

PC 床版に用いる CFCC の引き抜き性能に関する実験研究

金沢大学 学生会員

○山口 嵩文

オリエンタル白石株式会社

正会員

渡瀬 博

東京製網株式会社

田中 徹

金沢大学 正会員

榎谷 浩

金沢大学 学生会員 Nguyen Thi Hue

1. はじめに

過酷な塩害環境下ではコンクリートの鋼材腐食が生じやすいため、非鉄製の補強材を使用した超高耐久のコンクリート床版の開発が望まれている。補強材の中で CFCC (Carbon Fiber Composite Cable) は、通常の PC 鋼より線に比べ 2 倍程度の付着力が期待でき、通常定着による付着であれば 40φ 程度であることが過去の実験より明らかとなっている¹⁾²⁾。床版としてはプレキャスト床版を検討するが、プレキャスト床版同士の接合部は場所うちコンクリートによる RC 構造が一般的であり、接合部幅を短縮化することが耐久性向上および施工の省力化において有利となる。しかしながら、接合部幅は定着長に依存するため接合部幅を短縮化するには定着長も短縮化することが求められる。したがって本研究では CFCC について 1/2 程度の定着長の短縮化を目標に、提案する定着仕様について引き抜き試験を実施し、それぞれの定着性能について検証した。

表 1 コンクリート配合

スランブ 値(cm)	空気 量(%)	Gmax	W/B(%)	W	B	EX
18	4.5	13	35	165	471.4	20
C	FA15 %	s/A	細骨材	粗骨材	AE	消泡材
383.7	67.7	0.41	736.9	1061	3.3	14.1

2. 引き抜き試験方法

床版接合用の鉄筋径は通常 D16 もしくは D19 が用いられる。CFCC の引張強度は普通鉄筋の 5 倍程度であるため、CFCC の径としては φ10.5mm がこれに相当する。しかし、高強度域まで使用することは過大なひび割れ幅を伴うため、余裕のある径として φ12.5mm および φ15.2mm の適用を検討する。

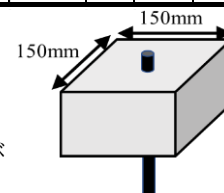


図 1 供試体寸法

試験方法について、試験は JSCE-G503-2013 に準拠する方法により行う。

供試体について、コンクリート部はフライアッシュ混和型で設計基準強度 50N/mm² 相当とする。配合は表 1 に示された通りで、寸法は図 1 に示すように断面寸法 150mm×150mm とし、長さは定着長に応じて設定する。またコンクリート破壊を避けるためにスパイラル筋で補強する。供試体は表 2 のように CFCC の径と、各定着長、および定着部の区別（解燃部のコンクリート充填有り[F]、充填無し[N]、普通定着[S]）（写真 1）により区別する。なお、各種供試体の個数について、F シリーズの供試体は、最も定着強度が大きいことが予想されることから、データの精度を上げるために各径、各定着長でそれぞれ 2 個ずつ用意して試験を行った。

表 2 各供試体の詳細、個数

外径 (mm)	定着長 (mm)	解燃型		普通 定着 (S)	計
		内部充填有(F)	内部充填無(N)		
φ12.5	125(10φ)	1	2	1	4
	188(15φ)	1	2	1	4
	250(20φ)	1	2	1	4
	計	3	6	3	12
φ15.2	152(10φ)	1	2	1	4
	228(15φ)	1	2	1	4
	304(20φ)	1	2	1	4
	計	3	6	3	12

写真 1 定着部の区別
(左から F, N, S)

3. 引き抜き試験結果

試験終了時の破壊状況、荷重値等について表 3 に示す。試験終了時の状況について、S, N シリーズは、全て抜け出し破壊している。F シリーズは、定着長 10φ および 15φ の供試体は全て割裂破壊している。また、20φ の F シリーズ供試体の 4 個中 3 個は、荷重が CFCC の破断荷重に達しても破壊することなく試験を終了している。一方で φ15.2 の F2 供試体は、CFCC の破断荷重よりも低荷重で破壊している。これはコンクリート内 CFCC の房の部分が他の供試体に比べて細くなっており、その内部に上手く充填がなされず付着部分の表面積が小さくなったことが原因として考えられる。付着強度について、S, N シリーズ供試体と F シリーズ供試体を比較すると、後者の方が大きい値を示している。また付着長の異なる供試体同士を比較すると、付着長が短くなるほど定着長

