



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

Title	Crack-damage mitigation of RC structures layered with strain-hardening cement-based composites (SHCCs)(内容の要旨 (Summary))
Author(s)	YUN, Hyun-Do
Report No.(Doctoral Degree)	博士(工学) 乙第067号
Issue Date	2011-03-25
Type	博士論文
Version	none
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/36574

この資料の著作権は、各資料の著者・学協会・出版社等に帰属します。

氏名 (本籍)	YUN Hyun-Do (大韓民国)		
学位の種類	博士(工学)		
学位授与番号	乙第 67 号		
学位授与日付	平成 23 年 3 月 25 日		
専攻	生産開発システム工学専攻		
学位論文題目	Crack-damage mitigation of RC structures layered with strain-hardening cement-based composites (SHCCs) (ひずみ硬化型セメント複合材料の積層補修による鉄筋コンクリート構造のひび割れ損傷の低減)		
学位論文審査委員	(主査) 教授 内田 裕市	教授 森本 博昭	
	(副査) 教授 六郷 恵哲		
	准教授 小林 孝一		

論文内容の要旨

Recently, interest on the repairing and retrofitting of infrastructure has been growing due to social needs to elongate its service life. There may be some economical reasons or preservation needs to strengthen a structure instead of demolishing it. Unfortunately, available literatures on repair methods to improve the service life of infrastructure are little while strengthening methods to enhance structural performance of infrastructure have been widely studied. This study focuses on the layered and patched repairing methods with strain-hardening cement-based composites (SHCCs) which exhibit multiple cracking and strain-hardening behavior under direct tension to improve the crack-damage mitigation of RC infrastructures.

The objectives of this research are four-fold. The first objective is to provide comprehensive laboratory data on the resistance of SHCC to freezing and thawing and evaluate the effects of freeze-thaw cycles on the mechanical properties of SHCC material. The second objective is to investigate the cracking-damage mitigation and flexural behavior of SHCC-layered concrete beams before and after freezing and thawing exposure. The third objective is to evaluate the cracking-damage mitigation of shear- and flexure-dominant RC beams layered with SHCC materials under cyclic loading. The fourth objective is to propose the new concept SHCC, i.e. an expansive SHCC, and evaluate the crack-damage mitigation and structural performance of one-way RC slab with an expansive SHCC layer.

SHCC materials used in this study provide superior resistance to deterioration in a rapid freezing and thawing environment within 300 cycles. The freezing and thawing exposure within 300 cycles has little effect on the mechanical properties, such as compressive, flexural and direct tensile behaviors, of SHCC materials.

The application of a SHCC layer on the tensile side of a plain concrete beam increased both load carrying capacity and ductility of the beams compared to those of plain concrete beam. In shear- and flexure-dominant RC beams, layered and patched repair methods mitigated the crack-damage of these RC beams. Crack-damage mitigation of RC beams depends on repair method and SHCC's tensile performance. The addition of a layer of SHCC material at the bottom of one-way RC slabs increases flexural strength and flexural stiffness before and after initial crack. The improvement of the flexural performance increases according to the layer thickness and SHCC's tensile performance. Specifically, RC slabs with a layer of expansive SHCC show higher initial crack strength and flexural stiffness after initial cracking compared to the normal SHCC-layered slabs. This phenomenon is remarkable for high-strength SHCC material.

The SHCC materials exhibited satisfactory performance as repair materials to mitigate the crack-damage of RC members.

