

曲げ部材へのグラスファイバーの利用に関する研究

京都大学 正員 岡田 清 ・ 小林和夫 ・ 宮川豊章
福岡市 正員〇二宮 潔

1. まえがき

グラスファイバー補強コンクリート（以下GRCと呼ぶ）は、引張強度や引張ひずみ、エネルギー吸収能などにおいて、すぐれた特性を持っている。本研究ではこのようなGRCの構造部材への経済的な利用法として、曲げ部材断面の引張領域の一部にGRCを配置することにより、曲げ性状、特にひびわれ幅やたわみの制御などの使用限界状態に対する諸特性の改善がどの程度可能であるかに着目して検討を加えるものである。具体的には鉄筋コンクリートの補強鉄筋に高張力鉄筋を使用するにあたって、GRC層を配置した場合と用いない場合における諸特性を比較検討する。同時に少量のプレストレス導入による効果とも併せて検討するものである。

2. 実験概要

(1)実験計画：本実験で採用した要因は、GRC層の有無、鉄筋の種類、プレストレスの有無（33 $\%$ 、0 $\%$ ）である。各供試体についての要因の組み合わせを表-1に示す。

(2)使用材料：コンクリートの配合はスランプ7.5 $\pm$ 1cm、目標強度500 $\%$ となるよう決定した。GRCのベースとなるモルタルの配合は $\text{W/C} = 0.38$ 、 $\text{S/S} = 1.0$ （高性能減水剤使用）とし、グラスファイバーの混入量は従来の実績よりモルタルの固形分（セメント+砂）の3.5重量パーセントとした。PC鋼棒は異形D種1号（SBD 130/145）の $\phi 7.4$ mm、鉄筋は通常鉄筋としてSD30-D10鉄筋、高張力鉄筋には異形高張力筋の $\phi 7.4$ mm（ $\sigma_{sy} \geq 60\%$ 、 $\sigma_{su} \geq 70\%$ ）を使用した。なお両鉄筋の引張耐力はほぼ等しい。グラスファイバーには耐アルカリガラス繊維を使用した。

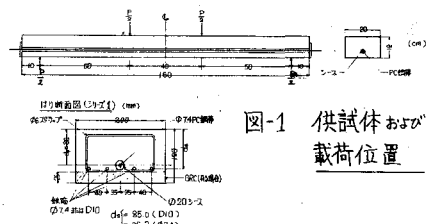
(3)供試体および試験方法：供試体の概要を図-1に示す。GRC層を配置するものは、引張縁より2.5cmまでGRCを打設し、その上に普通コンクリートを打設した。載荷は対称2点載荷（スパン140cm、曲げスパン40cm）とし、各荷重段階ごとに、たわみ、ひびわれ幅、コンクリートひずみ、PC鋼棒ひずみ、鉄筋ひずみを測定した。

3. 実験結果と考察

荷重とスパン中央でのたわみの関係を図2.3に示す。図示のように、GRC層を配置することによりたわみがかなり低減されることが明らかである。これはGRC層が引張力の一部をうけもつためと考えられる。特に高張力鉄筋を使用したはりのひびわれ発生後の剛性の低下に対する改善効果が顕著である。

表-1 はり種別、ひびわれ発生荷重
破壊荷重

はり名称	GRC層の有無	鉄筋の種類	プレストレスの有無	ひびわれ発生荷重	破壊荷重
11	A	0	4-D14	0	0.75 1.05 5.25
	B	0	+	+	0.75 0.80 5.40
12	A	0	4-D10	0	1.00 0.90 4.85
	B	0	+	+	0.50 0.95 5.20
13	A	0	4-D14	33	1.25 1.95 4.15
	B	0	+	+	1.80 1.00 5.45
14	A	0	4-D10	33	1.50 2.95 3.85
	B	0	+	+	1.50 1.65 5.20
F15	A	2.5	4-D14	0	2.25 1.30 3.15
	B	2.5	+	+	2.00 1.30 5.75
F16	A	2.5	4-D10	0	2.95 1.75 5.95
	B	2.5	+	+	3.00 2.95 6.35
F17	A	2.5	4-D14	33	4.25 2.35 7.25
	B	2.5	+	+	4.00 2.50 7.50
F18	A	2.5	4-D10	33	3.25 2.00 6.50
	B	2.5	+	+	4.00 2.05 6.00

図-1 供試体および
載荷位置

ひびわれ発生荷重ならびに破壊荷重を表-1に示す。それによると、ひびわれ発生荷重はGRC層の配置により、プレストレスが導入されていない場合で50~100%、導入されている場合で20~50%程度増大すること、一方破壊荷重もGRC層の配置により10~20%程度増加し、破壊耐力はGRC層による引張抵抗を考慮した計算値に近いことが認められた。また、GRC層を配置したはりでは、ひびわれがGRC層と上部コンクリートとの境界面から発生し、下方のGRC層にはのびず、上方向のみに進展し、GRC層にひびわれが発達した直後にGRC層が切断され、曲げ破壊を呈することが認められた。

