

CFRP 補強材の薄肉コンクリート部材への適用に関する研究

九州大学工学部 学生会員 ○松本 明子
 九州大学大学院 フェロー 太田 俊昭
 九州大学大学院 正会員 山口 浩平
 九州大学大学院 学生会員 佐川 和昭

1. はじめに

CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic 炭素繊維強化プラスチック)は軽量、高強度、高耐食性など様々な特色を有しており、鉄筋やPC鋼材の代替として利用が進められている。本研究室では、独自に開発した自動配筋ロボットを用いてCFRP 補強材(Super-CFRP)を製作し、その力学特性を実験的に明らかにしてきた。Super-CFRP は両端部にU字型アンカーを有する特徴があり、将来的にはこのU字型アンカーを、Super-CFRP を用いたPC部材の定着部やコンクリート板の接合部に利用できると期待している。そこで本研究では、プレキャスト埋設薄肉型枠の開発の導入として、Super-CFRP 補強材を用いた薄肉コンクリート板の基本的な力学特性を検討するために曲げ破壊試験を行った。

2. 試験概要

補強材には、市販品であるCFRP, Super-CFRP および鉄筋の3種類を用いて、薄肉コンクリート板の設計手法について検討した。表-1に使用した補強材の仕様を示す。

表-2に供試体タイプおよびコンクリートの材料強度を示す。供試体は板厚 h および配筋数 n をパラメータとして、市販品CFRP4種類、Super-CFRP2種類、鉄筋2種類の合計8種類(各2体)とした。鉄筋は、市販品CFRP4本配筋と同等の最大荷重となるように設計し、配筋数を決定した。また、コンクリートは早強セメントを使用し、材齢14日の設計基準強度を 50N/mm^2 とした高流動コンクリートを使用した。図-1に供試体構造図(N50-4, R50-4)を示す。載荷は、スパン750mmの3等分点2線載荷とした。

表-1 補強材の仕様

(a) 市販品 CFRP(試験値)

直径 (mm)	断面積 (mm^2)	最大荷重 (kN)	ヤング係数 (kN/mm^2)	単位質量 (g/m)
6.0	28.3	54.0	91.4	≈60.0

(b) Super-CFRP(試験値)

直径 (mm)	断面積 (mm^2)	最大荷重 (kN)	ヤング係数 (kN/mm^2)	単位質量 (g/m)
6.5	32.9	76.5	138	57.2

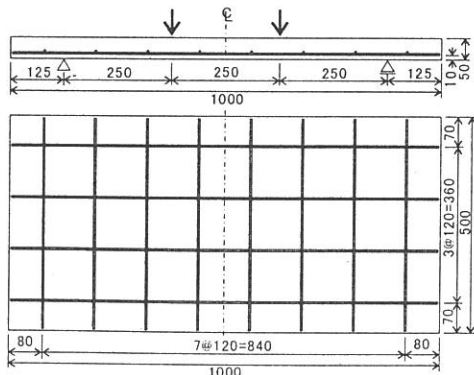
(c) 鉄筋[SD295A D6](メーカー値)

公称直径 (mm)	公称断面積 (mm^2)	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (kN/mm^2)
6.4	31.7	368	513	200

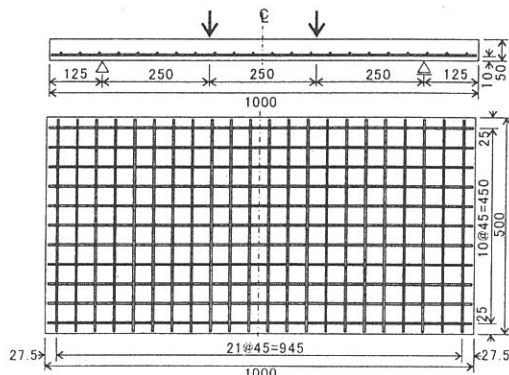
表-2 供試体タイプ

補強材	供試体 タイプ	板厚 h (mm)	配筋数 n (本)	配筋 ピッチ p (mm)	コンクリート強度	
					f_c' (N/mm^2)	E (kN/mm^2)
市販品 CFRP	N30-4	30	4	120	53.9	33.2
	N50-4	50				
	N30-8	30	8	60	56.2	29.5
	N50-8	50				
Super CFRP	S30-4	30	4	120	62.3	34.4
	S50-4	50				
鉄筋	R30-4	30	7	70	57.3	30.6
	R50-4	50	11	45		

f_c' : 圧縮強度, E: ヤング係数



(a) N50-4



(b) R50-4

図-1 供試体構造図

3. 試験結果および考察

3.1 荷重－たわみ関係

図-2 に N30-4 と S30-4 の荷重－たわみ関係を示す。両者ともにひび割れ発生直後に急激な荷重の低下が見られた。これは板厚 30mm に対して有効高さが 20mm と極端に小さく、ひび割れ断面へ移行する際に補強筋に急激な負担がかかり、付着切れを起こしたためであると考えられる。

