

RCループ継手を有するプレキャストPC床版の輪荷重載荷実験

Wheel Running Tests for Pre-cast Pre-stressed Concrete Slab using RC Loop Joints

佐々木保隆*, 八部順一**, 太田貞次**, 内田賢一****, 宮崎和彦****, 西川和廣*****
Yasutaka SASAKI, Junichi YABE, Sadaji OTA, Kenichi UCHIDA, Kazuhiko MIYAZAKI and Kazuhiro NISHIKAWA

*工修 (株)横河ブリッジ (〒273-0026 千葉県船橋市山野町2-7番地)
**工修 川崎重工(株) (〒136-8658 東京都江東区南砂2-11-1)
***工博 (株)宮地鐵工所 (〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町1-5-18)
**** 建設省土木研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)
*****工修 建設省土木研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)

Recently, pre-cast pre-stressed concrete slabs are used for shorting construction periods and reducing works of concrete slab in site. Furthermore, RC loop joints are used for jointing those pre-cast pre-stressed concrete slab panels, because this type joint is no need to set site form-work. But, fatigue durability and final failure mode is not investigated. Authors carried out wheel running tests for partially pre-stressed concrete slab using RC loop joint in order to confirm fatigue durability and final failure mode. Principal results and conclusions are as follows,

- ①Final failure mode became punching shear failure of general part of pre-cast slabs with RC Loop joint or not.
- ②The failure of pre-cast pre-stressed concrete slab using RC loop joint was owing to the change of load distribution due to the damage of RC loop joint. But, final fatigue failure load of specimen with RC loop joint and specimen without is almost same value.
- ③It is concluded that pre-cast pre-stressed concrete slab with RC loop joint has high fatigue durability.

key words : pre-cast pre-stressed concrete slab, wheel running test, RC loop joint, punching shear failure

1. まえがき

近年、工期の短縮と品質・耐久性の向上とを目的に、従来の場所打ち床版に代わり、プレストレスを導入したプレキャスト床版を採用する機会が増えている。プレキャスト床版に関する研究は、プレストレスを導入しない床版のみならず、プレストレスを導入した床版についても、諸外国をはじめ、わが国においても数多く行われ、実橋に適用された事例も多数報告されている。しかし、これまでのプレキャスト床版に関する研究は、静的耐力や設計手法に関するものが多く、損傷原因となる疲労耐久性に関する研究は、最近、輪荷重走行試験機の導入にともない、その研究事例¹⁾²⁾が増えているものの、今なお少なく、十分なデータが得られているとは言い難い。本実験では、現場型枠が不要でかつ鉄筋継手長の低減が図られることにより、その施工実績が増えているRCループ継手を用いたプレキャストPC床版について輪荷重走行実験³⁾⁴⁾を行い、本形式の継手部の疲労耐久性および最終破壊性状について確認した。さらに、継手を設けないプレキャストPC床版についても同様な実験を行ない、

継手の有無による影響を比較検討した。本実験は、(社)日本橋梁建設協会と建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室との共同研究⁵⁾として行ったものである。

2. 実験対象とするRCループ継手構造

本実験で採用した床版構造は、床版支間方向にプレテン方式によるパーシャルプレストレス（フルプレストレスの75%）で設計したプレキャスト床版を対象とし、継手構造にはRCループ継手を採用した。床版支間方向の補強鉄筋量は、配力鉄筋量の1/2とした。実験は床版支間3.2mの連続版を対象とし、正の曲げモーメント部分2.5mを取り出し、単純支持として実験を行った。輪荷重走行による載荷は、16tより4万回往復走行毎に2tずつ階段状に荷重を漸増する方法とした。

床版厚は、道示の最小版厚とRCループ継手の鉄筋曲げ半径から決まる必要床版を考慮し、かつ図-1示すように床版厚と経済的なPC鋼材の配置間隔の関係を検討した。床版支間3.2mの連続PC床版の最小版厚は19cmとなる。しかし、床版厚を極端に薄くした場合、必要と

されるPC鋼材の配置間隔が小さくなり、PC鋼材量が増加する。一方、床版厚が23cmより厚い場合には、PC鋼材の配置間隔が変わらないため、床版厚を厚くすることは経済性につながらないことがわかる。

したがって、床版厚と必要PC鋼材量の検討結果より、支間3.2mの連続PC床版の経済的床版厚は23cmとなる。本実験で採用したRCループ継手の構造詳細を図-2に示す。図-3に継手なし実験供試体、図-4にRCループ継手を有する実験供試体の概要を示す。

