

AFRP 帯で水中せん断補強した RC 梁の耐荷性能向上効果

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○杉本 成司
室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介
三井住友建設（株） フェロー 三上 浩
釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

本研究では、水中接着樹脂と AFRP 帯を用いた水中接着補強工法による RC 梁のせん断補強効果を検討することを目的に、AFRP 帯を水中で巻付けた RC 梁の静載荷実験を実施した。

2. 試験体概要

表 1 には、本実験に用いた各試験体の計算結果および破壊形式の一覧を示している。なお、表中の設計曲げ耐力 P_u およびコンクリートの設計せん断耐力分担分 V_c は、土木学会コンクリート標準示方書に準拠して算出した。また、AFRP 帯の設計せん断耐力分担分 V_{AF} はアラミド補強研究会の「アラミド繊維シートによる鉄筋コンクリート橋脚の補強工法設計・施工要領(案)」に準拠し、下式 (1) により算出した。

$$V_{AF} = A_w f_{wyd} (\sin \alpha + \cos \alpha) z / s$$

(1)

ここに、 A_w ：せん断補強面における AFRP 帯の総断面積、 f_{wyd} ：AFRP 帯の引張強度、 α ：AFRP 帯と部材軸とのなす角度、 z ：圧縮力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離 ($=d/1.15$)、 d ：有効高さ、 s ：AFRP 帯の配置間隔である。なお、AFRP 帯の引張強度は補強設計要領に準拠し、公称値に 0.6 を乗じて評価している。試験体数は、無補強試験体の他、施工・養生環境および AFRP 帯幅を変化させた全 7 体である (表 1 参照)。試験体名の内、第 1 項目は施工・養生環境 (A：気中、W：水中)、第 2 項目は AFRP 帯幅 (単位：mm) を示している。表 1 に示しているように設計上の破壊形式は、N および A/W-20 試験体はせん断破壊、A/W-40、A/W-60 試験体は曲げ破壊となっ

表 2 AFRP 帯の力学的特性値 (公称値)

繊維 目付量 (g/m ²)	保証 耐力 (kN/m)	厚さ (mm)	引張 強度 (GPa)	弾性 係数 (GPa)	破断 ひずみ (%)
280	392	0.193	2.06	118	1.75

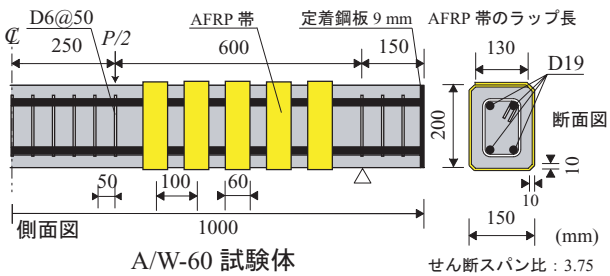


図 1 試験体概要 (A/W-60 試験体の例)

ている。

図 1 には、試験体の形状寸法、配筋状況およびせん断補強の概要を示している。試験体は、断面寸法 150 × 200 mm、純スパン長 1.7 m の複鉄筋 RC 梁である。上下端鉄筋には D19 を 2 本ずつ、スターラップには D6 を用い 50 mm 間隔で配置している。ただし、補強対象である片側等せん断力区間にはスターラップは配置していない。AFRP 帯による巻付け補強位置は等せん断力区間の 6 等分点としている。また、AFRP 帯の保証耐力は、表 2 に示すように 392 kN/m である。

水中における AFRP 帯の巻付け補強には、2 種類の水中硬化型接着樹脂を用いた。すなわち、AFRP 帯とコンクリートの接着には粘土状の高弾性接着樹脂を用い、AFRP 帯のラップ部分には、液状の低弾性接着樹脂を用いた。

表 1 各試験体の計算結果および破壊形式の一覧

試験 体名	施工・ 養生環境	AFRP 帯幅 (mm)	設計 曲げ耐力 P_u (kN) (1)	設計せん断耐力 $2 \times V_u$ (kN)			せん断 余裕度 (2) / (1)	破壊形式	
				コンクリート 分担分 $2 \times V_c$	AFRP 帯 分担分 $2 \times V_{AF}$	合計 (2)		設計	実測
N	気中	-	100.4	59.8	-	59.8	0.60	せん断	せん断
A-20		20			26.6	86.4	0.86	せん断	曲げ
A-40		40			53.1	113	1.12	曲げ	曲げ
A-60		60			79.7	139	1.39	曲げ	曲げ
W-20	水中	20	100.4	59.8	26.6	86.4	0.86	せん断	曲げ
W-40		40			53.1	113	1.12	曲げ	曲げ
W-60		60			79.7	139	1.39	曲げ	曲げ

キーワード：AFRP 帯、水中接着せん断補強、水中接着樹脂、RC 梁

連絡先：〒 050-8585 室蘭工業大学大学院 くらし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX 0143-46-5228

