

下面増厚工法において梁部材に発生したひび割れの影響

The Influence of Cracks Pre-existing in Beam Strengthened by Overlaying

北海道大学工学部環境社会工学科
北海道大学大学院工学院
北海道大学大学院工学研究院
北海道大学大学院工学研究院
北海道大学大学院工学研究院
BASF ポゾリス(株) 技術センター
(株)デーロス・ジャパン
(株)マレックス技研

○学生会員 島中 悠企 (Yuki Shimanaka)
学生会員 菊地 裕介 (Yusuke Kikuchi)
張 大偉 (Dawei Zhang)
正 会 員 古内 仁 (Hitoshi Furuuchi)
フェロー 上田 多門 (Tamon Ueda)
田村 哲也 (Tetsuya Tamura)
森井 直治 (Naoharu Morii)
斉藤 恒雄 (Tsuneo Saitoh)

1. まえがき

現在、日本国内の道路橋の 40%は高度成長期に建設されたもので、老朽化が進行しコンクリートの剥離・剥落が危惧されている。そのため、近年、道路橋の維持管理が大きな課題となっている。橋梁床版においては、数種類の補強方法が提案されている中に、下面増厚工法がある。本研究では、実際の現場での施工を考え、補強を行う前に既設梁部材にプレ荷重し、段階的にひび割れを発生させた供試体に増厚補強を施し静的荷重試験行う。

既往の研究より¹⁾、破壊形態としては付着割裂破壊が予想され、損傷させた梁部材に対しての補強効果を調べることを目的としている。

2. 実験概要

実験供試体の形状寸法を図-1に示す。梁部材（コンクリート圧縮強度 37.7N/mm²）には、全供試体共通で主

筋に D13（SD295A）を 3 本、せん断補強筋として D10（SD295A）スターラップを 100mm 間隔で配置した。増厚部については、全厚 10mm、補強筋には FRP グリッド筋（断面積 26.4mm²、引張強度 1400N/mm²、引張弾性率 100,000N/mm²、筋ピッチ 50×50mm）を増厚部全面に配置した。