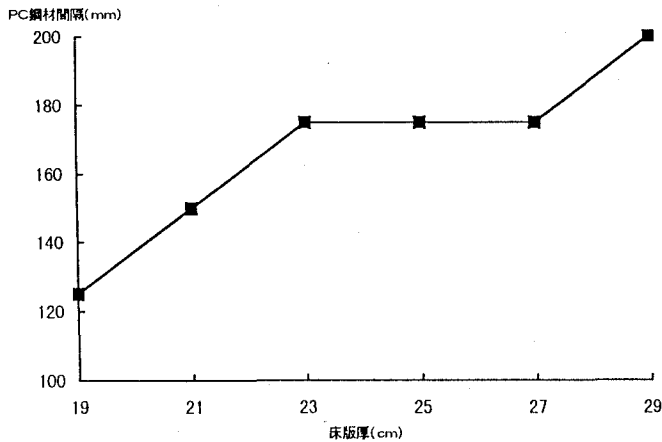


図-1 床版厚とPC鋼材配置間隔との関係

- ① 型枠を兼用したあごの取付部をR=100mmの曲線とし、応力集中を緩和する
- ② 型枠を兼用したあご部にメッシュ筋を配置し、補強する
- ③ 表面凝結遅延剤によるループ部コンクリート表面の目荒し(目標値2mm)を施す

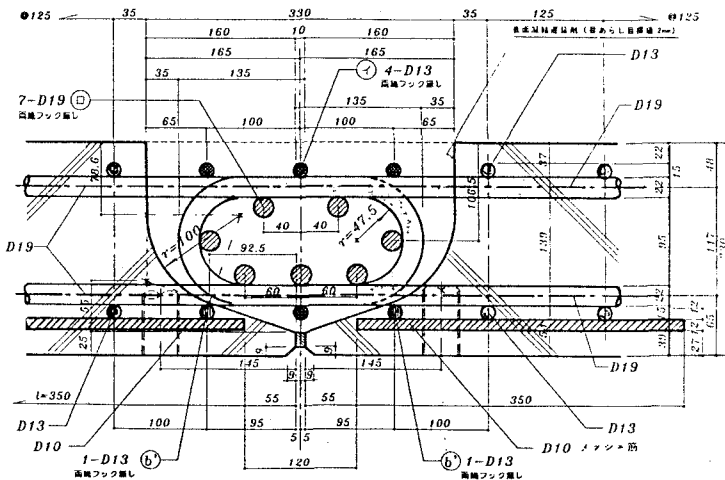


図-2 RCループ継手構造

3. 実験供試体

(1) 材料およびその性質

本実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。コンクリートは早強ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度の $ck=500\text{kgf/cm}^2$ 、スランプは12cm、空気量は4.5%を目標値とし、鉄筋はSD295A(D19,D13)、PC鋼材はPC鋼より線SWPR7B15.2φを使用した。表-2に実験時のコンクリート圧縮強度、弾性係数、ポアソン比、引張強度を示す。表-3に鉄筋およびPC鋼線の力学的特性を示す。

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	空気量 (%)	スランプ (cm)	単量(kg/m ³)				
				水	セメント	骨材	粗骨材	湿和剤
36	41	4.5	12	153	422	752	1,088	2.22

表-2 コンクリートの力学的特性

	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	引張強度 (kgf/cm ²)
RCループ供試体	479	2.71E+05	0.167	30.1
継手部コンクリート	525	2.88E+05	0.176	38.3
継手なし供試体	489	3.02E+05	0.156	28.7

表-3 鉄筋およびPC鋼線の力学的特性

	降伏荷重 (tf)	最大荷重 (tf)	降伏点応力 (kgf/cm ²)	引張強さ (kgf/cm ²)	伸び (%)	公称断面 (cm ²)
鉄筋 D10 SD295	2.74	3.99	3,836	5,599	18.5	0.713
鉄筋 D13 SD295	4.43	6.65	3,494	5,246	21.9	1.267
鉄筋 D19 SD295	10.54	15.62	3,678	5,453	18.6	2.865
PC鋼線 15.2mm SWPR7BL	24.90	26.94	17,950	19,034	7.5	1.387

