

## チャンネルビーム合成床版の実験

### Tests of Channel Beam Composite Slab

鈴木 統\*, 宇野名右衛門\*\*, 小野辺良一\*\*\*, 西土隆幸\*\*\*\*

Osamu SUZUKI, Nayomon UNO, Ryouiti ONOBE, Takayuki NISHIDO

\*石川島播磨重工業(株) 橋梁基本計画部 (〒135-8322東京都江東区毛利1-19-10)

\*\* 石川島播磨重工業(株) 橋梁スタッフG (〒135-8322東京都江東区毛利1-19-10)

\*\*\*石川島建材工業(株) 土木事業本部 (〒100-0006東京都千代田区有楽町1-12-1)

\*\*\*\*工博 石川島播磨重工業(株) 橋梁基本計画部 (〒135-8322 東京都江東区毛利 1-19-10)

This slab is a kind of composite one, which uses channel beams to reinforce a skin plate.

We have done bending test, fatigue test and dynamic wheel load fatigue test to confirm the strength of the composite slab. It is said that the composite slab has high load-carrying capacity and fatigue durability, according to the tests. The slab concrete also acts as all demension effective at high loads because of high rigidity of the skin plate. This paper introduces the tests and results.

key word: composite slab, bending test, fatigue test by wheel load test

#### 1. はじめに

近年盛んに計画されるようになってきた少数主桁橋梁においては、床版も構造部材としての役割が期待され、かつ、ライフサイクルコストを考え床版打ち替えの必要がない高い耐久性が求められている。また、少数主桁橋梁という条件のため、従来とは異なった施工法が必要であり、なおかつ省力化、施工の急速化などが求められてくる。従来の現場打ち床版と異なり、長支間での施工・省力化を考慮した工法として、プレキャスト床版やプレハブ床版などが用いられるようになってきた。特に底鋼板を使うプレハブ床版では、打設時には型枠として、またコンクリート硬化後は合成断面で荷重に抵抗する床版として合成床版がある。先に底鋼板を形鋼で補強するユニットスラブ<sup>1)</sup>や、底鋼板を強度部材として合成させるコンポスラブ<sup>2)</sup>などを開発したが、本研究では、それらに改良を加え形鋼を用いて底鋼板を補剛する合成床版を開発し、実験を行ったのでここで報告する。

#### 2. チャンネルビーム合成床版の構造

チャンネルビーム合成床版は、底鋼板 ( $t=6\text{mm}$ ) の主鉄筋方向に溝形鋼 (チャンネル) を溶接し、チャンネルのウェブに設けた孔とスタッドジベルなどでコンクリートとの合成を図るものである。底鋼板に溶接されたチャンネルは、コンクリート打設時にはコンクリート荷重および作業荷重を受け持つ部材として作用し、コンクリートと合成後はチャンネルの鋼材も床版断面として考慮する。工場製作時に主鉄筋をチャンネルの間に吊るして配置しておくことにより、現場で架設するときには底鋼板を敷設・接合した後配筋筋を配筋して結束するのみとなり、大幅な作業の簡略化が図られる。底鋼板間の接合方法は引張りボルト接合とし、橋面上での作業のみで接合が可能であり、床版下面の作業足場は不要となる。また、本床版の特徴として、ハンチ部分の底鋼板の形状に合わせた形状保持材をチャンネルに溶接しておくことにより、打設時の高さを保持し打設荷重を主桁に伝達させる構造となっている。チャンネルビーム合成床版の概念を図-1

