

V-464

2次元格子状連続繊維補強材を用いた
一方向スラブの曲げ性状

九州大学大学院 学生員○ 長濱 貴志 小川 琢也
九州大学工学部 正会員 日野 伸一 太田 俊昭
九州大学工学部 正会員 黒田 一郎

1 はじめに

連続繊維補強材は、軽量、高強度、非磁性、耐食性等に優れていることから、P C鋼材や鉄筋の代替として、建設分野への適用が進められている。¹⁾ 本研究では、2次元格子状炭素繊維補強材（以下、炭素繊維ネットと呼ぶ）をスラブの引張補強筋として使用した際の、曲げひび割れ性状、終局曲げ耐力等について、鉄筋コンクリートスラブとの比較や、それに対する標準示方書²⁾による算定式（以下、示方書式）の適合性について、曲げ載荷試験を行ない検討した。

2 実験概要

供試体は、図-1に示すように、R Cスラブを基準とし、単位幅あたりの補強断面積×引張耐力（破断強度または降伏応力）を同等量（B、Cタイプ）と1/2（Aタイプ）に設定した。パラメータとして、炭素繊維ネットの補強量（1層、2層）と格子間隔（25mm、50mm）を変化させ、供試体を4種類作製した。

供試体の断面諸元は、版厚100mm（有効高さ70mm）、幅1750mm、スパン1750mmの等方性スラブである。載荷方法として、2辺単純支持、中央点1点集中載荷とし、載荷板の寸法を250mm×250mmとし、荷重と版中央点の変位及び引張補強材のひずみを計測した。

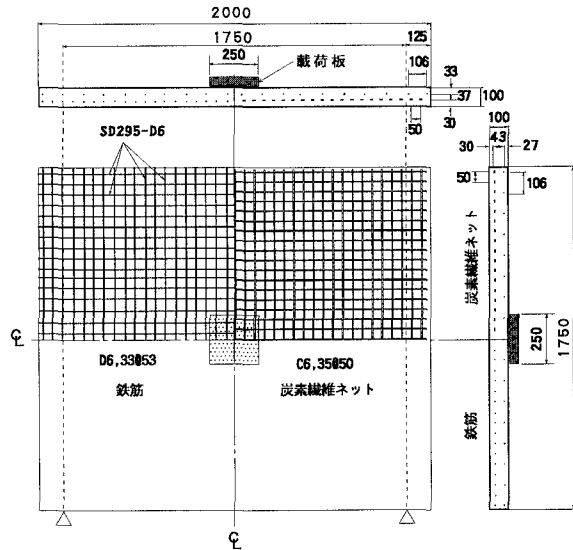


図-1 供試体一般図（単位：mm）

表-1 材料試験結果

供試体名	コンクリート (kgf/cm ²)		鉄筋 (kgf/cm ²)		炭素繊維ネット (kgf/cm ²)
	圧縮強度	弾性係数	SD295・D6		
A	460	3.75×10^5	$f_y = 3450$	$f_u = 12000$	$E = 1.0 \times 10^6$
B			$f_u = 5120$		
C			$E_s = 2.1 \times 10^6$		
R C	304	3.52×10^5			

表-2 実験結果および計算結果

供試体名	引張補強材	$\frac{f_p A_p}{b d}$ (kgf/cm ²)	ひ 間 割 れ (cm)	ひび割れ発生荷重		実験値 計算値	終局耐力			実験値 計算値	破壊形式
				実験値 (tf)	計算値 (tf)		実験値 (tf)	計算値 (tf)			
								曲げ	せん断		
A	炭素繊維ネット 35束線φ50mm 1層	22.6	13.3	2.8	2.57	1.09	5.76	4.02	23.9	1.43	曲げ破壊 (繊維の破断)
B	35束線φ50mm 2層	45.3	11.8	2.5	2.57	0.97	10.77	8.90	30.1	1.21	曲げ破壊 (繊維の破断)
C	69束線φ25mm 1層	44.6	8.6	2.4	2.54	1.03	11.12	8.15	24.2	1.36	曲げ破壊 (コンクリートの圧壊)
R C	SD295・D6 33φ53mm	43.7	9.6	2.6	2.54	1.02	9.28	5.14	21.2	1.81	曲げ破壊 (コンクリートの圧壊)

f_p : 引張強度（炭素繊維ネットでは f_u , R Cでは f_y ）

計算値：示方書による算定値 $b = 140\text{cm}$

A_p : 引張断面積（主軸方向） b : スラブ幅 d : 有効高さ

3 実験結果および考察

3.1 ひび割れ性状および終局耐力

実験結果と計算値との一覧を表-2に示す。

終局時のひび割れ分布状況の一例を図-2に示す。初期ひび割れは版下面中央点から配力筋方向に発生し、荷重の増加とともにひび割れ本数が増大した。終局時は、主軸方向にも版下面中央点付近で発生し終局耐力に到り破壊した。図-2および表-2に示すようにひび割れ分散性は、格子間隔の小さいCタイプが良好であった。

