

リブ付床版の基礎的研究

A Study on Precast Slab with Rib

若下藤紀* 杉崎 守** 成瀬輝男***

Fujinori WAKASHITA Mamoru SUGISAKI Teruo NARUSE

* 日本大学工学部 (〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-8-14)

** 石川島播磨重工業株 (〒135-8322 東京都江東区毛利1-19-10)

*** (有)成瀬橋梁研究所 (〒113-0024 東京都文京区西片2-8-7)

This report describes the results of the studies on the development of two types of slabs ① Match cast slab and ② Hybrid slab.

Match cast slab ; It has been approximately 40 years since the precast slab was applied for a practical use. The precast slab, however, has not been used widely possibly because of the lack of the reliability of the joint structure.

Accordingly, the dry joint system was applied. for, and the slab was featured with a rib along the joint in order to increase in the bending stress.

As a result, the rib assures to transmit the stress at the joint portion and to decrease the bending moment. Accordingly, the durability at the joint portion improves.

Hybrid slab ; In terms of the practical use, there may arise a problem of working efficiency such that wider the bridge, the heavier the weight of the precast slab. Therefore, the present study is to propose a possible solution for the problem by means of designing the precast slab with hybrid structure.

The results of the load test on the slabs of ① and ② will be discussed.

key words; precast slab, match cast slab, hybrid slab, large span slab.

1. まえがき

近年、我国の鋼橋床版に関する議論が活発になってきている。その理由は、過去に架橋された橋梁のRC床版が、輪荷重により疲労損傷を受けている実績が、数多く、報告されていること。また、ヨーロッパ等では、以前より実施されていた少数主桁構造の適用により、長支間対応型の床版開発や、施工性の向上を目的とするプレキャスト床版が要求されていること等によるものである。

プレキャスト床版が実用化されてから、約40年が経過しているにもかかわらず、鋼橋床版としての採用が伸びない。その理由は、版と版との目地構造の信頼性不足。さらに、橋梁の幅員が広くなると、プレキャスト床版の重量が大きくなり、施工性に問題が生じる可能性が出てきたことである。

そこで、本論文では、上記床版の問題点を踏まえて、マッチキャスト床版と、プレキャスト床版と、ハイブリ

ッド床版の実験的研究を通して、鋼橋床版として、リブ付き床版の有効性について考察するものである。

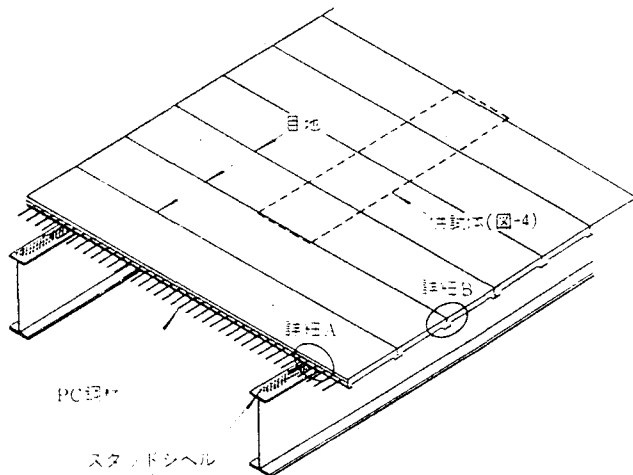


図-1 マッチキャスト床版

2. 研究の概要

1) リブ付きプレキャスト床版の適用対象

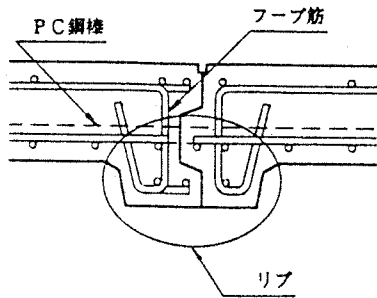


図-2 マッチキャスト床版の目地構造

本研究を進めるにあたり、想定したのは、2主桁の長支間床版で、プレキャスト版幅 1~2.4m、版厚（リブ以外の一般部の版厚）23~32cmである。

これは、2主桁に限らず広幅員の少数主桁橋にも適用可能である。この場合でも基本的に、橋軸方向に目地を設けることはなく、原則としてプレキャスト版の長さは、橋床全幅とする。

