

報告 橋軸方向プレストレスを低減させたプレキャスト床版の疲労耐久性

辻本 和敬*1・横山 広*2・佐藤 政勝*3・木田 秀人*4

要旨: プレキャスト床版の連続化に必要な橋軸方向プレストレス量を把握するため、導入するプレストレス量をフルプレストレス (4N/mm^2) の 75% と 50% に低減したプレキャスト床版と、平成 8 年道路橋示方書に基づいて設計された RC 床版の定点高サイクル疲労試験を行い、疲労耐久性を評価した。また、疲労試験で破壊しなかったのもので、その後静的押し抜きせん断試験を実施した。その結果、プレストレスを 50% に低減させた供試体でも、平成 8 年道路橋示方書に基づいて設計された RC 床版と同等以上の疲労耐久性を有していることが確認された。

キーワード: 橋軸方向プレストレス, プレキャスト床版, RC 床版, 疲労耐久性

1. はじめに

近年道路交通網の発達、経済の発展やモータリゼーションを促し、大型車の車両交通量を増加させた。そのため、旧道路橋示方書で設計された RC 床版は、繰返し載荷される活荷重を直接受けるため、疲労損傷も激しく耐荷力が急激に低下し、陥没破壊する床版が報告されている¹⁾。この様な著しい損傷を受けた場合、交通を規制し損傷を受けた RC 床版を打替えるか、または取替えといった方法で RC 床版部のみを新しく構築する方法が有効な手段である²⁾。しかし、重要幹線道路では交通を規制した RC 床版打替え工事は困難であり、交通を遮断しないことが原則となる。また、長期間における交通規制も渋滞の原因となることから、工期は長くとれないのが現状である。

交通規制を最小限にする損傷床版の取替え工法に、支持桁上にプレキャスト床版を敷設し、プレキャスト床版内に橋軸方向に配置した PC 鋼線を緊張することで連続化する工法³⁾がある。現行の設計では、道路橋示方書に規定されてい

る曲げモーメントが作用した場合に、床版下縁に引張力が生じないフルプレストレスとなるようにプレストレスを導入するが、松井らは³⁾コンクリートの圧縮応力が 2.9N/mm^2 以上のプレストレスが導入されれば、連続化は確保されるとしている。

著者らは⁴⁾、過去の実験において連続化に最適なプレストレス量が、フルプレストレス (4N/mm^2) の 75% に低減したプレキャスト床版でも、十分な耐荷力を有することを確認した。本実験では、プレストレス量をフルプレストレスの 50% に低減したものと、比較材として平成 8 年道路橋示方書に基づいて設計された RC 床版を加えて、定点高サイクル疲労試験 (定点疲労試験) を行い、疲労耐久性の調査を行った後、静的押し抜きせん断試験を実施した。この報告により、耐荷力や床版に発生したひび割れなどについて検討したので、その成果を報告する。

2. 供試体概要

プレキャスト床版に、プレストレスを導入し

*1	ショーボンド建設 (株) 補修工学研究所	工修 (正会員)
*2	同上	課長 (正会員)
*3	同上	室長 工博 (正会員)
*4	同上	大阪支店技術部 工修

連続化した供試体の形状寸法を、図-1に示す。継手位置は、橋軸方向中央部に位置し、目地間隔を10mmとした。目地断面は、凹型の対象形でこの間に無収縮モルタルを充填した。プレキャスト床版の設計条件は、床版支間3.0mの連続版で、床版厚さは道路橋示方書に規定されている大型車交通量による割り増しを考慮していない20cmの薄肉タイプである。それぞれ2枚のプレキャスト床版を、床版断面内に配置したシーす管に通したPC鋼より線(φ21.8mm)を緊張し、連続化した。供試体へのプレストレス導入量を調整するため、PC鋼より線1本あたりの緊張力を324kNとし、フルプレストレスの75%を導入した供試体(以下PC75とする)ではPC鋼より線の本数を6本、フルプレストレスの50%導入した供試体(以下PC50とする)では4本とした。緊張作業が完了した時点で、シーす管内にグラウト材を充填した。