キーワード CFCC 引き抜き試験 付着強度

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学 TEL 076-234-4603

および付着強度が上昇していることが分かる。

4. 追加試験

前項 3 において、20φ、φ15.2 の F2 試験体は房の細さによる充填不足から、想定荷重よりも低い荷重で破壊した。このことを踏まえ、F シリーズについて、径 φ15.2、定着長 15φ とした時の埋め込み部のほぐし部の房の長さ、埋め込み前の前もった充填の有無による定着強度への影響を調べるために、追加試験を行った。追加試験を行う供試体について表 4 に示す。尚、Fb の内部充填にはポリマーセメントモルタルを用いている。

試験結果を表 5 に示す。結果より、どの房の長さの時に、前もった充填の有無がどちらの時に、定着強度が最も大きいかは一概には言えないが、一部を除く全ての供試体の破壊時の荷重が保証破断荷重の 70%以上に達している。また 10φ-5Fb について、10φ-4Fb、10φ-6Fb と定着強度を比較すると、かなり小さくなっている。これは 10φ-5Fb における充填部のモルタルの強度が他の 2 つにおける強度に比べて高かったことが原因として挙げられる。このことから、充填方法も検討すべきであると考えられる。また 9φ の Fa、Fb 両方について、その荷重 - 変位関係図を図 2 に示す。図 2 より、Fb の方が Fa に比べ、破壊付近にてより大きく変位していることが分かる。これは、先に充填しておいた方はケーブル一本一本の周りにまんべんなくコンクリートが付着し、荷重がかかる時に少しずつ炭素繊維が引き抜けてコンクリートの突然の破壊を抑える作用が働いたからだと考えられる。

5. まとめ

結果から CFCC について、次のことが言える。1) ほぐし部に内部充填がなされていない、もしくはほぐされていない CFCC がコンクリートに付着する場合、CFCC が破断する前に付着破壊し CFCC の抜け出しが発生した。2) CFCC を形成するケーブル一本一本にコンクリートが付着している時の方が、CFCC の外面に普通付着している時よりも付着強度は大きくなる。また付着長が長くなるほど、付着強度は大きくなることを定量的に示した。よって実際に必要とされる付着強度に合わせた付着長の設定が可能である。3) コンクリートに埋め込む前に前もって CFCC のほぐし部内を充填していれば、突然の破壊を抑制できる可能性がある。またほぐし部が充填されている状況であれば、房の長さに関係なく保証破断荷重の一定割合以上の荷重まで付着が保たれることが示された。しかし充填方法については、解擦部の隙間をただ埋めるだけでは十分でないことが示された。

謝辞：実験にご協力いただいた小泉太陽郎氏、日下大輔氏をはじめとする構造研究室のメンバー、オリエンタル白石株式会社、東京製綱株式会社、株式会社秋田船具店、ご支援いただいた SIP に深く感謝の意を表します。

参考文献：1) 木村浩，白鳥信令，高木宏：コンクリート補強用炭素繊維複合材ケーブルの基本的特性 コンクリート工学年次論文報告集 12-1 PP.1017 1990. 2)