また、前述したプレキャスト床版の構造的欠点を補う目的で、目地部に現場でコンクリート打設をしない、マッチキャスト床版と、架設時重量（プレキャスト床版1枚当たりの重量）を軽減させるハイブリッド床版について考察する。

2) 構造の概要

マッチキャスト床版

マッチキャスト床版の目地部の構造は、ドライ目地構造とする。従って、目地部では、橋軸方向鉄筋（配力筋）は継がっていない。また、目地部には、せん断キーを設けて、隣接プレキャスト版同志をマッチキャスト・システムにて製作する。

目地部は接着剤で繋ぐため、主として曲げ強度を増す目的で、目地に沿った版端下方にリブを設け、目地部の床版厚を増している。

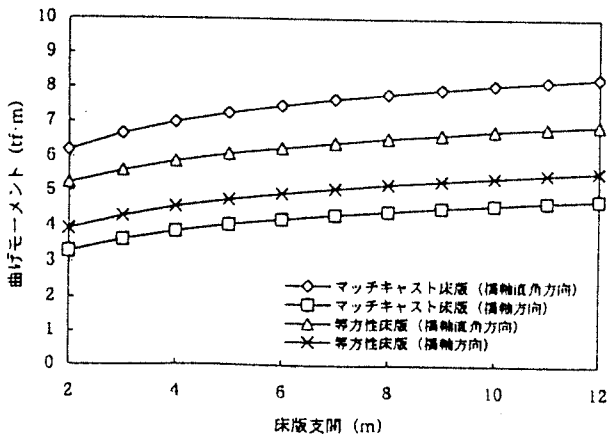


図-3 支間～曲げモーメント関係

また、橋軸方向にプレストレスを導入してリブを互いに圧着することにより、目地部における応力、とくに曲げ応力の伝達性能を向上させている。

完成した床版において、目地部のリブは、鋼床版における横リブと似た機能を持ち、床版は異方性版 ($I_x > I_y$) を形成する。その結果、床版の主鉄筋方向（橋軸直角方向）の曲げモーメント M_x は、等方性の場合より増大し、逆に、配力筋方向（橋軸方向）の曲げモーメント M_y は、等方性の場合より減少することが判る。

図-3は、両辺単純支持無限連続版の集中荷重による曲げモーメントを計算したものである。版厚、リブの寸法、リブの間隔は、Type-1と同じ値を使用している。この結果より、リブを設置することにより、目地部の応力伝達をより確実にするとともに、目地部に作用する曲げモーメントを減少させる。

a) マッチキャスト版の製作

目地端面の寸法精度を確保することが、マッチキャスト・システムのポイントとなる。

プレキャスト版製作に際し、型枠の連続使用では、期待する精度は得られにくいと考え、プレキャスト版の半数を先行製作する。その端面を型枠として、隣接版のコンクリートを打設する方法を採用した。目地部の施工は接着剤使用によるドライ目地方式としている。

b) プレストレッシング

マッチキャスト・システムで製作したプレキャスト版を縦締め（橋軸方向）する。プレストレス導入量は、目地下端で 20kgf/cm^2 以上とする。

リブを設けたことにより、 M_x （橋軸直角方向の曲げモーメント）は増大するが、それ以上に、 x 方向の曲げ剛性も増加する。そのため、横締めプレストレスをしなくても長支間の床版に対応が可能となる。

ハイブリッド床版

長支間対応のプレキャスト版は、重量が大きくなり、作業性に問題が生じる可能性が出てきた。そこで、プレキャスト版を2層にすることで、その問題の解決を計ろうとするのが、この提案である。

a) 構造の概要

厚さ10cmのリブ付きプレキャスト版を製作する。このプレキャスト版を型枠として、13cm（リブ部以外の一般部）のコンクリートを打設して、ハイブリッド床版を製作する。このことで架設現場における作業性の向上を計り、目地部は、リブにより補強された床版である。

