HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Experimental Investigation of Chloride Attack in Steam-cured Concrete with Supplementary Cementitious Materials under Salt-laden Environment in Cold Region [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Wang, Ni
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15679号
Issue Date	2023-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91214
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Wang_Ni_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　Wang Ni

審査担当者　主　査　教　授　杉山 隆文
副　査　教　授　松本 高志
副　査　准教授　松本 浩嗣
副　査　准教授　橋本 勝文

学位論文題名

Experimental Investigation of Chloride Attack in Steam-cured Concrete with Supplementary Cementitious Materials under Salt-laden Environment in Cold Region
(混和材を用いて蒸気養生したコンクリートの寒冷地環境における塩害に関する実験的研究)

寒冷地環境における海洋コンクリートや凍結防止剤が散布される道路橋コンクリートでは、季節変動とともに塩化物イオンが浸透して鉄筋が腐食する塩害によって耐久性が低下することがある。持続可能な構造物の長寿命化策の一つとして、蒸気養生によって製造されるプレキャストコンクリートの活用は、劣化した部材の代替や現場の生産性向上に寄与する。しかし、材料や養生によってプレキャストコンクリートの品質は異なり、その耐久性は必ずしも明確になっていない。フライアッシュや高炉スラグ微粉末はコンクリートの塩害抵抗性を向上させることはよく知られている。最近、カルシウムーアルミニウムの一種 $CaO \cdot 2Al_2O_3$ (CA2) をベースとした混和材が開発された。この CA2 は、塩化物イオンをコンクリート内部で化学的に固定化させ、遮塩性が向上するといわれている。しかし、これらの混和材 (SCM) による利点が蒸気養生したプレキャストコンクリートにも依然として保持されているかは十分に解明されているとはいい難い。本研究では、蒸気養生と SCM を組み合わせて、寒冷地の高強度コンクリート橋床版や海岸用コンクリート工場製品の耐久性に関して実験的に調べた。

まず、寒冷地の海洋環境における蒸気養生 SCM コンクリートの遮塩性を調べた。結合材として普通ポルトランドセメントのみを使用したコンクリート (N)、置換率 15% のフライアッシュコンクリート (FA)、置換率 50% の高炉スラグコンクリート (SG)、置換率 7% の CA コンクリートの 4 種類である。また、それぞれ普通強度および高強度コンクリートの 2 水準とした。24 時間の蒸気養生に続いて 13 日間の気中養生 (S) または水中養生 (SW) を実施した。その後、北海道大学臼尻水産試験場にて海中暴露試験を実施した。高炉スラグコンクリートは 3 種類の養生方法において他のコンクリートよりも塩化物イオン拡散係数が低下した。フライアッシュコンクリートは海水温度や水中養生の影響を比較的大きく受ける傾向を示した。普通強度の CA コンクリートでは、特に細孔径が 1860nm 付近で増加を示したが、1 年暴露後は普通コンクリート (N) の拡散係数に対して 0.53 まで低下していた。この結果は、塩化物イオンの固定化によって細孔径の影響が相殺され、拡散係数が低下したと推察された。高強度コンクリートでは、水結合材比が 0.34 と小さく、1 年間の海中暴露ではいずれの供試体においても塩化物イオンの浸透性は普通強度コンクリートよりも著しく低下した。

次に、フライアッシュと高炉スラグ微粉末を利用した高強度蒸気養生コンクリートに対して、コ

ンクリート床版を模擬した 2 段鉄筋の腐食性状について調べた。上段と下段の腐食診断は、自然電位法を用いた。結合材として早強ポルトランドセメントだけのコンクリート (H)、置換率 20% のフライアッシュコンクリート (FB)、置換率 50% の高炉スラグコンクリート (BB) の 3 種類である。SCM コンクリートの水セメント比は 0.35、H コンクリートは 0.4 である。さらに、高強度蒸気養生コンクリートにおけるフライアッシュの使用の有無 (HA, FBA) が、アルカリシリカ反応 (ASR) と塩化物イオン浸透の複合劣化へ及ぼす影響を調べた。実験では耐食性の不確実性を考慮して、各配合において同一供試体 5 体の計 25 体を打設した。蒸気養生後の気中養生を経て、すべての供試体を摂氏 40 度の恒温室内で供試体上面の一部を 10% NaCl 溶液へ暴露した。その結果、SCM コンクリートの鉄筋は 3 年間の暴露期間では腐食せず、FB コンクリートでは $0.32cm^2$/年、BB コンクリートでは $0.29cm^2$/年と極めて低い塩化物イオン拡散係数を示した。しかし、H コンクリートは鉄筋腐食の発生と腐食による長手方向のひび割れが顕著であった。フライアッシュの混和は、ASR の開始を遅らせ、塩化物イオンの浸透を抑制する役割を果たし、結果的に耐食性を向上させることを明らかにした。また、高強度蒸気養生コンクリート中の上段鉄筋の腐食診断において、かぶりが大きくなる底面に設置した参照電極によっても評価できることを示し、車両通行を阻害することなく腐食診断が可能なことを明らかにした。

これを要するに、著者は、寒冷地の塩害環境下におけるプレキャストコンクリートの適用性について新しい知見を得たものであり、コンクリート工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。