図-3 に N30-8 の荷重－たわみ関係を示す。板厚 30mm であっても配筋数を 8 本にすれば、ひび割れ発生後の荷重の低下は見られず付着切れを起こすことなく理論値と同様の挙動を示した。また、配筋数 4 本で市販品 CFRP と Super-CFRP が同様の挙動を示したことから配筋数 8 本の場合でも Super-CFRP は市販品 CFRP と同様の挙動を示すと考えられる。

図-4 に N50-4 と S50-4 の荷重－たわみ関係を示す。板厚 50mm では両者ともにひび割れ発生後に荷重が低下することはなく、理論値と同様の挙動を示した。

3.2 最大荷重

耐力一覧表を表-3 に示す。ひび割れ発生荷重、最大荷重ともにいずれの供試体とも理論値とほぼ同じまたはそれ以上の値を示しており、鉄筋コンクリート部材の設計法が十分適用可能といえる。また、鉄筋を用いた場合の最大荷重は市販品 CFRP を用いた場合とほぼ等しい値となっていることから、同等の最大荷重を得るためには板厚 50mm の場合では、鉄筋は CFRP 補強材の断面積で約 3.1 倍、質量で約 11 倍必要であることがわかった。

3.3 ひび割れ性状および充填性

側面および下面のひび割れともに一ヶ所に集中することはなく、ひび割れ分散性は良好であった。また、全供試体とも表面が剥離するなどの現象は見られず、かぶり厚は十分であったといえる。

試験後に供試体をコンクリートカッターで切断し断面を観察したところ、空隙などは全く見られず、骨材も十分に詰まっており、充填性は良好であった。

4. まとめ

- ①CFRP を用いた薄肉コンクリート板の設計には変形状、最大荷重ともに通常の鉄筋コンクリート部材の弾性理論が適用可能。
- ③配筋数 $n=4$ の場合板厚の最小限界は 30～50mm の間にある。
- ④板厚 30mm の場合配筋数の最小限界は 4～8 本の間にある。
- ⑤CFRP は鉄筋に比べて高強度であるため、ひびわれ発生荷重と最大荷重に開きがありひびわれ発生荷重を増大させるために、プレストレスを導入した PC 板への適用を検討する必要がある。

【謝辞】

本研究を遂行するにあたり多大なるご協力をいただいた昭和コンクリート工業㈱および日光建設㈱の皆様方に厚く御礼申し上げます。

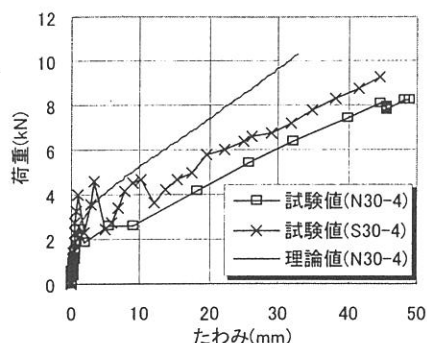


図-2 荷重－たわみ関係(30-4)

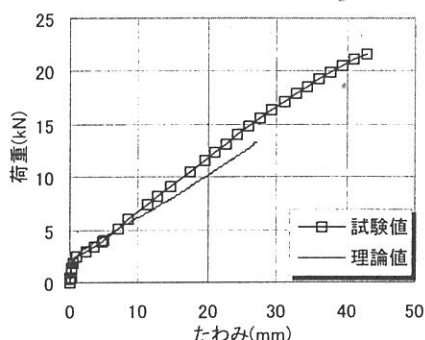


図-3 荷重－たわみ関係(N30-8)

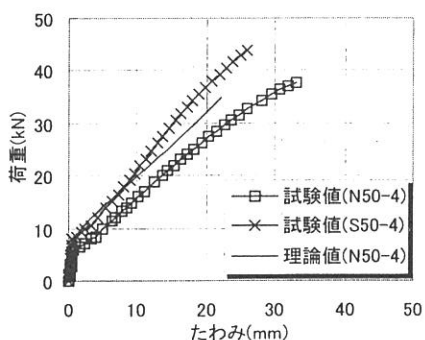


図-4 荷重－たわみ関係(50-4)

表-3 耐力一覧表

供試体 タイプ	ひびわれ発生荷重		最大荷重			
	実験値 (kN)	理論値 (kN)	実験値 理論値	実験値 (kN)	理論値 (kN)	実験値 理論値
N30-4	2.16	1.98	1.09	9.37	10.1	0.93
N50-4	5.72	5.29	1.08	40.3	35.2	1.14
N30-8	2.39	2.04	1.17	21.1	12.5	1.68
N50-8	6.26	5.81	1.08	56.6	44.9	1.26
S30-4	3.36	2.18	1.54	11.2	12.0	0.94
S50-4	7.89	6.17	1.28	42.3	42.5	1.00
R30-4	1.99	2.09	0.95	13.2	9.44	1.40
R50-4	6.08	6.28	0.97	44.4	33.0	1.35

※各タイプ2体の平均値