3. 静的実験

この一連の実験は、1996年2月より日本大学理工学部船橋校舎大型実験棟にて実施した。図-4

実験の目的は、目地部の強度と性能の確認をすることであり、比較のためにType0-0（リブなしRC床版）につ

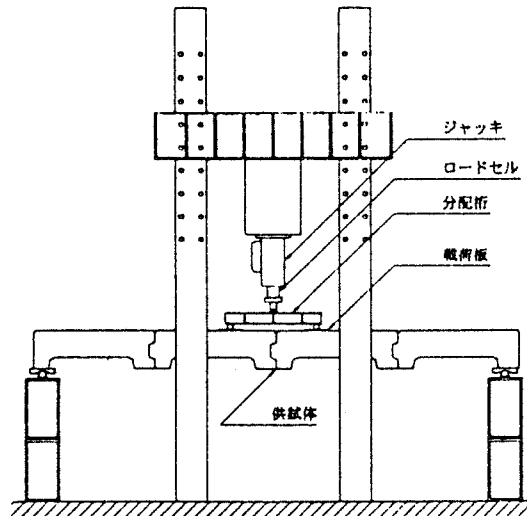
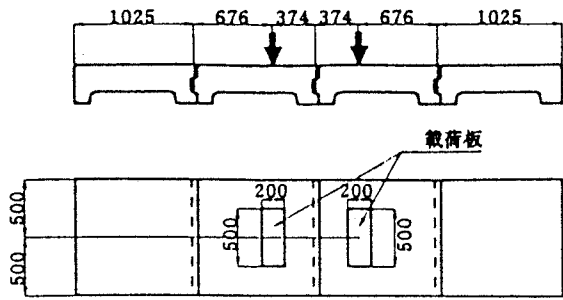


図-4 載荷要領

いても実験を行った。

また、マッチキャスト床版については、ドライ目地工法を採用しているため、プレストレスを導入した。PC材の位置については、別表に掲げるように、版内部、あるいは、版下面の外ケーブル等について比較検討した。

1) 供試体

マッチキャスト床版は、幅1m、長さ1m、版厚23cmのブロックをマッチキャスト・システムで製作し、目地

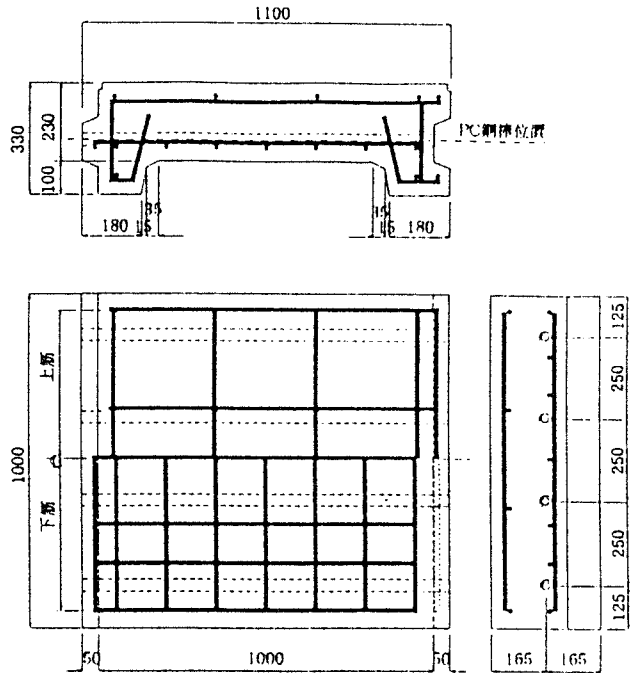


図-5 マッチキャスト床版形状図

部に接着剤を塗布して組み合わせ、プレストレスを導入して、支間長4mの供試体を製作した。

供試体は、別表に示す5種類のマッチキャスト床版を製作した。

コンクリートの圧縮強度は、500kgf/cm²で蒸気養生で製作した。鉄筋はSD295A D16、PC鋼棒はB種1号φ26を使用した。

接着剤は、日本シーカ㈱製のエポキシ樹脂ベースブロック工法用接着剤、シーカデュアWで、常温材齢7日の基準強度は、圧縮が750kgf/cm²、引張りが220kgf/cm²のものを使用した。