(2) 供試体

1) 継手なし供試体

図-3にプレテン方式のパーシャルプレストレスを導入した継手なし供試体の一般図を示す。供試体の寸法は、これまでに建設省土木研究所で行われた RC 床版に関する輪荷重載荷実験に合わせ床版支間 2.5m, 橋軸方向床版長 4.5m とした。

2) RCループ継手供試体

図-4にRCループ継手供試体の一般図を示す。床版中央位置にRCループ継手を1カ所設けた供試体を製作した。RCループ継手部のコンクリートは、プレキャストパネルと同様のコンクリートを使用し、同強度のコンクリートを打設し、一体化した。

3. 実験方法

(1) 載荷方法

輪荷重走行実験は、図-5に示すように階段状荷重漸増載荷方法により、16tf より4万回毎に2tf ずつ段階的に荷重を増加させ、供試体が破壊に至るまで行った。具体的な載荷方法は、以下に示すとおりである。

STEP-1: 輪荷重走行実験に先立ち、弾性範囲内における静的載荷実験を行う。載荷荷重は、0~16tf まで2tf 刻みに増加させ、弾性挙動の計測を行う。

STEP-2: 輪荷重 16tf 載荷時と除荷した状態で各々計測を行う。

STEP-3: 輪荷重 16tf より移動載荷を開始する。載荷回数 100回, 1000回, 5,000回, 10,000回, 20,000回, 40,000回走行後に停止し、荷重を除荷し、残留たわみおよび応力の測定を行う。

STEP-4: 以後、載荷回数 40,000回毎に、載荷荷重を16tf より2tf 刻み増加させ、供試体が破壊に至るまで繰り返し載荷を行う。各荷重段階で、荷重載荷時と除荷時の変位および応力の測定を行う。

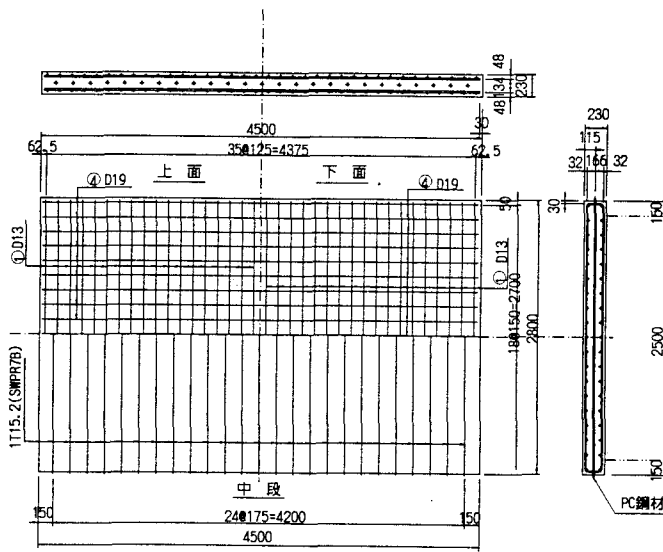


図-3 継手なし供試体 (単位: mm)

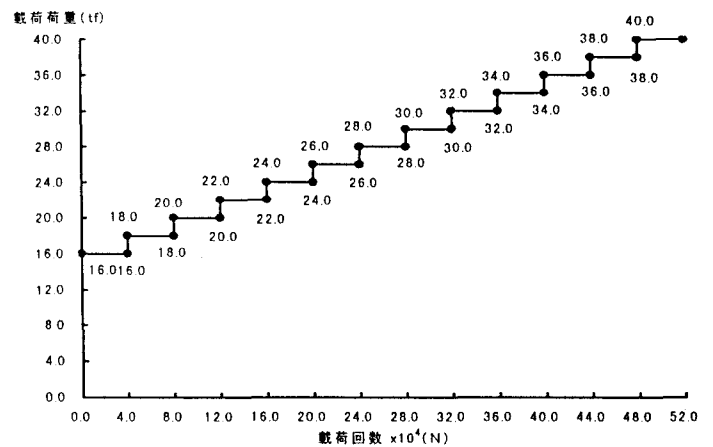


図-5 輪荷重走行実験載荷ステップ

本試験機には、24時間計測が可能となる自動計測システムが用いられており、ひずみ、変位等のデータを自動的にパソコンに取り込むとともに、床版下面に発生するひび割れに関しては、CCDカメラによる画像データを基に、ひび割れ幅、ひび割れ長さ、およびひび割れ密度を算出した。実験時には、常時、動的な変位と応力をモニターした。

