

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月20日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560458

研究課題名（和文） 床版下面増厚補強設計法および維持管理手法の提案

研究課題名（英文） The proposal of design method and maintenance management of overlay strengthened method for bridge deck

研究代表者

古内 仁 (FURUUCHI HITOSHI)

北海道大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：60165462

研究成果の概要（和文）：

下面増厚補強工法において用いられる増厚モルタルについて、材料強度と接着面の表面粗さから推定される付着強度に対して水分の影響を関係づけた。下面増厚補強の弱点となる増厚部の端部破壊を防止するため、アンカー筋を配置することを提案し、その耐荷モデルを示した。実物大の橋梁床版に対して輪荷重走行試験を実施し、下面増厚補強効果を検証した上で、押抜きせん断破壊に対する疲労寿命予測式を示した。

研究成果の概要（英文）：

About the mortar used in an overlay strengthened method, the influence of the water was related to the bond strength estimated by the material strength and interface roughness. In this study, it was suggested that an anchor rod was adopted to prevent the concrete cover separation, and the resisting mechanism was shown. A traveling wheel load test was carried out for a real scale bridge deck to inspect an effect of the overlay strengthened method, and then the prediction equation of a fatigue life for punching shear failure was shown.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：維持・管理

1. 研究開始当初の背景

21世紀の日本においては、高度経済成長期に整備された膨大な社会資本ストックの長寿命化が社会的要請となっている。

本研究課題は、交通インフラ施設の1つであ

るコンクリート系高架構造物（河川橋梁、道路高架および鉄道高架など）が対象である。下面増厚補強工法の本格的な施工は、高速道路高架橋や新幹線高架において2000年頃に始まるが、その後、施工事例が

急速に増加してきている。一方で、下面増厚工法に対する補強効果の評価法や設計法に対しては、1995年頃から基礎的な研究が始まったが、他の床版補強工法に対する研究に比べると十分な成果の蓄積がない状況にある。

2. 研究の目的

下面増厚補強工法では、増厚モルタル自身の高い接着性を利用して被補強構造部材（既設構造物の床版等）と一体化させることを前提としている。本研究では、基盤コンクリートの表層残存強度、表面粗さ性状、増厚モルタルの付着特性、引張補強筋の種類（補強筋量含む）および構造物の荷重作用から増厚モルタルの剥離破壊に対する推定モデルを構築し、この工法の設計法を確立しようとするものである。さらには、上記モデルをベースとした維持管理手法の提案を行う。

3. 研究の方法

下面増厚工法に対する実務レベルでの補強設計システムを確立するために、性能照査型設計手法をベースとして、次の掲げる課題を解決すべく研究計画を立案した。

- (1) 増厚モルタルの特性を取り入れた場合の付着強度式の再構築
- (2) 増厚モルタルを用いた下面増厚補強床版の疲労载荷による増厚部剥離破壊の再現実験
- (3) 補強筋の種類および補強筋量を変数とした下面増厚補強床版の疲労载荷実験
- (4) 増厚モルタル剥離破壊メカニズムの解明および界面付着応力度の推定式の構築
- (5) 性能設計手法における目標性能、照査用応答値と限界値の算定方法および照査法の提示
- (6) 下面増厚補強設計法および維持管理手法の提案

4. 研究成果

- (1) 下面増厚補強はり供試体について、曲げ破壊、増厚モルタル剥離破壊もしくは付着割裂破壊を再現するための疲労载荷試験を行った。実験結果から、以下の知見を得た。
 - ① 増厚部補強筋量が少ない場合は、既設部主鉄筋が疲労破断する。
 - ② 増厚部補強筋量が多い場合は、既設部主鉄筋に沿った付着割裂破壊が生じる。
 - ③ 応力振幅の小さい試験では、既設部スターラップが疲労破断する。
 - ④ 主鉄筋およびスターラップの疲労破断に対しては、コンクリート標準示方書の疲労強度式の適用を行った。
 - ⑤ 付着割裂破壊に対しては、tooth modelを拡張し、耐力の算定方法を見いだした。また、繰り返し荷重の影響については、Goodman型の疲労強度式を適用して、S-N関係を構築した。
 - ⑥ 本研究のパラメータの範囲内で、増厚部の