ハイブリッド床版は、幅1m、長さ2m、版厚10cm、コンクリート圧縮強度600kgf/cm²の型枠部分を製作。こ

	床版形式	コンクリート強度	プレストレス量	備考
Type0-0	RC	500 kg/cm ²		
Type0	マッチキャスト	500 kg/cm ²	120 tf e= 0mm	
Type1	マッチキャスト	500 kg/cm ²	120 tf e= 50mm	リブ高 100 mm
Type1-1	マッチキャスト	500 kg/cm ²	120 tf e= 50mm	リブ高 100 mm
Type2	マッチキャスト	500 kg/cm ²	28 tf e=139mm	リブ高 100 mm
Type3	マッチキャスト	500 kg/cm ²	80 tf e= 50mm	リブ高 100 mm
			20 tf e=139mm	
Type4-0	ハイブリット	300 kg/cm ²		下床版厚 100 mm
		400 kg/cm ²		
Type4	ハイブリット	300 kg/cm ²		下床版厚 100 mm
		400 kg/cm ²		リブ高 140 mm
Type5	ハイブリット	400 kg/cm ²		下床版厚 100 mm
		600 kg/cm ²		リブ高 140 mm

床版厚230 mmは共通

表-1 Type別床版諸元

の段階で、上層に打設するコンクリートとの一体化を完全なものにするため、橋軸直角方向に、スリット状のせん断キーを設けた。

この型枠を利用して、上層に、コンクリート圧縮強度 400kgf/cm^2 のコンクリートを 13cm 打設した。使用鉄筋は、マッチキャスト床版と同じものである。

図-6 と表-1 に示した各供試体の特徴を示すと、次のようになる。

Type0-0: リブなしの通常の場合打ち RC 床版。供試体全長、一体打設にて製作する。供試体支間方向鉄筋（配力筋）は、全長を貫通している。

Type0: リブのない通常のプレキャスト床版。鉄筋は、目地部を貫通していない。

Type1: リブ付きプレキャスト床版でプレストレスは版中央部分で中締めとしている。