(2) 計測方法

輪荷重走行実験におけるPC床版の鉄筋ひずみはひずみゲージ、変位はひずみゲージ式変位計、クラック幅はπ型変位計により測定を行った。

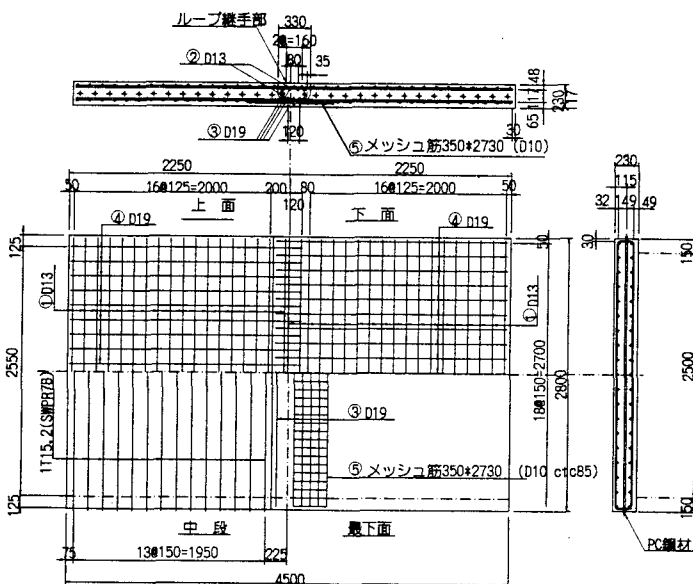
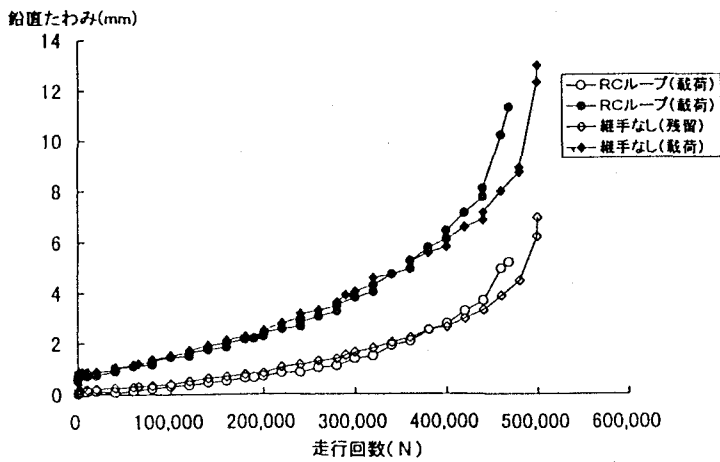


図-4 RCループ継手供試体 (単位: mm)

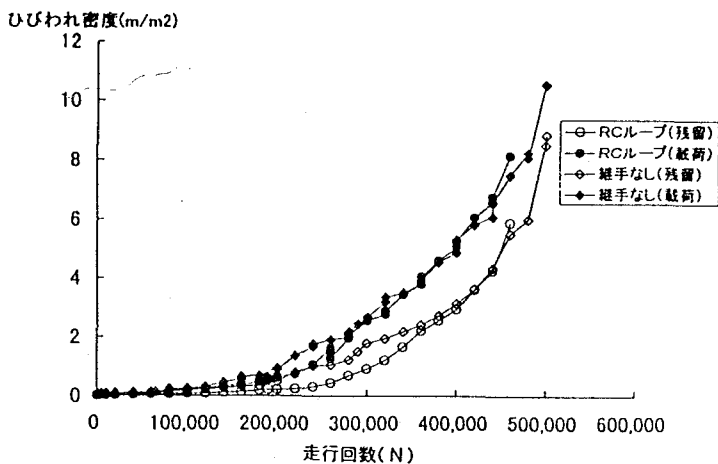
4. 実験結果

図-6に床版中央のたわみとおよび床版下面ひび割れ密度の時系列変化を示す。ひび割れ密度の進展についても、図-7に示すようにほぼ同様な経過をたどった。破壊時の荷重は、継手なし供試体の場合40tf、RCループ継手供試体の場合38tfとほぼ同様な値となる。別途行われた平成8年道示に準拠したRC床版の実験結果28tfに比べ十分な耐久性を有していることが確認された。載荷荷重の増加に伴い図-8に示すようにRCループ継手部中央位置に若干の段差が発生し、主鉄筋と配力筋との荷重分配性状に変化が認められるが、最終的には、図-9に示すように継手なし供試体、ループ継手供試体とも押し抜きせん断破壊を呈した。