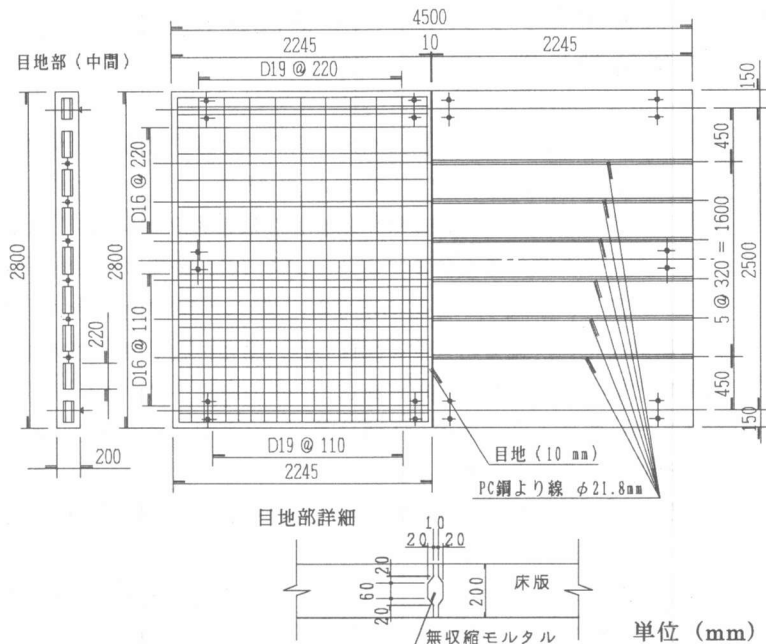


図-1 PC75 供試体の形状寸法

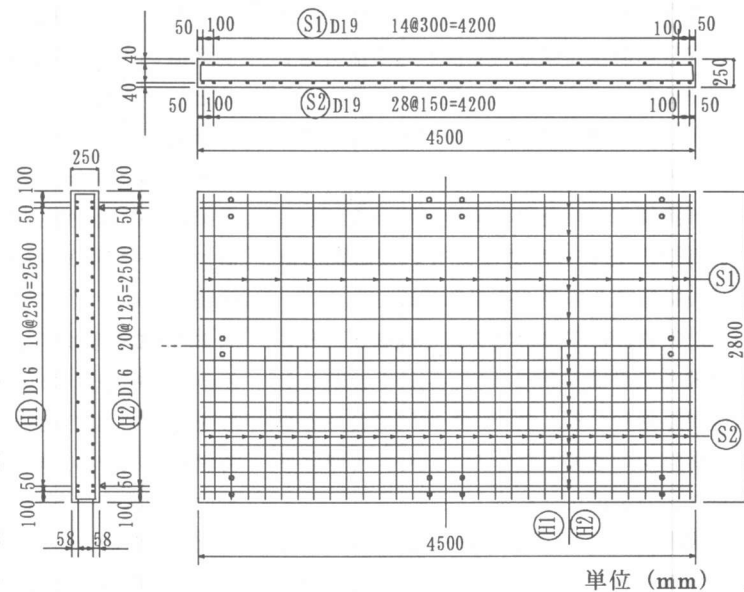


図-2 RCH8 供試体の形状寸法

表-1 供試体種類

供試体	床版厚 (cm)	プレストレス導入量 (N/mm ²)	プレストレス比 (%)
RCH8	25	—	—
PC75	20	3	75
PC50	20	2	50

PC75とPC50の比較用供試体として、平成8年道路橋示方書に基づいて設計されたRC床版(以下RCH8とする)を1体製作した。床版厚は、大型

車両交通量による割り増しを考慮した 25cm である。RCH8 の形状寸法を図-2 に示す。供試体種類を表-1 に示す。各供試体の疲労試験開始時のコンクリート圧縮強度は、RCH8 が 37.8N/mm^2 、PC75 が 55.0N/mm^2 、PC50 が 51.7N/mm^2 であった。