増厚モルタルには、吹き付け用塑性モルタル（圧縮強度 43.2N/mm²、曲げ強度 10N/mm²、引張強度 4.5

表-1 実験変数

供試体 No	プレ荷重 (kN)	ひび割れ補修
No.1	25.0	なし
No.2	45.3	なし
No.3	63.3	なし
No.4	60.6	有り

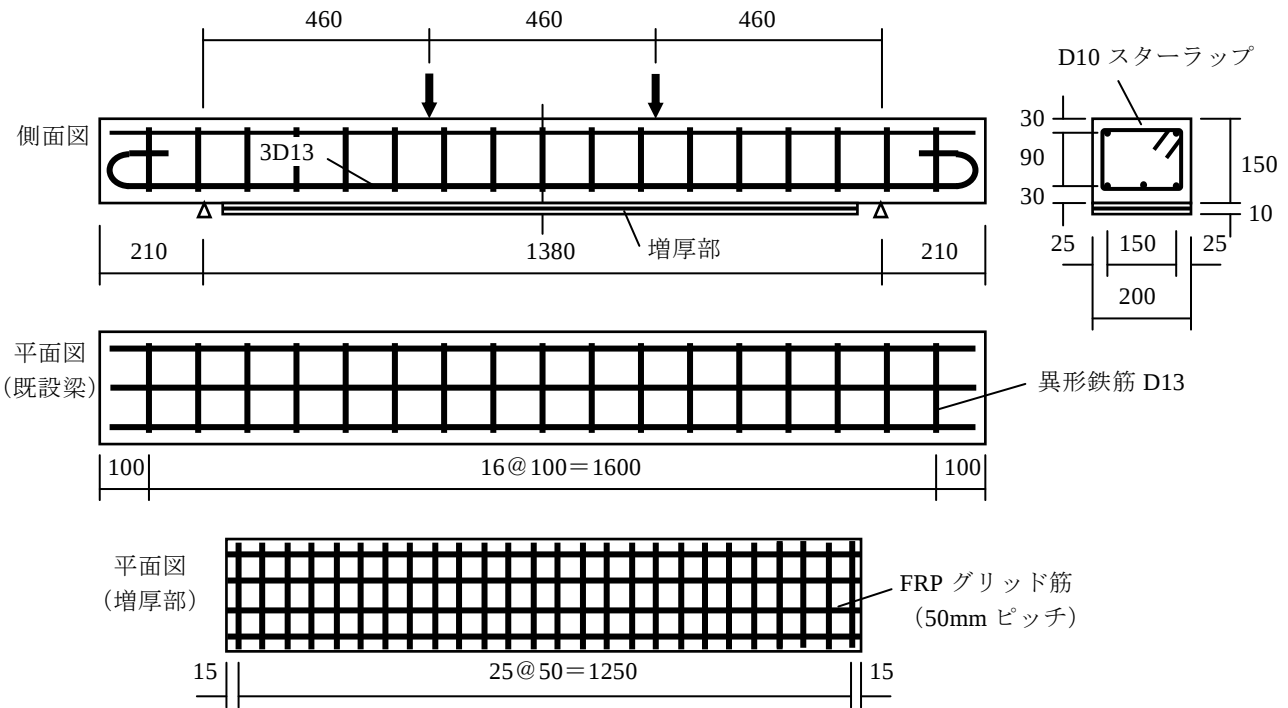


図-1 実験供試体の形状寸法

N/mm²)を用いた。

実験変数は、表－1に示すようにプレ荷重の大きさ、ひび割れ補修の有無である。ひび割れ補修には、エポキシ樹脂（低粘度タイプ）を低圧・低速で注入する工法を採用した。

実験の手順を簡単に以下に示す。

- ① 同条件の供試体を4体作成する。
- ② 静的載荷試験を行う前に損傷させる必要があるため事前に荷重をかける（プレ載荷試験）。
- ③ No.4 供試体は、ひび割れ補修する。
- ④ 下面増厚補強を施す。
- ⑤ 静的載荷試験を行う。

プレ載荷試験における最大荷重については、まず断面分割法を用いた計算で降伏荷重を求めておき、降伏荷重の1/3、2/3、3/3の3種類とした。ただし、載荷中は主筋のひずみをモニタリングし、そのひずみの値を目安として目標のプレ荷重とした。

供試体の増厚補強部の施工手順を以下に示す。

- ① 梁部材下面をWJ工法により表面処理を行う。
- ② プライマーを塗布し、FRPグリッド筋をオールアンカーにより既設梁下面に取り付ける。
- ③ 靱性モルタルを吹付け工法により、所定の厚さに施工する。

プレ載荷試験、静的載荷試験ともに載荷装置には1000kN ローゼンハウゼン試験機を使用し、2点載荷として供試体に静的荷重を単調に加えた。また、両側支点の上縁と支間中央点の下縁に一軸変位計を取付け、変位を測定した。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

プレ載荷試験において、ひび割れはスターラップの位置から発生しており、支点方向に近づくにつれてひび割れ幅・長さは小さくなっていった。静的載荷試験では、載荷荷重が大きくなる（降伏荷重を超える）と中央付近でスターラップ間の位置においても新たなひび割れが確認された。破壊形態は、いずれも付着割裂破壊となった（図－2参照）。また、最大荷重が大きい供試体ほど割裂ひび割れの開口幅が大きく、その伸展長さは梁中央の方まで発達していた。

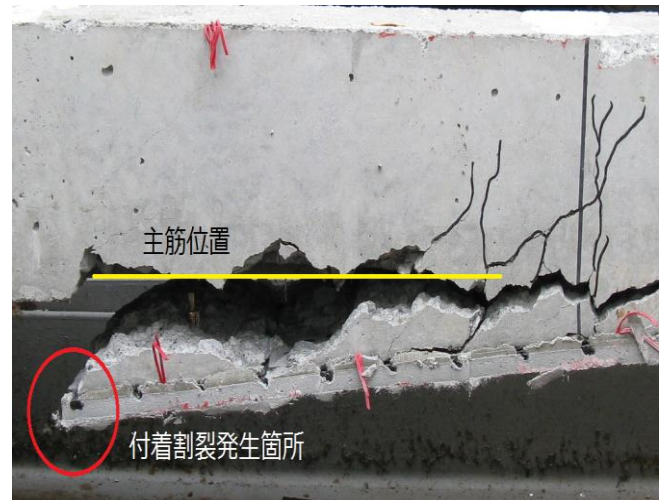
3.2 荷重変位曲線

4体の下面増厚補強梁の静的載荷試験における荷重－中央点変位の関係を図－3に示す。また、実験における最大中央点変位、降伏荷重および最大荷重を表－3に示す。表中のEx1は昨年、同じ供試体寸法でプレ荷重をかけずに行われた静的載荷試験の結果である¹⁾。

