

大阪大学大学院 学生員 ○渡海 大輔 大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之
近畿大学 正会員 東山 浩士 住友大阪セメント 正会員 水越 睦視

1. はじめに

繊維補強コンクリートの適用によってより合理的な構造物を作ることが可能であると考えられる。カナダでは腐食対策として鉄筋を床版内に一切配置せず、コンクリートのアーチ機構で耐荷力を期待した床版構造を開発した。ただし床版の引張抵抗をポリプロピレン繊維で補強している¹⁾²⁾。しかしながら、この形式の床版の疲労耐久性は未だ明らかにされておらず、汎用の域には至っていないということから輪荷重走行方式による疲労試験を通して PFRC 床版の劣化特性を調べることにした。

2. 実験概要

図-1 に供試体図を、表-1 に PFRC の材料特性を示す。供試体名は順に PFRC1,PFRC2,PFRC3 とする。供試体の寸法は橋軸方向に 3000mm、橋軸直角方向に 2100mm、主桁間隔 1800mm であり、実橋のほぼフルモデルとなっている。主桁間には引張部材として橋軸方向に 600mm のピッチで断面積 450mm² のストラップが配置されている。主桁および横桁においてはコンクリートとの合成を図るためのスタッドが配置されている。PFRC1 において横桁と主桁は非結合とし、PFRC2 および PFRC3 においては横桁と主桁とは図-1 の断面図のようにボルトで連結している。表-2 に荷重プログラムを、図-2 に PFRC1 および 2 の荷重終了時のひび割れ図を示す。すべての供試体は 117.6kN で 2 万走行させており、PFRC1 では続いて 147kN で 2 万走行、さらに 176.4kN で 21.8 万走行させた時点で床版端で曲げ破壊し、分離した。PFRC2 では 147kN で 2 万走行後 176.4kN で 47.4 万走行させた点で図-2(c),(d)に示すように荷重端で押し抜きせん断破壊に至った。PFRC3 については荷重を 147kN に下げたところ、98 万走行させたが外観上は破壊に至らなかった。

3. 実験結果

3.1 破壊性状およびひび割れ性状

PFRC1 の破壊形式は曲げ破壊である。自由端には横桁を取り付けていたため、その辺が回転自由となり、輪荷重走行端から主桁と横桁の交点に向う斜めひび割れで囲まれた三角形形状部の剛体回転し、脆性的に破壊してしまった。176.4kN の荷重で斜めひび割れが深く進展したためと思われる。PFRC2 は横桁を主桁に連結したが、やはり荷重点より外側で降伏線と認定されるひび割れが発生した。その結果、荷重が最も端部に来たときに荷重に対する有効幅が大きく減少し、橋軸直角方向でオーバーロードになり、その断面がせん断破壊を呈したと認められる。PFRC3 は最大荷重荷重が他の 2 体よりも小さかったため、外観上は破壊には至らなかった。また、全ての供試体において破壊に至るまで RC 床版で見られる橋軸直角方向の貫通ひび割れによって梁状化するという現象は発生しなかった。しかし、ひび割れ面での開き、ずれ、段差の全モードの変位は非常に大きかった。これらのことは床版

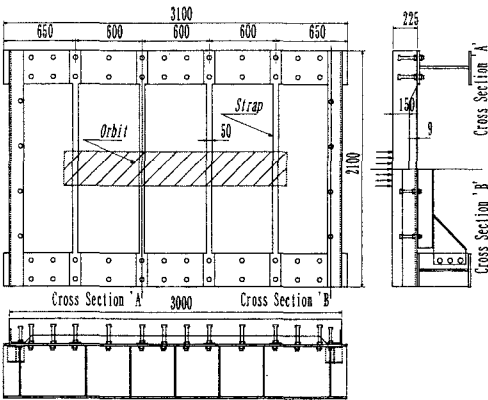


図-1 供試体図(PFRC2,PFRC3)

表-1 材料特性

供試体名	PFRC1	PFRC2	PFRC3
圧縮強度 (MPa)	68.4	44.7	49.2
弾性係数 (GPa)	31.4	25.2	29.2
割裂引張強度 (MPa)	5.08	3.96	4.00
曲げ強度 (MPa)	6.70	5.54	6.40
曲げタフネス (J)	18.9	15.1	18.5
換算曲げ強度 (MPa)	2.72	2.30	2.77
せん断強度 (MPa)	—	7.21	8.50
ポアソン比	—	0.194	0.192

表-2 荷重プログラム

供試体	荷重(kN)	回数
PFRC1	117.6	20,000
	147	20,000
	176.4	218,000 曲げ破壊
PFRC2	117.6	20,000
	147	20,000
	176.4	474,000 押し抜きせん断破壊
PFRC3	117.6	20,000
	147	980,000 未破壊

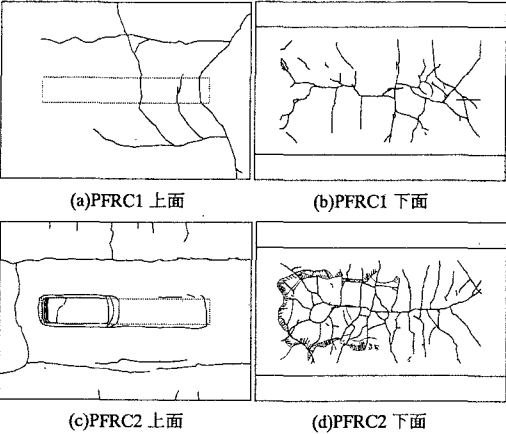


図-2 ひび割れ図

内に鉄筋を配置しなかったことによりひび割れ分散が無かったためである。また横桁付近で床版下面には降伏線理論で仮定されるような斜め方向のひび割れ(Y 字形)が早期に発生していた。

