

打替え用FRP合成床版の構造開発に関する研究

大阪大学大学院 学生会員 長尾 千瑛 宮地鐵工所 正会員 久保 圭吾
 新日本石油 正会員 小牧 秀之 富士技建 フェロー 石崎 茂
 日東紡 平山 紀夫 大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之

1. 研究背景

近年、自動車走行による輪荷重の繰り返し载荷や交通荷重の増大などによって、道路橋 RC 床版の様々な劣化現象が表面化し、補修・補強や床版全体を打替える事例が増加しつつある。その中で、FRP とコンクリートとを組み合わせた合成床版は、現場作業の省力化、軽量化、現場工期短縮などの利点により、現場打替え用床版に適用されることが期待される。また、現在打替えが必要とされる道路橋床版の殆どは、支間長が 2 ~ 3 m のものであり、この支間長で型枠剛性および現場施工性の面で最も有利と考えられる、鋼-FRP 複合合成床版について検討する。

2. 開発の目的と構造

今回、打替え床版用に考案された FRP 合成床版の断面は、輪荷重に対する疲労耐久性の向上、塩害対策、並びに設計活荷重の増加に対応すると同時に、死荷重を軽減できること等を目指したものである。

これらを考慮して床版断面は、図 1 に示すような GFRP と CFRP、鋼および鉄筋コンクリートよりなる複合構造とした。床版コンクリート打設時の FRP 型枠には、型枠剛性を高め、死荷重の軽減を図ると共に、防錆面にも配慮し、角形鋼管と FRP をインフュージョン成型法で一体成型した複合断面を採用することとした。このような複合構造では、構成各材料間で、応力 - ひずみ関係、弾性係数、ポアソン比、引張 - 圧縮強度等の材料特性が著しく異なるため、各部材間の応力伝達機構も複雑となる。そこで、このような構造体の設計法を確立するために、まず、基本構造である版の支間方向の曲げ・せん断に対する変形挙動と耐荷様式を把握することを目的として、床版支間方向の梁モデルを用いた静的载荷試験を実施することとした。

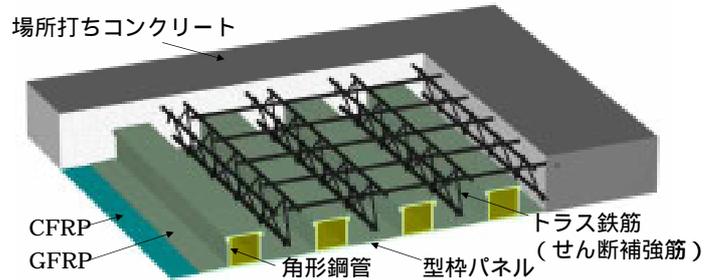


図 1 打替え用 FRP 合成床版の概要

3. 静的梁曲げ試験

3.1 試験体 試験体は今回考案した FRP 合成床版の角形鋼管 2 本分を支間方向に取り出した梁モデル (Case1) とした。試験体の断面図を図 2 に示す。また、キャリブレーション

用に、従来品である T リブと底板が一体となった GFRP 引抜き成形材と鉄筋コンクリートを合成させた試験体 (Case4) を用意した。図 3 に Case4 の断面図を示す。

なお、供試体構成材料の特性は表 1 の通りであった。

3.2 試験方法 载荷試験は図 4 に示すように、支間長を 2000mm とし、支間中央から両側 300mm の位置に载荷用鋼板を介して線载荷

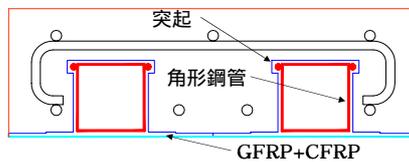


図 2 新形式の断面図 (Case1)

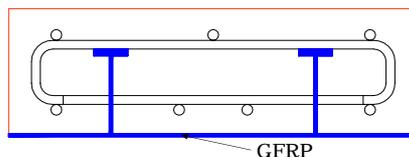


図 3 従来型の断面図 (Case4)

表 1 供試体構成材料の特性

	圧縮 / 引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)
コンクリート	圧縮強度 30.2	24.7
GFRP	引張強度 248	18.2
GFRP+CFRP	引張強度 319	20.7
鋼管	引張強度 420	193
異形鉄筋SD295 D13	引張強度 489	189
異形鉄筋SD295 D16	引張強度 502	202

キーワード FRP 合成床版, 打替え床版, 梁曲げ試験

連絡先 〒 565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 地球総合工学専攻 TEL 06-6879-7618

した．荷重は 20kN 毎に除荷を繰り返しながら漸増させ，供試体下面におけるたわみ，残留たわみ，試験体上面，内部，下面におけるひずみ，FRP パネルと RC の剥離状況，FRP パネルと RC の試験体両端のずれを測定した．