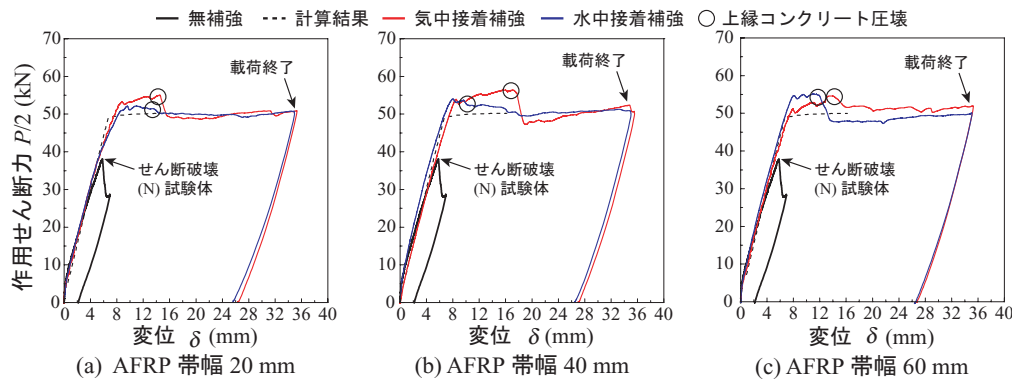


図2 各試験体における作用せん断力 ($P/2$) -変位関係の実験結果および計算結果の比較

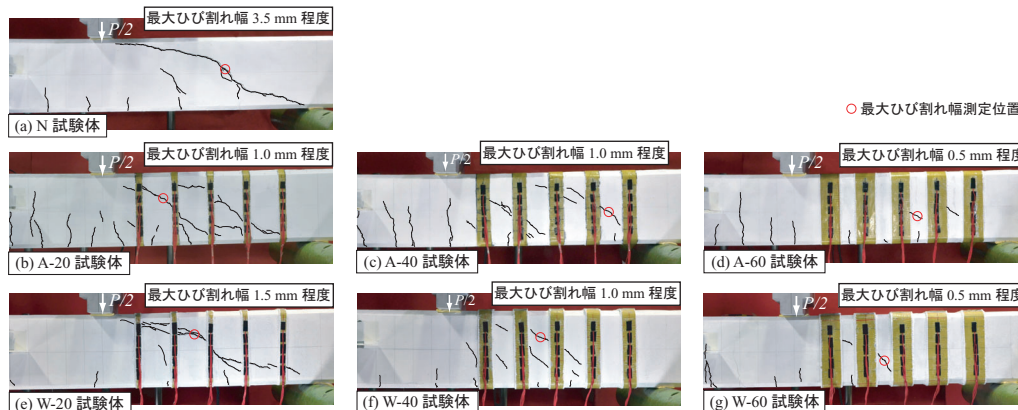


写真1 試験体の最大荷重時におけるひび割れ性状

3. 実験結果と考察

3.1 荷重-変位関係

図2には、各試験体の作用せん断力 ($P/2$) -変位関係に関する実験結果および計算結果を示している。計算結果は、土木学会コンクリート標準示方書に準拠して断面分割法により算出したものである。

図より、無補強のN試験体は作用せん断力が40 kN程度までほぼ線形に増加した後、急激に低下していることが分かる。なお、後述するように梁側面にはせん断ひび割れが大きく開口して終局に至っている。

一方、補強試験体は、いずれも作用せん断力が40 kNに到達した後も増加していることが分かる。また、作用せん断力が50～55 kN程度で剛性勾配が急激に低下していることから、この時点で主鉄筋降伏に至っていることが分かる。これより、AFRP帯幅や施工・養生環境に関わらず、AFRP帯を用いた水中巻付け補強によりRC梁の破壊形式がせん断破壊から曲げ破壊に移行したことが分かる。なお、表1に示すように、A/W-20試験体の破壊形式は設計ではせん断破壊であるのに対し、実験では曲げ破壊となっている。従って、AFRP帯の水中接着によるRC梁のせん断補強効果は、既往の気中接着の場合の設計式により安全側に評価可能であることが明らかになった。

3.2 ひび割れ性状

写真1には、最大荷重時におけるひび割れ性状の一例を示している。写真より、N試験体のひび割れは、荷重点か

ら下端鉄筋配置位置近傍までアーチ状に発生し、さらに支点部に直線的に進展しせん断破壊に至っていることが分かる。

一方、せん断補強した試験体のひび割れは荷重点から斜め下方に進展しているものの、ひび割れの本数や開口幅はAFRP帯幅が大きい場合ほど小さくなる傾向にある。なお、W-20試験体の場合には、斜めひび割れの開口に伴ってAFRP帯に発生するひずみが増大し、使用した接着樹脂の伸び率(0.7%)を超えたため、AFRP帯が部分的に剥離したことを確認している。また、気中および水中接着補強した試験体の結果を比較すると、AFRP帯幅が20 mmの場合を除き、両者はひび割れの発生位置が若干異なっているものの、ひび割れの本数や開口幅はほぼ同様である。以上から、AFRP帯に剥離が生じていない場合には水中においても気中で施工した場合と同様の補強効果を発揮しているものと判断される。

4. まとめ

- 1) AFRP帯水中巻付け補強により、せん断破壊型RC梁の破壊形式を曲げ破壊に移行可能である。
- 2) AFRP帯を用いて水中巻付け補強したRC梁は、気中でAFRP帯を用いて巻付け補強したRC梁とほぼ同程度の耐荷性能を発揮する。
- 3) 既往の計算式によって、AFRP帯を用いて水中巻付け補強したRC梁の耐荷性能を安全側に評価可能である。