超高強度繊維補強コンクリート薄肉部材の曲げ性能に関する実験的検討

ジオスター（株）　正会員　○横尾　彰彦
ジオスター（株）　正会員　奥山　厚志
正会員　松尾　久幸

１．はじめに

近年開発された超高強度繊維補強コンクリート（以下，UFC）は，耐久性に優れた材料で薄肉部材の製造が可能なため，多くのコンクリート構造物の補修材料として適用されている．しかし，UFC は部材厚さが薄くなるほど鋼繊維の配向は 3 次元から 2 次元配置に変化し，鋼繊維の分散および沈下状況は打設方法によって影響されるため，部材厚さを薄くすることによる基礎性状への影響については未解明な点が存在する．さらに，品質のバラツキを少なくするための製造方法の追求も不可欠と考えられる．以上のことより，本研究は，UFC 薄肉部材の打設方法，部材厚さ，ならびに載荷方向（載荷面を打設面とする正曲げ，ならびに型枠面とする負曲げ）などの因子が曲げ性能に及ぼす影響について試験を実施し，その結果について報告する．

２．実験概要

2.1 使用材料および供試体製作方法

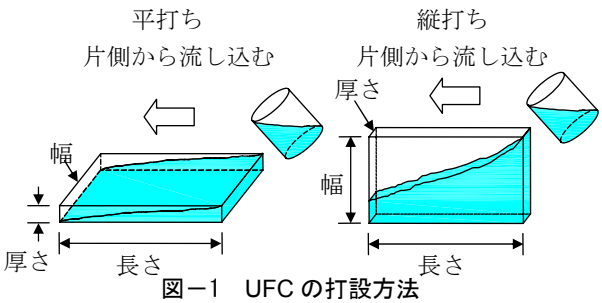
表－1 に UFC の示方配合を示す．平打ち用型枠は内寸法で幅 100mm，長さ 400mm，厚さは 10，15，20，25，30，40，55，100mm，縦打ち用型枠は幅 100mm，長さ 400mm，厚さは 10，30，50，100mm で鋼製のものを使用した．

UFC の打設方法は，UFC 指針[1)] に準拠し，**図－1** に示すように型枠の端部から一層で連続的に流し込みを行った．養生としては，脱型後に 90℃の蒸気養生を 48 時間行った．

表－1　UFC の示方配合

フロー値 (mm)	水*1 (kg)	結合材 (kg)	短繊維 (kg)	減水剤 (kg)
260±10	180	2254	157	25

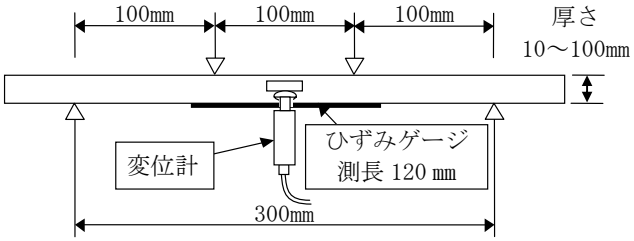
*1：水 180kg は減水剤を含む



図－1　UFC の打設方法

2.2 曲げ試験

表－2 に曲げ試験条件（因子と水準）を示す．因子は，打設方法，供試体形状および載荷方向とした．打設方法は，平打ちおよび縦打ちの 2 水準とした．供試体形状は，幅 100×長さ 400mm を一定にし，厚さを 10～100mm まで変化させた条件と 40×40×160mm の形状を入れた合計 16 水準とした．また，載荷方向を正・負および側の 3 水準とし，水準ごとの供試体数は平打ちの正曲げで 3，負曲げで 3，縦打ちで 5 とした．試験方法は，**図－2** に示す 3 等分点曲げ載荷を行った．計測項目は，ロードセルによる荷重，供試体引張縁のひずみおよびスパン中央のたわみとした．



図－2　曲げ試験載荷方法

表－2　曲げ試験条件

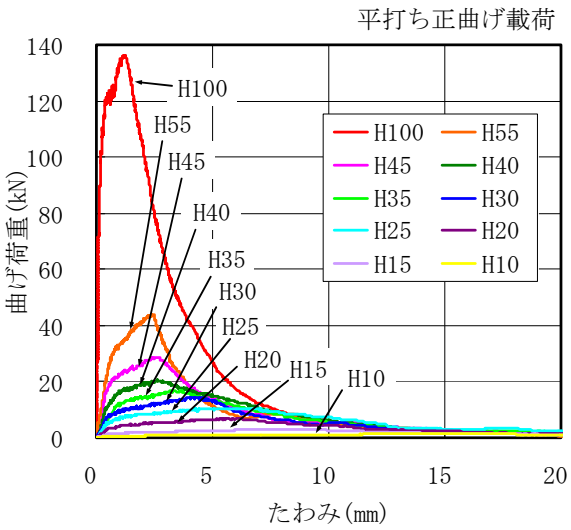
打設方法	供試体形状（mm）			載荷方向
	幅×長さ	スパン	厚さ	
平打ち	100×400	300	10	正・負*1
			15	
			20	
			25	
			30	
			35	
			40	
			45	
			55	
			100	
	40×160	120	40	
縦打ち	100×400	300	10	側*2
			30	
			50	
			100	
	40×160	120	40	

