

二酸化炭素を吸収したポーラスコンクリートの耐久性

兵庫県土木部 正会員 ○吉村達郎
 秩父小野田株式会社 正会員 小川洋二
 徳島大学工学部 正会員 島 弘
 徳島大学工学部 正会員 河野 清

1. はじめに

近年、地球の温暖化の原因となる二酸化炭素濃度（以下 CO_2 ）の増加が問題となっている。この排出される CO_2 を有効利用する方法の一つとして、コンクリートの炭酸化和結びつけることが考えられており、コンクリートの表面積が大きく、透気性がよい構造形態であるポーラスコンクリートを利用することが、より多くの CO_2 を吸収するという点で注目されはじめている。このポーラスコンクリートの利用方法としては、道路舗装材、排気ガスのフィルター材、海または河川の護岸用などが考えられており、日本は四方を海に囲まれた島国であるがゆえに海洋構造物についての有効な利用方法は、今後ますます検討する必要があると思われる。特に海に接する構造物については、海水の作用を受け、さらに過酷な気象作用に暴露されるので、種々の外的条件に対し十分な耐久性を有することが非常に重要である。 CO_2 を吸収したコンクリートの耐久性に関する研究例はほとんどないのが現状であり、本研究では、これらの性能について工学的な視点からの検証を行うと同時に、生成物の組成変化などを調査して化学的な考察を加えることを目的とする。また、生態系への影響についても調査する。

2. 実験概要

セメントは早強ポルトランドセメント、骨材は砕石で粒径 5 mm ～ 10 mm のものを使用し、水セメント比を 35%、空隙率を 20% のポーラスコンクリートを対象コンクリートとした。養生環境は、 CO_2 濃度 20%、温度 20℃、相対湿度 50% に設定して CO_2 を吸収させた。その後、2 倍濃度の人工海水、20% 硫酸塩（ Na_2SO_4 ）溶液中に浸漬させ、それぞれ乾湿繰り返し耐久性試験を行った。乾湿条件は、6 時間ごとに強制乾燥（65℃）・湿潤状態が 1 サイクルとなるように設定した。表-1 に示すように、耐久性に対する CO_2 吸収量による影響を検討するために、供試体の前養生方法として①打設後 1 日、②蒸気養生、③7 日間水中養生を行った 3 水準を設定し、その後 CO_2 養生期間を 7 日とした。また比較養生として脱型後直ちに、④7 日間気中養生、⑤7 日間水中養生を行う計 5 水準を設定した。これら 5 水準の前養生方法を施したポーラスコンクリートの耐久性について、物理的評価として圧縮強度と動弾性係数を測定した。さらにポーラスコンクリートのセメントペースト部分を再現した薄棒状セメントペースト供試体を同じ条件下で養生し細孔量の変化や形態の観察、生成物の組成変化を測定し、化学的な面からも評価を行った。

表-1 養生条件

前養生方法	CO_2 養生期間（日）
打設後 1 日	7
蒸気養生	7
7 日間水中養生	7
7 日間気中養生	0
7 日間水中養生	0

3. 実験結果と考察

耐海水性について、図-1 は圧縮強度比の経時変化を示したものである。この圧縮強度比とは、各所定材齢時の圧縮強度 f_c をそれぞれの水準の初期強度 f_{c0} で除して無次元化した値である。図-1 より、 CO_2 を吸収させていない 2 水準は 300 サイクルで初期強度を下回っていた。特に、初期養生を水中において 7 日間養生したものは、初期強度が CO_2 を吸収させたものと同等であったにもかかわらず、最も著しい強度低下を示した。ポーラスコンクリートに CO_2 を積極的に吸収させることによって、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が消費され塩化物の侵入によ

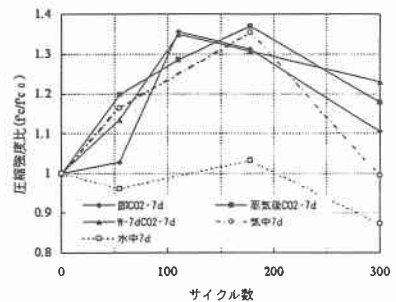


図-1 圧縮強度比 (f_c/f_{c0}) の経時変化 (耐海水性)

