

地中環境におけるコンクリートの中性化進行抑制効果の検討

芝浦工業大学 大学院理工学研究科
 芝浦工業大学 工学部

○本名英理香
 氏原菜摘
 伊代田岳史
 濱崎仁

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の劣化のひとつに中性化がある。中性化は鋼材周りの不動態皮膜の破壊を促し、鋼材が腐食することによって、耐久性や構造性能を低下させる要因とされている。コンクリートの中性化は含水状態が大きく寄与するとされ、一般的には高湿度環境下では中性化しにくいと報告されている。よって、高湿度である地中環境では中性化が進行しにくいと予測され、地中構造物の中性化進行の把握は重要視されてこなかった。しかし藤倉ら¹⁾は、地中コンクリート構造物は季節変化に伴う緩やかな乾湿繰り返しを受け、一般構造物と同様に中性化が進むことがあると報告している。

本研究では地中環境におけるコンクリートの中性化進行を把握するため、長期間供用されたコンクリート構造物の地下構造躯体を対象に、実環境の中性化進行、および圧縮強度との関係を検討した。また、地中環境での中性化抑制効果を検討するために、同一コンクリートコアを用いて、促進中性化試験を同様に行った。

2. 実験概要

2.1 コアサンプル概要

試料には供用から約 80 年経過した普通ポルトランドセメントコンクリートコアを用いた。表 - 1 に示すように、土との接触がある箇所を中心に直径 100mm のコアを採取した。

表 - 1 コアサンプルと測定項目

試料番号	採取箇所	部材名	土の接触	測定項目			
				圧縮強度	中性化試験		
					暴露	促進	
N-1	北側	基礎梁	あり		○		
N-2		基礎梁	あり	○	○		
N-2 ^{※1}						○	
N-3		基礎梁	あり		○		
C-1	中央	基礎コンクリート	あり		○		
C-2		基礎コンクリート	あり		○		
C-5		基礎フーチング	あり	○	○		
C-6 ^{※2}		基礎フーチング	あり			○	
S-2	南側	柱	地中露出		○		
S-5		基礎梁	両面		○		
S-5 ^{※1}							○
S-7				基礎コンクリート	あり		○

※1 コア採取中にわれにより分裂したコアのコア先部分
 ※2 C-5の比較用とし、同一構造体から抜いたコア

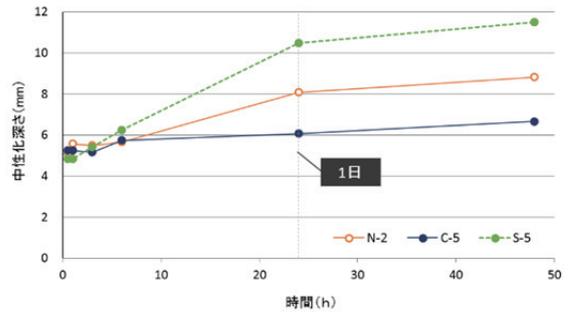


図 - 1 時間経過に伴う中性化深さの変化

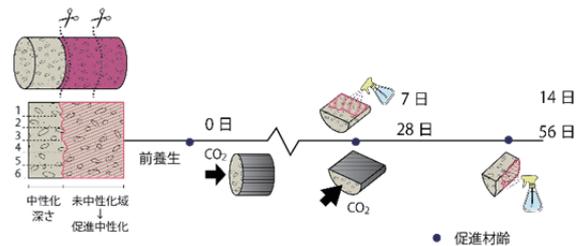


図 - 2 促進試験概要

2.2 中性化深さ試験

試験は JIS A 1152 に準じて行った。中性化深さの測定は、フェノールフタレイン溶液を噴霧後、30分、1時間、3時間、6時間、1日、2日後に、各試験体6カ所の測定を行った。図 - 1 に時間経過に伴う中性化深さの変化を示す。中性化深さは時間経過とともに大きくなり、誤差が少なくなったと考えられる1日後を中性化深さの値として本研究では採用した。

2.3 促進中性化試験

試験は JIS A 1153 に準じて行った。前養生として、温度 20℃、湿度 60%環境下で、恒量となるまで静置した。前養生終了後、切断面を除いた面をシーリングし、温度 20℃、湿度 60%、CO₂ 濃度 5.0%で、一面開放として促進試験を行った。中性化深さの測定は図 - 2 に示すように促進開始日より 7、14、28、56 日後に行った。中性化深さ測定は、2.2 を参考に1日後に行った。

