

格子鋼板筋を用いたRCはりの補強効果に関する研究

日大生産工 (院) ○高木 智子 日大生産工 阿部 忠, 師橋 憲貴
JFE シビル (株) 塩田 啓介, 今野 雄介

1. はじめに

近年, 高度経済成長期に建設されたコンクリート構造物は, 建設後 50 年が経過し, 老朽化が進んでいる¹⁾. 例えば, 海洋上や海岸線に建設されているコンクリート橋は, 飛来塩分や直接海水を受けることから鉄筋が腐食し, 断面欠損やコンクリートが剥落するなどの劣化が生じている²⁾. また, 昭和 40 年代の設計基準で設計された部材は現行の設計基準に比して, 耐荷力性能や耐震性に差異が生じている. コンクリート構造物の耐荷力性能や耐震性の向上を図るために鋼板や FRP による接着補強や, 鉄筋を配置してセメントモルタル吹付けによる増厚補強などが施され, いずれも実橋においては補強効果が得られている. また, 近年では老朽化するコンクリート部材の補強材の開発や新たな補強法が提案されている³⁾. 例えば, 鉄筋に代わる引張補強材として, 耐荷力性能の向上を図ると同時に施工の合理化・省力化を図るために, 縞鋼板にレーザー光線でスリットを入れ, ジャッキで展張して格子状に加工した展張格子鋼板筋が開発され提案されている.

そこで本研究は, 展張格子鋼板筋を用いた RC 部材の補強法における補強効果について検証を行う. 実験供試体には RC はりおよび同一寸法を有する既設 RC はりに 3 タイプの展張格子鋼板筋を配置し, ポリマーセメントモルタル吹付け補強した供試体を用いて静荷重実験を行い, 各補強法における耐荷力性能およびたわみの低減効果について検証し, 展張格子鋼板筋を用いた増厚補強法の実用性を評価する.

2. 材料特性値

2.1 RCはり

RC はりのコンクリートには, 普通ポルトランドセメントに 5mm ~ 20mm の碎石および 5mm 以下の砕砂を用いる. また, 主鉄筋には SD295A, D13, スターラップには SD295A, D10 を用いる. ここで, コンクリートおよび鉄筋の材料特性値を表-1 に示す.

2.2 補強RCはり

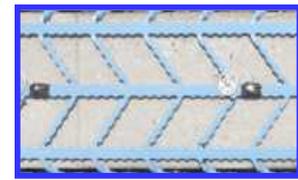
(1)RC はり

表-1 コンクリートおよび鉄筋の材料特性値

コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	鉄筋 (SD295A)			ヤング係数 (kN/mm ²)
	使用 鉄筋	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	
30.0	D13	368	516	200
	D10	370	511	



(1)展張中



(2)設置状況

写真-1 展張中および設置状況

補強する RC はりの供試体の使用材料および材料特性値は, RC はりの供試体と同様とする.

(2)展張格子鋼板筋

展張格子鋼板筋には, 鋼板および縞鋼板いずれの鋼板を用いても製作が可能であるが, コンクリートとの付着性を考慮すると縞鋼板が有利となる. そこで, 本供試体には SS400, 厚さ 9mm 厚の縞鋼板を用いる. ここで, 展張中および RC 部材の設置状況を写真-1 に示す. 製作手順は縞鋼板の軸方向にレーザー光線でスリットを挿入し, これを加工台に設置する. その後, 軸直角方向にジャッキで均等に展張し (写真-1(1)), 格子加工するものである.

引張補強材として使用する場合は, 格子加工された展張格子鋼板筋を補強する部材寸法に合わせて折り曲げ加工し, 防錆剤を塗布した後, 既設コンクリート部材に設置して (写真-1(2)) セメントモルタルを吹付け補強する. よって, 鉄筋組み立てによる補強法に比して, 施工の合理化・省力化が図られることになる.

