京都大学	博士（工学）	氏名	松　本　　茂
論文題目	アルカリシリカ反応を生じた道路橋コンクリート橋脚の維持管理手法に関する研究		

（論文内容の要旨）

本論文は、アルカリシリカ反応を生じた道路橋橋脚の合理的な維持管理のあり方を課題として掲げ、その解決を試みたものである。特に、1984 年の抑制対策導入前に建設された著しい膨張を生じる可能性のある橋脚を含む構造物群を対象とし、鉄筋破断が生じることを前提とした維持管理はどうあるべきか、従来の維持管理の中心であった表面保護工法をどう評価するべきかとの課題を中心に、構造物の管理者の立場からの解決を論じたものであって、７章から構成されている。

第 1 章 序論 では、コンクリート構造物の歴史、日本の社会基盤を形成する構造物が抱える課題、アルカリシリカ反応の歴史等を概観するとともに、本研究の重要性を次の視点から論じている。(1) 構造物の高齢化と投資力の低下が進む中で、社会資本のより一層の合理的な維持管理が求められている。(2) 十分な対策が実施されないまま高度経済成長期に多数のコンクリート構造物が建設された。(3) アルカリシリカ反応は場合によっては鉄筋破断をもたらす、すなわち、従来の維持管理の前提条件が覆る場合があり、維持管理シナリオの再構築が求められている。

第 2 章 アルカリシリカ反応に関する既往の研究と対策 では、まず、これまでの研究を「発生メカニズム」や「発生した場合に構造物はどのような損傷や性能低下を生じるか」との観点から概観している。アルカリシリカ反応は骨材の種類やセメントの種類、アルカリ量等のコンクリートの配合条件、気温、湿度、水分供給などの環境条件が複雑に絡み合うため、その発生や劣化を予測することが困難であることを確認し、また、種々の供試体実験から、通常の劣化の範囲内であれば鉄筋破断が生じた場合であってもケミカルプレストレスの効果などにより、安全性の低下は顕著ではないとされていることを確認している。次に、「対策」と言う観点から、建設段階、維持管理段階に分けて、これまでの研究や対策を要約し、第 2 章のまとめとして維持管理おける課題を(1) 複雑かつ多様な劣化、(2) 構造物内部における劣化進行、(3) 膨張を止めることの困難性、(4) コンクリートと鉄筋の性能低下、(5) 困難な性能予測の 5 項目にまとめて論じている。

第 3 章 アルカリシリカ反応による道路橋橋脚の劣化と対策の効果 では、鉄筋破断を前提とした合理的な維持管理の方法について検討している。外観劣化に着目したグレーディングによって対象構造物を分類するとともに、分類ごとの鉄筋調査結果から鉄筋破断と外観劣化との関連について知見を深め、外観劣化と対策の関連づけを目指したもので、確認された鉄筋破断の有無等から、概ね妥当と評価している。また、阪神高速道路における ASR 橋脚のマクロ分析を行い、次のような分析、考察を行っている。(1) ASR 橋脚の発生率は、1990 年代までに竣工したコンクリート橋脚のうち約

京都大学	博士（工学）	氏名	松　本　　茂

2.4%である。(2) ASR 橋脚の発生率は工事ごとに偏りがあり、工事の単位に着目した分析が有効である。(3) 急激な膨張を生じる橋脚が存在する可能性がある。

さらに、主たる点検項目の評価を行い、ひび割れ性状、表面ひずみは構造物の膨張挙動や鉄筋破断などを判断する上での重要な指標であり、超音波伝播速度は内部の局部的なひび割れの判断に必要な点検項目であると評価している。また、配筋も含めた統合的分析の必要性について論じ、さらに、表面保護工法の膨張抑制効果に関しては、構造物内部の水分や温度の把握等も含めた慎重な検討が必要と結論づけている。

第 4 章 表面保護工法によるアルカリシリカ反応の膨張抑制効果 では、表面保護工法について、供試体では優れた膨張抑制効果が得られるのに対し、これを実際の構造物に適用しても十分な膨張抑制効果が現れないと言う差異について論じている。本論文で実施した実験の範囲内では表面から 200～250mm の範囲でシラン系表面含浸材の水分低減効果や膨張抑制効果が認められることを明らかにするとともに、その効果は「屋根効果」とでも言うべきもので、屋根を設けて雨が掛からないようにした場合と同等の効果であることを確認している。道路橋橋脚などの中心部の水分を低減できないことが示唆され、実際の構造物における再劣化と符合するとしている。その一方で、建設直後に施工すれば屋根効果によりアルカリシリカ反応の劣化を抑制できる可能性があることを示すとともに、劣化が顕在化した場合でも、早期に施工することによって大きな膨張抑制効果が得られることを明らかにしている。

第 5 章 示差熱分析を用いたシラン系表面含浸材の含浸性状に関する評価 では、シラン系表面含浸材の定量分析を試み、示差熱分析による DTA 曲線を求め、特定の温度で生じる発熱のピーク面積を計測することにより、含浸の有無だけでなく含浸量を評価できること示している。

第 6 章 アルカリシリカ反応を生じた道路橋橋脚における維持管理のシナリオデザインでは、前章までの検討を踏まえ、アルカリシリカ反応を生じた道路橋橋脚の合理的な維持管理を実現するための視点を(1) 鉄筋破断をさせない維持管理、(2) 急激な膨張への対応、(3) 構造物毎の維持管理、(4) 表面保護工法に求めるもの、(5) 建設へのフィードバック、(6) インハウスエンジニアの重要性の 6 項目にまとめて論じている。

第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

氏　名	松　本　　茂

（論文審査の結果の要旨）

本論文は、アルカリシリカ反応を生じた道路橋コンクリート橋脚の合理的な維持管理のあり方を論じたものであり、得られた成果は次の通りである。

１．外観劣化に着目したグレーディングによって構造物分類し、分類ごとの鉄筋調査結果から鉄筋破断と外観劣化との関連についての知見を深めることによって、外観劣化と対策の関連づけを行う維持管理方法について、具体的な判定基準も含めた検討を行い、実運用を行っている。

２．実構造物の長期にわたる点検結果の分析を行い、構造物内部の劣化状況と点検結果との関係について明らかにした。また、各点検手法の特性を検討し、構造物の表面ひずみとひび割れ性状、超音波伝播速度などについて合理的な維持管理を行う上での適用性を明らかにした。特に、表面ひずみについては、従来実施してしていなかった単区間での挙動を評価することにより、内部の鉄筋破断など局部的な損傷をとらえることができることを明らかにした。

３．シラン系表面含浸材の効果が発揮される範囲を、実験を通して明らかにするとともに、実構造物で生じる再劣化をうらづける結果を得た。

４．示差熱分析手法を適用することにより、シラン系表面含浸材に関する含浸量の定量的評価手法を確立するとともに、含浸量と膨張抑止効果との関係を明らかにした。

５．急激な膨張を生じる橋脚の可能性を指摘するなど、対象とする構造物の合理的な維持管理のあり方に関する提言をまとめた。

以上、検討の対象とした道路橋橋脚は重要な社会基盤である一方、アルカリシリカ反応は鉄筋破断など重篤な劣化を引き起こす場合がある劣化現象であり、その合理的な維持管理方法を確立することは社会の要請でもある。本論文は、20年以上の長期にわたる実構造物の詳細な調査とその分析､アルカリシリカ反応の抑制が期待される表面保護工法の効果と適用に関する実験や検討等を通していくつかの知見を明らかにしてしており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成２６年７月２３日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。