

せん断破壊履歴 RC 梁を補強するためのアラミド繊維シートの補強方向

とその効果に関する実験

日大生産工（院） 金子 健未 日大生産工 木田 哲量
日大生産工 澤野 利章 日大生産工 阿部 忠

1.はじめに

我が国における社会基盤の大部分を形成する RC 構造物は近年、車両の大型化による輪荷重の増大やアルカリ骨材反応によるコンクリート耐力の早期劣化などに伴う損傷が懸念されている。これらに対処する補強工法の中でも、連続繊維を用いた補強工法は施工の容易さなどから注目され、各研究機関における研究報告も数多くなされている。しかしながら、これらの研究は応力を履歴していない構造物を想定したものが主であり、応力を履歴したのに関してはあまりなされていないのが現状である。また、公共工事における工費削減が進む社会情勢を鑑みた場合、耐力の回復が見込めるならば既存構造物に補修・補強を施すことで延命を図ることが望まれているため、破壊を履歴した構造物に対する補強効果の検証が必要となっている。

既往の研究¹⁾²⁾によれば曲げ破壊を履歴した RC 梁に対する補強効果の検討には行われている。そこで本研究では、せん断破壊を履歴した RC 梁に対して補修・補強を行い、耐力回復の推移からせん断破壊を履歴した RC 梁に対する補強効果の程度と繊維シートの貼付方法の差異が補強効果に及ぼす影響についても考察することとする。

2.実験概要

2-1.供試体

供試体は、せん断スパン端部への集中荷重の載荷によってせん断破壊が生じ、構成部材中の鉄筋が降伏していると思われる高さ 250mm、幅 200mm、全長 2800mm の単鉄筋

長方形断面とし、鉄筋は D16 を引張側に 3 本配置した RC 梁（ 1、 2 ）をせん断破壊履歴 RC 梁と称して 2 本使用する。なお、補強前におけるせん断破壊 RC 梁の破壊状況は 1・ 2 とともに同様の角度でせん断破壊が生じている。ここで、補強前のせん断破壊履歴 RC 梁の破壊状況を写真 1、 2 に示す。



写真 1 補強前破壊状況(1)



写真 2 補強前破壊状況(2)

2-2.補強方法

本研究におけるせん断破壊を履歴している RC 梁は断面補修、クラック補修、アラミド繊維補強の 3 段階の工程を経て損傷部の補修・補強を行うこととする。

断面補修

せん断破壊履歴 RC 梁は、せん断スパン内において幅 2 cm 以上のクラックが発生しているため、モルタルによる補修を施す。まず、損傷部における浮きコンクリート塊を除去し、モルタルを流し込むスペースを確保する。その後、せん断変形を復元しながら供試体に厚手のベニヤ板を打ち付けて固定し、このベニヤ板を同時に型枠としてモルタルを流し込む。この時、バイブレータで振動を与え、損傷部全体にモルタルが流れ込むようにする。7 日間養

Experiment on just then Reinforcement Direction and the Effect
of Aramid Fiber Sheet Applied to the RC Beam having Shearing Failure
by Takemi KANEKO, Tetsukazu KIDA,
Toshiaki SAWANO and Tadashi ABE

生した後、ベニヤ板を取り外し、ディスクサンダーにより表面の凹凸を研磨する。モルタルの配合比を表 1 に示す。

表 1 モルタル配合表

水セメント比 W/C (%)	比率		
	水 W	セメント C	細骨材 S
45	0.18	0.4	1

クラック補修

モルタルによる断面補修が行えない微細なクラックに関しては注入剤を注入することで損傷部を補う。まず、微細クラック部分をセメント樹脂〔ショーボンド(株)101W〕により目地留めを行うと同時に注入用パイプを取り付け、24 時間硬化養生した後、注入剤〔ショーボンド(株)BL グラウト S〕を注入パイプから注入する。注入剤が固結するまで7日間硬化養生した後、注入用パイプとセメント樹脂をディスクサンダーで除去する。