補強鉄筋量と応力振幅の大きさを因子としたときの破壊モードの推定と疲労寿命の予測方法を示した（図1参照）。

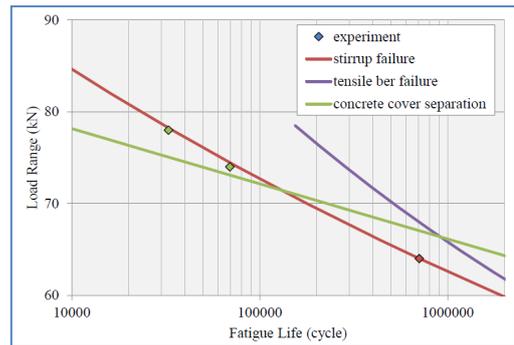


図1 荷重振幅と疲労寿命の関係

- (2) 基盤コンクリートと韌性モルタル(HPFRC-CC)のせん断付着強度について、水の影響を調査するための実験を実施した。実験は、要素試験体による静的载荷試験と疲労载荷試験によって行われた。試験結果（図2参照）から以下の知見が得られた。

- ① 乾燥状態におけるHPFRCCのせん断付着強度は、既往の実験で行われたポリマーセメントモルタルに比べて、静的および疲労ともに若干低下することがわかった。
- ② 浸水させたHPFRCC供試体においてせん断付着強度を調べたところ、乾燥状態と比較して強度低下が見られなかった。

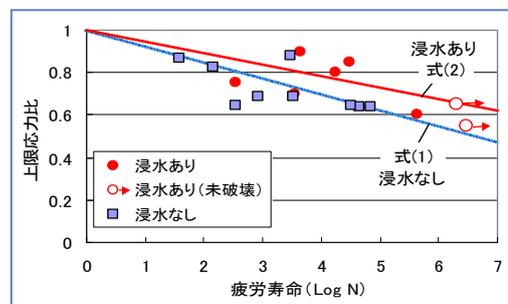


図2 上限応力と疲労寿命の関係

- (3) 下面増厚補強されたRC床版に移動輪荷重試験を行い、押抜きせん断耐力と疲労寿命の定量的な評価を試みた。供試体は、実寸大のRC床版にFRP格子筋を取付け、HPRCCを吹き付けて作製した。実験変数は、FRP格子筋の格子間隔で100mmと50mmの2種類を用いた。試験結果から以下の知見が得られた。
 - ① 補強効果を考慮した押抜きせん断耐荷モデルを作成し、疲労寿命の推定方法を提案した。
 - ② 輪荷重157kN一定载荷としたモデルケースで疲労寿命を比較したところ、補強した場合の疲労寿命は無補強の場合に比べて8～

- 16倍大きくなるという試算結果が得られた。
- (4) 増厚部端部の割裂破壊を防止することを目的にアンカー筋の補強効果を実験により調査した。実験では、割裂破壊が生じるように設計された増厚補強はりに、底面からアンカー筋を差し込み、エポキシ系樹脂を充填して施工した。実験変数は、アンカー筋の長さ、本数、設置位置とした。
- 試験結果から以下の知見が得られた。

- ①アンカー筋を施した供試体は、すべて割裂破壊が生じなかった。
- ②アンカー筋引張力の比較から、増厚端部に近い位置に取り付けた方が効果的であることがわかった。
- ③既存のトウースモデル(図3参照)を拡張して、割裂破壊耐力を推定できることを示した。