3. 定点疲労試験

3.1 実験概要

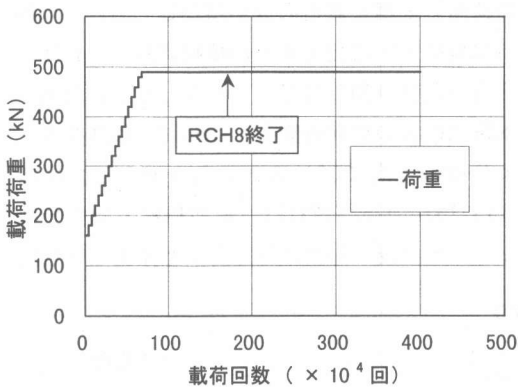


図-3 載荷プログラム

供試体の支持条件は、相対 2 辺単純支持と相対 2 辺弾性支持とし、単純支持辺では半丸鋼を支点下部に配置し、床版端部の浮き上がりを防止しても回転を拘束しないような固定器具により支持した。定点疲労試験機(写真-1 参照)により繰返し荷重を与え、その載荷荷重は、初期荷重 160kN から試験機の最大荷重 490kN まで 4 万回ピッチで 20kN ごとに漸増させた。PC75 と PC50 は、載荷荷重を 490kN まで漸増させた後、総載荷回数 400 万回まで 490kN で実験を続行した。RCH8 では、載荷荷重が 490kN まで漸増させた後、総載荷回数 180 万回まで 490kN で実験を続行した。載荷プログラムを図-3 に示す。載荷面形状は、道路橋示方書の活荷重載荷形状と同じ橋軸方向が 20cm、橋軸直角方向が 50cm とし、載荷位置は床版の中央とした。

計測項目は、床版の変位、目地の開きである。床版下面のコンクリートのひび割れは、任意の

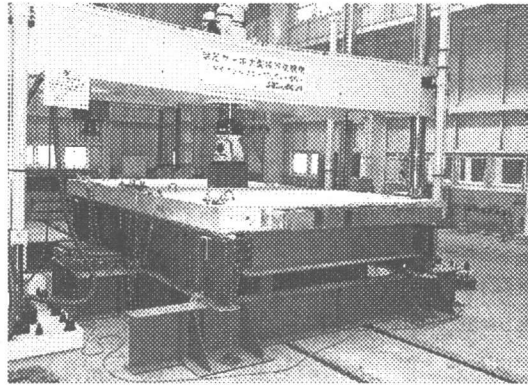


写真-1 定点式高サイクル疲労試験状況

設定回数ごとにスケッチを行った。

3.2 実験結果および考察

定点疲労試験において PC75 と PC50 は、総載荷回数 400 万回、RCH8 は 180 万回まで載荷した結果、破壊に至らなかった。

図-4 に、床版中央の活荷重たわみと載荷回数の関係を、図-5 に床版中央の総たわみと残留たわみの載荷回数の関係を示す。活荷重たわみとは、載荷時の総たわみから残留たわみを差し引いたものをいう。図-4 より、初期載荷 160kN での各供試体の活荷重たわみは、RCH8 が 0.90mm、PC75 が 0.97mm、PC50 が 0.98mm であった。全段面有効の状態においては、床版厚の違いが初期載荷の活荷重たわみに差異が現れたと考えられる。載荷荷重 490kN (載荷回数 68 万回) の活荷重たわみは、PC75 が 4.2mm、PC50 が 4.5mm であった。載荷荷重の漸増によって PC75 と PC50 の活荷重たわみは増加したが、グラフの傾きに差異は見られなかった。RCH8 の活荷重たわみも、載荷荷重の漸増にあわせて増加した。載荷荷重 490kN (載荷回数 68 万回) で 6.8mm に達し、PC75 と PC50 の活荷重たわみを大きく上回った。3 体の供試体とも載荷荷重 490kN に達した後の載荷回数の増加にあわせて、活荷重たわみも増加する傾向が確認できる。しかし、RCH8 の活荷重たわみの傾きより、PC75 と PC