アラミド繊維補強

断面補修・クラック補修が完了したせん断破壊履歴 RC 梁は両側面のせん断スパン ($a/d=2.5$) 全長に渡ってアラミド繊維シートを貼り付け補強を行う。補強方法は、シートを貼り付ける両側面の表面をジェットタガネによりはつり、表面のモルタル部を除去し、骨材を露出させる。表面に付着した粉塵などを清掃した後、補強部の平滑化を目的としたプライマー〔住友ゴム工業(株)グリップボンド GB - 30〕を塗布する。24 時間硬化養生した後、アラミド繊維シート〔ファイベックス(株)フィブラシート AK60〕をプライマーにより貼り付け含浸させた後、シートの上から再度プライマーを塗布し、7 日間硬化養生を行う。この時、シートの貼付け方を 1 では繊維方向を供試体引張面と平行に、2 では繊維方向をせん断ひび割れに対して鉛直に貼り付けることとする。シートによる補強領域は、せん断スパン部の 575mm と載荷実験時にシート端部からの剥離防止を目的とした左右 50mm の余裕を採った 675mm とする。アラミド繊維シートの材料特性を表 2、アラミド繊維シートの貼り付け方法を図 1 に示す。

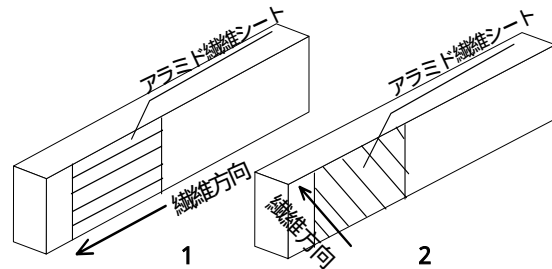


図 1 アラミド繊維シート貼り付け方法

表 2 アラミド繊維力学特性

品番	目付	引張強度	ヤング係数	保証耐力	設計厚
	g/m^2	N/mm^2	kN/mm^2	kN/m	mm
AK-60	415	2060	118	588	0.286

2-2.実験方法

本実験では、せん断破壊履歴 RC 梁に油圧式二軸振動台を用いて強制振動を与え、非破壊試験法の一つである共振法により共振振動数を測定するとともに、油圧式アクチュエータで荷重を載荷させてたわみを測定する。

共振実験

せん断破壊履歴 RC 梁の支間が 2000mm となるよう、両支間に梁と振動台を固定するための振動用治具を取り付けて固定し、せん断破壊履歴 RC 梁の中央部に小型ひずみゲージ式加速度計を取り付ける。共振実験を開始する前にせん断破壊履歴 RC 梁の中央部を木製のハンマーで打撃し、自由減衰振動数を算出する。その後、算出した自由減衰振動数を目安に、入力加速度を 10gal に保った状態で鉛直方向に強制振動を与え、加速度計で応答加速度を測定し、共振振動数を算出する。この時、0.2Hz 刻みで増加させ、その都度の振動数を測定する。

載荷実験

載荷実験は、せん断破壊履歴 RC 梁を最大荷重 300kN の油圧式アクチュエータで、梁中央部から 425mm のせん断スパン端部からその直下部に対して集中荷重を載荷させ、同点のたわみ量を測定する。なお、荷重は 9.8kN ずつ増加させることとし、実験開始時は最大荷重 9.8kN、第 2 回目は 19.6kN というように破壊に至るまで x 回、すなわち $9.8kN \times x$ 回の載荷と除荷を行う。せん断破壊履歴 RC 梁に所定の荷重を載荷させた後、再び共振実験を行いせん断破壊履歴 RC 梁が破壊に至るまで両実

験を繰り返し行うこととする。荷重位置図を 図 2 に示す。

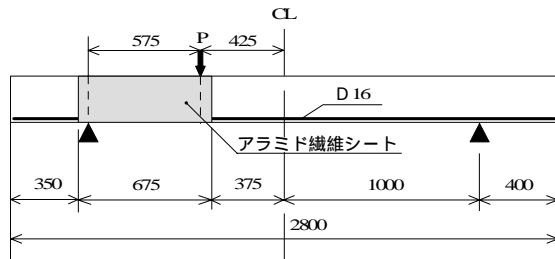


図 2 荷重条件

3.実験結果および考察

3-1.荷重時たわみ

図 3・4 はせん断破壊履歴 RC 梁 1・2 の荷重実験におけるたわみと荷重の関係を示したものである。両図ともに繰り返し荷重によるたわみは、荷重時より除荷時に大きくなっていることから、復元力の低下を招いている。また、2 においては 88.2kN 荷重時からたわみが急激に増加していることが確認できる。これは、コンクリートの耐力が低下しシートの耐力に依存し始めているものと考えられる。