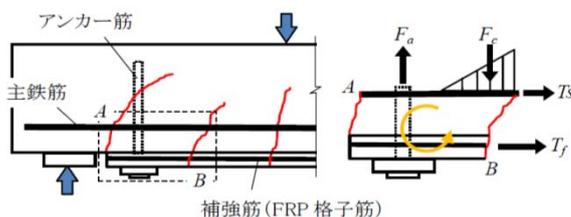


図3 トウースモデルの概念図

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

- ①島中悠企, 上田多門, 古内仁, 張大偉: 移動輪荷重下において下面増厚補強を施したRC床版の押抜きせん断耐力と疲労寿命, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol.35, CD-ROM版, 2013
- ②島中悠企, 上田多門, 古内仁, 張大偉: 基板コンクリートとHPFRCCの界面におけるせん断付着強度に水が及ぼす影響, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 査読有, 第12巻, CD-ROM版, 2012
- ③ Zhang D., Ueda, T. and Furuuchi, H.: A Design Proposal for Concrete Cover Separation in Beams Strengthened by Various Externally Bonded Tension Reinforcements, Journal of Advanced Concrete Technology, JCI, 査読有, Vol. 10, No. 9, pp. 285-300, 2012.
- ④ Zhang D., Ueda, T. and Furuuchi, H.: Fracture Mechanisms of Polymer Cement Mortar (PCM) - Concrete Interfaces, Journal of Engineering Mechanism, 査読有, ASCE, 2012
- ⑤ Zhang D., Ueda, T. and Furuuchi, H.: Concrete Cover Separation Failure of Overlay-Strengthened Reinforced Concrete Beams, Construction and Building Materials, Vol.26, Issue 1, pp. 735-745, January, 2012.

- ⑥ 柏原優澄, 島中悠企, 張大偉, 古内仁, 上田多門, 田村哲也, 森井直治, 齊藤恒雄: 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, 土木学会北海道支部論文報告集, 68: E-19, CD-ROM版, 2012
- ⑦ D.W. Zhang, T. Ueda and H. Furuuchi: Average Crack Spacing of Overlay Strengthened RC beam, Journal of materials in civil engineering, 査読有, ASCE, Vol.23, No.10, pp.1460-1472, 2011.10
- ⑧ Zhang D., Ueda, T. and Furuuchi, H., Intermediate Crack Debonding of Polymer Cement Mortar Overlay-strengthened RC Beam. Journal of Materials in Civil Engineering, 査読有, ASCE, 23(6), pp. 857-865. 2011
- ⑨ 島中悠企, 菊地裕介, 張大偉, 古内仁, 上田多門, 田村哲也, 森井直治, 齊藤恒雄: 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, 土木学会北海道支部論文報告集, 67:E-14, CD-ROM版, 2011

[学会発表] (計5件)

- ①土田僚, 張大偉, 古内仁, 上田多門, 田村哲也, 林承燦: 下面増厚工法における定着アンカーの抵抗メカニズム, 土木学会第68回年次学術講演会, V部門, 2013, 浦安市, 日本大学
- ② Y. Shimanaka, T. Ueda, H. Furuuchi, D. Zhang, T. Tamura and S-C. Lim: Punching-Shear Behavior of Overlay Strengthened RC Slab under Traveling Wheel-Type Fatigue Loading, 1st International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials, 2012, Indonesia, Gadjah Mada Uninersty
- ③ Zhang D., Ueda, T. and Furuuchi, H.: Parameter Studies on Concrete Cover Separation in Beams Strengthened by FRP Laminates, 6th International Conference on FRP Composites In Civil Engineering (CICE2012), 13-15, 2012, Italy, University of Roma
- ④ Zhang D., Ueda, T. and Furuuchi, H.: A New Analytical Model for Concrete Cover Separation of R/C Beams Strengthened with FRP Laminates, the Third Asia-Pacific Conference on FRP in Structures, P04, 2012, Sapporo, Hokkaido University
- ⑤ 島中悠企, 上田多門, 古内仁, 張大偉, 田村哲也, 森井直治, 齊藤恒雄: ひび割れの発生した既設梁部において下面増厚補強を施した際の破壊形態, 土木学会第66回年次学術講演会, V, 2011, 松山市, 愛媛大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古内 仁 (FURUUCHI HITOSHI)

北海道大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：60165462

(2) 研究分担者

なし