

下面増厚補強 RC 梁の付着割裂破壊荷重に対する既設部コンクリート強度の影響

An effect of substrate concrete compressive strength on ultimate load of concrete cover separation of overlaying used to strengthen reinforced concrete beam

北海道大学工学部環境社会工学科	○学生員	柏原 優澄 (Masazumi Kashihara)
北海道大学大学院工学院	学生員	島中 悠企 (Yuki Shimanaka)
北海道大学大学院工学研究院		張 大偉 (Dawei Zhang)
北海道大学大学院工学研究院	正 員	古内 仁 (Hitoshi Furuuchi)
北海道大学大学院工学研究院	フェロー	上田 多門 (Tamon Ueda)
BASF ポゾリス(株) 技術センター		田村 哲也 (Tetsuya Tamura)
デーロス・ジャパン(株)		森井 直治 (Naoharu Morii)
(株)マレックス技研		斉藤 恒雄 (Tsuneo Saitoh)

1. はじめに

近年、交通荷重による道路橋の劣化が深刻化しており、その補強工法の一つとして下面増厚工法が開発され、施工例が増えてきている。しかしながら下面増厚工法は、増厚端部における既設部との定着が困難であるために、曲げ破壊やせん断破壊等の既設部における本体破壊の形式以外にも、既設部と増厚部の界面での剥離破壊や既設部の主鉄筋位置に沿ってひび割れが入る付着割裂破壊といった実験結果も報告されている。そこで、本研究では既往の研究 1),2)で付着割裂破壊を起こした供試体と同一のモデルを用いて静的載荷試験を行う。付着割裂破壊を起こした既往の実験結果と本研究での実験結果を比較