50の傾きの方が緩やかであった。

RCH8の定点疲労試験終了時(総載荷回数180万回)の活荷重たわみの値は、8.3mmであった。PC75とPC50の定点疲労試験終了時(総載荷回数400万回)の活荷重たわみの値は、4.6mmと5.1mmを示し、RCH8を大きく下回った。また、図-5に示すように、定点疲労試験終了時(総載荷回数400万回)の残留たわみの値は、PC75が2.2mm、PC50が2.5mmであった。既往の実験結果³⁾と同様に残留たわみの値においても、PC75とPC50の値には、大きな差異は見られず、RCH8を大きく下回った。

図-6には、PC75とPC50の活荷重による目地部の開きの経時変化を示す。載荷荷重の増加とともに目地部の開きは増加するが、定点

疲労試験終了時でも1.0mmを超えることはなかった。PC75とPC50における目地の開きは、プレストレスの効果により微小のものであるため除荷後閉じると思われる。

図-7と図-8は、PC75およびPC50の載荷荷重240kN(載荷回数20万回)での、床版下面におけるコンクリートのひび割れ図である。これらの図より、PC50のほうがPC75よりもひび割れが多く観察された。その後、載荷荷重の漸増と載荷回数が増加しても、ひび割れは橋軸方向に発生するが橋軸直角方向には、目立ったひび割れは発生しなかった。建設省土木研究所との共同研究⁵⁾において、移動荷重により橋軸方向にプレストレスを導入した床版(PC75)のひび割れは、最初橋軸方向に発生した。その後、橋軸直角方向にも発生しRCH床