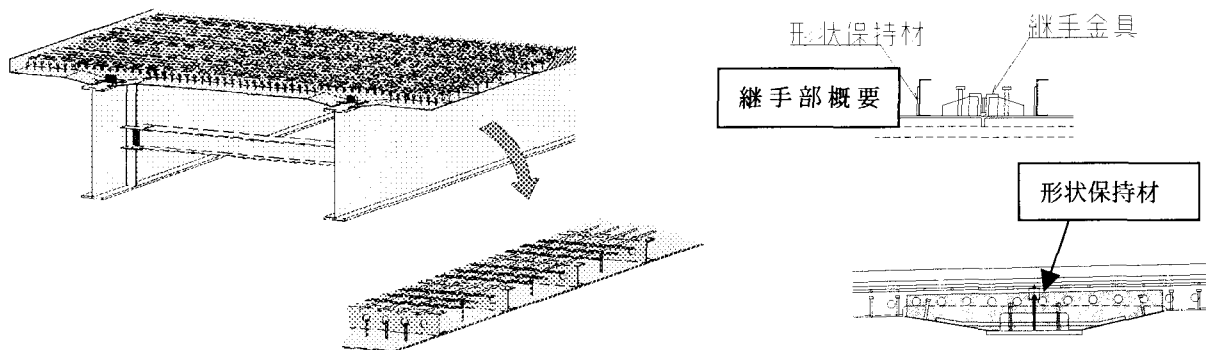


図-1 チャンネルビーム合成床版概念図

に示す。

本構造の耐力を確認するため橋軸直角方向の曲げモーメントに対する耐力、支点部の負曲げモーメントに対する耐力、および曲げ疲労に対する確認実験を行った。その後に輪荷重による移動載荷疲労試験により床版としての疲労耐久性を確認した。

### 3. 梁を用いた静的曲げ実験

#### (1) 実験方法

橋軸直角方向の曲げに対する耐力を確認するため、幅 1000mm×厚さ 260mm×長さ 3500mm の梁を用いて曲げ実験を行った。載荷方法、および供試体の詳細を図-2、図-3 に示す。

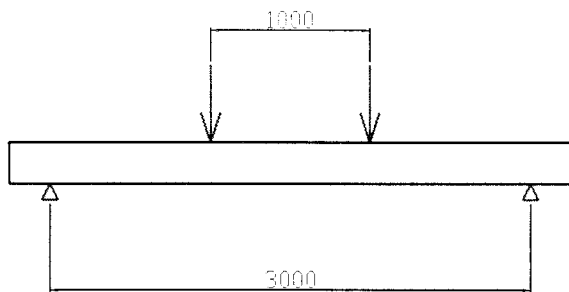


図-2 載荷方法

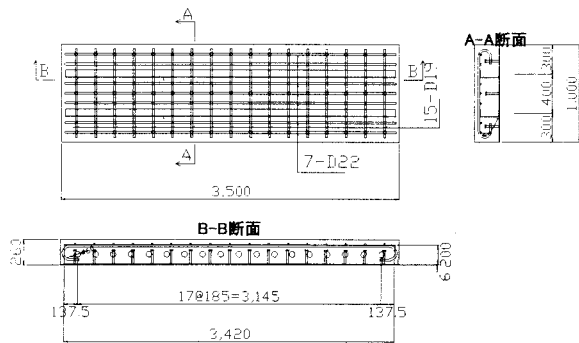


図-3 正曲げ供試体

#### (2) 実験結果

破壊は、底鋼板の降伏後、上面コンクリートの圧壊によるものであった。設計曲げモーメントが発生する荷重（以下設計荷重）252kN に対し一部鋼板が降伏し始める荷重が約 784kN、破壊時の荷重が 1019kN であり、十分な耐力があることが確認された。荷重-変位の関係と荷重-底鋼板ひずみの関係を図-4、5 に示す。

図-4、5 によりひび割れが発生するまでは全断面有効の計算値に一致した傾きとなっている。ひび割れ発生後は RC 断面での計算値よりやや全断面の計算値に近い傾きとなっている。これは RC 断面での計算時にチャンネルの剛性を考慮していないため実際は計算値より小さなひずみになると考える。