することで、既設部のコンクリート圧縮強度が付着割裂終局荷重に与える影響を解明することが本研究の目的である。

2. 実験概要

2.1 供試体諸元

供試体は、図-1 に示すように幅 200×高さ 150mm の矩形断面を有する鉄筋コンクリート梁に下面増厚補強を行ったものである。

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

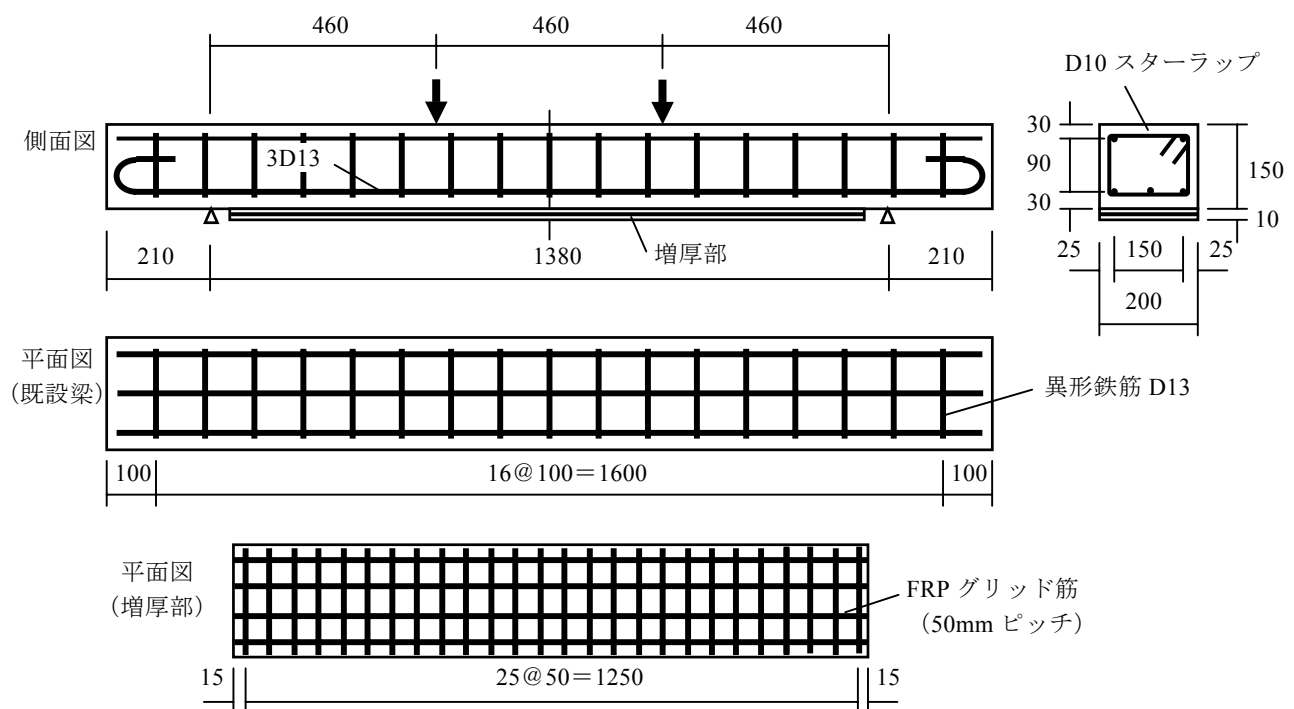


図-1 実験供試体の形状寸法

表-1 材料強度

供試体 No	コンクリート 圧縮強度	HPFRCC 圧縮強度
CS43 (2009-No.3)	43.2	42.5
CS38 (2010-No.1)	37.8	43.2
CS31 (2011-No.1)	30.9	41.3

※単位は N/mm²

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，HPFRCC（High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite）を用いた。

実験変数は，表-1 に示すように既設梁部のコンクリート圧縮強度である。なお，表には HPFRCC の圧縮強度も示した。なお，CS43 および CS38 は，それぞれ一昨年および昨年実施した実験の結果^{1) 2)}である。

2.2 荷重装置と計測

荷重装置には 1000kN ローゼンハウゼン試験機を使用した。供試体は，架台上に据え付けたローラー支承により単純支持し，2 点対象荷重として荷重を加えた。

荷重値はロードセルにより計測した。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り付け，変位を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 実験結果

実験結果を表-2 に示す。供試体は，写真-1 すべて既設梁部の主鉄筋にそった付着割裂ひび割れによる破壊であった。破壊荷重（終局荷重）は，コンクリート圧縮強度が小さいほど，小さくなる傾向がある。

各供試体の荷重－変位関係を図-2 に示す。図に見られるように，すべての供試体は最大荷重に達すると同時に荷重が急激に減少する脆性的な挙動を示している。

3.2 Concrete Tooth Model による付着割裂耐力の検討

増厚補強された RC 梁は，増厚部の補強筋量が多い場合には，増厚端部から発生したひび割れが，主鉄筋の降伏に由来する曲げせん断ひび割れと合流しながら主鉄筋に沿って進展する。そして，主鉄筋とコンクリートの付着が弱まり一体性を失い，付着割裂破壊へと至る。

そこで，Concrete Tooth Model³⁾を用いて静的付着割裂破壊に対する検討を行う。Concrete Tooth Model とは，既設コンクリートの主筋下側（かぶり部）にひび割れが発生した際，図-3 に示すように隣接した 2 つのひび割れ間の一つの区間について着目したもので，付着割裂ひび割れ長さは式(1)と表せる。

$$L_p = \frac{6h_0 \cdot n \cdot A_s \cdot (d_s - x_{g1}) \cdot M_{ru}}{f_t \cdot b \cdot S_{cr} \cdot I_s} \quad (1)$$

表-2 実験結果

供試体 No	最大荷重 (kN)	破壊モード
CS43 (2009-No.3)	117.5	付着割裂破壊
CS38 (2010-No.1)	113.2	〃
CS31 (2011-No.1)	99.47	〃