Type1-1: Type1 の改良型。Type1 の載荷試験で、リブ端部より、ひび割れが認められたため、隅角部に R を付け、鉄筋配置等の細部を改善している。

Type2: プレストレスを外ケーブルとした。

Type3: プレストレスの導入を2段とし、中締め、外ケーブルの併用を試みた。

Type4-0: リブなしの RC 床版を2層にコンクリート打設し、ハイブリッド床版としている。供試体支間方向鉄筋は、全長を貫通している。

Type4: リブ付きハイブリッド床版。型枠プレキャスト版の鉄筋は、目地部を貫通していない。

Type5: Type4 の改良型。型枠プレキャスト版のコンクリート圧縮強度を上げている。

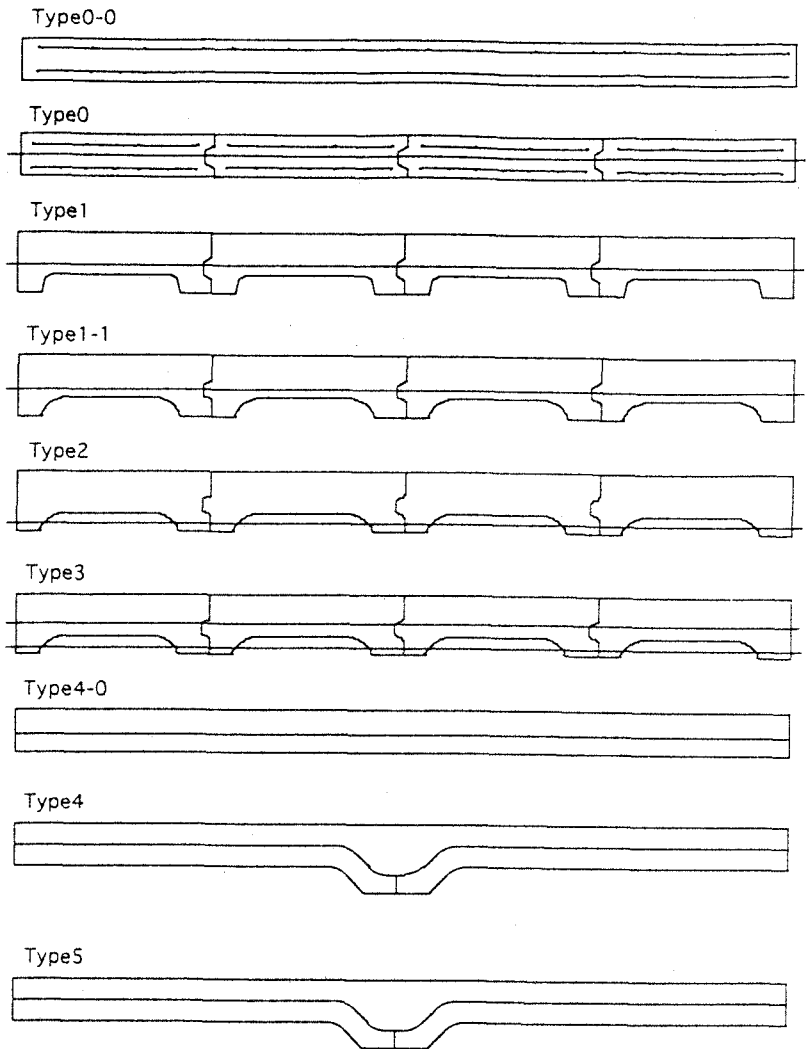


図-6 Type 別床版形状

2) 測定対象

各供試体とも、研究目的に合わせて支間中央部の目地に着目して、静載荷試験により、その挙動を検証した。

マッチキャスト床版においては、プレストレスによる目地部の軸応力分布と、鉛直荷重による目地部の曲げ応力の分布を重点的に測定した。また、目地の割れ発生挙

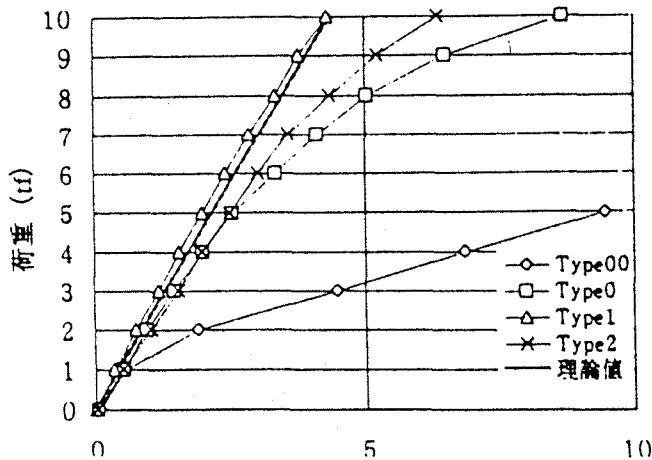


図-7 マッチキャスト床版たわみ図

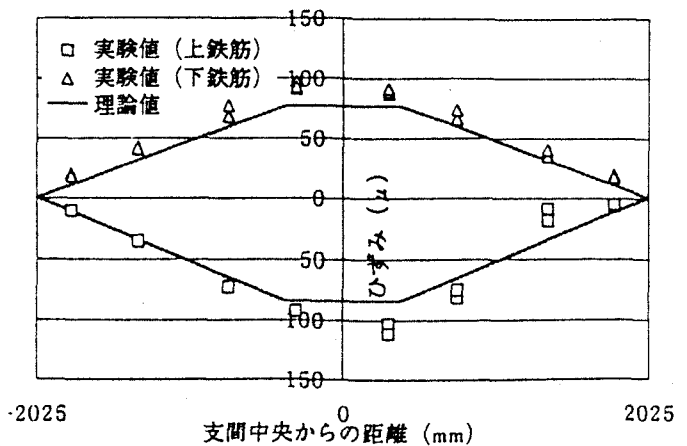


図-8 鉄筋ひずみ分布

動および、リブ背面の隅角部の割れ発生挙動を観察した。ハイブリッド床版においても、主としてリブ部の型枠端部から、上層版への割れ発生等について、その挙動を観察した。

3) 試験結果と考察

各供試体の荷重と、たわみの関係を、マッチキャスト床版、ハイブリッド床版について示す。

リブ付き供試体のたわみ剛性が高いのは、リブの存在により、床版の換算平均厚が増大したためと考えられる。Type2のたわみの進行が早いのはプレストレス量を抑えたためである。Type1-1は、リブの隅角部にRを付けた関係で割れの発生は少なかった。また破壊荷重では、27.8tfで最終の破壊形状は、目地に隣接した上側コンクリートの圧壊であった。耐力が大きい理由は、リブの効果と考えられる。

