

凍害を受けた海洋コンクリートの塩分浸透に関する研究

苫小牧工業高等専門学校環境システム工学専攻 ○学生員 木村直生
 苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 正会員 廣川一巳
 苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 正会員 渡辺暁央

1. 序論

北海道のような積雪寒冷地における海洋コンクリート構造物は、海水による化学的浸食作用と様々な気象作用により、温度変化や水分変化の影響を受け、冬季には表面水及びコンクリートの内部水による凍結融解作用を受ける。特に寒冷地の海洋コンクリート表層部は、これら気象作用を直接受ける環境にあり凍害が起こることがある。凍害の形態¹⁾にはスケーリング、ポップアウト、粗骨材露出現象などがあり、本研究ではその中の一つである粗骨材露出現象に着目した。この現象は粗骨材の上部にある数 mm のモルタルが剥離する現象である。このモルタルの剥離はコンクリート内部に影響を及ぼさないが、海洋コンクリート構造物の景観や信頼性を損ねるといった問題がある。この粗骨材露出現象は鮎田²⁾、佐伯³⁾らの報告があるものの、あまり研究が行われていない。よって粗骨材露出現象のメカニズムの解明をすることの意義は大きいと考えられる。

本研究では、粗骨材露出現象を実験的に再現し、塩分浸透の観点から劣化発生メカニズムの検討を行うことを目的とした。

2. 実験方法

2.1 使用材料及び供試体

セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/m³）、粗骨材は静内産(密度=2.73g/m³)、細骨材は浜厚真産(密度=2.69g/m³)を用い、混和剤は AE 減水剤(変形リグニンスルホン酸化合物)、AE 助剤を用いた。

供試体は ASTM C 672⁴⁾に準拠し、発泡スチロールの型枠を使用した。また、水セメント比は海洋コンクリートの基準となる 45%でスランプは 5.0±1.0cm、空気量は 4.5±0.5%を目標に打設を行った。養生方法は 14 日間水中養生したもの(以下、14w と略記)と、5 日間水中養生後、材齢 9 日まで空气中乾燥したもの(以下、5w9d と略記)の 2 パターンとした。

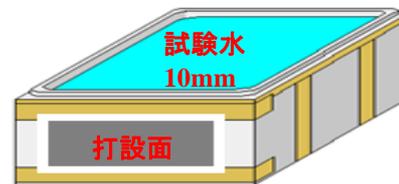


図 1 ASTM C 672 に準拠した供試体概略図

表 1 W/C45%の供試体の配合表

| 単位量(kg/m ³) | | | | | |
|-------------------------|------|-----|------|-------|------|
| 水 | セメント | 細骨材 | 粗骨材 | AE減水剤 | AE助剤 |
| 135 | 245 | 811 | 1183 | 2.4 | 0.12 |

表 2 練り上がり性状

| W/C45% | スランプ (cm) | 空気量 (%) | 練り上がり温度 (°C) |
|--------|-----------|---------|--------------|
| | 5w9d | 6.4 | 4.0 |
| 14w | 5.6 | 4.0 | 18.4 |

2.2 凍結融解試験

凍結融解試験に使用する試験水は、錦岡海岸で採取した海水(以下、Sea と略記)、塩分濃度 3%の塩化ナトリウム水溶液(以下、Na と略記)の 2 パターンとした。

ユニット型温湿度供給装置と接続した試験室でのプログラム運転により 8 時間の融解作用と 16 時間の凍結作用を与え、供試体の表面温度を -10°C から +5°C になるように制御し、この一連の過程を 60 サイクルまで行った。

2.3 塩分浸透試験

塩分浸透試験は JIS A 1154 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法に従って行った。

前処理として、所定の凍結融解試験を終えた供試体の中心部分を抜き、その表層部から 0-1, 1-2, 2-3cm の部分を切り取りその後、粉砕機を用いてそれぞれ粉末を作製した。その後、硝酸(1+6)を用いて抽出をし、電位差滴定により試料 10.00g あたりに含まれる塩化物イオン量を測定した。