*1：載荷方向の正は打設面を上縁，負は打設面を下縁。
*2：載荷方向の側は打設面を側面。

キーワード　超高強度繊維補強コンクリート，鋼繊維，曲げ強度，打設方法，部材厚さ
連絡先　〒355-0001　埼玉県東松山市岡字膳棚 1871　ジオスター（株）技術研究所　ＴＥＬ0492-36-1133

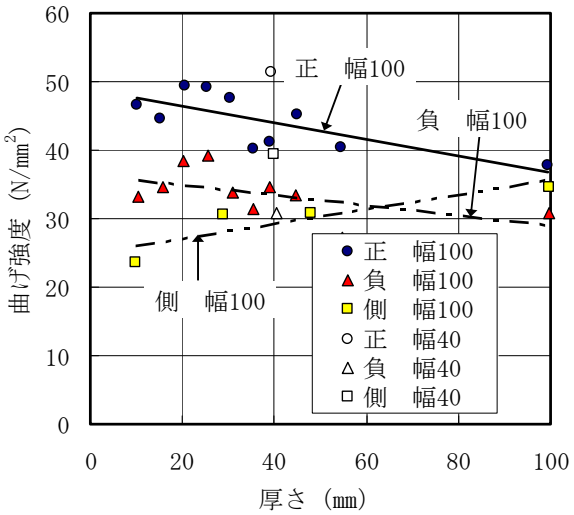
3．実験結果および考察

図－3 は平打ち正曲げ載荷の荷重とたわみの関係を示したものである．全体的に，ひび割れ発生後に鋼繊維によって引張力が伝達され荷重が増加し最大荷重に達した後，耐力が漸減する傾向であった．供試体厚さを比較すると，厚さが薄くなるほど最大荷重におけるたわみ量が大きくなる傾向であった．また，正曲げと同様の傾向が、負曲げ、側面曲げでも測定されている．



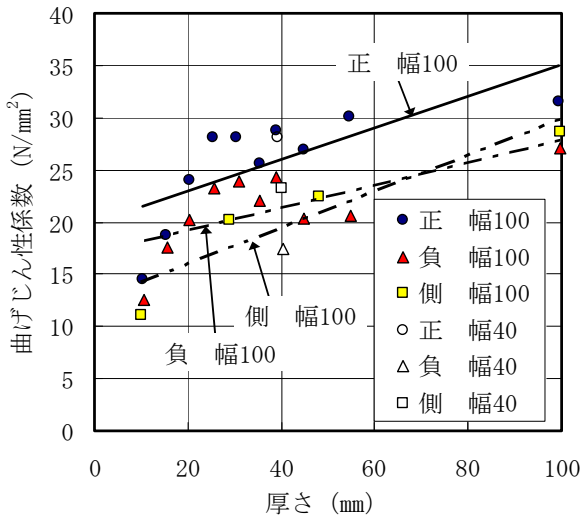
図－3　荷重とたわみの関係

図－4 は曲げ強度と供試体厚さの関係を示したものである．平打ちによる供試体は，厚さが薄くなるほど強度が増加する傾向を示した．また，正曲げ・負曲げを比較すると，ほぼ同様の傾きを示したが，正曲げに対し，負曲げの強度は，73～79%で約 25%程度の強度低下が確認された．これは，打設方法に起因するもので，沈下によって鋼繊維量の少なくなった打設面を引張側としているためである．一方，縦打ちの場合には，厚さが薄くなると，強度が低下する傾向にあった．また，強度比較については，厚さ 100mm の条件を除き，負曲げより低い結果であった．これは，UFC では流れる方向にそって鋼繊維が分布することから打設方法の違いが影響したものと考えられる．曲げが作用する断面に対する鋼繊維の分布としては，平打ちと比較して斜め方向より直角方向が少なくなったこと，供試体幅方向の沈下による鋼繊維の偏りが生じたものと推測される．



図－4　曲げ強度と供試体厚さの関係

図－5 は曲げじん性係数と供試体厚さの関係を示したものである．全体的に打設条件による差はあまりなく，供試体厚さ 25mm 以下では，打設条件に関わらず厚さが増えるに従って曲げじん性係数はほぼ直線の関係で増加するが，25mm を越えると値は全体的には緩やかな増加傾向にあるものの，減少するケースも観察されている．供試体厚さ 25mm 以下の値が小さい理由としては，せん断スパンと供試体厚さの比による部材の曲げ剛性の違いが影響していると考えられる．また，図－3 の最大荷重時のたわみ量を見ても，スパン 1/150 のたわみ量を越えており，算出した曲げじん性係数は最大荷重前の値である．



図－5　曲げじん性係数と供試体厚さの関係

4．まとめ

本研究は，UFC 薄肉部材の打設方法，部材厚さ，ならびに載荷方向の因子が曲げ性能に及ぼす影響について試験した．その結果，以下の知見が得られた．

平打ちの供試体は供試体厚さが薄くなるなど強度が増加する傾向を示し，正曲げの強度に対し，負曲げの強度は，約 25%程度の強度低下がある．一方，縦打ちの条件は，厚さが薄くなると強度が低下する傾向であった．このように，薄肉部材の曲げ性能は，打設方法や載荷方向に大きく影響することが確認された．

曲げじん性係数は，打設方法や載荷方向にあまり影響しないことが確認されたが，厚さが薄い場合は，せん断スパンと供試体厚さの比に影響するため，今後，適切な載荷スパンを設定することが必要になると思われる．

参考文献　1）超高強度繊維補強コンクリートの設計･施工指針（案）土木学会　コンクリートライブラリーNo. 113