

氏名 (本籍)	高木 雄介 (岐阜)
学位の種類	博士 (工学)
学位授与番号	甲第 号
学位授与日付	平成 年 月 日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	多面的アプローチによる RC 構造物の ASR 劣化への包括的対策 (Comprehensive measures for ASR degradation of RC structures by a multiphasic approach)
学位論文審査委員	(主査) 教授 内田 裕市 (副査) 教授 小林 孝一 教授 國枝 稔

論文内容の要旨

コンクリート構造物のアルカリシリカ反応 (ASR) による劣化に対しては、構造物の重要性を考慮したうえで、構造物の設計・施工段階から維持管理段階までの構造物の生涯にわたり、総合的に検討する必要がある。本論文は、ASR により劣化したコンクリートに対して、ASR の発生前の段階から膨張が進展した後の段階までの対策についてまとめている。

第3章「ASR の発生を抑制する技術」では、設計・施工段階で ASR の発生を抑制するための対策の提案を目指した。コンクリートに混和材としてフライアッシュ (FA) を用いることで ASR を抑制することを目的とし、2種類の反応性骨材を用いたコンクリートに対して JIS に適合する FA だけでなく、FA 原粉も使用し、長期にわたる試験により、それらによる ASR 抑制効果を検証している。本研究で使用した FA 原粉と JIS II 種 FA では、ASR によるコンクリートの膨張を抑制する効果に差は見られず、強度、塩化物イオンの侵入への抵抗性、耐凍害性に関しても同程度の結果を得ており、FA 原粉の有効性を確認している。

第4章「ASR の進行を抑制する技術」では、コンクリートに対する亜硝酸リチウムの内部圧入を行い、どの劣化段階でリチウム圧入を行うことが ASR 抑制に効果的かの検討を行った。リチウム圧入による補修は、一般的に ASR がある程度進行してコンクリートの膨張量が 1500~2000 μ 程度となった時点で施工されることが多いのに対し、リチウム圧入を、i) 膨張ひび割れが発生する前の段階、ii) 膨張量が 400 μ 程度でひび割れが目視で確認できた段階、iii) 膨張量 2000 μ 程度の一般的に圧入補修が適用される段階、で実施し、比較検討を行った。また、圧入による亜硝酸リチウムの浸透範囲も調査している。結果として、早期に圧入を行った場合では圧入する亜硝酸リチウムの量を増加させる、あるいは圧入孔数を増加させることで膨張抑制効果が大きかった。しかし、これらの供試体ではリチウム圧入直後には膨張抑制効果はみられず、効果が発現するのに時間を要し、最終的な膨張量は減少したものの、圧入完了までの時間も長くなるため、早期に施工を実施する利点は認められなかった。一方、膨張量が 2000 μ 程度の時に圧入を行った供試体ではそれぞれ圧入直後から膨張が完全に抑制されていた。これらから、施工時点での反応の進行度、あるいはシリカゲルの状態によって抑制効果が異なる可能性が存在することを示唆している。

第5章「ASR を受けた構造物を補修する技術」の前半では、ASR による劣化、および、それに起因する鉄筋の破断が、鉄筋コンクリート部材の耐荷性能に与える影響を明らかにすることを目的として、ASR により膨張が生じているのみならず、引張鉄筋およびせん断補強筋の破断も模擬した供試体を作製し、劣化が生じた状態で曲げ載荷試験を行った。さらに、あと施工型鉄筋によるせん断補修を行い、部材の耐力を、おおむね回復させることに成功している。また、本章の後半では ASR により劣化した RC 部材に対して、亜硝酸リチウム圧入による補修を実施した後に再度劣化の促進を図り、その後載荷試験を行うことで、リチウム圧入後における部材の耐荷性能を評価した。その結果、リチウム圧入を実施することで圧縮強度および静弾性係数のさらなる低下を軽減でき、部材剛性の低下が緩和されることを明らかにしている。

第6章「ASR を再現するモデル試験」では、膨張材の一種である静的破砕材をひずみ硬化型セメント系複合材料に添加することで、膨張性を有す模擬骨材を作製し、短期間で ASR によるひび割れの再

現を図ることを試みている。本研究の範囲では、膨張性模擬骨材を用いることにより、ASRによるコンクリート表面のひび割れ分布を再現することに成功している。

第7章「結論」では、各章で得られた結論をまとめ、ASR劣化への包括的対策の維持管理シナリオを提案している。

論文審査結果の要旨

この論文では、コンクリートのASRによる劣化について、設計・施工段階、劣化が顕在化した段階、さらに劣化により性能が低下した段階のそれぞれにおける対策について、包括的に検討を行っている。ASRの発生を抑制する技術として、フライアッシュを混和材として用いることを試み、原粉もJIS適合品と同様のASR抑制効果を有していることを明らかにしている。また亜硝酸リチウムをASRが顕在化したコンクリート構造物に圧入することによって、その後の劣化の進展が抑制されることを明らかにし、さらに、効果的な圧入のタイミングを、劣化抑制の観点、さらには施工の観点から検討し、ある程度劣化が進行してから施工を実施する方がより効果的であることを明らかにしている。また、リチウム圧入がコンクリート部材の耐荷性の低下を抑制することも確認している。ASRにより性能が低下した構造物の補修技術の確立を目指し、あと施工型鉄筋によるせん断補修の有効性を確認している。このように、この論文は新規性、有用性の点で優れている。したがって、学位審査委員会は審査の結果、この論文を学位論文に値するものと判定した。

最終試験結果の要旨

学位審査委員会は、提出された論文の主要部分が、下記に示す5編の審査付き論文として既に発表済みであることを確認するとともに、平成30年1月30日に開催された学位論文公聴会における質疑応答と口頭試問などに基づいて審査を行い、最終試験に合格と判定した。

発表論文（論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ）

1. ASRがRC部材のせん断耐力に与える影響およびその補修に関するモデル実験, 高木雄介, 福嶋孝啓, 大畑卓也, 小林孝一, 六郷恵哲, 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, 第13巻, pp. 413-420, 2013年11月
- 1'. Model tests to determine the effect of ASR on the shear strength of RC members and the effectiveness of post-rupture repair, Yusuke TAKAGI, Takahiro FUKUSHIMA, Takuya OHATA, Koichi KOBAYASHI and Keitetsu ROKUGO, Proceedings of the 6th International Conference of Asian Concrete Federation, pp. 499-502, September 2014.
2. 亜硝酸リチウム圧入によって補修したASR劣化部材の耐荷性能に関する実験的研究, 高木雄介, 福嶋孝啓, 大畑卓也, 小林孝一, 六郷恵哲, 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, 第14巻, pp. 61-66, 2014年10月
- 2'. Experimental research into the mechanical properties of ASR-degraded RC members repaired by lithium nitrite pressurized injection, Yusuke TAKAGI, Koichi KOBAYASHI, and Keitetsu ROKUGO, Advances in Construction materials –Proceedings of the 5th International Conference on Construction Materials, pp. 1130-1138, August 2015.
3. ASR劣化したRC部材に対するリチウム圧入工法の影響, 高木雄介, 恩田尚明, 六郷恵哲, 小林孝一, 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, 第15巻, pp. 529-534, 2015年10月
4. 亜硝酸リチウムの圧入時期がASR抑制に与える影響, 高木雄介, 大谷智也, 六郷恵哲, 小林孝一, 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, 第16巻, pp. 39-42, 2016年10月
5. ASR抑制を目的としてフライアッシュ原粉を用いたコンクリートの物性, 大谷智也, 恩田尚明, 高木雄介, 小林孝一, 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, 第17巻, pp. 469-474, 2017年10月