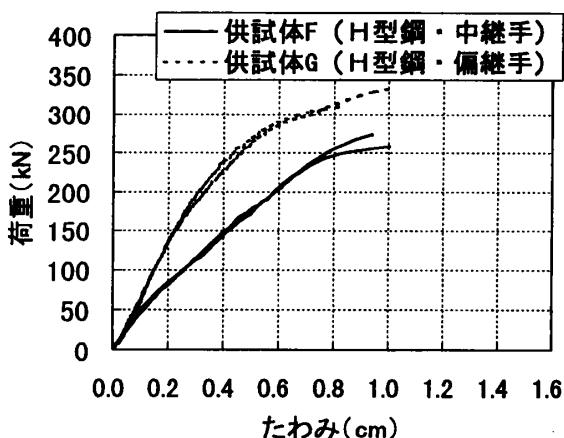


図-11 H型鋼補強した供試体の荷重-たわみ曲線

置のたわみの関係を示す。

荷重に対するたわみが最も小さいのは普通供試体Aである。また、同じ継手構造間で載荷位置（継手位置）による違いを検討すると、突出し継手およびH型鋼補強継手において、床版部に載荷した場合の同一荷重の下でのたわみが制御されている。これに対して、鋼板補強の場合は載荷位置による違いはほとんどみられない。このことは、強度性状の相違点と類似した結果となった。ただし、ほぼ同じ押抜きせん断耐力である供試体A, C, E, Gを比較すると、A, CおよびEがほぼ同程度のたわみ性状で、Gがそれよりもやや大きなたわみを示す。すなわち、継手部分の補強材は、剛性の改善よりも、たわみが出現した後の終局的な強度面および韌性面において補強効果が大きいといえる。

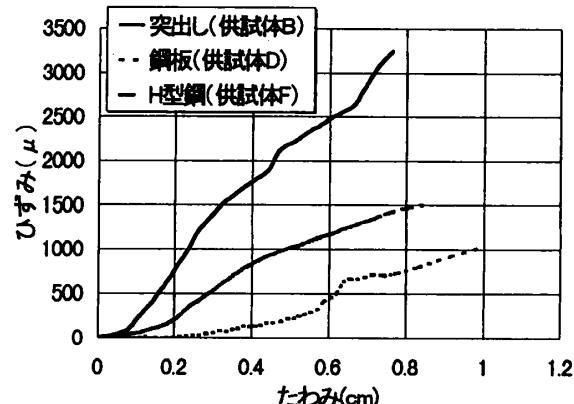


図-12 継手部主鉄筋の載荷板直下位置のたわみとひずみの関係

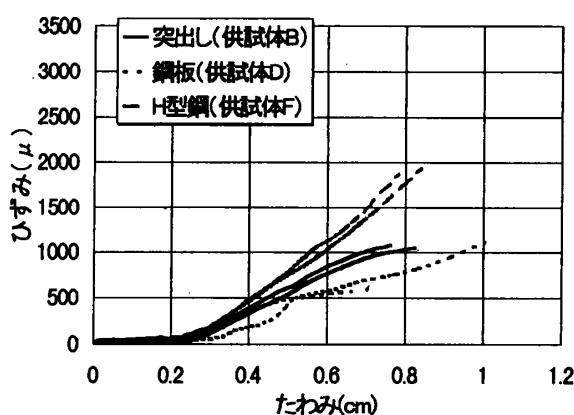


図-13 継手部主鉄筋の載荷板直下から20cm離れた位置のたわみとひずみの関係

3.3 たわみとひずみの関係

図-12～13に、継手部において下側（引張側）に配置した主鉄筋のひずみと床版供試体中央部のたわみとの関係を示す。この鉄筋は、継手軸方向に配置したものであるので、床版全体では橋軸直角方向に配置されたものである。図-12における主鉄筋のひずみは載荷板直下位置のものであり、継手構造の違いが及ぼす影響を比較している。またいずれも継手を供試体の中央部に設けたものであり、終局強度に差がみられたものを比較している。

この図から、同じたわみ量においても、突出し継手（供試体B）の鉄筋ひずみが、補強継手（供試体D, F）の場合より2～5倍の大きさになることが明らかである。

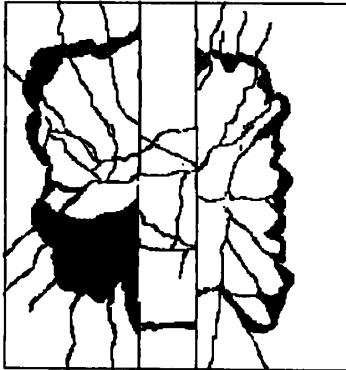


図-14 ひび割れ図 (せん断キー有り)

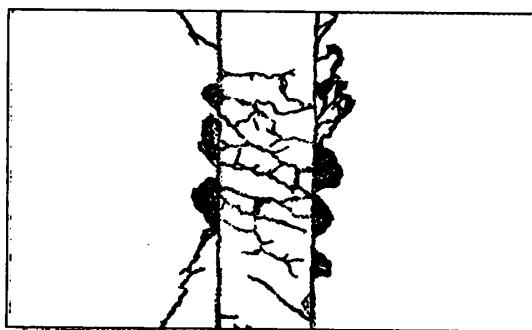


図-15 ひび割れ図 (せん断キー無し)

また同様に、図-13 は載荷板直下から 20cm 離れた位置の主鉄筋のひずみを比較したものである。この図からは、図-12 で確認された主鉄筋中央ほどの供試体間の差異はみられない。

以上のことより、突出し継手床版は載荷部近傍に集中的に変形が生じるのに対して、補強継手床版は全体的な変形により抵抗することができる。またこのことが終局強度の増加に影響を及ぼしているものと考えられる。

3.4 せん断キーの影響

図-14～15 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-14 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 B）であり、図-15 は昨年度に押抜きせん断試験を行った床版⁴⁾である。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。すなわち図-14 は前述のように波形のせん断キーを設けたものであり、昨年度の図-15 の打継目は、打放し仕上げのマッチキャスト方式によるものである。

このようにせん断キーを設けた場合には、押抜け部分が全体的に拡がっており、せん断力がプレキャスト部分に十分に伝達されたことを意味する。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下に要約する。

- (1) 継手を設けた供試体の継手部に載荷したときの強度低下は、継手のない床版の約 20%である。
- (2) 継手部分に補強を行うことは、床版全体の押抜け強度の低下を防止させるのに有効である。特に H 型鋼による補強効果は大きく、継手区間を短くすることが可能である。
- (3) 継手が存在する床版においても、継手部分に載荷を行わない場合には、押抜きせん断耐力の低下は小さい。
- (4) 鋼板や H 型鋼による継手部の補強は、床版の剛性よりも終局強度に対して効果が大きい。
- (5) 補強した継手部を有する床版は、押抜きせん断力に対して継手部全体で抵抗する。

参考文献

- 1) 今井：最近の合成床板工法、コンクリート工学 Vol.33, No.8, 1995.5
- 2) 藤井、梶川、前川、樹谷：プレキャストコンクリートはり接合部の曲げ挙動に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報告集 12-2, 1990
- 3) 中井、川口、柳沼、阪野、鍵和田：プレキャスト R C 床板ループ鉄筋重ね継手の強度、および疲労に関する実験的研究、構造工学論文集 Vol.41A, 1995.3, 土木学会
- 4) 山本、浜田、野村、松尾：床版継手部の押抜け強度に関する一実験、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.1.19, No.2, 1997