図 5 は荷重実験における最大荷重とたわみの関係を示したものである。同図より、1・2 ともに 88.2kN 荷重時までは近似したたわみの増加挙動を示していることから、両供試体ともに補強効果が発現しているものと考えられる。しかしながら、せん断破壊履歴 RC 梁の最大荷重に関しては 1 では 88.2kN、2 では 107.8kN となり、2 は 1 に比して約 20%の増加が確認できる。これは、シートの貼付方法を 1 と 2 とで変えたことにより、せん断破壊に対してシートの有する靱性能が有効に作用したものと考えられる。また、1 は 88.2kN 荷重時にせん断スパン内におけるせん断破壊に至ったが、2 は 107.8kN 荷重時にせん断スパン外の曲げ応力が増加したことによる曲げ破壊に至った。

3-2.共振実験における共振振動数

補強過程における共振振動数

図 6 は破壊履歴 RC 梁に対して段階的に補修・補強を行ったときごとの共振振動数の変移を示したものである。ここで、図中の a は補強前、b はクラック補修後、c はシート補

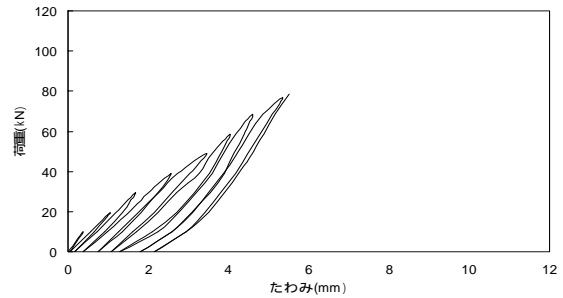


図 3 荷重とたわみ(1)

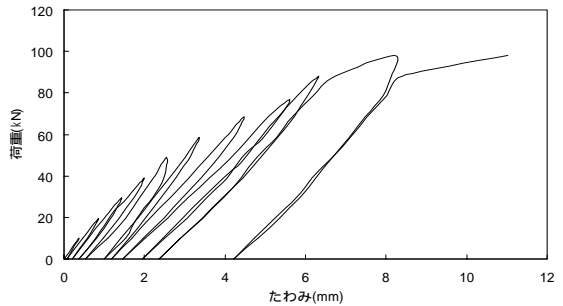


図 4 荷重とたわみ(2)

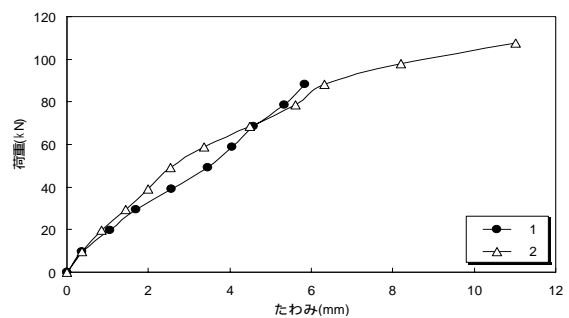


図 5 最大たわみ

強後を表す。同図より、せん断破壊履歴 RC 梁 1・2 の共振振動数の変移挙動はほぼ同様であることからその補強効果は両供試体ともに十分に得られていることが確認できる。

所定荷重荷重後における共振振動数

図 7 は補強後の所定荷重荷重後における共振振動数の変移を示したものである。共振振動数は 0 kN から 78.4kN 荷重後までは荷重の増加と共に減少している。この結果は、荷重実験結果と一致していることが確認できる。また、2 に関しては 88.2kN 荷重後に 55Hz 付近まで低下した後、一時低下が緩やかになり最終的に 107.8kN 荷重後に破壊に至り、補強前の共振振動数と同程度まで低下している。これは、シートの繊維方向をせん断ひび割れに対して鉛直に貼り付けたことにより、シートが荷重による斜め引張力に抵抗しているものと考えられる。これに対し、1 は、78.4kN

