

CFRP 補強筋を使用した CFCC プレキャスト版の曲げ載荷試験

株式会社ヤマウ 正会員 ○鳥羽 圭祐 正会員 生田 泰清 寿上 隆司
東京製綱インターナショナル株式会社 菅原 公理

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の老朽化対策として、構造物の耐久性を向上させ、ライフサイクルコスト低減を重視した製品開発の必要性が高まっている。その一環として、昨年度、高耐久で、維持管理が容易な階段段板の開発を行った。当該段板は、格子状に組んだCFRP（炭素繊維強化プラスチック 製品名:CFCC(東京製綱(株)製)で補強した床版（以下、CFCCプレキャスト版という）である。開発にあたっては、日本道路協会「立体横断施設技術基準・同解説」（以下、「技術基準」という）に準拠した設計が可能であるか確認することを目的に、曲げ載荷試験を実施した。また、今後当該構造の橋梁などの構造物への適用を想定し、その終局に至るまでの構造特性を併せて確認した。

2. 試験概要

曲げ載荷試験には、表-1 に示す Type1~Type3 の 3 種類の試験体を用いた。Type1 は、通常の RC 部材として設計した試験体。Type2 は、Type1 と同じ物性のコンクリートを使用して、引張補強材の軸剛性が同等以上となるよう CFRP を配置した。Type3 では、Type2 と CFRP 配置は同様で、レジンコンクリートを使用した。CFRP の配置状況を写真-1、引張補強材の諸元を表-2、応力-ひずみ関係を図-1 に示す。コンクリートの応力-ひずみ関係を図-2 に、コンクリートの配合を表-3 に示す。試験は、図-3 に示す載荷形式により実施し、荷重及び支間中央変位を測定した。また、載荷は破壊形態確認のため、終局まで実施した。

表-1 試験体諸元

試験体	版幅 (mm)	版厚 (mm)	版長 (mm)	支間長 (mm)	補強筋材質	引張材本数	軸剛性 (N/mm)	コンクリート物性
Type1	330	50	1500	1350	D6	3本	14075	普通
Type2					CFCC-φ5	8本	15042	
Type3					レジン			

表-2 引張補強材諸元

呼び名	公称直径 (mm)	断面積 (mm ²)	引張荷重 (kN/本)	弾性係数 (kN/mm ²)	単位重量 (g/m)
D6	6.35	31.67	14~19	200	250
CFCC-φ5	5.00	15.20	38.0	167	30

表-3 示方配合表

コンクリート	粗骨材最大寸法 (mm)	W/B (%)	細骨率材 (%)	単位量 (kg/m ³)							
				水	セメント	混和材		細骨材		粗骨材	混和剤
普通	20	35.5	39.0	165	325	高炉スラグ 140	砕砂 590	高炉スラグ 138	砕石 (1505) 538	砕石 (2015) 538	3.02
レジン	10	—	36.0	単位量 (質量%)							
				主剤	収縮剤	増量材	細骨材	粗骨材			
				10.1	3.4	23.0	22.9	40.6			

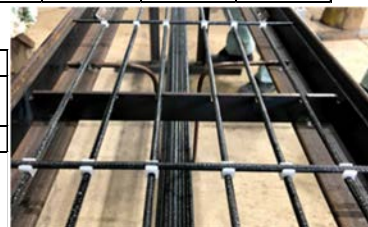


写真-1 CFRP 配置状況

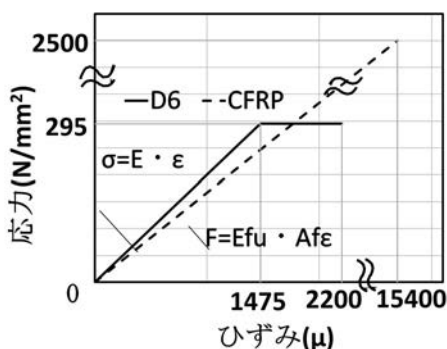


図-1 引張補強材応力-ひずみ関係

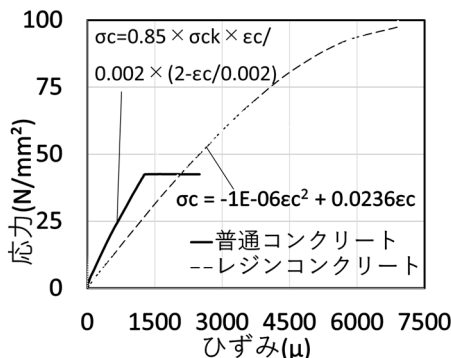


図-2 コンクリート応力-ひずみ関係

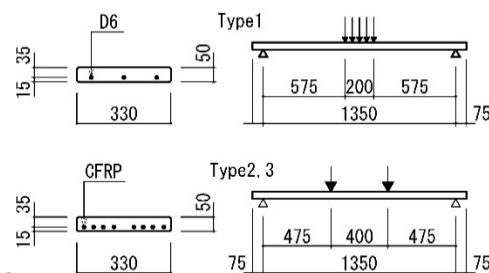


図-3 試験体断面図及び載荷方法

3. 結果

「技術基準」による設計荷重及び、ひび割れ時、鉄筋降伏時、終局時の各荷重及び変位の試験値と計算値を比較して表-4 に示す。各荷重と変位の計算値は、材料の応力-ひずみ関係より部材の M-φ を導いて算出した。なお、コンクリートの応力ひずみ関係図は、日本道路協会「道路橋示方書Ⅲ コンクリート橋編」を、レジンコンクリートは、コンクリート工事用樹脂部門委員会「レジンコンクリート構造設計指針(案)について」及び既往の研究¹⁾を参考に、