3.2 たわみ性状

図-3 にたわみ-走行回数を示す。PFRC1 は 20 万回を越えたところでたわみが急増しているが、これは横桁近傍コンクリートの劣化のよって荷重に抵抗する橋軸方向有効幅が減少したためである。PFRC2 の活荷重たわみは破壊に至るまで漸増しているのに対し、残留たわみは 20 万回を超えたところから顕著に増加している。これは床版内に鉄筋が配置されていないため鉄筋の荷重分担作用が無く、復元力が劣化に伴って小さくなったためである。PFRC3 の活荷重、残留たわみは 147kN で載荷した初期の段階から載荷終了時まで漸増はしているが非常に安定していることが分かる。

3.3 橋軸直角方向のコンクリートのひずみ状況

図-4 に PFRC3 の床版中央断面における橋軸直角方向ひずみ分布を示す。2 万走行後に上面においては桁付近でひずみが引張側からゼロに近づき、下面においては桁付近での圧縮力が大きくなっている。これは輪荷重の走行に伴って負曲げ部で橋軸方向の上面ひび割れが発生するとともに、橋軸直角方向にアーチの耐荷機構が形成されるためである。

3.4 橋軸直角方向ひび割れ断面図

PFRC2 および PFRC3 は試験終了後に横断面で切断した。その断面における橋軸直角方向ひび割れ状況を図-5 に示す。スパン中央の載荷点直下および桁作用による負曲げを受けるエリアでハンチの断面が小さくなっている部分の上部の支配的なひび割れが確認できた。PFRC2 において軌道直下にアーチリブ下縁に沿うひび割れが見られた。また破壊に至らなかった PFRC3 においても断面をカットするとアーチの圧縮域と考えられる領域の下縁に沿って水平方向のひび割れが進展していた。

4. まとめ

- PFRC 床版は橋軸直角方向断面のみで外力に抵抗しており、異方性は非常に大きい。
- ストラップはコンクリートと付着界面を有しないことから曲げひび割れは多く発生せず、ひび割れ幅は大きくなる。
- 横桁付近に降伏線理論で仮定される斜めひび割れが発生し、軌道直下の橋軸方向ひび割れと交わる箇所での劣化が著しくなり、端部での有効幅が減少し、破壊に至る可能性が高くなる。
- 曲げひび割れ形成後にコンクリートのせん断劣化によってアーチ圧縮域の下限位置に傘状のひび割れが形成され、アーチの圧縮リブ部のせん断耐力が外力に抵抗できなくなったところで押し抜きせん断破壊に至る。

参考文献

- 1)P.Newhook,Aftab.A.Mufto,A Reinforcing Steel-Free Concrete Deck Slab for the Salmon River Bridge,pp16-20
- 2)Aftab.A.Mufti,John.P.Newhook,Punching Shear Strength of Restrained Concrete Bridge Deck Slabs,ACI Structural Journal,No95/S33,pp375-381,1998.7.

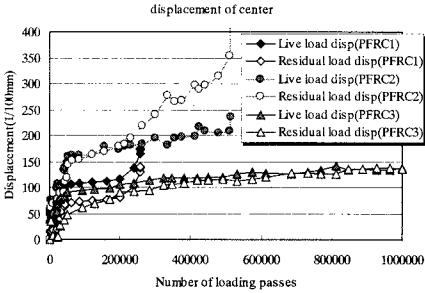
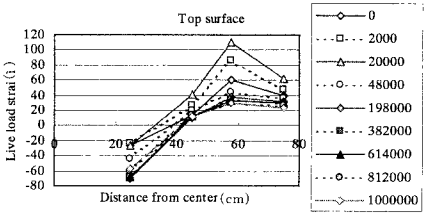
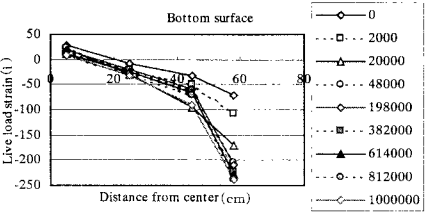


図-3 たわみ-走行回数

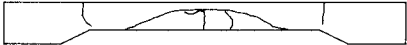


(a) 上面

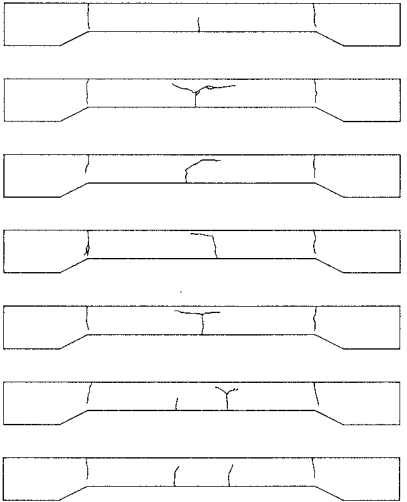


(b) 下面

図-4 橋軸直角方向ひずみ分布(PFRC3)



(a)PFRC2



(b)PFRC3

図-5 橋軸直角方向ひび割れ断面図