

展張筋を用いて接着剤塗布型増厚補強を施したひび割れ損傷を受けたRCはりの補強効果

日本大学 正会員 ○水口 和彦, 阿部 忠, 日本大学大学院 学生会員 中島 博敬
JFE シビル(株) 正会員 吉岡 泰邦, 塩田 啓介

1. はじめに

近年、コンクリート橋や老朽化した RC 部材の増厚補強法における鉄筋に替わる補強材として、縞鋼板および一般鋼板にレーザでスリットを挿入して展張した展張格子筋（以下、展張筋とする）が開発されている。

本研究では、コンクリート橋梁主桁などの RC はり部材を対象として、せん断スパン比 1.0 の位置りに 2 点荷重による静荷重実験を行ってひび割れ損傷を与えた供試体に、ひび割れ補修用浸透性接着剤を注入してひび割れ補修した後、増厚界面にエポキシ系の接着剤を塗布して展張筋を配置し、ポリマーセメントモルタル (PCM) で増厚補強を施した場合の補強効果を評価するとともに破壊状況についての検証を行った。さらに、増厚界面における付着性状に関する検討も行った。

2. RC はりの使用材料および寸法

(1) RC はり

コンクリートには、普通ポルトランドセメントを用いた。また、骨材には 5mm~20mm の砕石および 5mm 以下の砕砂を用いた。実験時の圧縮強度は、 30.8N/mm^2 である。次に、軸方向主鉄筋には SD295A D16、圧縮鉄筋には D13、スターラップには D6 を用いた。

(2) RC はりの供試体寸法

本実験で用いた RC はり供試体の寸法を図-1に示す。供試体寸法は、支間1,300mm、張出部200mm、全長1,700mm である。また、断面寸法は、幅250mm、高さ300mmとする。引張鉄筋にはD16を3本配置し、有効高は260mmである。また、圧縮側にD13を2本配置し、鉄筋中心からコンクリート表面までを40mmとした。スターラップにはD6を用い、150mm間隔で配置した。ここで、供試体記号をRC-N1とする。

3. RC はりの静荷重実験

3.1 RC はりの静荷重実験方法

荷重荷重位置は、両支点から 260mm の位置、すなわちせん断スパン比 1.0 の位置とした。荷重条件は、0kN から 5kN ずつ増加し、25kN に達した後、荷重 5kN ずつ 5kN まで除荷し、残留値を計測した。これを 1 サイクルとし、供試体が破壊するまで荷重の増減を繰り返して行った。