当社実績データによって決定した。試験値と計算値による荷重-変位関係を図-4に比較して示す。全試験体の破壊状態を写真-2に示す。Type1は、鉄筋降伏後、耐力を失うことなく大きく変位して終局を迎えた。Type2は、ひび割れ発生後、剛性は落ちたが、荷重変位関係はその後も線形を保ちながら推移し、コンクリートが圧壊し急激に耐力を失った。Type3では、Type2と同様にひび割れ発生後、剛性は落ちたものの、荷重変位関係は線形に増加し、せん断によって脆性的に破壊した。

表-4 荷重試算結果と試験値

荷重 (kN)	設計荷重時		ひび割れ時				降伏時				終局時				破壊状態
	変位 (mm)		荷重 (kN)		変位 (mm)		荷重 (kN)		変位 (mm)		荷重 (kN)		変位 (mm)		
	試験値	計算値	試験値	計算値	試験値	計算値	試験値	計算値	試験値	計算値	試験値	計算値	試験値	計算値	
1.0	0.8	0.5	2.0	1.4	1.2	0.8	3.5	3.0	8.6	5.7	5.2	3.3	55	30	曲げ
1.6	1.0	0.8	2.4	1.8	1.2	0.9	—	—	—	—	22.3	17.3	60	55	曲げ
1.6	1.0	1.0	11.1	10.0	7.1	6.4	—	—	—	—	52.7	53.4	107	86	せん断

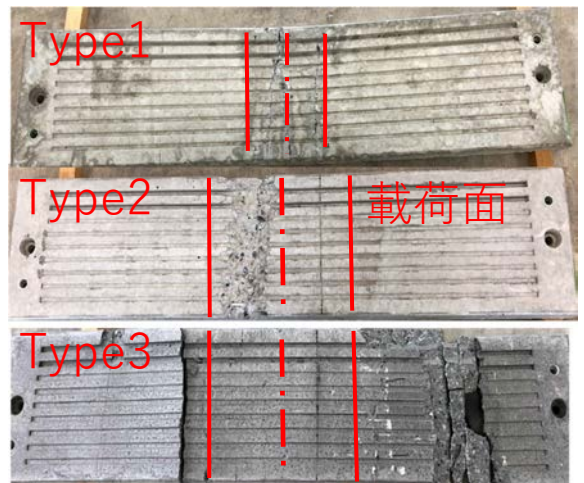
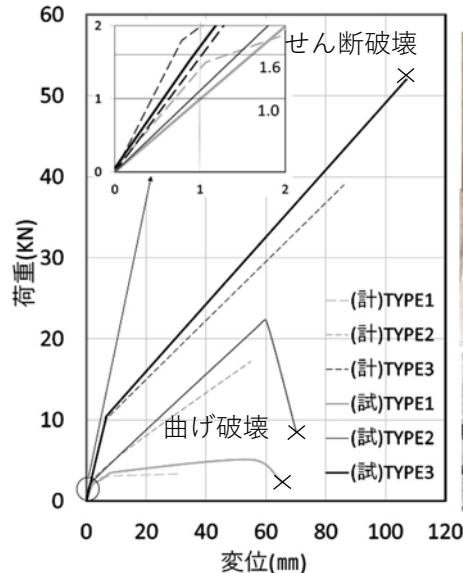


写真-2 破壊形態

図-4 荷重試算結果と試験結果荷重-変位関係

4. 考察

3Typeともに、設計荷重時には、ひび割れは発生しておらずまた、試験値は荷重及び変位ともに計算値を上回っていた。これより、Type2, 3の構造は「技術基準」に準拠した設計が可能であることを確認した。Type2でひび割れ発生後も荷重と変位が線形に増加していくのは、降伏点を持たないCFRPの特性が起因していると推測する。上縁部のコンクリート圧壊は想定通りの破壊形態であったが、圧壊時に上縁部のコンクリートが剥離し抜け出したことにより、急激に耐力を失ったと推測する。終局時に粘りのある構造にするために、圧縮縁コンクリートが剥離し抜出さないよう、繊維補強コンクリートで拘束するなど工夫を要する。Type3はType2と比較し、CFRPとレジコンクリートの高強度特性により曲げ耐力が向上したため、せん断破壊が先行したと推測する。また、現在CFRP本数を合理的に決定する手法が定まっていないため、本試験では仮にType1の異形鉄筋(D6)の軸剛性(EA)と同等以上となるように、Type2, 3のCFRP(φ5)の本数を決定した(表-1参照)。しかし、引張補強材の強度×断面積の値に着目すると、Type2, 3では、Type1に比してCFRPが過剰に配置(約10倍)されており経済設計とは言えない。今後は、使用時のたわみ、ひび割れによる景観性の低下、製品のハンドリングなどを考慮しつつ、適正なCFRP本数の設定について検討する必要がある。

5. まとめ

本試験よりCFCCプレキャスト版は「技術基準」に準拠する設計が可能であることを確認した。今後は、脆性的な破壊形態を改善し、かつCFRPの高耐久性を活かして、構造物への高耐力、長寿命化を図る。特に、補修、更新の財源に苦しむ市町村管理の小規模橋梁などを対象にミニマムメンテナンスやライフサイクルコスト低減を実現する技術として、実装を目指していく。

参考文献

1) 岡田 清, 徳永 博文: レジコンクリートはりの力学的

CFRP, CFCCプレキャスト版, レジコンクリート, 高耐久, ライフサイクルコスト, 長寿命化

〒810-0073 福岡市中央区舞鶴3-2-1 DS福岡ビル7F [TEL:092-718-2266](tel:092-718-2266) FAX:092-718-2267