論文審査結果の要旨

この論文は、複数微細ひび割れ挙動を示すひずみ硬化型セメント複合材料 (SHCC) を積層することにより、鉄筋コンクリート (RC) 構造物のひび割れ損傷を低減することを目的としている。SHCC は耐凍害性に優れており、SHCC を積層したコンクリート部材の耐凍害性も優れていることを明らかにしている。曲げならびにせん断作用を繰り返し受ける場合に、SHCC を積層することにより RC 部材のひび割れ損傷が大幅に低減することを明らかにしている。適量の膨張材を添加した SHCC を RC 部材の引張縁側に配置することにより、部材の剛性と降伏荷重が大きくなり、ひび割れが分散し、ひび割れ幅が小さくなるという優れた性能を示すことを明らかにしている。以上のことから、RC 構造物のひび割れ損傷を低減するための補修材料として、SHCC が高い性能を有することを明らかにしている。

この論文は、次に詳しく示すように重要な研究結果を含んでおり、新規性、有用性の点で優れている。したがって、審査の結果、この論文を学位論文に値するものと判定した。

(1) 凍結融解作用が SHCC に及ぼす影響に関する研究

SHCC に対して 300 サイクルの急速凍結融解試験を行い、通常のコンクリートに比べて SHCC が耐凍害性能に優れていることを実験的に明らかにしている。凍結融解作用を受けたのちの SHCC について、圧縮強度、曲げ強度ならびに引張強度は低下しないが、複数ひび割れ特性は低下することを明らかにしている。

(2) SHCC 積層コンクリート部材の引張性能に及ぼす凍結融解作用の影響に関する研究

曲げを受けるコンクリート部材の引張側に SHCC を積層することにより、積層しない場合に比べ、曲げ耐荷力ならびに変形性能が大幅に向上することを明らかにしている。引張側に SHCC を積層したコンクリート部材の曲げ変形性能は、凍結融解作用を受けると、低下することを明らかにしている。

(3) 曲げならびにせん断繰返し作用下の SHCC 積層 RC 部材のひび割れ性状に関する研究

RC はり部材表面に SHCC を積層すると、曲げモーメントならびにせん断力を繰り返し受ける場合のひび割れ損傷が、大幅に低減することを実験的に明らかにしている。さらに、このひび割れ損傷の低減効果は、SHCC の材料特性としての引張性能と施工方法に依存することを指摘している。

(4) 膨張型 SHCC を積層した RC はり部材のひび割れ性状に関する研究

RC はり部材の引張側に SHCC を積層すると、部材の曲げ耐荷力に加え、曲げ剛性が増加することを明らかにしている。これらの性能の向上は、SHCC の材料としての引張性能と SHCC 層の厚さに依存することを指摘している。

粗骨材を含まず単位セメント量が多い SHCC は、通常のコンクリートに比べ収縮量が大きいため、SHCC 内部に鉄筋を配置すると、SHCC の収縮が鉄筋により拘束され、SHCC のひび割れ発生荷重が小さくなるという問題点がある。適量の膨張材を混入した膨張型の SHCC を RC はり部材に用いると、ひび割れ発生荷重が増加し、より性能の高い部材となることを提案している。

なお、審査の結果をうけて、論文題目が内容をよりよく表すように、学位申請書に記載された論文題目から、「repair (補修)」という語が削除されている。

最終試験結果の要旨

(1) 公表論文

この論文の主要部分は、審査付き論文 5 編と国際会議論文 3 編として既に公表済みである。この論文が学位論文として完成された内容を有することを確認した。なお、韓国語で書かれた学術論文については、それらの英語版が学位論文に含まれていることを、論文提出者が作成した対応表と学位論文中の図表や写真をもとに確認した。

(a) 学位論文に直接関係する英語論文

- 1) H.D. Yun, K. Rokugo, and S.W. Kim: Cracking mitigation and flexural behavior of concrete beams layered with strain-hardening cement composites, 8th International Symposium on Utilization of High-Strength and High-Performance Concrete (8HPC), October 2008.
- 2) H.D. Yun, K. Rokugo, S.H. Nam, J. H. Cha, and Y. H. Jang: Mechanical properties of strain-hardening cement composite (SHCC) exposed to rapid freeze-thaw environment, 4th International Conference on Construction Materials: performance, innovations and structural implications (ConMat'09), August 2009.
- 3) H.D. Yun, S.W. Kim, Y.O Lee, T. Izuka, Y. Sakaguchi, K. Rokugo, and S.C. Lim: Crack width

control of reinforced concrete one-way slabs utilizing expansive strain-hardening cement-based composites (SHCCs), 7th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures (Framcos-7), May 2010.