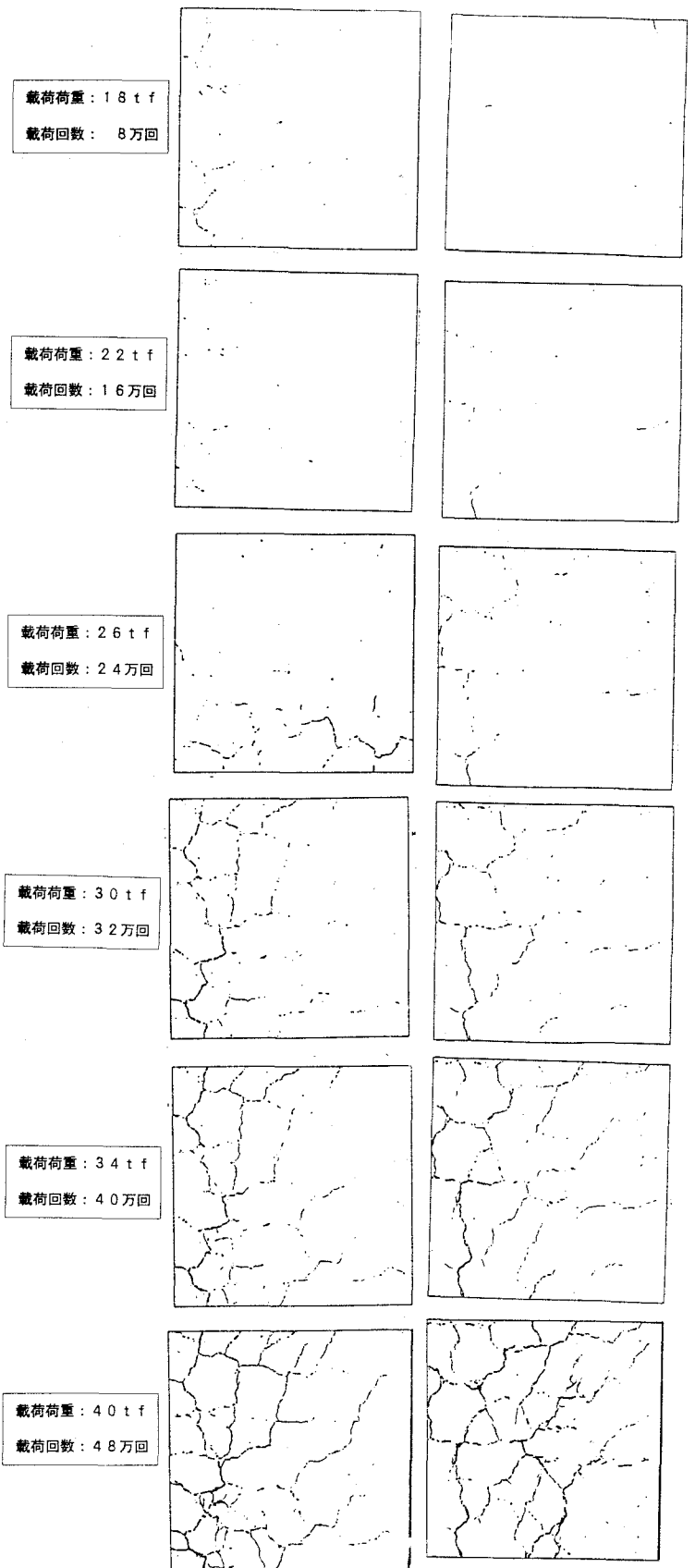
破壊性状から判断すると、ループ継手供試体は、継手部を含む一般部パネル位置で押し抜きせん断破壊し、最終破壊モードにおいて、ループ継手部が構造上の弱点となっていないことがわかる。