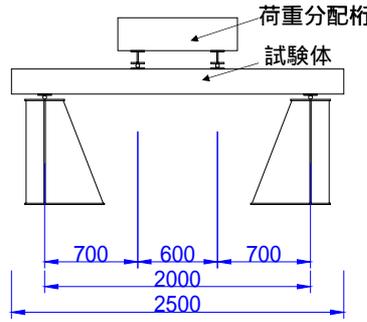


図 4 荷重載荷図

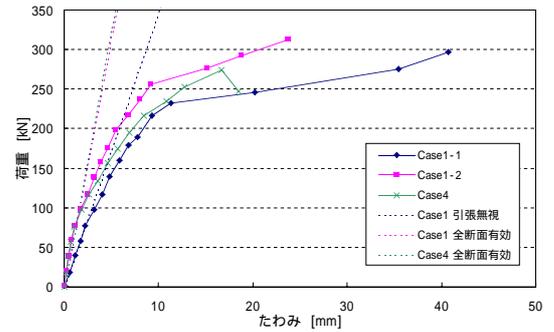


図 5 荷重たわみ曲線

なお，剥離は打音検定により判定した．

3.3 試験結果

図 5 に支間中央における荷重たわみ曲線を示す．Case1-1 と Case1-2 で初期荷重時から荷重たわみ曲線の傾きが異なるのは供試体運搬時に発生したコンクリートの微小ひび割れや型枠パネルと RC 間の局部剥離の影響と考えられる．また、Case1-2 の荷重たわみ曲線は，Case4 に比べひび割れ発生後の傾きが急で、高い剛性を示し、破壊荷重も 30 %程度高くなった．

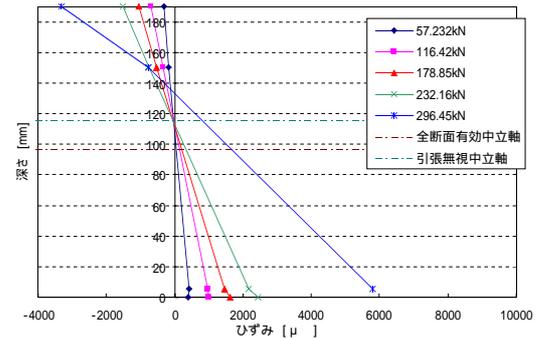


図 6 中央断面ひずみ分布（Case1-1）

図 6, 7 に Case1 供試体の中央断面のひずみ分布を示す．この図より，Case1-1 のひずみ分布が鉄筋降伏の直前まで平面を保持しているのに対し、Case1-2 では初期荷重時点から FRP 底板付近で平面保持が保たれていない．これは FRP 底板とコンクリート間に局所的な剥離が存在したためと思われる．

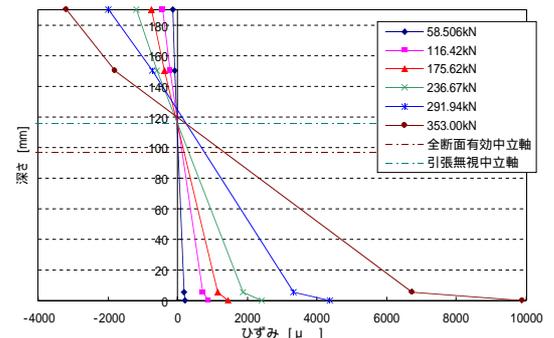


図 7 中央断面ひずみ分布（Case1-2）

表 2 に各供試体の FRP 底板とコンクリート間のずれ発生荷重および最終破壊荷重を構成各部材間の完全合成を仮定した計算破壊荷重と共に示す．これより，今回提案する複合断面は，終局時まで構成各部材の完全合成を仮定した終局荷重に対し 73 ~ 89 %の終局強度が得られた．これは，角パイプ上部に丸鋼により突起を設けたことでこれより下部のコンクリートが FRP 底板と角パイプにより拘束され，合成作用の保持につながったものと考えられる．しかし，角パイプ部の FRP パネルの剛性が大きく，コンクリートとの接合面に大きなせん断力が作用したこと，並びにコンクリートを横方向に拘束していなかったこと等から，角パイプ外側のコンクリートが FRP パネルより剥離してしまっ

表 2 試験結果概要

	FRP 型枠RC 間 ずれ両端 発生荷重 (kN)	破壊荷重 (kN)	計算破壊 荷重 (kN)	備考
Case1-1	222	297	407	長手方向破壊
Case1-2	260	364		
Case4	- - -	274	371	せん断破壊

てしまった．また，Case1-1 では梁の支間方向に縦方向のひび割れが発生した．従って，Case1 では，床版としての橋軸方向の連続性を考慮して梁供試体の横方向のはらみ出しを拘束すれば，剥離荷重は向上し，更なる耐荷力の向上が期待できる．また，今回提案する複合断面は，従来品と比べ 2 割程度軽量化されたにも関わらず 剛性が大きくなり大きい曲げ耐荷力を示すだけでなくせん断耐力も向上することが確認された．

以上の結果を総合すると，Case1-2 は，RC 床版に比して高い耐荷力を有することが確認されている従来型 FRP 合成床版より更に優れた曲げ性能を有していると言える．今後，床版を橋軸方向に取り出した供試体の輪荷重走行試験によって，走行荷重の繰り返しに対する抵抗機構，破壊性状を調べる予定である．また，実際の道路橋に適用するために床版全体の疲労耐久性を確認する予定である．

以上を総合すると，Case1-2 は，RC 床版に比して高い耐荷力を有することが確認されている従来型 FRP 合成床版より更に優れた曲げ性能を有していると言える．今後，床版を橋軸方向に取り出した供試体の輪荷重走行試験によって，走行荷重の繰り返しに対する抵抗機構，破壊性状を調べる予定である．また，実際の道路橋に適用するために床版全体の疲労耐久性を確認する予定である．