- 4) H.D. Yun, K. Rokugo, T. Izuka, and S.C. Lim: Crack-damage mitigation of reinforced concrete one-way slabs with a strain-hardening cement-based composite (SHCC) layer, Magazine of Concrete Research. (in printing)
- 5) H.D. Yun, S.W. Kim, Y.O. Lee, and K. Rokugo: Tensile behavior of synthetic fiber-reinforced strain-hardening cement-based composite (SHCC) after freezing and thawing exposure, Cold Regions Science and Technology. (in printing)

(b) 学位論文に直接関係する韓国語論文

- 6) G.S. Jang, S.W. Song, Y.S. Kim, S.W. Kim, Y.C. Kim, and H.D. Yun: Structural performance of shear dominant reinforced concrete beams strengthened in beam-column joint with SHCC, Proceeding of Architectural Institute of Korea (AIK), Vol.28, No.1, pp. 175-178, October 2008. (in Korean)
- 7) S.W. Song, G.S. Jang, Y.S. Kim, S.W. Kim, Y.C. Kim, and H.D. Yun: Structural performance of flexural dominant reinforced concrete beams strengthened in beam-column joint with SHCC, Proceeding of Architectural Institute of Korea (AIK), Vol.28, No.1, pp. 195-198, October 2008. (in Korean)
- 8) Y.S. Kim, Y.H. Jang, G.S. Jang, S.W. Kim, E. Jeon, and H.D. Yun: Mechanical properties of concrete beams with SHCCs exposed to freezing and thawing, Proceeding of Architectural Institute of Korea (AIK), Vol.28, No.1, pp. 211-214, October 2008. (in Korean)

(c) その他の主な英語論文

- 9) S.K. Hwang and H.D. Yun: Effects of transverse reinforcement on flexural behaviour of high-strength concrete columns, Engineering Structures, Vol.26, No.1, pp. 1-12, January 2004.
- 10) S.K. Hwang, H.D. Yun, B.C. Han, and W.S. Park: Seismic performance of high-strength concrete columns, Magazine of Concrete Research, Vol.57, No.5, pp. 247-260, June 2005.
- 11) W.S. Park and H.D. Yun: The bearing strength of steel coupling beam connections embedded reinforced concrete shear walls, Engineering Structures, Vol.28, No.9, pp.1319-1334, July 2006.
- 12) W.S. Park and H.D. Yun: Seismic performance of steel coupling beam-wall connections in panel shear failure, Journal of Constructional Steel Research, Vol.62, No.10, pp.1016-1025, October 2006.
- 13) H.D. Yun, I.S. Yang, S.W. Kim, E. Jeon, C.S. Choi and H. Fukuyama: Mechanical properties of high-performance hybrid-fibre-reinforced cementitious composites (HPFRCC), Magazine of Concrete Research, Vol.59, No.4, pp. 257-271, May 2007.
- 14) H.D. Yun, H. Fukuyama, I.S. Yang, and S.W. Kim: The influence of cement composite damage tolerance on the tension stiffening and cracking of reinforced cement composite tension ties, Proceeding of the JCI, Vol.29, No.3, pp. 1393-1398, July 2007.
- 15) H.D. Yun, S.-W. Kim, E. Jeon, W.-S. Park and Y.-T. Lee: Effects of fibre-reinforced cement composites' ductility on the seismic performance of short coupling beams, Magazine of Concrete Research, Vol.60, No. 3, pp.223-233, October 2008.

(2) 学力試問

コンクリート構造物の耐震性能と耐久性能について試問を行い、申請者が学位を授与するに十分な専門的知識を有することを確認した。

(3) 公聴会

公聴会を開催して審査を行った。学位審査委員会で審議の結果、最終試験に合格と判定した。