(1) 床版中央たわみの時系列変化



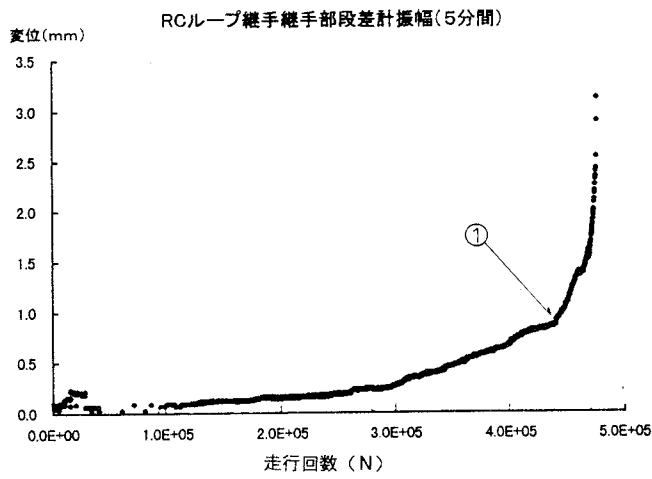
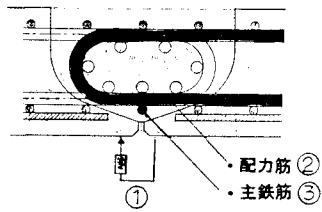
(2) 床版下面ひび割れ密度の時系列変化



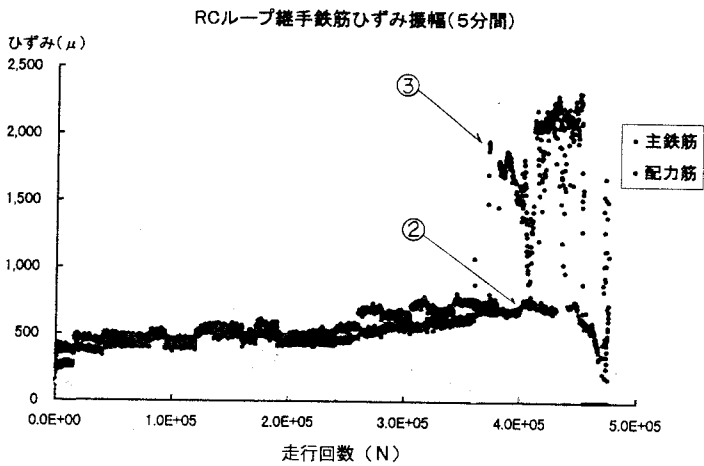
(1) 継手なし供試体 (2) RCループ継手供試体

図-6 床版中央たわみ、ひび割れ密度の時系列変化

図-7 床版下面ひび割れの進展状況

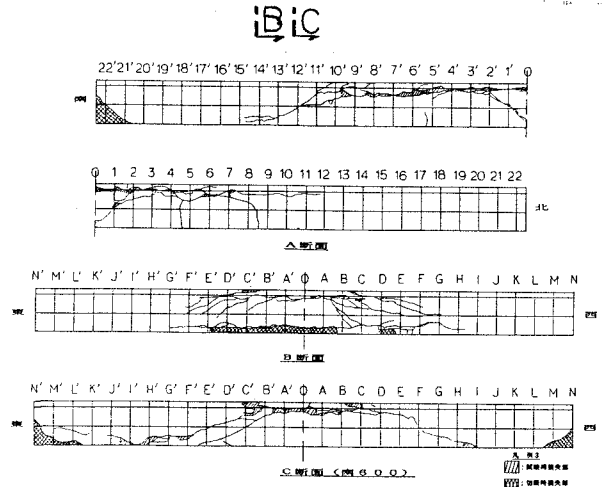
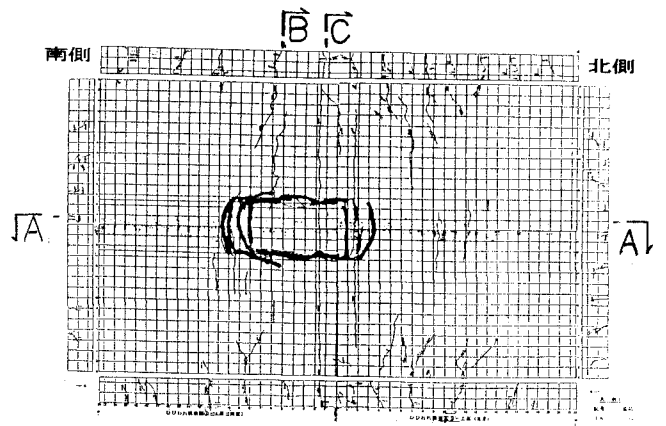
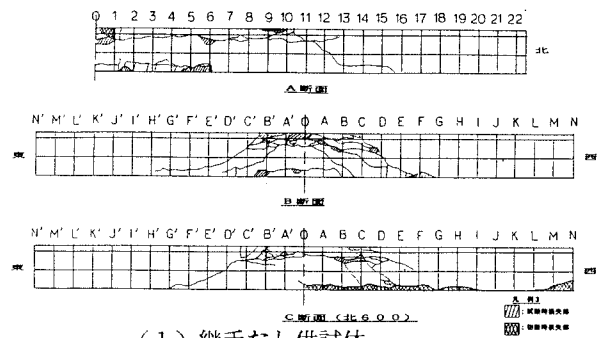
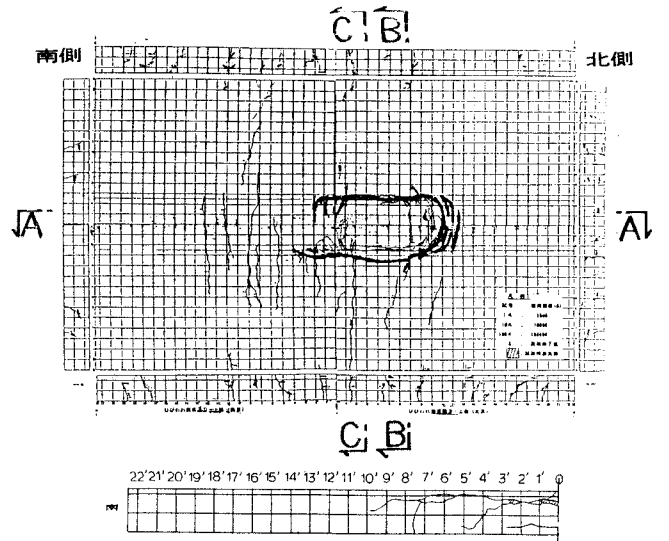


