論文 曲面状埋込型枠を用いたRC床版の疲労耐久性に関する研究

松井 繁之*1・大西 弘志*2・徳岡 昭夫*3・劉 新元*4

要旨: 押出し成形で製作した繊維入りモルタル板を曲面状に仕上げ、これを埋設型枠として RC床版を打設し、合成床版として完成した床版の疲労耐久性を輪荷重走行試験機による疲 労実験により調べた。型枠裏面の形状に工夫を加え、付着強度を上げた効果および曲面板と した効果が大きいことが証明できた。

キーワード:道路橋床版、押出し成形埋設型枠、疲労、輪荷重走行試験

1. はじめに 1),2)

近年、社会基盤を構成する構造物の建設において、構造・施工の合理化・省力化に対する要望が強くなっている。その中でも、橋梁の建設においては合理化橋梁の提案など様々な合理化・省力化に向けた動きがあり、構造詳細や施工の合理化について数多くの研究・開発がなされている。特に、橋梁の床版は期待される役割が増大していることから、高機能化・高耐久化を達成すると同時に施工の省力化をも達成しなければならないという状況にある。

このような要請に対応するためにこれまでに 様々な手法が考案され、実施されている。その 主なものは橋梁床版の構造を合成構造とし、床 版構造自体の高機能化・高耐久化を図ると共に、 工場で製造された部品を型枠代わりに利用し、 現場でのコンクリート打設を行なうことで型枠 設置・解体に伴う作業やコストの削減を達成し ようとするものである。

このような手法をとる場合、通常は鋼部材や PC部材を型枠代わりに利用する場合が多いが、 著者らは近年開発された、セメント系押出し成 形材(図-1参照)を曲面に加工したものを型 枠として利用し、曲面によるアーチ効果を利用 して施工時のコンクリート死荷重・作業荷重を 負担させるとともに、完成系においてコンクリ



図-1 押出し成形埋設型枠

表-1 埋設型枠の配合(%)

水

繊維補強材 増粘材等

- 2. 静的耐荷力試験
- 2.1 供試体
- (1) 供試体

本試験で用いられた供試体の寸法を図-2に 示す。この試験では通常のRC構造を有する床 版厚180mmの供試体(TypeA)と押出し成形で 作製された埋設型枠(以後、埋設型枠と呼ぶ) を使用した床版厚合計が180mmの合成床版供 試体(Type B)を作製し、その挙動の違いを確

*1 大阪大学大学	学院教授	工学研究科土木工学専攻	工博	(正会員)
*2 大阪大学大学	学院助手	工学研究科土木工学専攻	工修	(正会員)
*3川田建設㈱	技術部			
*4川田建設㈱	技術部	開発課		





認することにした。供試体の床版支間は 1500mm である。供試体作製に使用されたコン クリートの物性は表 - 2に示すとおりであり、 鉄筋には SD295 の異形鉄筋を用いた。引張側主 鉄筋として D19 鉄筋を 150mm 間隔、引張側配 力筋として D16 鉄筋を 150mm 間隔で配置し、 圧縮側には引張側の半数の鉄筋を配置した。

(2) 埋設型枠

本研究で使用した押出し成形材の配合を表 -1 に示す。この材料は工場製作時に高圧力下で 押出し成形を行うため均質で緻密な材質を得る ことができる。この材料的特性から、耐塩害性・ 中性化抵抗性・凍結融解抵抗性などの耐久性に 優れた性質を有する素材であることが確認され ている。この材料で作製された型枠は一般に曲 げ強度が 10~15N/mm²、弾性係数は 15~ 21kN/mm²程度の値をとる。さらに、図 - 1 に示 されるように型枠材の裏面に特殊な凹凸形状を 施すことにより、後から打設されるコンクリー トとの一体性の確保を期待している。また、本 試験では一枚の埋設型枠でハンチ部の型枠も兼 用させるために図 - 2 中にあるように曲面状の 埋設型枠を使用し、供試体の作製を行っている。



図 - 4 ゲージ配置

表-2 コンクリートの物性

供試体名	圧縮強度 (N∕mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	
Type-A	43.5	3.2	
Type-B	44.4	3.3	

2.2 試験方法

(1) 載荷方法

今回の試験では、図-2中の斜線部の位置に



図-6 床版内ひずみ分布

載荷面積 300mm×120mm の分布荷重を作用さ せて試験を行った。荷重はステップごとに管理 して載荷された。このとき使用された載荷ステ ップを図 - 3に示す。図中にも示されるように この載荷方法では、設計荷重である T 活荷重 (136kN)と鉄筋に許容応力が発生したときの荷 重に特に着目して載荷を実施している。