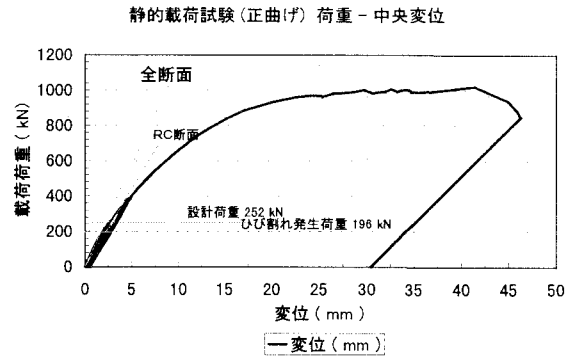


図-4 荷重-中央変位関係

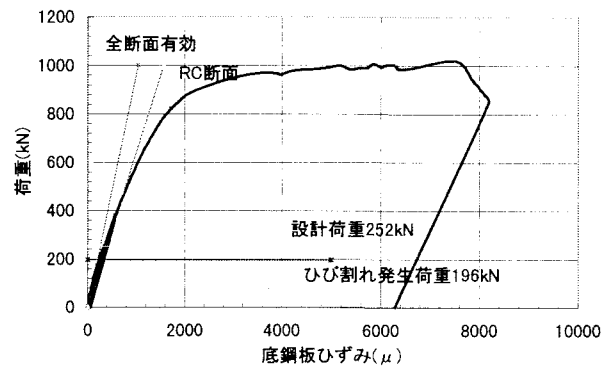


図-5 荷重-底鋼板ひずみ関係

スタッドジベルのひずみは荷重 400kN 付近まではほとんど発生しないことから、400kN までは底鋼板とコンクリートの付着によって合成されていたといえる。

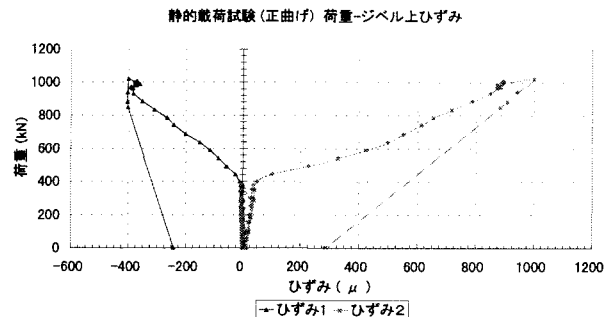


図-6 スタッドジベルひずみ

また、ここでは図示しないが、底鋼板のひずみはチャンネル位置とチャンネル間の中間の位置で差異は見られず、チャンネル・スタッドジベルを介して底鋼板が有効に合成されている事が確認できた。

### 4. 梁を用いた負曲げ実験

本実験は、床版の負曲げ部分（張り出しの支点部分）の耐力、およびクラック発生状況の確認を目的として行った。

#### (1) 実験方法

載荷方法は図-7 のように支間 3.15m として、線荷重

による中央荷重を行った。供試体は図-8 のように、幅 1000mm×厚さ 260mm×長さ 3500mm の床版にハンチをつけた構造としている。

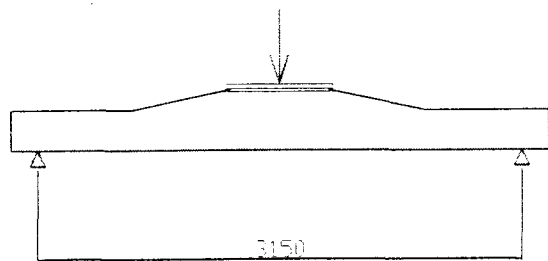


図-7 負曲げ試験荷重方法

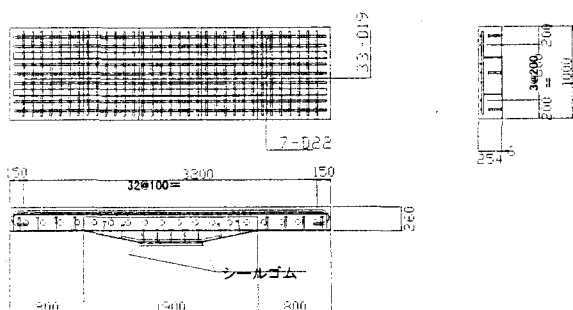


図-8 負曲げ供試体詳細

## (2) 実験結果

図-9 に示すようにチャンネル上フランジは鉄筋と同様のひずみを示した。主鉄筋が荷重約 784kN から降伏し始めたあともチャンネルは弾性挙動を示して 1100kN 付近で降伏を始めた。また、別のデータよりハンチ端部のひずみは荷重 998kN まで直線勾配で弾性の挙動を示した。