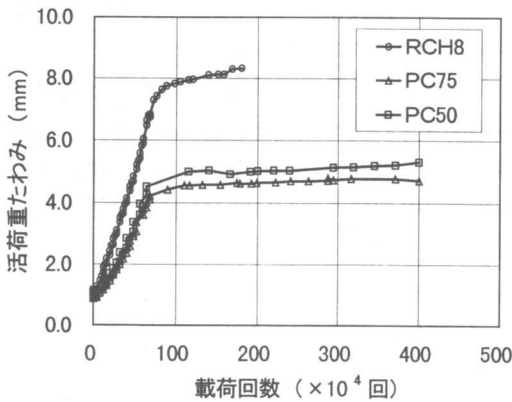


図-4 床版中央の活荷重たわみの経時変化

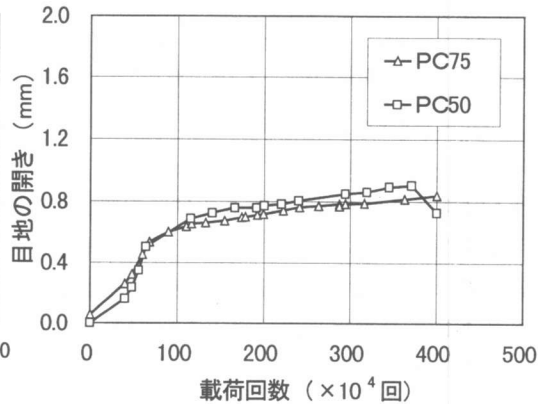


図-6 活荷重における目地の開きの経時変化

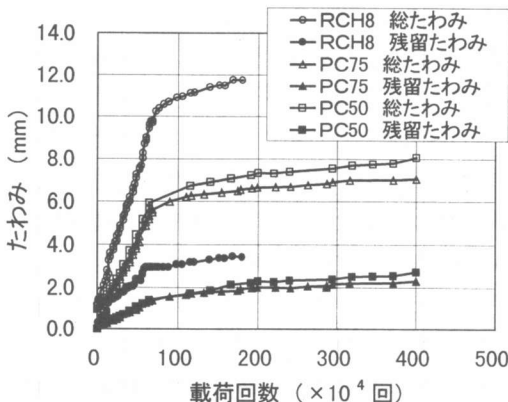


図-5 床版中央の総たわみと残留たわみの経時変化

の経時変化

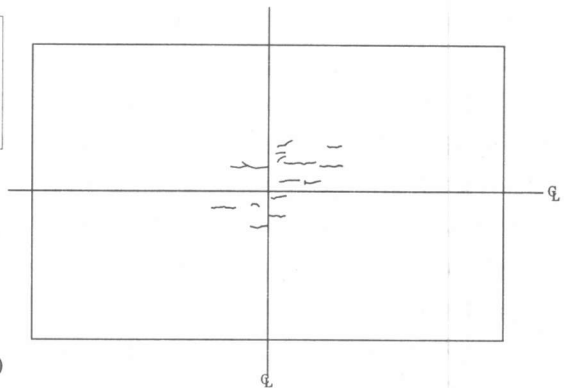


図-7 PC75の床版下面のひび割れ図

(20万回時)

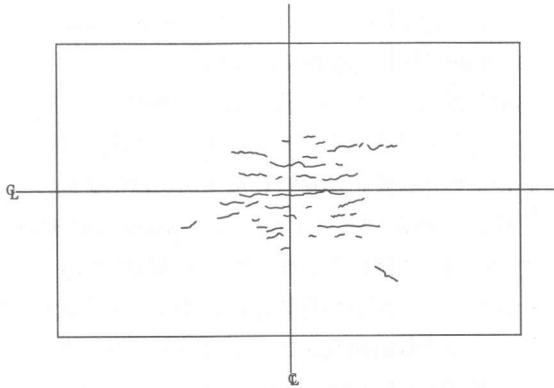


図-8 PC50の床版下面のひび割れ図
(20万回時)

版と同様に格子状となった。移動荷重においても、最初のひび割れの発生は橋軸方向からであった。また、水の影響を考えたとき松井は⁶⁾、移動荷重による床版の水張り実験で、貫通ひび割れまで進展するとひび割れのこすり合わせにより、水がモルタル分を洗い流しひび割れ幅が大きくなるとしている。本報告では、水張り実験は実施していないが、貫通ひび割れが発生した後に水の影響を受けると、ひび割れは著しく進展する考えられる。目地部には、ひび割れが橋軸方向に発生したが、定点疲労試験終了まで無収縮モルタルのかけらが落ちたり、鉛直方向のズレなどが発生することはなかった。このことは、既往の実験結果⁷⁾と同様な結果であった。定点疲労試験の結果より、PC75とPC50は十分な疲労耐久性を有すると考えられる。

4. 静的押し抜きせん断試験

4.1 実験概要

静的押し抜きせん断試験は、定点疲労試験において破壊しなかった供試体を用い実施した。支持条件と載荷面形状は、定点疲労試験と同様にした。載荷位置は、供試体中央である。