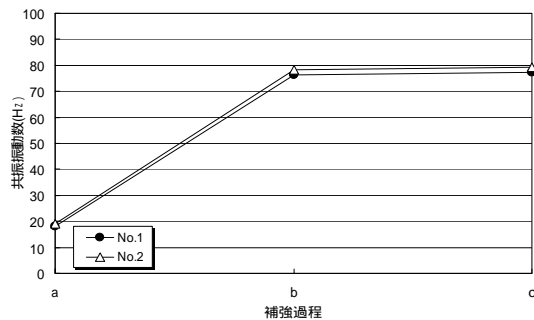


図 6 共振振動数の変移(補強過程)

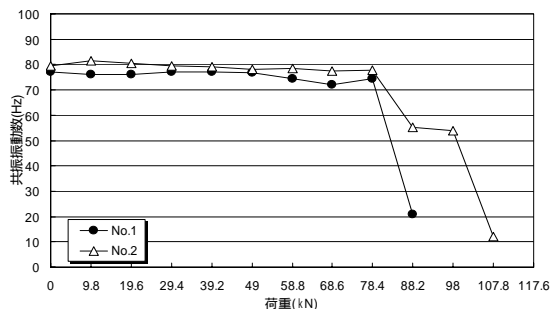


図 7 共振振動数の変移(所定荷重載荷時)

載荷後の共振振動数から 88.2kN 載荷後の共振振動数まで急激に破壊が進行することで 30Hz 付近まで低下した。このことからシートの繊維方向をせん断ひび割れに対して鉛直に貼り付けることでせん断破壊に対し有効に作用していることが確認された。

3-3.破壊状況

写真 3, 4 は所定荷重載荷後におけるせん断破壊履歴 RC 梁の破壊状況を示したものである。シートの繊維方向を供試体の引張面に対して平行に貼り付けた 1 は荷重載荷位置の直下部上面からクラックが進展し、下面のアクチュエータ支点部まで達するせん断破壊になっている。これに対し、シートの繊維方向をせん断ひび割れに対して鉛直に貼り付けた 2 では、1 のようなせん断破壊にはならず補強領域外の下面から進展した曲げクラックによる曲げ破壊となっている。また、シートに関して 1 はクラックに沿う形で破断している。

4.まとめ

載荷実験より、88.2kN 載荷時まで 1・2 共に近似したたわみの増加挙動を示していることから補強効果は得られることが確認できる。

補修・補強過程における共振振動数の変



写真 3 所定荷重載荷後破壊状況(1)



写真 4 所定荷重載荷後破壊状況(2)

移より、せん断破壊履歴 RC 梁に対して補修・補強を施した場合も共振振動数が増加することから補強効果が得られることが確認された。

所定荷重載荷後における共振振動数の変移より、シートをせん断ひび割れに対して鉛直に貼り付けた 2 は 1 が破壊に至った 88.2kN 載荷後もシートの補強効果が発揮されたために破壊には至らなかった。

1 の破壊形状はせん断スパン内におけるせん断破壊となった。一方、2 の破壊形状はシートの靱性が有効に作用するためにせん断スパン外の曲げ応力度の増加に伴う曲げ破壊となる。

今後の課題としては、シートを側面と引張面に貼り付け、閉合的な補強を施すことで更なる補強効果の向上が得られるかを検討する必要がある。

5.謝辞

本研究を行うにあたり、試料のご提供とご指導をいただきましたショーボンド建設(株)補修工学研究所材料試験室及び三井住友建設(株)技術研究所に厚く御礼申し上げます。ここに付記し、謝意を表します。

「参考文献」

- 1) 高橋 司, 曲げ破壊を履歴した RC 梁のアラムド繊維シートによる補強効果に関する実験研究, 第 36 回日本大学生産工学部学術講演会, 土木部会, (2003), pp55-58
- 2) 新井 学, 繰り返し曲げ破壊を履歴した RC 梁のアラムド繊維シートによる補強効果に関する実験研究, 第 37 回日本大学生産工学部学術講演会, 土木部会, (2004), pp 1 - 4