本実験に用いる展張格子鋼板筋には, 厚さ 9.0mm の縞鋼板を用いて, 格子間寸法を 100mm×100mm となるように展張させたものを用いる. ここで, 本供試体に用いる展張格子鋼板筋の寸法および形状を図-1 に示す. 軸方向筋すなわち主筋に相当する寸法は 9×15mm (断面積 135mm²) とし, 軸直角方向筋すなわちスターラップに相当する縦筋の寸法は 9×7mm (断面積 63mm²) とする. また, 9mm

Study on reinforcing effects of RC beams using expanded metal grid

Tomoko TAKAGI, Tadashi ABE, Noritaka MOROHASHI, Keisuke SHIOTA, Yusuke IMANO

表-2 縞鋼板および展張鋼板筋の材料特性値

供試体	降伏強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ (×10 ⁻⁶)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
縞鋼板	327	1635	435.0	200(道示)
加工後	338	1690	422.3	
規格値	245以上		400以上	

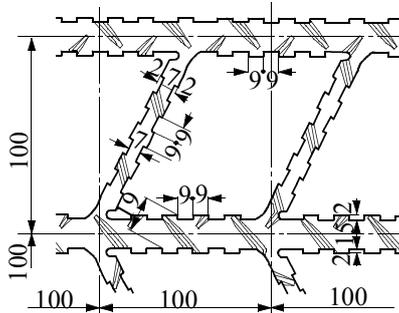


図-1 展張鋼板筋の寸法

表-3 PCM の材料特性値

項目	単位量(kg/m ³)		水結合比 (%)
	プレミックス粉体	水	
PCM	1860	595	32

間隔ごとに 2mm×9mm の突起を設け、付着力を高める構造とする。

本供試体に用いる縞鋼板および展張後の格子鋼板筋の材料特性値を表-2 に示す。

(3) ポリマーセメントモルタル

PCM は、一般的に吹付け工法に用いられているセメント系材料にビニロン繊維を配合した材料であり、その配合条件を表-3 に示す。なお、PCM にはビニロン繊維が配合されているが、詳細は公表されていない。実験時における圧縮強度は 51.9N/mm² である。

3. 供試体寸法および補強方法

RC はり供試体および展張格子鋼板筋を配置した 3 タイプの供試体寸法および鉄筋の配置位置を図-2 に示す。

3.1 RC はり (供試体 RC-1)

RC はり供試体の寸法は図-2(1)に示すように、支間 2000mm、張出部 200mm、全長 2400mm である。また、断面は高さ 300mm、幅 250mm とする。引張鉄筋は D13 を 3 本配置し、その有効高は 260mm である。圧縮側には D13 を 2 本配置し、かぶりを 33.6mm とする。スターラップには D10 を用い、150mm 間隔で配置する。展張格子鋼板筋を用いた 3 タイプの補強法における補強効果の検証については RC はり供試体の最大荷重および荷重とたわみの関係を基準に考察する。ここで、無補強 RC はりの供試体名称を RC-1 とする。

3.2 展張格子鋼板筋を配置した増厚補強供試体

(1) A タイプの補強 (供試体 RC-A)