(1) RCループ継手部位差



(2) RCループ継手鉄筋ひずみ

図-8 RCループ継手部の時系列変化



(2) RCループ継手供試体

図-9 最終破壊状況

5. まとめ

本実験は、プレキャストPC床版の現場施工の省力化、工期短縮の観点から、近年、施工実績の増えているRCループ継手構造について、輪荷重走行実験を行うことにより、本形式継手部の疲労耐久性と最終破壊性状の確認を行ったものである。今回のRCループ継手部に着目した輪荷重走行実験結果ならびに既往のRC床版に関する輪荷重走行実験結果を比較することにより、以下の結論が得られた。

- (1) 載荷荷重の増加にともないRCループ継手部のパネル間に若干の段差が発生し、主鉄筋と配力鉄筋との荷重分配性状に変化が認められるが、最終的な破壊性状はRCループ継手部を含む押し抜きせん断破壊を呈し、プレキャストパネルどうしの連続性が確保されていることが確認された。
- (2) 最終破壊荷重は、継手のない実験供試体で40tf、RCループ継手を有する実験供試体で38tfと僅少の差であり、RCループ継手部の損傷が破壊の直接的な原因となっておらず、また、既往のRC床版の輪荷重走行実験結果に比べ、破壊荷重は数段大きい値を示した。したがって、本形式の継手構造は、十分な疲労耐久性を有しており、実用上問題のないものと判断できる。

謝辞：本実験は、(社)日本橋梁建設協会と建設省土木研究所橋梁研究室との共同研究として行ったものである。本実験を遂行するにあたり適切なお助言を頂きました大阪大学松井繁之教授をはじめ道路公団ならびに(社)日本橋梁建設協会の関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

参考文献

- 1)松井繁之：床版の技術開発－耐久性の向上，施工合理化－，橋梁と基礎，97-8，pp.84-94
- 2)内田賢一・西川和廣・神田昌幸：輪荷重走行試験機による道路橋床版の疲労試験，土木学会第51回年次学術講演会，pp.998-999,平成8年9月
- 3)西川和廣：ライフサイクルコストを最小にするミニマムメンテナンス橋の開発，橋梁と基礎，97-8,pp.68-69
- 4)松井・角・向井・北山：RCループ継手を有するプレキャストPC床版の移動最試験，第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集,pp.149～154,1996
- 5)森山・橋・松井・牛島：ループ継手を有するプレキャストPC床版接合部の疲労耐久試験，土木学会第52回年次学術講演会概要集1-152, 1995
- 6)佐々木・八部・大田・内田・宮崎・西川：RCループ継手を有するプレキャストPC床版の輪荷重走行実験，土木学会第53回年次学術講演会，pp.40-41,平成10年10月