

京都大学	博士（工学）	氏名	田中 博一
論文題目	尿素，石灰岩骨材および高濃度シラン系表面含浸材を用いた高耐久コンクリートに関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は，コンクリート構造物の耐久性を向上させるために，ひび割れ低減およびかぶりコンクリートの物質透過抵抗性の向上に着目し，まず，尿素と石灰岩骨材による乾燥収縮低減のメカニズムの推定と，実構造物におけるひび割れ低減効果の実証的な検討を行い，次いで，高濃度シラン系表面含浸材による吸水防止性，塩化物イオン浸透に対する抵抗性の向上について検討し，さらに，尿素と石灰岩骨材を併用したコンクリートに高濃度シラン系表面含浸材を塗布した高耐久コンクリートについて基礎的な検討を行った結果をまとめたものであって，全7章からなっている。</p> <p>第1章「序論」では，コンクリートに発生するひび割れの現状とかぶりコンクリートの物質透過抵抗性の向上方法について概説し，目的と本論文の構成を示している。</p> <p>第2章「既往の研究」では，コンクリートの収縮およびシラン系表面含浸工法に関する既往の研究を整理し，主な課題と本研究における取り組みを示している。</p> <p>第3章「石灰岩を用いたコンクリートの収縮特性に関する研究」では，骨材の種類がコンクリートの諸性状に与える影響を定量的に把握し，石灰岩骨材によるコンクリートの乾燥収縮低減メカニズムについて検討している。さらに，骨材特性を考慮した複合モデルを用いてコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測手法を検討している。主な結果は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 骨材の種類がコンクリートの乾燥収縮ひずみに与える影響は大きく，石灰岩骨材を用いた場合，乾燥収縮ひずみが約 400×10^{-6} となり，レディーミクストコンクリートの全国平均値と比較して約40%小さくなることが示された。 ② 石灰岩骨材によるコンクリートの乾燥収縮低減メカニズムは，石灰岩骨材の乾燥収縮ひずみが著しく小さいためであり，骨材の乾燥収縮ひずみを評価することでコンクリートの乾燥収縮ひずみを評価できる可能性があることが示された。 ③ 粗骨材の気乾含水率と粗骨材の乾燥収縮ひずみとの関係から得られた回帰式を用いて骨材の気乾含水率から細骨材および粗骨材の乾燥収縮ひずみを簡便に評価する実用的な手法が提案された。 ④ 骨材特性を考慮した複合モデルにより，本研究から得られた骨材の気乾含水率と骨材の乾燥収縮ひずみとの関係を用いて，コンクリートの乾燥収縮ひずみを簡便に推定できる手法が提案された。 <p>第4章「尿素を用いたコンクリートの収縮特性に関する研究」では，尿素がコンクリートの諸性状に与える影響を定量的に把握し，尿素によるコンクリートの乾燥収縮低減メカニズムについて検討している。さらに，尿素コンクリートのひび割れ低減効果を実構造物において実証的に検討している。主な結果は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 尿素コンクリートの中性化の進行は，表面透気指数が小さくなるために普通コンクリートと比較して著しく抑制される可能性が示された。 ② 尿素と石灰岩骨材を併用した場合の乾燥収縮ひずみは，著しく小さくなり，石灰岩骨材による乾燥収縮低減効果と尿素による乾燥収縮低減効果をほぼ重ね合わせた結果が得られることが示された。 			

京都大学	博士 (工学)	氏名	田中 博一
------	---------	----	-------

- ③ 尿素によるコンクリートの乾燥収縮低減メカニズムは、尿素が非揮発性であることによるコンクリート中の水分の逸散抑制効果およびコンクリートの直径 3nm 程度の細孔容積の低減効果が複合的に作用している可能性が示された。
- ④ 尿素によるセメントペーストの乾燥収縮低減係数を用いた複合モデルにより、尿素を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみを簡便に推定できる手法が提案された。
- ⑤ ダム骨材貯蔵設備および RC ラーメン高架橋に尿素コンクリートを適用した結果、尿素コンクリートを用いた場合、実構造物において温度ひび割れおよび乾燥収縮ひび割れが著しく低減されることが実証された。

第5章「高濃度シラン系表面含浸材を用いたコンクリートの耐久性に関する研究」では、高濃度シラン系表面含浸材を用いたコンクリートの吸水防止性、中性化に対する抵抗性、塩化物イオン浸透に対する抵抗性および実構造物におけるシラン系表面含浸材の現場評価試験について検討している。主な結果は以下のとおりである。