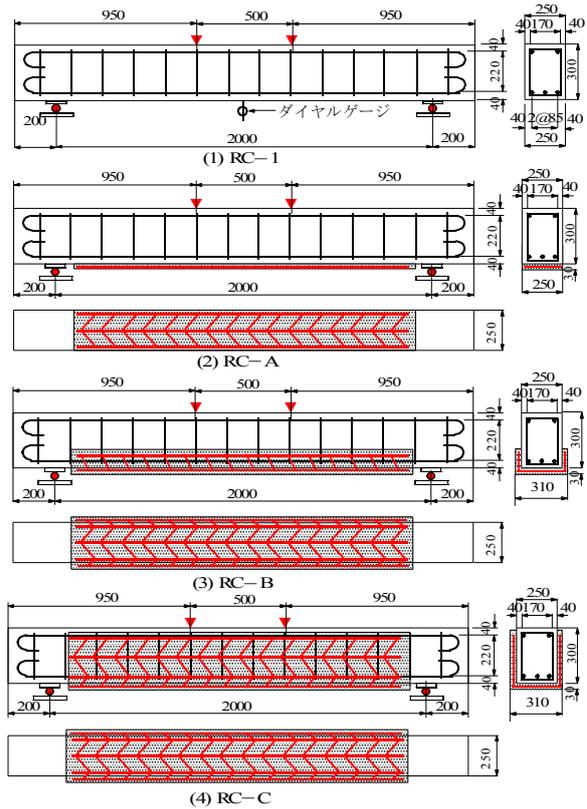


図-2 供試体寸法および鉄筋配置

RC はり供試体の下面補強のみを施す供試体の寸法は図-2(2)に示すように、補強範囲は支点の内側に 1840mm の範囲とする。よって、展張格子鋼板筋は長さ 1800mm、幅 200mm、厚さ 9mm の縞鋼板を用いる。展張格子鋼板筋は格子形成されることから鉄筋を 2 方向に配置した場合に比して 1/2 の厚さとなることから増厚層内に配置することが可能となる。よって、展張格子鋼板筋の配置位置は RC はり補強界面から 10mm の位置に設置し、厚さ 30mm で PCM を吹付け補強する。この供試体名を RC-A とする。

(2) B タイプの補強 (供試体 RC-B)

RC はりの底面および底面から 125mm までを補強する供試体の寸法を図-2(3)に示す。展張格子鋼板筋は長さ 1800mm、鉄筋中心幅 400mm、厚さ 9mm の縞鋼板を用いて U 字に折り曲げし、RC はりの界面から 10mm の位置に設置し、厚さ 30mm を PCM 吹付け補強する。この供試体名を RC-B とする。

(3) C タイプの補強補強 (供試体 RC-C)

RC はりの底面および側面全面に補強する供試体の寸法を図-2(4)に示す。展張格子鋼板筋は長さ 1800mm、鉄筋中心幅 800mm、厚さ 9mm の縞鋼板を用いる。これは、B タイプの 2 倍の寸法となる。この展張格子鋼板筋を B タイプ同様に U 字に折り

曲げ加工し、RC はりの界面から 10mm の位置に設置し、厚さ 30mm を PCM 吹付け補強する。この供試体名を RC-C とする。

3.3 補強方法

RC はりに展張格子鋼板筋を設置し、PCM 吹付け増厚補強法は、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）（増厚補強編）に準拠して製作した⁴⁾。ここで、RC はりに U 字に折り曲げ加工した展張格子鋼板筋を設置した供試体 RC-C の補強手順を写真-2 に示す。

展張格子鋼板筋を用いた RC はりの補強手順は、まず RC はり供試体を支点上に設置する（写真-2 (1)）。RC はりの補強範囲をサンダーで切削・研削し、付着性を高めるためにプライマーを塗布する。その後、U 字に折り曲げ加工した展張格子鋼板筋を界面から 10mm の位置に設置する（写真-1 (2)）。その後、型枠を設置し（写真-2 (3)）、一層目の PCM を吹付けし（写真-2 (4)）、一次養生を 2 時間程度行い、2 層目の吹付けを行う（写真-2 (5)）。吹付け終了後、表面仕上げし、養生を行う。最後に型枠を除去して補強終了となる。供試体 RC-A, B も同様な補強法で供試体を製作する。

5. 実験方法

本実験は、RC はりの両支点から 750mm の位置に荷重を載荷する 2 点載荷とし、荷重載荷間隔を 500mm とする。せん断スパン比は 2.88 (= 750/260) であり、曲げ破壊が先行する載荷条件である。ここで、実験状況を写真-3 に示す。

静荷重実験における荷重条件は 0kN から 5kN ずつ漸増し、25kN に達した後、荷重 5kN ずつ 5kN まで漸減し、残留値を計測する。これを 1 サイクルとする。1 サイクルごとの荷重増加を 25kN とし、供試体が破壊するまで荷重を漸増する。

6. 実験結果および考察

6.1 最大耐力および補強効果

本実験における RC はりおよび 3 タイプの展張格子鋼板筋を用いた増厚補強した RC はりの最大耐力および破壊モードを表-4 に示す。

(1) 供試体 RC-1

RC-1 の最大耐力は 93.8kN である。この最大耐力を基準に補強効果を検証する。破壊は、曲げ破壊である。

(2) 供試体 RC-A

RC-1 の底面に鉄筋中心幅 200mm の展張格子鋼板筋を配置した供試体 RC-A の最大荷重は 145.3kN であり、補強部が分担する最大耐力は 51.5kN である。したがって、RC-1 の最大耐力の 1.5 倍の補強効果が得られた。破壊は、はりの端部の増厚界面がはく離し、曲げ破壊となった。