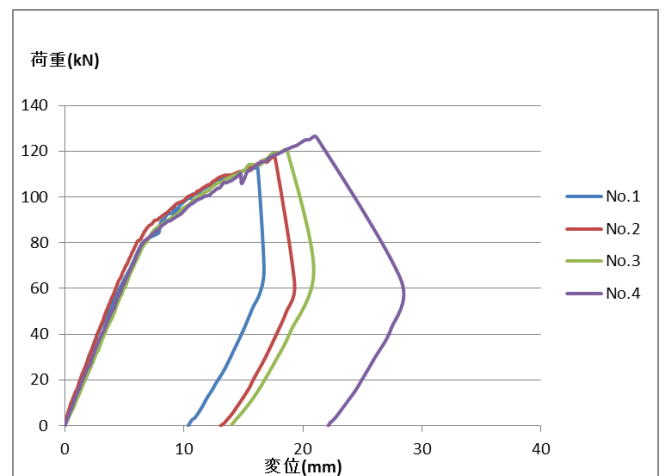
割裂ひび割れが大きく発達している供試体ほど中央点変位が大きかった。No.4の変位が特に大きいのはひび割れ幅が広く、中央まで発達していて変位計の位置にあるコンクリートが他に比べて大きく剥落したためである。

4. 考察

4.1 実験結果の考察



図－2 主鉄筋に沿った割裂ひび割れ (No.2)



図－3 荷重－変位曲線

表－3 実験結果

供試体 No.	最大中央点変位 (mm)	降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	破壊モード
1	16.7	80.2	113.2	付着割裂
2	19.3	80.7	117.5	付着割裂
3	20.9	79.9	120.5	付着割裂
4	28.2	80.2	126.2	付着割裂
Ex1	19.4	90.6	117.5	付着割裂

表－4 計算値

降伏荷重(kN)	最大荷重(kN)
82.9	122.5

破壊部分は全ての供試体で主筋に沿ったコンクリートの付着割裂ひび割れによるものであったが、プレ載荷試験の荷重が大きいほど補強後の最大耐力が増加している結果となった。

当初、実験結果については、どの供試体でもプレ載荷の影響が見られないか、もしくはプレ荷重が大きい順に最大耐力の低下があるかもしれないと予想していた。

しかしながら、予想とは逆の結果となっていることから、プレ荷重の影響よりも施工誤差や試験時の支持・荷重条件の影響によるものと考えられる。

No.4 については、同じプレ荷重を作用させた No.3 (ひび割れ補修なし) と比較すると、最大荷重が 5.7kN 大きくなった。実際のひび割れ補修では支点付近の断面に対してはほとんど樹脂が注入できていないので、中央付近のひび割れへの注入が鉄筋の付着性能にどのように効果があったのか検討する必要がある。

4.2 計算値と実験値の考察

断面分割法の計算における降伏荷重と最大荷重を表 4 に示す。

どの供試体も実験においては、降伏荷重は 80kN 付近で迎え、プレ荷重の影響は見られなく、ほぼ計算値と一致していると考えられる。

最大荷重について、4 つの供試体について実験値/計算値をとると 0.92~1.03 の範囲に収まっている。なお、計算における破壊モードは曲げ破壊であるので、実験の付着割裂破壊時の荷重は、概ね曲げ終局荷重付近であったと思われる。

5. まとめ

本研究の実験から以下の知見が得られた。

- 1) 下面増厚補強前の梁にプレ荷重試験を行い、損傷を与えた。次に、増厚補強後の梁に静的荷重試験を行った結果、プレ荷重の大きさは、補強後の梁の降伏荷重に影響を与えないことが示された。
- 2) 同様に、プレ荷重試験の荷重の大きさは、補強後の梁の主筋に沿った割裂ひび割れ発生による最大荷重にほとんど影響を与えていないことが示された。
- 3) プレ荷重時にひび割れ注入補修した梁では、補修なしの梁と比べて若干最大荷重が大きくなった。

謝辞

本研究の実験にあたり日鉄コンポジット社の谷口硯士氏およびコニシ(株)の平山幸浩氏に多大なご助力を得ました。また、北海道大学工学部の木村勉技術職員には、実験のご指導をいただきました。ここに感謝の意を表します。

なお、本研究の1部は、科学研究費補助金・基盤研究(A)(課題番号 22246058/研究代表者：上田多門)および基盤研究(C)(課題番号 22560458/研究代表者：古内仁)により実施したものである。

参考文献

- 1) 山本他: FRP 格子筋と HPFRCC を用いた下面増厚補強梁の静的荷重下における破壊荷重と破壊モード,土木学会北海道支部年次学術研究発表会論文報告集, 第 66 号, 2010