載荷は、一回目の計測で500kNに達するまで載荷させた後、0kNに除荷した。2回目の計測では、800kNに達するまで載荷し0kNに除

表-2 静的押し抜きせん断試験結果

供試体	せん断耐力 (kN)	土木学会式 計算値 (kN)
RCH8	820	738
PC75	918	—
PC50	900	—

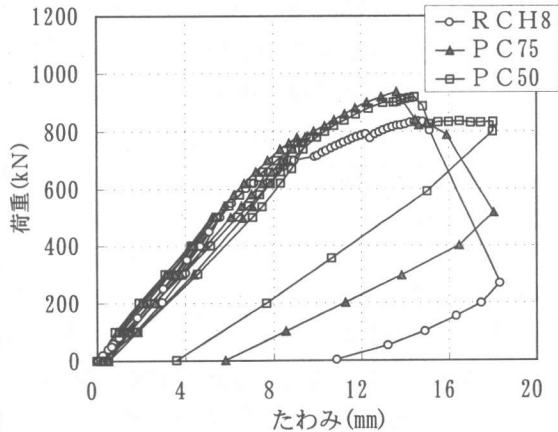


図-9 各供試体の荷重と中央たわみの関係

荷した。3回目の計測では、供試体が破壊するまで載荷した。

計測項目は、床版の変位、目地の開きである。床版下面のコンクリートのひび割れも観察を行った。

4.2 実験結果および考察

静的押し抜きせん断試験の結果を表-2に示す。図-9には、荷重と中央たわみの関係を示す。表中の押し抜きせん断耐力 V_{pcd} の計算値は、土木学会の算定式(1)を用いて、算定したものである。

PC75とPC50の定点疲労試験後の静的押し抜きせん断耐力は、RCH8を上回る結果となった。PC75とPC50の破壊形態は、RCH8と同じ押し抜きせん断形であった。これは、既往の実験⁸⁾でも同じ結果を得ている。また、目地部分から裂けて破壊することはなかった。疲労試験後の押し抜きせん断試験の結果からも、フルプレストレスの50%導入で十分な押し

抜きせん断耐力を有することが考えられる。

$$V_{pcd} = f_{pcd} \times u_p \times d / \gamma_b \quad (1)$$

$$f_{pcd} = 0.2 \times \beta_d \times \beta_p \times \beta_r \times \sqrt{f'_{cd}} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d}$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 \cdot p}$$

$$\beta_r = 1 + 1/(1 + 0.25u/d)$$

ここで、 f'_{cd} ：設計基準強度 (N/mm²)

u_p ：設計断面の周長

u ：載荷面の周長

d ：有効高さ(m)

γ_b ：1.0

5. まとめ

フルプレストレスの75%と50%のプレストレスを導入したPC75とPC50供試体について、本実験から得られた成果を以下に示す。

- (1) 定点疲労試験によるひび割れ発生状況から、橋軸方向にプレストレスを導入することにより、橋軸直角方向のひび割れを抑制できると判断できる。
- (2) 定点疲労試験で目地部から破壊に至らなかったことから、フルプレストレスの50%でも十分に連続化が達成できていると評価できる。
- (3) PC75とPC50供試体は、載荷荷重490kN（総載荷回数400万回）の定点疲労試験の結果から、十分な疲労耐久性を有していることが確認された。
- (4) 静的押し抜きせん断試験結果から、PC75とPC50供試体は、床版厚20cmの薄肉タイプであるが、床版厚25cmのRCH8供試体と同等以上の耐荷力を有することが確認された。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団，阪神高速道路管理センター：道路橋RC床版のひびわれ損傷と耐久性 pp1-8, 1991.12
- 2) 松井繁之，太田孝二，西川和廣：講座・鋼橋の床版⑤ プレキャスト床版，橋梁と基礎，Vol.39, No.9, pp36-41, 1998.9
- 3) 松井繁之，中井博，袴田文雄，竹中裕文：プレストレスを導入するプレキャスト床版の目地部の連続性と耐荷力に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.34A, pp275-284, 1988.3
- 4) 横山広，佐藤政勝，栗原慎介，木田秀人：プレキャスト床版の連続化に対するプレストレスの実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21, No.3, pp841-846, 1999.6
- 5) 建設省土木研究所：道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価手法の開発に関する共同研究報告書（その2），共同研究報告書第233号，pp177-197, 1999.10
- 6) 松井 繁之：移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.9, 第二号，pp627-632, 1987.6
- 7) 栗原慎介，金崎喜美男，金田昌治，松井繁之：橋軸方向にプレストレスを導入したRCプレキャスト床版の疲労性状，構造工学論文集，Vol.44A, pp1365-1372, 1998.3
- 8) 東山浩史，松井繁之：プレストレスしたコンクリート床版の押し抜きせん断耐力，構造工学論文集，Vol.44A, pp1357-1364, 1998.3