2.4 圧縮強度

試験は JIS A 1108 に準じて、暴露環境での中性化部分を対象に行った。

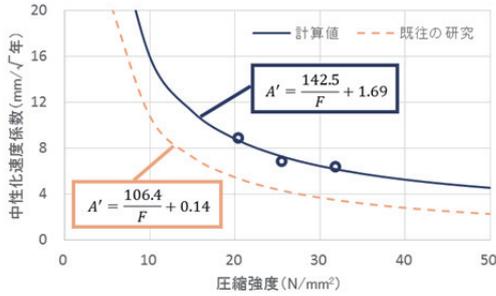


図 - 3 圧縮強度と中性化速度係数の関係

3. 実験結果

3.1 中性化進行と圧縮強度の関係

図 - 3 に促進試験より求めた中性化速度係数と、暴露環境での圧縮強度の関係を示す。中性化速度係数は、CO₂濃度の影響を考慮し、魚本らの研究²⁾をもとに、式 - (1)、式 - (2) のように CO₂濃度による係数を算出し、これを除することで実環境での中性化速度係数に換算した。

$$K_c^* = (2.804 - 0.847 \log C) \sqrt{C} \quad \text{式 - (1)}$$

$$K_c = K_c^* / K_{0.04}^* \quad \text{式 - (2)}$$

ここに、K_c^{*} : CO₂濃度が C のときの係数

C : CO₂濃度(%)

K_c : 地上の CO₂濃度を 1 としたときの CO₂濃度による係数

既往の研究³⁾にある曲線と類似する関係式を得ることができ、コンクリートの強度が大きいほど中性化速度係数が小さくなるという一般的な傾向が得られた。

3.2 地中環境と促進環境の中性化進行

図 - 4 に地中暴露環境と促進環境の中性化深さを示す。促進環境の中性化深さは、中性化速度係数より実環境での供用年数の平方根を乗じて求めた。さらに、地中暴露の中性化深さを促進環境での換算中性化深さで除することで地中中性化率とした。梁では約 0.15、フーチングでは 0.07 となり、地中環境では中性化が大きく抑制されている。

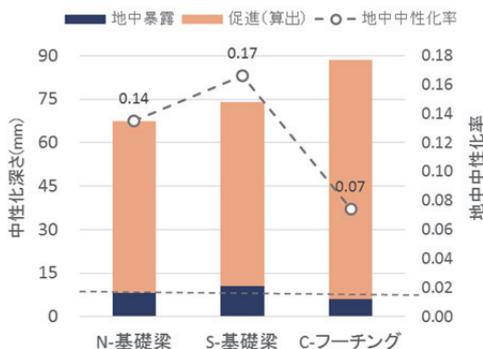


図 - 4 地中環境と促進環境の中性化深さ

3.3 地中コアと地上コアにおける中性化進行

図 - 5 に暴露環境ごとの、促進と暴露環境下での中性化深さの関係を示す。環境比較として、同構造物の地上部のコアの中性化試験の結果⁴⁾を示す。地上コアはリソイド仕上げ等が施されているにもかかわらず、地中コアよりも中性化が進行している。また、地上コアでは地中コアと比較してばらつきが大きく、これは気候などの環境変動の影響と考えられる。

また地中コアの未中性化領域において、示差熱分析を用いて水酸化カルシウムと炭酸カルシウムの定量を行った。その結果、中性化領域と未中性化領域において、水酸化カルシウム量に変化があまり見られなかった。この原因について、今後検討していく必要がある。

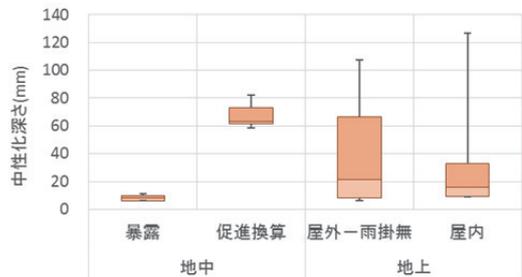


図 - 5 中性化環境による中性化深さの変化

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 地中環境での未中性化部分を、促進環境下で中性化させた場合、従来どおり圧縮強度と相関がとれた。
- 2) 建築物の地下構造躯体（地中環境）では、中性化率が 0.07~0.17 となり、中性化進行が抑制された。
- 3) 地中環境では、環境変動の影響を受けにくい場合、場所によるばらつきが出にくく、また仕上げが施されている地上コアよりも中性化が抑制された。

【参考文献】

- 1) 藤倉規雄、岩崎英樹、福手勤ら：コンクリート含水状態の季節変動が地中構造物の中性化進行特性に及ぼす影響、土木学会論文集 E、Vol.65、No. 4、pp.564-576(2009)
- 2) 魚本健人、高田良章：コンクリートの中性化速度に及ぼす要因、土木学会論文集、No.451/V- 17、pp.119-127(1992)
- 3) 川西泰一郎、濱崎仁、榎田佳寛：実構造物調査に基づくコンクリートの中性化進行に関する分析、日本建築学会構造系論文集、第 608 号、pp.9-14(2006)
- 4) 兼松学、白石聖、庭野亮ら：同潤会上野下アパートに関する調査研究 その 3：中性化および水分状態について、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.1131-1132(2014)