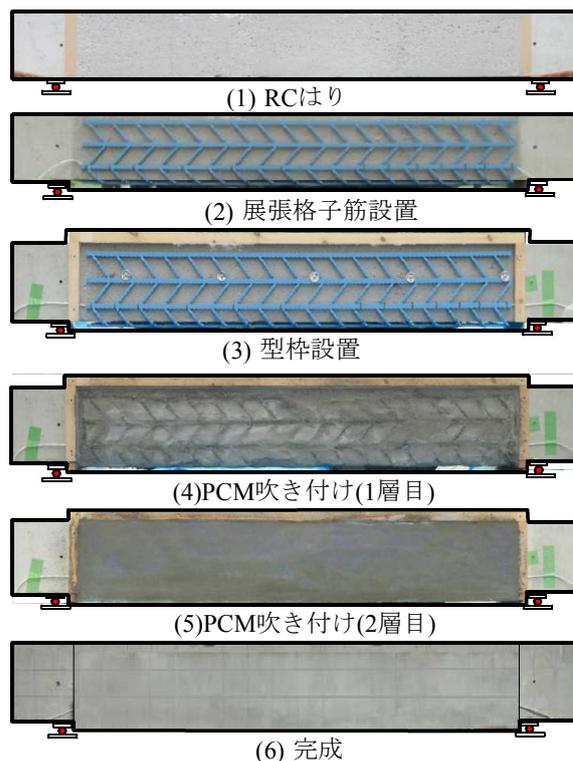


写真-2 展張格子鋼板筋を用いた増厚補強法

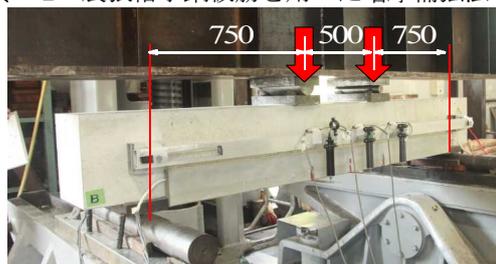


写真-3 実験状況

表-4 耐力および破壊モード

供試体	耐力	分担耐力	耐力比	破壊モード
RC-1	93.8	-	-	曲げ破壊
RC-A	145.3	51.5	1.5	曲げ破壊
RC-B	175.3	81.5	1.9	せん断破壊
RC-C	200.1	106.3	2.1	せん断破壊

(3) 供試体 RC-B

鉄筋中心幅 400mm の展張格子鋼板筋を U 字に折り曲げ加工して配置した供試体 RC-B の最大耐力は 175.3kN、補強部が分担する耐力は 81.5kN である。RC-1 の最大耐力の 1.9 倍の補強効果が得られた。また、底面のみに展張格子鋼板筋を設置した供試体 RC-A と比較すると 1.2 倍の補強効果が得られている。破壊はせん断領域で補強界面のはく離が先行し、せん断破壊となった。

(4) 供試体 RC-C

鉄筋中心幅 800mm の展張格子鋼板筋を U 字に折り曲げ加工して設置した供試体 RC-C の最大耐力は 200.1kN、補強部が分担する耐力は 106.3kN である。RC-1 の最大耐力に比して 2.1

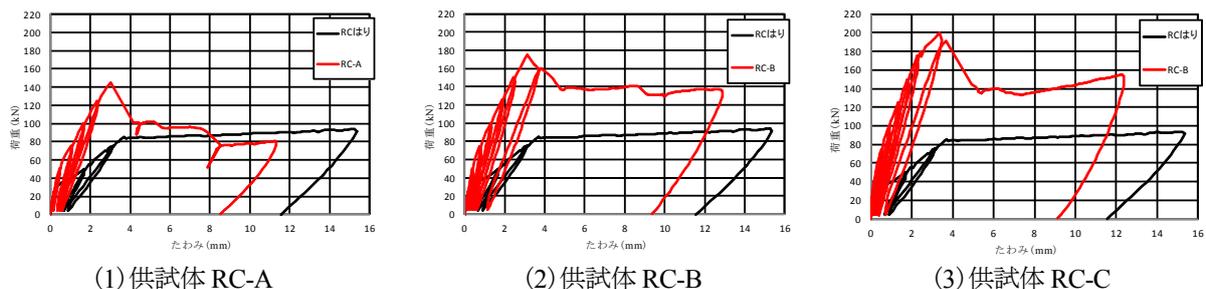


図-3 荷重とたわみの関係

倍の補強効果が得られた。また、供試体 RC-A, B の最大耐荷力に比してそれぞれ 1.37, 1.14 倍の補強効果が得られた。破壊ははく離に伴うせん断破壊となった。