本間雅人，丸山武彦，榎本剛，島弘：CFCC の付着応カーすべり

関係に関する実験的研究 コンクリート工学年次論文報告集 13-2 P.824-825 1991

表 3 各供試体の試験結果

外径 (mm)	破断 荷重 B(kN)	無次元付 着長-種別	荷重 P(kN)	Sシリー ズとの荷 重比(%)	P/B (%)	付着強度 (N/mm ²)	破壊状況
φ12.5	184	10-S	64.3	100	35	13.1	抜け出し
		15-S	91.5	100	50	12.4	
		20-S	118.0	100	64	12	
φ15.2	270	10-S	102.8	100	38	14.2	
		15-S	146.6	100	54	13.5	
		20-S	182.8	100	68	12.6	
φ12.5	184	10-N	30.6	48	17	6.2	割裂破壊
		15-N	98.1	107	53	13.3	
		20-N	180.1	153	98	18.4	
φ15.2	270	10-N	38.1	37	14	5.3	
		15-N	126.0	86	47	11.6	
		20-N	198.7	109	74	13.7	
φ12.5	184	10-F1	139.5	217	76	28.4	破壊前に 破断荷重 に到達
		10-F2	134.0	208	73	27.3	
		15-F1	174.1	190	95	23.7	
φ15.2	270	15-F2	174.9	191	95	23.8	
		10-F1	160.1	156	59	22.1	
		10-F2	165.3	161	61	22.8	
φ12.5	184	15-F1	243.7	166	90	22.4	破壊前に 破断荷重 に到達
		15-F2	247.1	169	92	22.7	
		20-F1	184.2	156	100	18.8	
φ15.2	270	20-F2	184.8	157	100	18.8	
		20-F1	270.0	148	100	18.6	
		20-F2	204.7	112	76	14.1	予定より 低荷重

*種別 S:普通定着, N:無し, F:コンクリート充填あり

表 4 追加試験

供試体概要

充填方法	房の長さ	個数
内部先 充填無 し(Fa)	φ9	3
	φ10	3
	φ11	3
内部先 充填有 り(Fb)	φ9	3
	φ10	3
	φ11	3

表 5 追加試験 結果

外径 (mm)	破断 荷重 B(kN)	無次元付 着長-種別	荷重 P(kN)	Sシリー ズとの荷 重比(%)	P/B (%)	付着強度 (N/mm ²)	破壊状況
φ12.5	184	10-S	64.3	100	35	13.1	抜け出し
		15-S	91.5	100	50	12.4	
		20-S	118.0	100	64	12	
φ15.2	270	10-S	102.8	100	38	14.2	
		15-S	146.6	100	54	13.5	
		20-S	182.8	100	68	12.6	
φ12.5	184	10-N	30.6	48	17	6.2	割裂破壊
		15-N	98.1	107	53	13.3	
		20-N	180.1	153	98	18.4	
φ15.2	270	10-N	38.1	37	14	5.3	
		15-N	126.0	86	47	11.6	
		20-N	198.7	109	74	13.7	
φ12.5	184	10-F1	139.5	217	76	28.4	破壊前に 破断荷重 に到達
		10-F2	134.0	208	73	27.3	
		15-F1	174.1	190	95	23.7	
φ15.2	270	15-F2	174.9	191	95	23.8	
		10-F1	160.1	156	59	22.1	
		10-F2	165.3	161	61	22.8	
φ12.5	184	15-F1	243.7	166	90	22.4	破壊前に 破断荷重 に到達
		15-F2	247.1	169	92	22.7	
		20-F1	184.2	156	100	18.8	
φ15.2	270	20-F2	184.8	157	100	18.8	
		20-F1	270.0	148	100	18.6	
		20-F2	204.7	112	76	14.1	予定より 低荷重

*種別 S:普通定着, N:無し, F:コンクリート充填あり

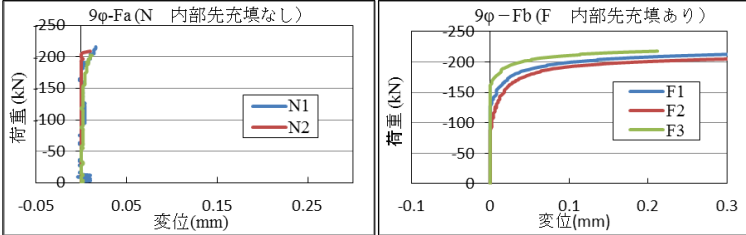


図 2 追加試験 荷重 - 変位関係図