キーワード 粗骨材露出現象, 温度勾配, 塩分浸透

連絡先 〒059-1275 北海道苫小牧市宇錦岡 443 TEL0144-67-8064

3. 結果と考察

3.1 凍結融解試験

写真1は14w Seaの露出面の外観である。トレースで囲っている部分がモルタルの剥離によって粗骨材が露出している事を表している。この剥離面積を供試体の露出面積当たりの面積で算出し、剥離率として示したものが図2である。どの養生方法に関しても15から20サイクル程度で剥離が始っており、剥離率は14w Seaの3%が最大となっている。また、他の養生方法に関しての剥離率は1%であった。全体的に剥離率は小さいことが分かる。

既往の研究⁹⁾では、水中養生のみを行うより、水中養生後に気中乾燥を行うことで供試体の剥離は抑制されるということがわかっており、本研究でもその効果を確認することができたと言える。



写真1 60サイクルの14wSeaの露出面

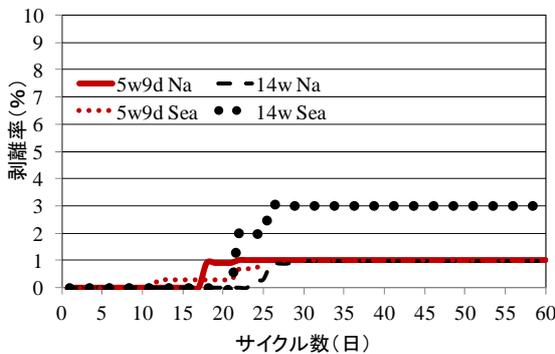


図2 W/C45の剥離率の変化

3.2 塩分浸透試験

図3は供試体の表面から0-1, 1-2, 2-3cmの深さごとに1m³当たりの塩分含有量を示したものである。表面から深くなるに従って塩分浸透量が少なくなっていった。また、養生方法や塩水と海水の違いがあっても、ほとんど差は見られなかった。

剥離率の結果と塩分浸透量の結果をしてみると、塩分浸透量と剥離には有意な関連性がないようである。

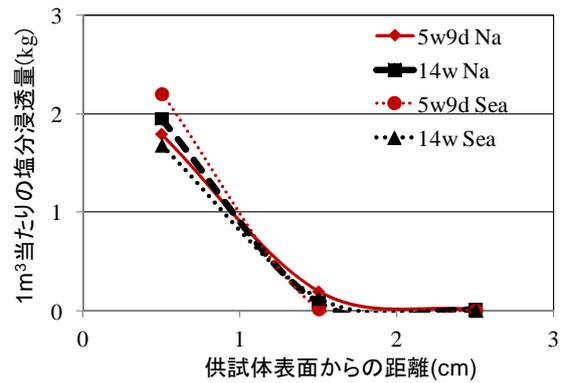


図3 1m³当たりの塩分浸透量(kg)

4. 結論

本研究では、供試体表面温度が-10℃から+5℃になるように凍結融解を繰り返す実験を行った。結果を以下に記す。

- (1) 水セメント比45%の供試体での粗骨材露出現象の再現をする事が各養生方法できた。
- (2) 既往の研究では水中養生のみを行うより、水中養生後に気中乾燥を行うことが剥離の抑制に効果的であり、本研究でも効果が見られた。
- (3) 塩分浸透量と剥離率には、有意な関連性が認められなかった。

今後の展開としては、水セメント比50%、55%の供試体を作製し、凍結融解試験を60サイクルまで行い、塩分浸透試験を行う。

参考文献

- 1) 洪 悦郎: コンクリートの凍害, コンクリート工学 Vol. 13, No. 3, pp. 34-35, 1975
- 2) 鮎田, 桜井, 小笠原: 流氷海域に暴露したコンクリートの劣化性状, セメント・コンクリート論文集 No. 47, pp. 474-479, 1993.
- 3) 佐伯, 鮎田, 前川: 北海道における海岸および港湾コンクリート構造物の凍害による表面剥離損傷, 土木学会論文報告集 327号, pp151-162, 1982.
- 4) American Society for Testing and Materials: Standard test method for scaling resistance of concrete surfaces exposed to deicing chemicals, ASTM C 672, Annual Book of ASTM Standards part 14, pp.402, 1993
- 5) 淵脇, 廣川: 海洋コンクリート表層部における粗骨材露出現象の再現のための基礎的実験, 土木学会北海道支部論文報告集 63号, E-18, 2006