(2) 計測項目

この試験では測定項目としてコンクリート表面のひずみ、鉄筋ひずみ、床版の変形を計測した。ゲージ類の設置位置の例を図-4に示す。

2.3 結果と考察

今回の静的耐荷力試験で得られた荷重 - たわ み曲線を図 - 5に、床版内のひずみの分布を図 - 6に示す。

この試験において、Type A 供試体の鉄筋に許 容応力が発生する荷重は600kNであることが確 認された。これに対し、Type B 供試体では荷重 が750kNにいたるまで鉄筋に許容応力が発生し なかったことが確認された。このことから埋設 型枠を使用した Type B のような構造は十分な 性能を確保できていることが確認された。 図-5(a)の荷重 - たわみ関係を見ると、本 試験では Type A、B ともに床版中央のたわみが 3mm 程度に至った時点で降伏に至っている。こ の図を見る限りでは Type A、B ともに同様の挙 動を示しているように見えるが、設計荷重 (140kN)載荷終了時、許容応力発生荷重(600kN) 載荷終了時までの挙動を比較すると、どちらの 時点においても Type A の弾性変形、残留変形が Type B の変形よりも大きい。

また、床版中央断面におけるひずみの分布状 況を確認すると、Type A においては荷重の増大 とともに床版上縁・引張側鉄筋位置でのひずみ がほぼ荷重に比例して増大している。さらに、 荷重が小さい時点においてすでに床版下縁にお けるひずみがほぼ0となっていることから、設 計荷重作用時にはすでに床版下縁のコンクリー トはひび割れを生じ応力の緩和が発生している ものと推定される。Type B においては、荷重の 増加とともにひずみも増加しているが、その分 布の傾向は Type A と異なり、引張側鉄筋と埋設 型枠上縁のひずみがほぼ一致していることから、 この間のコンクリート、さらには埋設型枠も鉄



図-9 載荷プログラム

80

250 1501

-<u>20</u>

250

150 180

250

8

支間中央で最小となるように設定されており、 最小床版厚は180mmである。床版支間は1750mm とし、橋軸方向の床版端部には床版端部からの 異常破壊を防止するための鉄筋を配置した。ま た、本試験においては図-8に示すように断面 の構成を通常のRC構造(RC供試体)、曲面状 埋設型枠を使用した構造(アーチタイプ供試体)、 平面埋設型枠を使用した構造(フラットタイプ 供試体)の3通りに変化させ比較を行った。

(2) 使用材料

今回の実験で使用した供試体を作成するにあ たり実施したコンクリートと鉄筋の材料試験の 結果を表-3、4に示す。今回の実験では実験 開始時期が供試体によって前後したので、コン クリートの強度の試験期間中の変動を確認する ために材料の強度等を確認した。その結果、試 験期間中におけるコンクリートの物性値の変動



A ℃ 使用したコンププ 〒001%11世							
供試体名		圧縮強度 (N∕mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	ポアソン比			
RC		36.6	27.3	0.172			
アーチ		38.2	30.3	0.181			
フラット		37.7	28.9	0.212			
表 - 4 使用した鉄筋の物性値							
	建故	降伏強度	引張強度	弾性係数			
	亚 天 用刀	(N/mm ²)	(N/mm^2)	(kN/mm^2)			
	D13	342	511	201			
	D16	368	524	195			

筋と同じような動きをしているものと考えられ る。これは床版の下面に埋設型枠を設置するこ とにより、コンクリートの動きが制限されるこ とで、ひび割れの発生が抑制されると同時に、 断面力が埋設型枠にも分担されているためであ ると考えられる。

これらのことから、通常のRC構造である Type A よりも Type B のほうが床版のたわみや 鉄筋ひずみの抑制に有利な構造になっていると 考えられる。

3. 輪荷重走行疲労試験

3.1 供試体

(1) 寸法

本研究で使用した供試体の形状と鉄筋の配置 を図-7に示す。今回使用した供試体の平面寸 法は 3000mm×2000mm であり、床版厚は床版



はそれほど大きくはなく、比較的安定した状態 で疲労試験を実施できたことが確認された。

3.2 試験方法

(1) 載荷方法

今回の実験においては図 - 9に示される段階 載荷試験により供試体の疲労耐久性を確認する ことにした。設定された荷重は 147kN から 235kN であり、破壊しなかったアーチタイプ供 試体は試験走行 100 万回で試験を終了した。