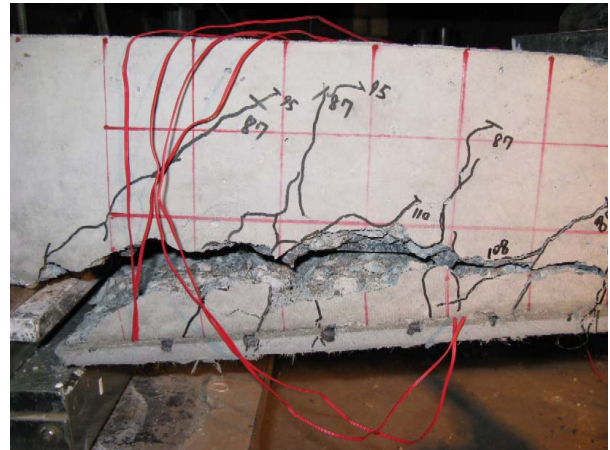


写真-1 破壊の様子

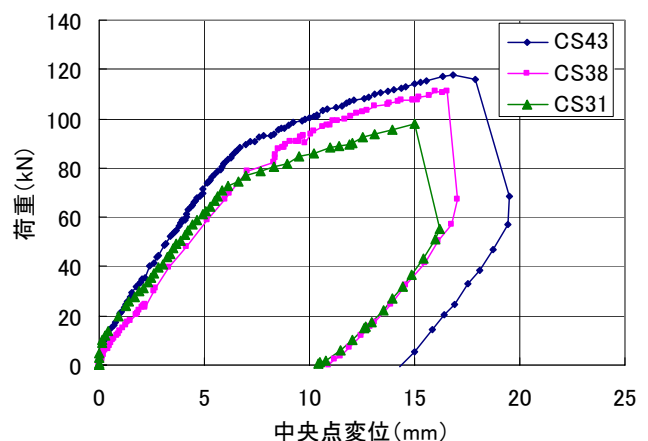


図-2 荷重－変位関係

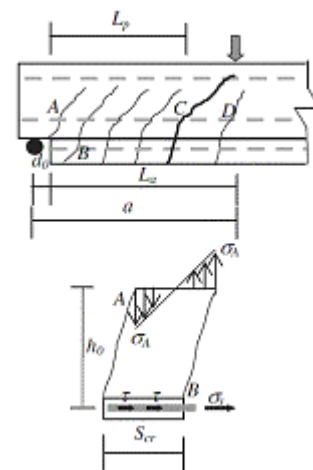


図-3 Concrete Tooth Model

表-3 Concrete Tooth Model による計算結果

供試体 No	計算値	計算値 実験値
CS43 (2009-No.3)	115.08	0.98
CS38 (2010-No.1)	111.87	0.99
CS31 (2011-No.1)	99.80	1.00

ここに、

h_0 : 既設部・増厚部をあわせた断面高さ

nA_s : 増厚部補強筋の断面積

d_s : 既設部上縁から増厚補強筋までの距離

x_{gl} : 補強筋の応力を加味した中立軸

M_{ru} : 補強筋の応力を加味しない曲げモーメント

f_t : コンクリート引張強度

b : 断面幅

S_{cr} : 平均ひび割れ間隔

I_s : 補強筋の応力を加味した断面二次モーメント

そして、主鉄筋の降伏に基づく最大荷重 P_{dy} は式(2)で算出できる。

$$P_{dy} = \frac{2M_{sp}}{d_0 + L_p} \quad (2)$$

ここに、

M_{sp} : 補強筋の応力を加味した曲げモーメント

d_0 : 支点から増厚端部までの距離

計算結果を表-3 に示す。表には実験値との比もあわせて示した。この結果、実験値に対する計算値の比は0.98～1.00 となり、ほぼ一致する結果となった。

4. まとめ

- 1) 下面増厚補強された RC 梁の付着割裂破壊における終局荷重は、コンクリート圧縮強度が小さい程小さくなる。

- 2) Concrete Tooth Model による付着割裂破壊の終局荷重の予測は実験値に対して良好な精度である。

謝辞

本研究の実験を行うにあたり、北海道大学工学部の木村勉技術職員にご指導いただきました。また、日鉄コンポジット(株)の谷口硯士氏に多大なご助力を得ました。ここに謝意を表します。

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(A) (課題番号: 22246058) および基盤研究(C) (同: 22560458) の1部により実施したものである。

参考文献

- 1) 菊地裕介 ほか: 下面増厚補強された RC 梁の疲労破壊特性、修士論文、pp.6-26、2010
- 2) 島中悠企 ほか: 既設梁部に生じたひび割れが下面増厚補強に与える影響、卒業論文、pp.5-27,2010
- 3) D. Zhang et al.: Concrete cover separation failure of overlay-strengthened reinforced concrete beams, Construction and Building Materials、pp.5-8,2011