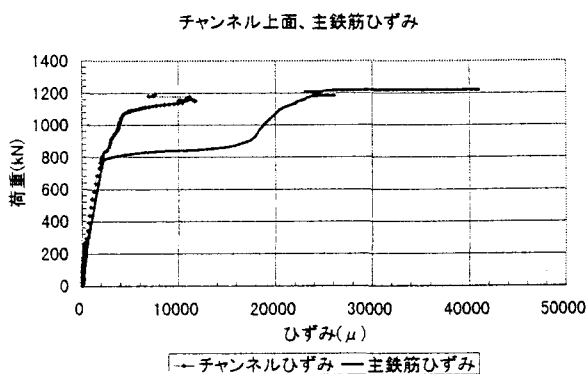


図-9 チャンネル上面、主鉄筋 荷重-ひずみ関係

図-10 にひび割れ状況を示す。ひびわれは設計荷重 176kN 時、ハンチ部に集中して発生した。265kN までは曲げひび割れが卓越し、265kN 時に荷重点下面のひび割れが貫通した。最終的には等間隔で発生。294kN 以降

せん断ひび割れが発生した。

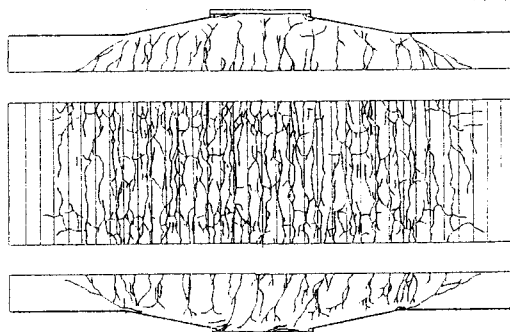


図-10 負曲げ供試体ひび割れ状況

ひび割れ幅とチャンネル上フランジひずみの関係を図-11 に示す。ひび割れ幅とチャンネル上フランジひずみは線形性を示した。

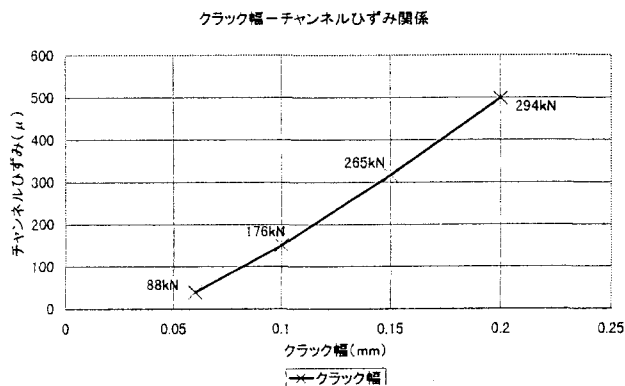


図-11 チャンネルひずみ-ひび割れ幅関係

## 5. 梁を用いた定点疲労試験

本構造の曲げ疲労耐久性を確認するため、定点疲労荷重実験を行った。

### (1) 実験方法

正曲げ実験と同一の供試体 3 体を用いて、支間 3.0m で中央一点荷重で行った。荷重荷重は底鋼板の応力振幅を 120 N/mm<sup>2</sup>、140 N/mm<sup>2</sup>、160 N/mm<sup>2</sup> となるように設定した。

### (2) 実験結果

各供試体の応力振幅の実際の値および S-N 関係をグラフに表したものを図-12 に示す。

供試体はすべて底鋼板のスタッドジベル溶接部からのクラック発生で終了した。図-12 のグラフより、疲労曲線の 2×10<sup>6</sup> 回の許容応力範囲は 100N/mm<sup>2</sup> に近づく結果となった。