また、マッチキャスト床版は、目地部において無筋状態となり、上筋、下筋共に不連続な部分が生じる。鉄筋応力が目地部を介して適切に伝達されているかを確認したのが図-8である。

5tf 載荷時の上筋、下筋に生じる活荷重ひずみ分布を観ると、多少のばらつきはあるものの、理論値と同様の傾向を示していることが判る。

同様に、目地部近傍のコンクリートのひずみ状態を調べてみると、図-10のようになり、FEMにより解析した理論値に近い性状を示していることが判った。

ハイブリッド床版では、図-11に示すように、実験結果より、リブの有効性が確認された。

動的実験

Type1-1の供試体中央部2mを利用して、定点載荷による動的実験を日本大学理工学部駿河台校舎実験室にて行った。実験概要と供試体を図-13に示す。結果的には、100万回を超える載荷実験後も、目地部に異常は認め

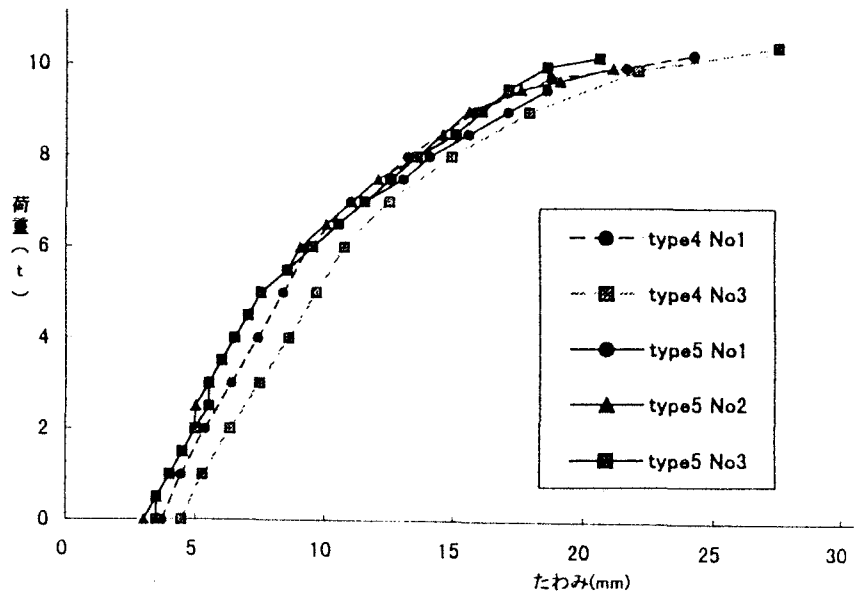


図-9 ハイブリッド床版たわみ図

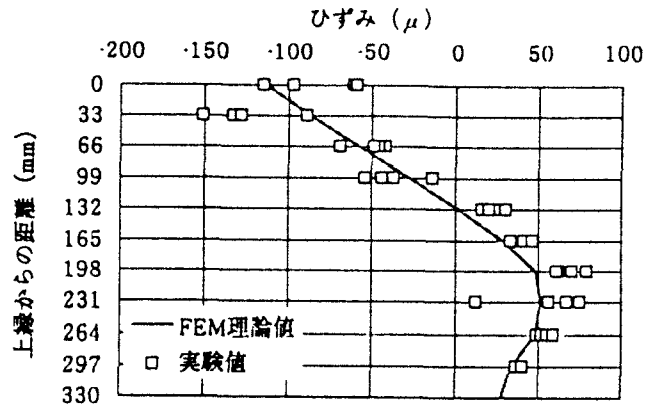


図-10 コンクリートひずみ分布

No. 2断面3サイクル3載荷(残留ひずみなし)