る組織の多孔化が抑制され、高耐久性が得られたと考えられる。¹⁾

耐硫酸塩性について、図-2は圧縮強度比の経時変化を示したものである。この図より、ほとんどの供試体で55サイクル程度まで強度は増加するものの、CO₂を吸収させていない2水準についてはそれ以降、急激に強度は低下して、110サイクルではどちらも初期強度を下回る結果となった。7日間水中養生のものについては110サイクルで破壊に至り、7日間気中養生のものは、178サイクルで破壊に至った。CO₂を吸収させた3水準については、110サイクルまで強度は増加し続け、その後も200サイクル程度までは、ほとんど強度の低下がみられなかった。破壊の主原因は、膨張性生成物であるエトリンガイトの生成によるものと考えられ、かなりの膨張を起こしていて、手で触る程度でもろく壊れた。以上の結果から分かるように、CO₂を吸収させることが、異なる2つの破壊メカニズムを示す海水および硫酸塩に対して抵抗性が増すことを実験的に確認できた。図-3に硫酸塩で破壊したサイクル数と前養生終了時のCO₂吸収割合との関係を示した。これより、前養生終了時のCO₂吸収割合が大きいほど、つまり前養生終了時のCa(OH)₂量が少ないほど破壊する時期が遅いことがわかる。今回最も耐久性が優れた水準は、脱型後ただちにCO₂を吸収させた水準であり、この供試体は、CO₂を最も多量に吸収したものである。前養生として蒸気養生あるいは水中養生を施した後、CO₂を吸収させた供試体については、水和促進により細孔組織が緻密化したため、CO₂の吸収がやや抑制されており、このCO₂吸収特性が耐久性状の違いとなって表れたものと考えられる。

図-4は炭酸化的有無による海水のpH変化を示したものである。ただし、1週間ごとに人工海水を交換し、その際にpH調整剤で人工海水のpHを8.2に調整した。図-4より、CO₂を吸収させることにより、僅かではあるがpHの上昇を低減する傾向にあった。この実験に用いた供試体は0.5×4×16cmの板状のセメントペースト供試体で、CO₂吸収期間が7日間と比較的短かったため、pH変化にそれほど大きな差がでなかったと考えられる。

しかし、本来のポーラスコンクリートのセメントペースト厚さは非常に薄いので、CO₂を積極的に吸収させることにより、海水のpHの上昇を低減する効果は十分あると考えられ、生態系にやさしくなると思われる。

4. まとめ

ポーラスコンクリートにCO₂を積極的に吸収させることにより、海水および硫酸塩に対する抵抗性が向上した。特に硫酸塩に対する抵抗性は、暴露までのCO₂吸収量が多いほど高耐久性を示した。また、CO₂を吸収させることにより、浸漬させた海水のpH変化を幾分、抑制する傾向にあった。

【参考文献】1) 小川洋二、島 弘、河野 清、松尾保明：炭酸ガスを吸収したポーラスコンクリートの物性、コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 1, pp. 531~536, 1993

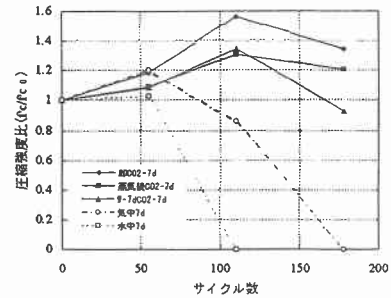


図-2 圧縮強度比(f_c/f_{ca})の経時変化(耐硫酸塩性)

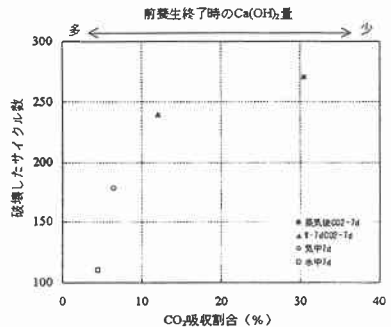


図-3 前養生終了時のCO₂吸収割合が耐硫酸塩性に及ぼす影響

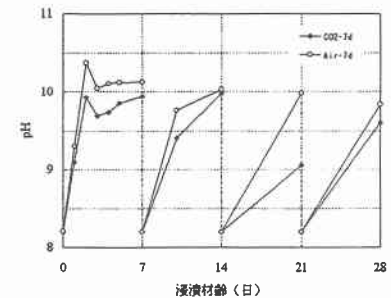


図-4 pHの経時変化(人工海水)