3.2 RC はりの最大耐荷力および破壊状況

(1) RC はりの最大耐荷力

せん断スパン比 1.0 の位置に 2 点荷重した供試体 RC-N1 の最大耐荷力は 409.0kN である。この耐荷力を基準値とし

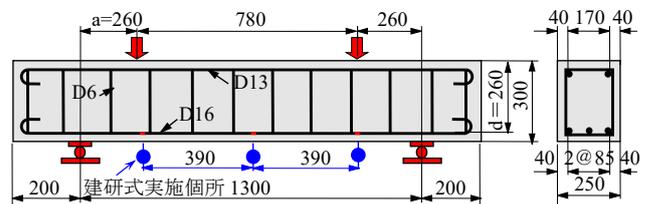


図-1 供試体寸法および荷重荷重位置

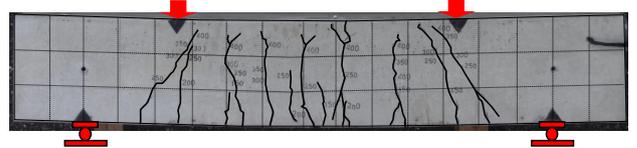


図-2 RC はりの破壊状況

て、補修・補強を行った供試体の補強効果を検証する。

(2) RC はりの破壊状況

供試体 RC-N1 の破壊状況は図-2 より、荷重 200kN において 2 点荷重位置内の下縁にひび割れが発生し、その後の荷重増加でひび割れは上縁

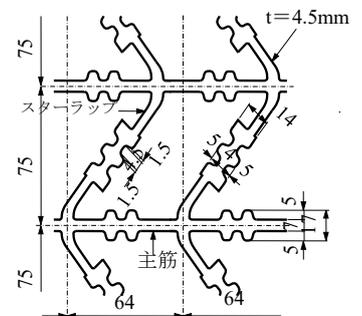


図-3 展張筋の形状寸法

まで達している。破壊は荷重 400kN 付近から急激にたわみが増加し、RC はり中央付近で曲げ破壊となった。

4. 補強 RC はりの使用材料および寸法

(1) 展張筋

展張筋には SS400 材の鋼板を用いる。ここで、展張筋の寸法および形状を図-3に示す。展張筋の寸法は図-3に示すように、厚さ 4.5mm の鋼板を用いて格子間寸法を $75 \times 64\text{mm}$ とした。また、主筋に相当する寸法は $4.5 \times 7\text{mm}$ (断面積 31.5mm^2) とし、縦筋すなわちスターラップに相当する寸法は $4.5 \times 4\text{mm}$ (断面積 18mm^2) とした。また、展張角度は 70 度とし、付着性を高めるために高さ 5mm の突起を設ける構造とした。

(2) PCM

増厚補強に用いる PCM には、長さ 12mm のビニロン繊維を配合した市販のセメント材料を用いた。なお、実験時における圧縮強度は 48.0N/mm^2 である。

(3) ひび割れ補修用接着剤および付着用接着剤

静荷重実験で損傷を与えた供試体のひび割れ補修には、市販のひび割れ補修用接着剤を用いた。付着強度は

キーワード：RC はり, 展張筋, 補強効果, 付着強度

連絡先：〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL:047-474-2468

2.6N/mm²である。次に、PCM 増厚補強では、展張筋を配置した後に、既設コンクリートの削り面と PCM との付着性を高めるために補強界面に高耐久型エポキシ系樹脂接着剤を用いた。付着強度は 3.7N/mm²以上有することを確認している。

(4) 補強RCはり供試体の寸法

ひび割れ補修を施したRCはりに展張筋を配置する。補強範囲および展張筋配置位置を図-4に示す。展張筋を配置した増厚補強における寸法は、残留たわみを考慮して底面は50mm、側面は25mm厚さで補強した。また、RCはりの支間は1,300mmであるが、実橋主桁の増厚補強を想定し側面は支点から張出120mmの範囲までを補強した。展張筋はあらかじめU形に折り曲げ加工し、RCはり底面から10mmの位置に配置した。ここで、供試体名称をRC-M1とする。

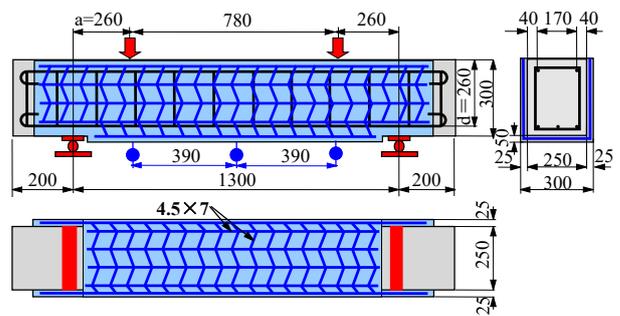


図-4 補強 RC はりの寸法

表-1 最大耐荷力および破壊モード

供試体	耐荷力 (kN)	分担耐荷力 (kN)	耐荷力比	破壊モード
RC-N1	409.5	—	—	曲げ破壊
RC-M1	700.4	290.9	1.71	せん断破壊