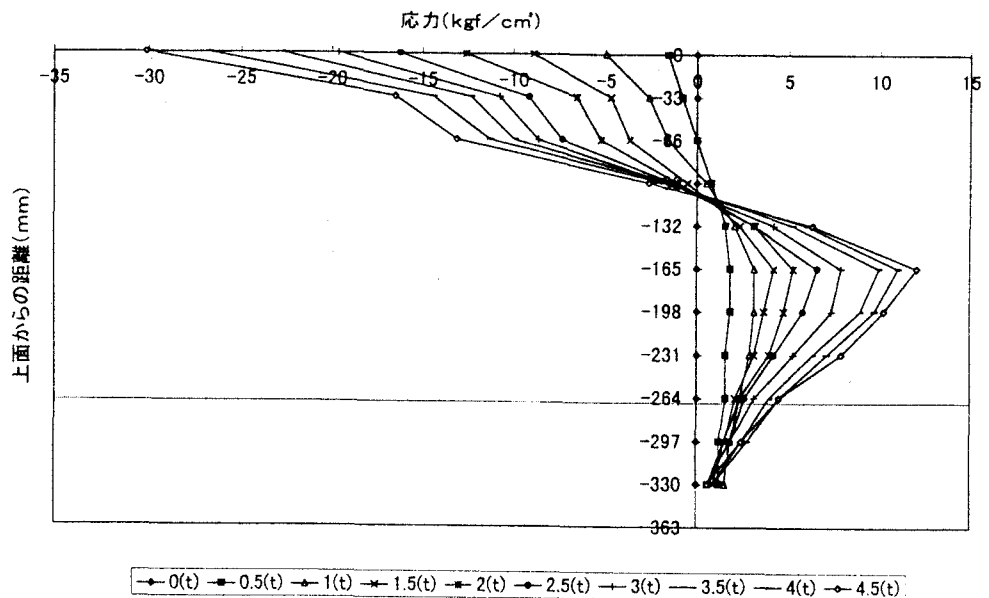


図-11 ハイブリッド床版コンクリートひずみ分布

られなかった。

4. 結論

以上述べたことは、主として静的実験によるものであるが、本実験を通して、次の結論を得られた。

①リブ付きでプレストレスされたマッチキャスト4種類の供試体は、リブなしのプレキャスト床版に比べて、耐力、曲げ剛性ともに大きいことが判った。

②外ケーブルタイプは、プレストレス量の関係で、中締め供試体に比べて耐力、曲げ剛性とも小さかった。

③外締め、中締め併用タイプの供試体と中締め供試体との間に大きな差異は認められなかった。

全般的にみて、プレストレスされたリブ付きマッチキャスト床版の目地部は、無筋状態であるにもかかわらず、応力が適切に伝達されていることが判った。

④リブなしRC床版 (Type0-0) とハイブリッド床版 (Type4-0) の挙動は、鉄筋の応力値をみても酷似しており、二層構造の信頼性が確認された。

⑤ハイブリッド床版の目地部においてもリブが有効に働いており、リブ付きハイブリッド床版の有効性が確認された。

今後さらに、実用化に向けて研究を進める予定である。

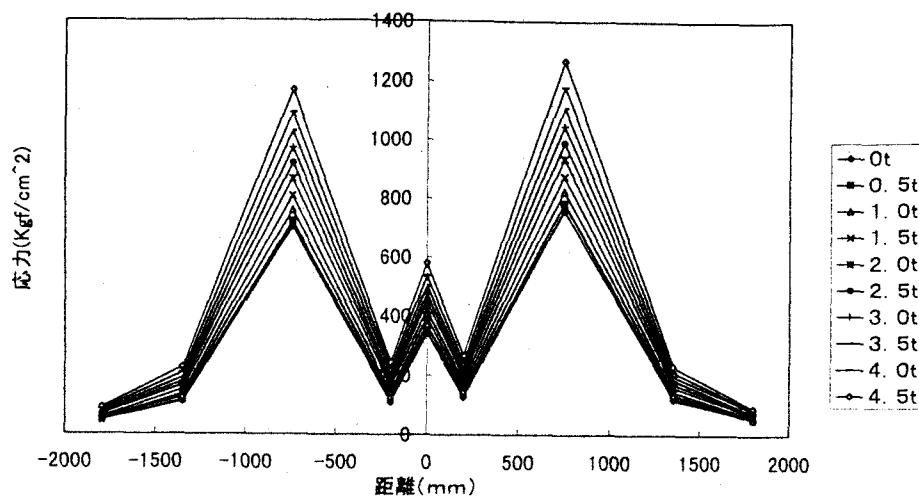
謝辞