以上より、3 タイプの補強法で RC はりを補強した結果、展張格子鋼板筋を U 字に折り曲げ加工して配置することで曲げ剛性の向上が図られ、併せて耐荷力も向上している。本実験では厚さ 9mm の縞鋼板を用いて格子間 100mm で製作したが、補強部材に必要な縞鋼板厚および U 字の範囲の選択が可能となる。

6.2 荷重とたわみの関係

RC はりおよび 3 タイプの展張格子鋼板筋を用いて増厚補強した供試体の荷重とたわみの関係を図-3 に示す。

(1) 供試体 RC-1

供試体 RC-1 の荷重とたわみの関係は、図-3(1) に示すように 30.0kN 付近までは線形的に増加し、30.0kN 付近からたわみの増加がやや大きくなるものの、荷重 83.8kN 付近まで線形的に増加している。その後、荷重増加においては急激に増加し、最大荷重 93.8kN でたわみは 15.3mm で破壊に至っている。

(2) 供試体 RC-A

供試体 RC-A は図-3(1) に示すように荷重 50.6kN までは線形的に増加している。その後の荷重増加ではやや大きくなるものの、最大荷重付近までは線形的にたわみが増加している。最大荷重に達した後から荷重が急激に低下し破壊に至った。最大荷重 145.3kN 載荷時のたわみは 3.05mm である。

(3) 供試体 RC-B

供試体 RC-B は図-3(2) に示すように荷重 75kN 付近まで線形的に増加し、その後たわみの増加はやや大きくなるものの、最大荷重 175.2kN 付近まで線形的に増加している。その後の荷重 143.kN まで減少し、最大たわみ 12.8mm で破壊に至っている。

(4) 供試体 RC-C

供試体 RC-C は図-3(3) に示すように荷重 80kN 付近まで線形的に増加し、その後たわみの増加はやや大きくなるものの、最大荷重 175kN 付近まで

線形的に増加している。その後の荷重増加でたわみが急激に増加し、荷重 200.kN 最後、荷重が 135.kN まで減少し、最大たわみが 12.4mm で破壊に至っている。

以上より、底面および底面から 125mm、320mm の位置まで展張格子鋼板筋を設置し、PMC 吹き付け補強した供試体 RC-B、RC-C はたわみの増加が抑制され、補強効果が十分得られている。

7. まとめ

RC はりの引張補強材として展張格子鋼板筋を用いて静荷重実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- ①無補強供試体 RC-1 の最大耐荷力と底面のみ展張格子鋼板筋を配置した供試体 RC-A、折り曲げ加工して底面から 125mm の位置まで補強した供試体の耐荷力を比較すると、それぞれ 1.5, 1.9 倍の補強効果が得られた。また、供試体底面および側面に展張格子鋼板筋を配置した供試体は 2.1 倍の補強効果が得られた。したがって、展張格子鋼板筋を U 字に折り曲げすることで曲げ剛性が大きくなり、耐荷力性能が向上する結果となった。
- ②供試体 RC-1 のたわみの増加傾向に対して、展張格子鋼板筋を配置し、PCM を吹き付け補強した供試体は、展張格子鋼板筋量の増大や U 字に折り曲げ加工を施すことにより、たわみの増加が抑制され、補強効果が得られた。よって、実コンクリート部材の補強においては要求する耐荷力性能に応じた展張格子鋼板筋量を検討して補強することが可能である。

「参考文献」

- 1) 国土交通省：道路維持管理計画書、(2013)
- 2) 山崎淳、池田甫：道路橋補修・補強事例集、「道路橋補修・補強事例集」編集委員会、(2013.5)
- 3) 土木学会：道路橋床版の維持管理マニュアル、(2012.6)
- 4) 吹付け協会：ポリマーセメントモルタル吹き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)