(2) 計測項目

この疲労試験では計測項目として床版のたわ み、鉄筋・コンクリートのひずみ、ひび割れの 発生量を設定し、計測を実施した。床版のたわ みの計測においてはたわみの橋軸方向、橋軸直 角方向ともに分布が確認できるように変位計を 設置した。鉄筋のひずみの計測では一部のひず みゲージを用いてひずみの動的計測を実施し、 鉄筋ひずみの動的挙動を確認した。コンクリー トのひび割れ発生状況の確認では目視により床

4. 輪荷重走行疲労試験の結果と考察

版表面の状態を確認し、適宜記録した。

本論文では紙面の都合上、今回実施した輪荷 重走行試験の結果のうちたわみの発生状況と床 版内部のひずみ分布について述べることにする。

4.1 たわみの発生状況

本試験により得られた、床版中央活荷重たわ みの経時変動を図 - 10 に、活荷重たわみの分布 状況を図 - 11、12 に示す。

今回の試験では床版毎に挙動の違いが確認さ れている。まず、図 - 11 をみると、実験の初期 においてはRC供試体の活荷重たわみが最も大 きく、フラットタイプ供試体、アーチタイプ供 試体の順で活荷重たわみが小さくなっている。 試験走行時の活荷重たわみの増加速度はRC供 試体、フラットタイプ供試体とアーチタイプ供 試体では明らかに異なり、200,000回走行終了時 付近ではこれらの供試体間の活荷重たわみの差 は顕著になっている。通常であればこの時点に



図 - 13 床版内活荷重ひずみ分布(98kN 換算ひずみ、床版中央から橋軸直角方向に 75mm)

おける活荷重たわみの大きい順に破壊するのが 普通であると思われるが、本試験においてはR C供試体より先にフラットタイプ供試体が破壊 した。これはフラットタイプで使用した埋設型 枠の端部をハンチ上側止端で止めたため、この 端部で後打ち床版内にひび割れを誘発したこと が原因であると考えられる。アーチタイプ供試 体においては活荷重たわみの増加が他の2体と 比較して極端に遅く、このことからアーチタイ プ供試体はRC構造と比較してかなり高い耐久 性を有していると考えられる。

また、たわみの分布状況を確認すると、RC 供試体、フラットタイプ供試体では橋軸方向の たわみ分布から強い異方性が確認できることか ら、これらの供試体では劣化が進行しているこ とがわかる。

4.2 床版内のひずみ分布

床版中央付近の断面におけるひずみの分布状 況を図 - 13 に示す。全体的な傾向を見るとRC 供試体とフラットタイプ供試体が同じような挙 動を示し、アーチタイプは実験の初期において これらとは異なる挙動を示している。まず、ア ーチタイプ供試体の挙動について確認すると、 この供試体では荷重走行 20 万回までは床版下 縁までひずみが直線的に分布している。これは 床版の下縁に配置されている埋設型枠が全く健 全な状態で床版と一体となって挙動しているこ とを示していると考えられる。その後、荷重走 行 80 万回以降はひずみの分布が RC 供試体と 同様の傾向を示したことから、80 万回終了時ま でにアーチタイプ供試体では曲面状埋設型枠に もひび割れ等が発生したためである。ただし、 アーチタイプの挙動がRC供試体に近いものに 移行したといっても発生した鉄筋ひずみは他の 供試体の半分であり、劣化の程度としては依然 として軽微な状態にあると判断できる。試験終 了後、床版を切断し断面を観察したが、アーチ タイプでは型枠と剥離した部分はひび割れから 3~4cm 程度であった。

5. 結論

本研究において実施した静的耐荷力試験、輪 荷重走行疲労試験の結果から以下の知見を得る ことができた。

 曲面状埋設型枠を使用したRC床版は通常の RC床版と同等の耐荷力を有している。特に、 曲面状埋設型枠を使用した場合には、鉄筋に許 容応力が発生するまでの段階で弾性変形、残留 (塑性)変形を抑制する効果があることが判った。
論荷重走行疲労試験の結果から曲面状埋設型 枠を使用したRC床版は通常のRC床版と比較 して高い耐久性を有していることが確認できた。

参考文献

- 1)例えば、建設省土木研究所:道路橋床版の輪荷重走行 試験機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1)、共同研究報告書第221号、 1999.3
- 2)例えば、建設省土木研究所:ミニマムメンテナンス 橋に関する検討、土木研究所資料 No. 3506、1997,6