示方書では、一方向スラブの終局耐力を有効幅 $b_e=140\text{cm}$ を持つはりともなし終局曲げ耐力を算定してもよいことになっているが、これによると本実験結果は、いずれの供試体も安全側の計算値を与えている。しかし、表-2に示すようにRCスラブの安全率が1.81と比較的大きいのに対し、炭素繊維ネット補強供試体は、約1.2～1.4とRCに比し約25%低い値を示している。その原因として、RCがひび割れ後に鉄筋の引張力分担が再配分されるのに対して、炭素繊維ネットは引張力を負担する繊維束がひび割れの発生位置に依存し、引張力の分担が局所化するためと思われる。また材料特性として、鉄筋の降伏後の靱性能が大きいのに対し、炭素繊維は脆性的に破断するためと考えられる。

表-2より、終局耐力は、補強材の補強量×引張耐力（破断強度または降伏応力）の等しいB、CタイプおよびRCスラブは、ほぼ等しい耐力を示し、補強材の補強量×引張耐力が半分のAタイプは耐力もほぼその半分を示した。

3.2 変形性能

図-3にC、RCタイプのスラブ中央点における荷重～変位関係、図-4に同じく引張筋の荷重～ひずみ関係を示す。図-3より、Cタイプ供試体は、RCスラブに比べひび割れ後の剛性低下が顕著である。それは、図-4に示すように、炭素繊維ネット補強材は鉄筋に比べ弾性係数が小さく、引張強度が高いわりにそれを負担する繊維の断面積が極端に小さいためである。図-3、図-4にC、RCタイプについての示方書式とひび割れ後の異方性を考慮したFEM解析値を示している。変形挙動を解析値がよく捉えていることがわかる。

4 まとめ

炭素繊維ネットを引張補強材としてスラブに適用したときの曲げ性状について補強材の補強量、格子間隔をパラメータとして実験的に検討を行った。(1) 炭素繊維ネット補強コンクリートスラブは、示方書式によって安全側の耐力を算定できる。しかし、RCスラブの安全率に比べ約25%低下している。(2) 終局曲げ耐力は、補強量に依存し、格子間隔にほとんど依存しないことが分かった。(3) 荷重～変位、荷重～ひずみ関係を示方書式、異方性を考慮したFEM解析は、実験結果によく合うことが分かった。

本研究は、文部省科学研究費補助金（試験研究(B)）の一部を受けて行なった。

〔参考文献〕：(1)土木学会：連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用，コンクリートライブラリー72，1992
(2)土木学会：コンクリート標準示方書・設計編〔平成3年度版〕，1991

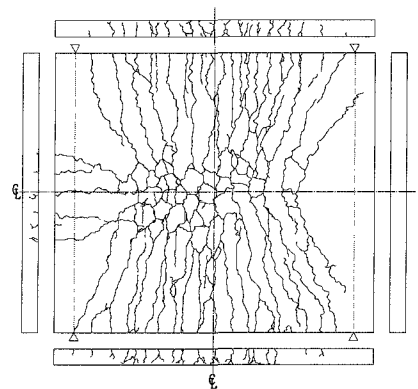


図-2 ひび割れ分布図(Cタイプ)

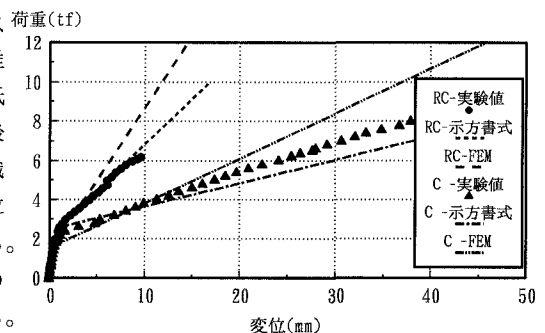


図-3 中央点荷重～変位関係(RC,Cタイプ)

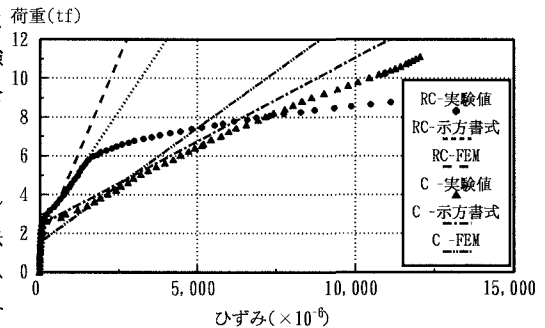


図-4 中央点荷重～ひずみ関係(RC,Cタイプ)