一方、荷重と最大ひびわれ幅の関係を図-3に、また0.1, 0.2, 0.3 mmの各ひびわれ幅に対応する鉄筋応力を表-2に示す。図示のようにGRC層の配置により同一荷重に対するひびわれ幅が著しく減少し、その結果表-2のように同一ひびわれ幅に対する鉄筋応力が著しく増大することが明白に示されている。一般に高張力鉄筋を用いた場合には同一曲げ破壊耐力に対して鉄筋断面積の減少が可能となるが、通常の使用状態下におけるたわみやひびわれ幅が増大するために鉄筋強度の有効な利用がむづかしい。ところがG

R C層の配置によるたわみやひびわれ幅の低減により、鉄筋の許容引張応力度が著しく高められ、高張力鉄筋の有効な利用が可能となる。なお、本実験に限ってみれば少量のプレストレスを導入し直種P C断面とす

るよりGRC層を配置した方が効果が大きいことが認められた。

表-2 ひびわれ幅 - 鉄筋応力

		ひびわれ幅 (mm)						鉄筋応力 (kg/cm ²)					
		0.1		0.2		0.3		0.1		0.2		0.3	
		σ_s	σ_c	σ_s	σ_c	σ_s	σ_c	σ_s	σ_c	σ_s	σ_c	σ_s	σ_c
11	A	750	1580	1420	1500	3150	2050	4310	3310	1100	2310	3310	3310
	B	600	1260		900	1890	2520	1100			2310		
12	A	550	1155	1290	1200	2520	1500	3150	3260	1500	3150	3260	3260
	B	640	1340		1200	2520	1500	3150			3150		
13	A	780	1640	1640	1340	2810	2100	4410	4410	200	420	4410	4410
	B	400	80		100	210	200	420			420		
14	A	1130	2370	1720	1740	3650	1740	3650	3650	1740	3650	3650	3650
	B	510	1070		1210	2540	3100	1740			3650		
F15	A	900	1890	1790	2160	4540	3520	7390	6950	3100	6510	6950	6950
	B	800	1680		2140	4490	4520	3100			6510		
F16	A	1000	2100	2200	1740	3650	1740	3650	3650	1740	3650	3650	3650
	B	1140	2390		1740	3650	1740	3650			3650		
F17	A	1000	2100	1920	1890	3970	3090	6360	6430	3090	6490	6430	6430
	B	830	1740		1930	4050	3090	6490			6490		
F18	A	730	1530	1450	1600	3360	1740	3650	3600	1740	3650	3600	3600
	B	650	1370		1610	3380	1690	3550			3550		

注1) σ_s はひびわれ幅に相当する鉄筋応力、注2) σ_c はひびわれ幅に相当するコンクリート圧縮応力

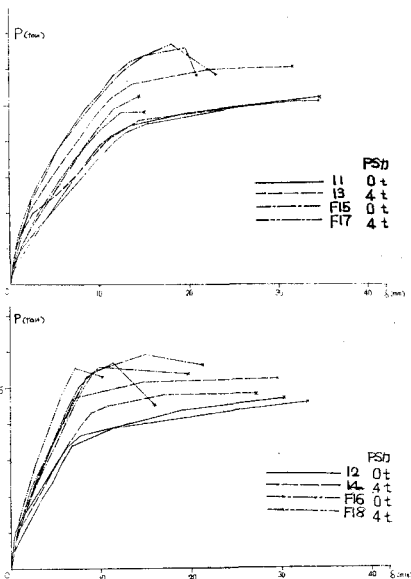


図-2 荷重 - たわみ

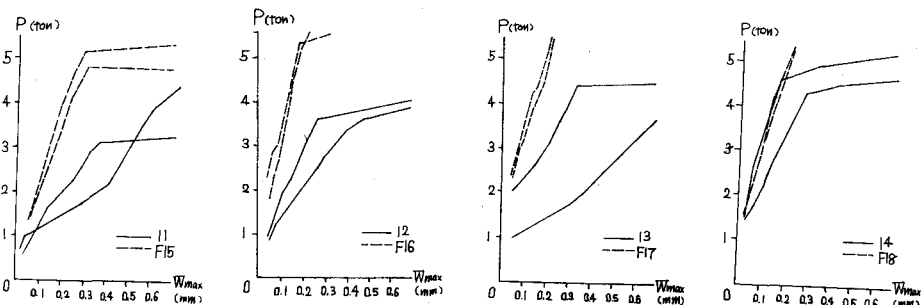


図-3 荷重 - 最大ひびわれ幅