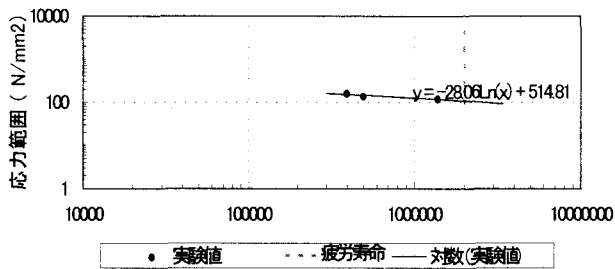


図53 試験結果(S-N線図)

図-12 S-N関係図

### 6. 輪荷重移動載荷試験

輪荷重による疲労耐久性を確認するため、輪荷重移動載荷試験機を用いて2体の供試体の実験を行った<sup>3)</sup>。1体は床版支間6mで設計した厚さの供試体を用いて一定載荷荷重で試験を行い、もう1体は床版支間3.0mで設計した床版を荷重157kNから4万回載荷毎に荷重を約20kNあげ、392kN・52万回まで試験を行う階段状載荷で実験を行った。

#### (1) 輪荷重移動載荷疲労試験機

実験に使用した移動載荷疲労試験機は、石川島播磨重工業(株)技術研究所(神奈川県綾瀬市)に設置した試験機である。鉄輪をクランクを用いて往復させる載荷方式で、最大載荷荷重は490kN、鉄輪の走行距離は中心位置より±1.5mである。試験機の諸元を表-1に、試験機の概要図を図-13に示す。

表-1 試験機諸元

主な仕様		
項目	仕様	
形状・寸法	試験装置寸法	フレーム：高さ約5.8m×長さ約8m フライホイール直径3.5m
	供試体寸法	標準 幅2.8m×長さ4.5m×厚さ0.16~0.35m (供試体幅 最大5.3m)
	車輪の種類	鉄輪：直径750mm×幅320mm
駆動	電動機	90KW×6P×AC400V×f3×50HZ (インバーター制御)
	走行範囲	±1.5m (±0.5±1.0±1.25m対応可)
	フライホイール回転数	MAX30rpm
載荷	載荷荷重	12t~50t
	シリンダストローク	400mm

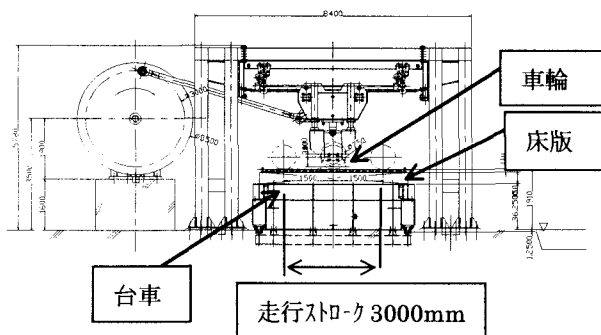


図-13 移動載荷試験機概要図

#### (1) 1体目実験

##### a) 実験方法

1体目の供試体の寸法は幅2800mm×厚さ260mm×長さ4500mmとなる。この260mmの床版厚は床版支間6mの実橋床版と同等の厚さとなる。載荷方法は157kNで10万回、255kNで40万回の計50万回の載荷を行った。合成床版供試体1体目の詳細を図-14に示す。

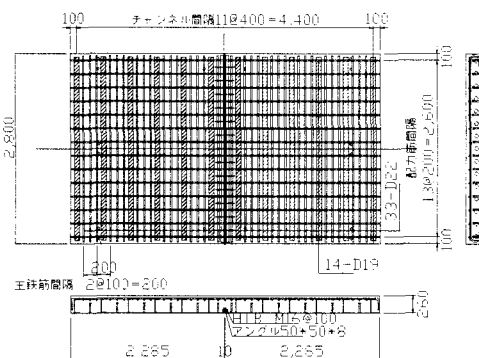


図-14 供試体1詳細図

##### b) 実験結果

本実験における供試体はたわみ、目開きとも一定のまま推移し50万回載荷後も供試体は破壊せずに実験終了した。図-15、16に供試体中央での載荷回数-目開きの関係と載荷回数-たわみの関係を示す。また走行方向(橋軸方向)と支間方向(橋軸直角方向)の走行回数によるたわみ分布図を図-17、18に示す。