5. 実験結果および考察

5.1 最大耐荷力および破壊モード

補強RCはり供試体の最大耐荷力を表-1に示す。なお、補強前の供試体RC-N1の最大耐荷力も併記した。

表-1より、供試体RC-N1の最大耐荷力は409.5kNである。この供試体に展張筋を配置し、接着剤塗布型PCM増厚補強した供試体RC-M1の最大耐荷力は700.4kNである。分担耐荷力は290.9kNであり、1.71倍の補強効果が得られた。なお、実験において補強前後で破壊モードに違いが生じているが、本実験は損傷を受けたRCはりに対し増厚補強を施した場合の耐荷力の向上、すなわち補強効果を検証したものであるため、破壊モードの違いによる検証はここでは行わないこととする。

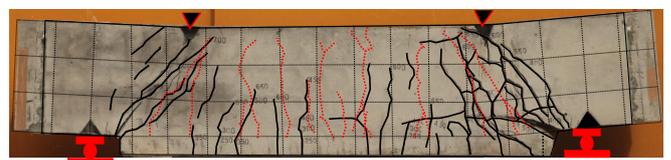


図-5 補強 RC はりの破壊状況

表-2 建研式引張試験による付着強度

供試体	No.	直径 (mm)	断面積 (mm ²)	接着荷重 (kN)	付着強度 (N/mm ²)
RC-M1	No.1	98.0	7543.0	16.7	2.21
	No.2	98.0	7543.0	23.2	3.08
	No.3	98.0	7543.0	23.6	3.13

5.2 破壊状況

補強RCはりの静荷重実験における破壊状況を図-5に示す。なお、図中の赤点線は補強前のRCはりに静荷重実験を行った際のひび割れ状況で、補強後の静荷重実験におけるひび割れ状況は黒線で示した。

図-5より、増厚補強を行った供試体RC-M1は、荷重載荷初期段階では載荷点内において下縁側にひび割れが発生し、荷重増加に伴いひび割れは上縁側に進展した。その後、荷重400kNから載荷点から支点方向でひび割れが発生し、最終的には荷重載荷位置と支点から60mm、すなわち補強断面の段差部を結ぶせん断破壊に至った。なお、供試体RC-M1のひび割れは補強前のひび割れとは異なる位置に新たにひび割れが発生していることから、ひび割れ補修用の接着剤が適切に浸透し、かつ、付着用接着剤によりRCはりと増厚部の付着状況が良好で一体性が保たれていたものと推測される。

5.3 増厚界面の付着性状の検証

補強 RC はりの静荷重実験後、RC はりと PCM との付着性能を確認するため建研式引張試験を行った。なお、引張付着強度の算定式は式(1)として与えられている。また、引張試験を行った箇所を図-1 に併記した。

$$f_t = P/A \tag{1}$$

ここで、 f_t : 付着(引張)強度 (N/mm²) , P: 接着荷重 (N) ,

A : 接着面積 (mm²)

建研式引張試験より得られた界面の付着強度を表-2 に示す。表-2 より、No.1~3 の付着強度はそれぞれ 2.21, 3.08, 3.13N/mm² となっており、いずれも基準²⁾とされる付着強度 1.0N/mm² を上回る結果が得られている。したがって、増厚界面に接着剤を塗布することで終局時においても界面ではく離することなく、一体性を持って荷重に抵抗していたものと推測される。

6. まとめ

- (1) 損傷を受けた RC はりにひび割れ補修後、展張筋を用いて PCM 増厚補強を施した結果、1.71 倍の補強効果が得られた。よって、展張筋は鉄筋に替わる補強材として十分に実用性があるものと判断できる。
- (2) 建研式引張試験より、増厚界面に接着剤を塗布することで付着強度は基準とされる 1.0N/mm² 以上が確保されており、終局時においてもはく離せず付着性能は低下しない結果が得られた。

参考文献 :

- 1) 岡田清 : 鉄筋コンクリート, 朝倉書店, 1972.
- 2) 吹付け協会 : ポリマーセメントモルタル吹付け工法によるコンクリート構造物の補修補強設計・施工マニュアル (案), 2011.