- ① 高濃度シラン系表面含浸材を用いた場合の吸水比は、水頭高さ 250mm の場合、含浸材の種類によらず、0.05 以下となり優れた吸水防止効果があることが示された。
- ② 高濃度シラン系表面含浸材の種類が中性化に対する抵抗性に与える影響は小さく、顕著な中性化低減効果は期待できないことが示された。
- ③ 高濃度シラン系表面含浸材を用いた場合、塩化物イオンの見掛けの拡散係数および表面塩化物イオン量が低減され、優れた塩化物イオン浸透に対する抵抗性があることが示された。
- ④ シラン系表面含浸材を用いた場合のコンクリートの塩化物イオン浸透予測手法として、シラン系表面含浸材が含浸している箇所と含浸していない箇所のコンクリートの拡散係数を個別に設定した2層の材料として評価し、シラン系表面含浸材による表面塩化物量低減効果を考慮した手法が提案された。
- ⑤ 表面吸水量あるいは表面水分率を測定することにより、シラン系表面含浸材の吸水防止効果を現場で評価できる可能性が示された。

第6章「尿素、石灰岩骨材および高濃度シラン系表面含浸材を用いた高耐久コンクリートの検討」では、尿素と石灰岩骨材を用いることでコンクリートのひび割れを抑制した上で、高濃度シラン系表面含浸材を塗布したコンクリートに対して、乾燥収縮ひずみ、吸水防止性、中性化に対する抵抗性、塩化物イオン浸透に対する抵抗性を定量的に把握し、尿素、石灰岩骨材および高濃度シラン系表面含浸材を用いた高耐久コンクリートの基礎的な検討をしている。主な結果は以下のとおりである。

- ① 尿素のみを用いた場合と比較して、高濃度シラン系表面含浸材を併用することで吸水量が小さくなり、吸水防止効果が向上することが示された。
- ② 尿素、石灰岩骨材および高濃度シラン系表面含浸材を組み合わせた場合の乾燥収縮ひずみは、約 46%低減することが示された。
- ③ 中性化低減効果が期待できない高濃度シラン系表面含浸材に尿素を組み合わせることで、中性化低減効果が得られることが示された。
- ④ 塩化物イオン浸透低減効果が期待できない尿素に高濃度シラン系表面含浸材を組み合わせることで、塩化物イオン抑制効果が得られることが示された。

第7章「結論」では、各章で得られた結論を総括するとともに、各章で得られた知見からコンクリート構造物の長寿命化対策技術に関する提言を述べている。

氏名	田中博一
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、ひび割れ低減およびかぶりコンクリートの物質透過抵抗性の向上に着目した高耐久コンクリートの提案を目的とし、尿素、石灰岩骨材および高濃度シラン系表面含浸材を用いたコンクリートについて研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 石灰岩骨材による乾燥収縮低減メカニズムは、石灰岩骨材の乾燥収縮ひずみが著しく小さいためであることを示し、骨材特性を考慮した複合モデルにより、本研究から得られた骨材の気乾含水率と骨材の乾燥収縮ひずみとの関係を用いて、コンクリートの乾燥収縮ひずみを簡便に推定できる手法を提案した。
2. 尿素による乾燥収縮低減メカニズムは、尿素が非揮発性であることによるコンクリート中の水分の逸散抑制効果およびコンクリート中の直径 3nm 程度の細孔容積の低減効果が複合的に作用している可能性を示し、尿素によるセメントペーストの乾燥収縮低減係数を用いた複合モデルにより、尿素を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみを簡便に推定できる手法を提案した。
3. 尿素と石灰岩骨材を併用した場合の乾燥収縮ひずみは、石灰岩骨材による乾燥収縮低減効果と尿素による乾燥収縮低減効果をほぼ重ね合わせた結果が得られることを示した。
4. ダム骨材貯蔵設備および RC ラーメン高架橋に尿素コンクリートを適用した結果、尿素コンクリートを用いた場合、実構造物において温度ひび割れおよび乾燥収縮ひび割れが著しく低減されることを実証した。
5. 高濃度シラン系表面含浸材を用いた場合、優れた吸水防止性、塩化物イオン浸透に対する抵抗性が得られるが、中性化に対する抵抗性の向上については期待できないことを示した。
6. 高濃度シラン系表面含浸材を用いた場合、コンクリートの拡散係数を個別に設定した 2 層の材料として評価し、シラン系表面含浸材による表面塩化物量低減効果を考慮する塩化物イオン浸透予測手法を提案した。
7. シラン系表面含浸材の現場評価試験として、表面吸水量と表面水分率の評価手法を提案した。
8. 尿素と石灰岩骨材を用いたコンクリートに高濃度シラン系表面含浸材を塗布することで、乾燥収縮低減効果、中性化低減効果、吸水防止効果、塩化物イオン浸透低減効果が期待できる高耐久コンクリートが実現できることを示した。

本論文は、コンクリート構造物の耐久性を向上させる上で有益な結果が得られており、学術上、實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 24 年 1 月 25 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。