

## 審査の結果の要旨

氏名 安 台 浩

土木構造物や建築物に広範に使用されているコンクリートは、建設材料として優れた特性を有しているが、荷重作用以前であっても、乾燥収縮および自己収縮によって、容易にひび割れが生じうるという特徴がある。トンネルの覆工や地下構造物には、コンクリートが広く用いられているが、地下水が存在する環境下では、コンクリートに生じるひび割れからの漏水が大きな問題になる。このため、一般には、コンクリートと周辺地盤との間には、シート防水工が施されるが、構造物を完全にシートで密閉することは困難であり、またシートの破損も生じうるため、シート防水工のための工期と予算を確保しても、コンクリートのひび割れ部からの漏水を完全に防ぐことは極めて難しい。また、一般的なコンクリート構造物を対象とした場合でも、その長寿命化を図るためには、ひび割れに対する補修が必要となることが多く、ひび割れの発生は維持管理費用を著しく増大させるという問題点が指摘されている。最近では、新たな構造設計法や建設材料の開発によって、ひび割れの発生を抑制し、維持管理コストの節減を目指す研究に多くの関心が集まっている。仮に、コンクリートにひび割れが発生したとしても、ひび割れを自ら修復する機能（自己治癒機能）をコンクリートに持たせることができれば、構造物の耐久性と信頼性を高め、維持管理費用の節減のみならず、防水工を省略することも期待される。このような背景のもと、本論文では、現在提案されているひび割れ自己治癒メカニズムの中で、鉱物混和材料におけるセメント化学作用を利用した自己治癒に着目し、この機能をコンクリートに付与させることで、構造物の長期的な信頼性を向上させることを目的とし、そのようなひび割れ自己治癒機能を飛躍的に高めたコンクリートと、そのような機能をコンクリートに付与できる混和材の開発を目指したものである。

本論文では、具体的には、無機表面改質材の反応メカニズムに着想を得て、コンクリートのひび割れ部位に Aft 相水和物を形成してひび割れを治癒するメカニズムについて考察を加え、予めコンクリートに混入した化合物の効果により、ひび割れ中に液体の水が浸入すること

を契機として、その後、ひび割れ部に生成物が析出して、ひび割れが能動的に閉塞する方法を考案した。まず始めに考案した系では、膨張材と地盤材料を併用することで、従来は難しかった材齢 120 日という長期材齢でもひび割れを自己治癒させることに成功した。しかし、この系では、液体の水が浸入してからひび割れが完全に閉塞するまでに、理想的な環境下でも約 28 日を要した。そこで、自己治癒に要する期間の短縮を目標として改良を加え、膨張材に 2 種類の地盤材料を併用する系を考案し、長期材齢経過後であっても、ひび割れ発生後、わずか 3 日程度でひび割れ部を閉塞させることに成功した。しかし、この系では、ひび割れ部を閉塞した析出物の化学的な安定性が十分ではなく、長期材齢において、ひび割れ中の析出物が再溶解してしまうことが確認された。そこで、ひび割れ発生後の自己治癒が速やかであり、なおかつひび割れ中に析出した生成物の化学的安定性が良好な系の開発を目指して、更なる改良を行い、最終的には、それらの両立に成功している。

水セメント比が 25%程度と低いコンクリートの場合、特に混和材料を用いなくても、コンクリート中に残存している未水和セメント粒子の再水和によって、ある程度のひび割れ自己治癒効果が期待できるが、本論文で考案した新たな系では、そのような再水和物による自己治癒効果に加えて、再膨張作用を付加することによって、ひび割れを比較的急速に閉塞することが可能になったと考えられる。また、水セメント比が 45%程度の一般的なコンクリートの場合、長期材齢では、コンクリート中に未水和の状態に残存しているセメント成分は少ないと考えられるが、そのような水セメント比でも、ひび割れ部に結晶質の生成物を析出することによって、能動的な自己治癒をもたらすことが本研究成果の大きな特徴である。なお、本論文で開発した自己治癒組成物を含むコンクリートは、既に、レディーミクストコンクリート工場で製造され、施工性の確認試験という位置付けで、建設中のトンネル構造物の覆工コンクリートに打設されている。このトンネルでは既にシート防水工が施工されていたので、ひび割れの自己治癒効果自体の検証にはならないが、通常のコングリートに遜色のない施工性が確認され、実用化の目処が立っている。

以上、本研究は、実務における工学的な適用性が極めて高く、かつ基礎研究の観点からも種々の支配機構を定量的に明らかにした意義は大きく、有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。