本研究を進めるにあたり、御支援を賜わった石川島播磨重工業株式会社、供試体製作に御協力下さった石川島建材工業株式会社に厚く謝意を表す。

[参考文献]

- 1) 若下・成瀬: リブ付きプレキャスト床版の目地強度の研究, 橋梁と基礎 vol. 31 No. 7
- 2) P. Meurisse: Autoroute A16, Les passages superieurs prefabriques en ossature mixte, Travaux 4. 1996
- 3) 西川: 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提案, 橋梁と基礎 vol. 27 No. 8
- 4) 鳴海他: マッチキャスト床版による施工の合理化, 橋梁と基礎 vol. 27 No. 8
- 5) 若下他: マッチキャスト工法を用いたリブ付きプレキャスト床版の目地構造, 土木学会年講 51 回

Type5No.1(ライン5)サイクル2載荷



Type5No.1(ライン2)サイクル3載荷

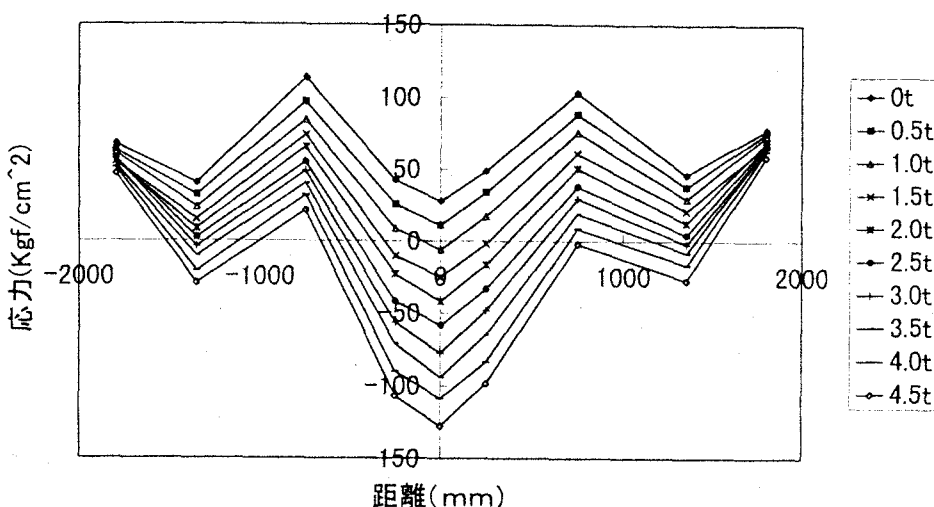


図-12 鉄筋の応力分布図

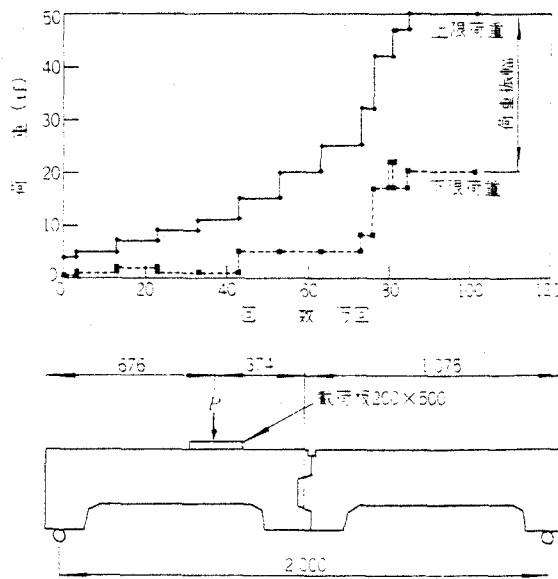


図-13 動的試験の実施概用