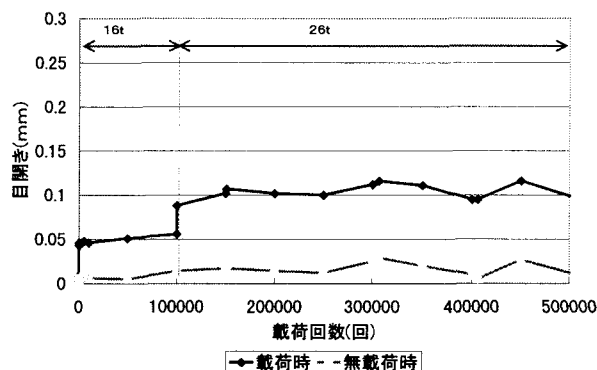


図-15 載荷回数-目開き関係

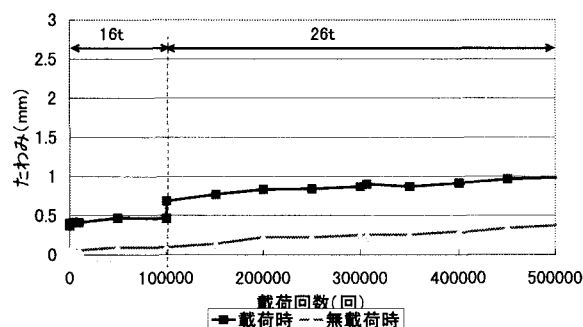


図-16 載荷回数-たわみの関係

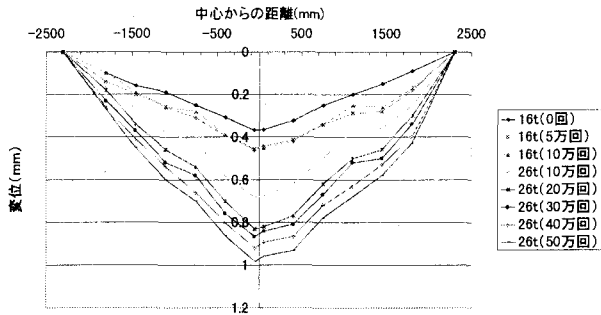


図-17 橋軸方向たわみ分布

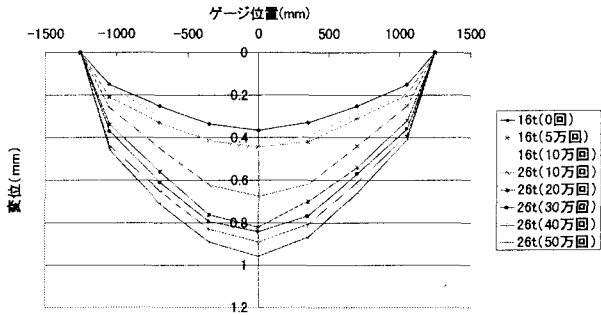


図-18 橋軸直角方向たわみ分布

供試体側面のコンクリートひび割れは継ぎ手部で見られたが、問題のないレベルであった。また、試験終了後、供試体を切断し断面を確認した。断面においてはチャンネルに沿って上面に向かってひび割れが見られたが、継手部、その他のコンクリートも健全で目立った損傷は見られなかった。

### (3) 2体目実験

#### a) 実験方法

2体目の供試体の寸法は、幅 2800mm×厚さ 200mm×長さ 4600mm。載荷荷重は 157kN より、4 万回載荷事に 20kN づつ上げて、最終的に 392kN・52 万回まで載荷する階段載荷式で実験を行った。また、これと疲労耐久性を比較するための RC 床版は、平成 8 年道路橋示方書にしたがって設計された、幅 2800mm×厚さ 250mm×長さ 4500mm のものを用いる。RC 床版の詳細を図-19、合成床版 2体目の詳細を図-20 に示す。

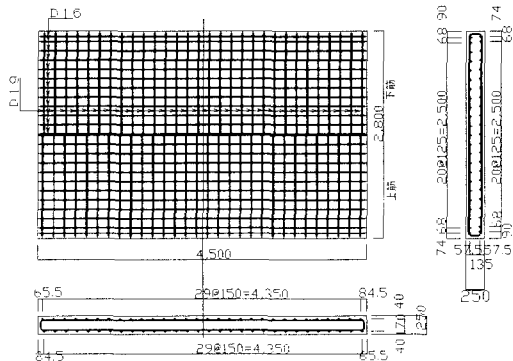


図-19 RC床版詳細図

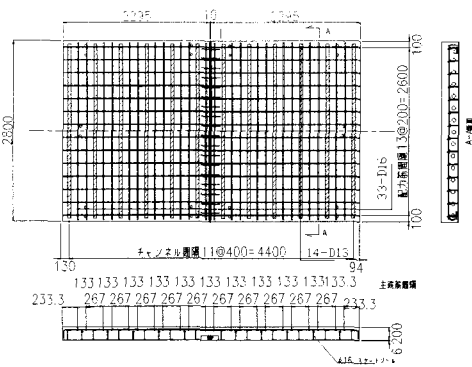


図-20 2体目供試体詳細図

### (1) 実験結果

本実験における供試体は、392kN・52 万回まで破壊することなく実験を終了した。図-21 において比較用の RC 床版が、372kN・44 万 4 千回で破壊した結果と比較して十分な疲労耐久性がある。

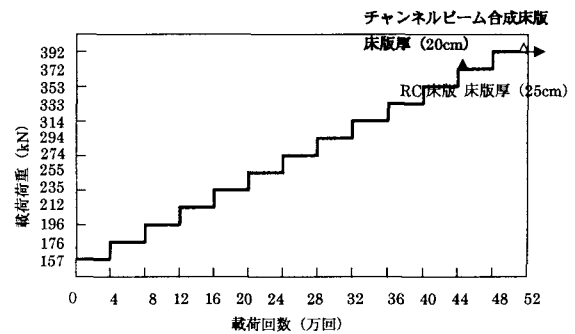


図-21 荷重-走行回数関係

また、床版のたわみ、主鉄筋・鋼板のひずみとも荷重の増加に応じた弾性的増加を示している。図-22 において RC 床版のたわみと比較して、全域において小さい活荷重たわみを示し、25cm 厚の RC 床版に比べて高い剛性を示している。特に載荷回数の増加にしたがってこの傾向が顕著になる。

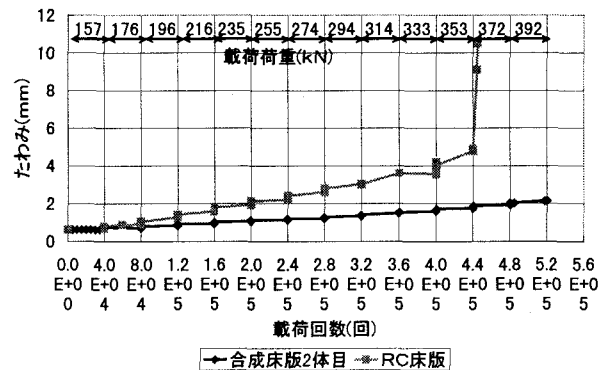


図-22 載荷回数-中央たわみ関係

底鋼板の橋軸直角方向のひずみはRC断面として引張り側コンクリート無視の断面での計算に対して 1/2 以下の値となった。また、全断面有効で計算された値よりも低い値になっている。本試験においては、曲げモーメントは全体として計算値より低い値となるが、梁として計算した計算値と版に載荷した場合のモーメントの分配のちがいによってこのような結果になると考えられる。

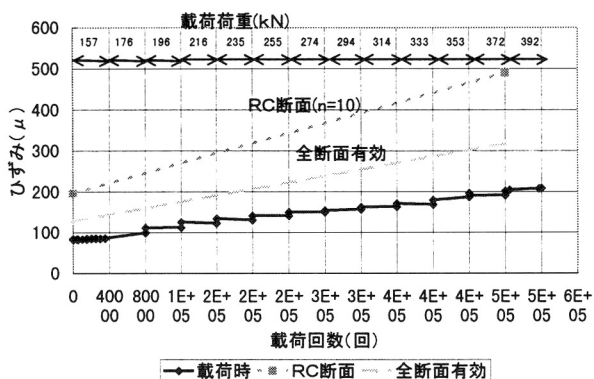


図-23 載荷回数-底鋼板橋軸直角方向ひずみ関係

試験終了後、1 体目と同様に供試体を切断し断面を確認した。断面においてはチャンネルより上面に向かってひび割れが見られたが、継手部、その他のコンクリートも健全で目立った損傷は見られなかった。チャンネル部の断面の状況を写真-1 に示す。

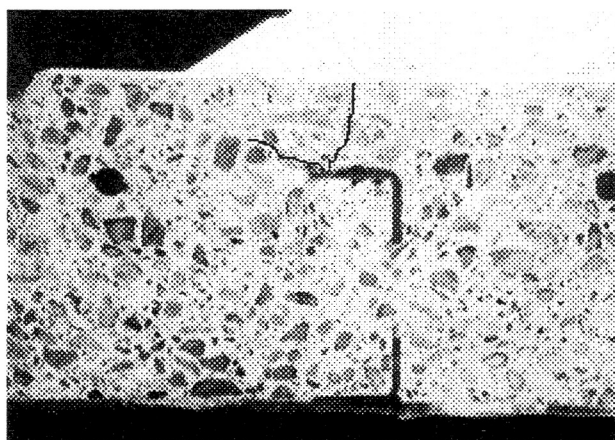


写真-1 チャンネル部断面

継手部コンクリートをはつって継手部を確認した（写真-2）。継手部金具に異常は見られず、コンクリートも十分に充填されていた。また、継手部コンクリートの疲労による劣化も特に見られなかった。

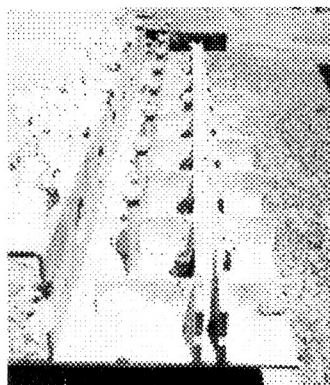


写真-2 実験終了後の継手部状況

## 7. 考察

本床版においては静的な曲げモーメントに対しても、輪荷重による移動載荷試験に対しても十分な耐荷力・疲労耐久性があることが確認された。輪荷重載荷試験では版としての剛性のため底鋼板の応力レベルが小さく、床版コンクリートも高い荷重まで全断面有効で働いているといえる。今後はこれらの剛度を考え、全断面有効のときと引張り側無視の場合、それぞれでの橋軸方向との剛比（異方性）も考慮した設計法を研究していく予定である。

### 参考文献：

- 1) 成瀬, 初沢, 富沢, 神山：鉄筋コンクリート床版の新工法-ユニットスラブ-, 土木技術, Vol30, No2, pp.85~91, 1975年2月
- 2) 初沢, 合成プレキャスト床版の実施例と載荷実験土木技術 25 卷 8 号, pp. 33~42, 1970年8月
- 3) 鈴木, 松野, 宇野, 西土：チャンネルビーム合成床版の輪荷重移動載荷試験, 土木学会第 55 回年次学術講演会, H12 年 9 月