

実構造物の部位ごとにおける環境条件とコア分析による劣化推定

芝浦工業大学 大学院 理工学研究科社会基盤学専攻

○大橋 優樹

宮脇 正嗣

芝浦工業大学 工学部 先進国際課程 兼務 土木工学科

伊代田 岳史

株式会社西武建設 土木事業部エンジニアリング部企画課

白川 順菜

1. はじめに

我が国は、20 世紀後半には社会資本を整備する為にコンクリート構造物を大量に建設してきたが、現在はストック型社会を迎え、構造物の適切な劣化診断と維持管理が求められている。高度経済成長期に集中的に建設されたコンクリート構造物の多くが更新時期を迎え、既存構造物をメンテナンスする考えが必要不可欠となってきた。だが、そのすべての構造物を補修することは非合理的である。その為に劣化原因を的確に判断し、劣化度合いを定量的に把握して、どの部分に補修を施すかを判断することが必要となる。様々な劣化原因によってコンクリートの耐久性は低下するが、その劣化度合いは材料に限らず環境条件によっても異なり、また構造物の部位ごとにも異なる可能性がある。

そこで本研究では、更新に伴って撤去される樋門を対象に、環境条件及び目視点検による現地調査と部材ごとに採取したコアを用いた室内実験で得られたデータを基に原因推定と劣化度判定について検証を行った。

2. 対象構造物と供試体諸元の概要

2. 1 対象構造物

図 1 に対象構造物の概要とコアを採取した箇所を示す。検討対象の構造物は、山形県に建設された樋門である。1959 年に竣工したものであり、供用開始から 62 年が経過した構造物である。

2. 2 環境条件及び目視調査

当該構造物は冬季は積雪が非常に多い寒冷地であり凍害の劣化が多く報告されているが、凍結防止剤は散布されていなかった。目視調査を行ったが目立った外傷はほとんど確認されず、函体は水の流れがあり、函体の内壁表面は非常に多くの付着物が確認された。

2. 3 供試体諸元及び部材の環境条件

採取したコアはφ75×220mm の円柱供試体で、図 1 に示した異なる部材の①函体の内壁（以下、函体側壁とする）、②門柱雪掛かりが有る箇所（以下、門柱雪有とする）、③門柱雪掛かりが無い箇所（以下、門柱雪無とする）の 3 か所から採取した。各部材の環境要因は、函体側壁は、函体内の水の流れより高い湿度で保たれた環境にあった。

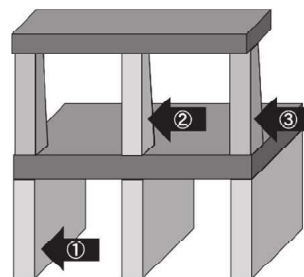


図 1 対象構造物の概要とコアの採取箇所

門柱雪有は積雪があり、融雪水による水分供給がある。一方で、門柱雪無は積雪が無いが雨水等の水分供給はあることが分かっている。

3. 試験項目及び試験方法

(1) 圧縮強度試験

採取したコアの両端部を 10mm 切断し、φ75×200mm の円柱供試体を作製し、JISA 1108 に準拠して実施した。

(2) 促進中性化試験

コンクリート自体の中性化に対する抵抗性を判断する為に、採取したコアの深部で、未中性化の箇所を切断して取り出した。アルミテープで一面開放とし、中性化促進装置を用いて 20℃、RH60%、CO₂濃度 5%の環境に静置した。1、4、8 週目に中性化深さを測定し、魚本高田式を用いて実環境下における中性化速度係数に換算した。

$$X = (2.804 - 0.847 \log C) A \sqrt{C \cdot t} \quad [1]$$

A : 中性化速度係数

X : 促進中性化深さ (mm)

C : 炭酸ガス濃度 (%)

t : 促進期間 (週)

(3) 空隙率試験

採取したコアの中性化部と未中性化部をそれぞれ採取し、水に満たした容器に入れ、真空状態で飽水させて飽水重量と水中質量を計測した。その後、40℃の乾燥炉で質量が恒量となるまで静置し、絶乾質量を計測し、アルキメデス法により空隙率を計測した。

4. 試験結果及び考察

4. 1 圧縮強度

図2に圧縮強度試験の結果を示す。函体側壁の圧縮強度は設計基準値と同程度の結果であった。また、門柱雪有は高い圧縮強度を示した。だが、門柱雪無の圧縮強度は、門柱雪有の圧縮強度の3割程度であり、設計基準値よりも低い圧縮強度を示し、何らかの劣化によってコンクリートの損傷があったと考えられる。

4. 2 促進試験における中性化深さと中性化速度係数

コンクリート構造物の内部、つまりコアの深部は健全であり、そのコンクリートのポテンシャルを示していると推定し、促進中性化試験を実施した。図3にコアから採取した未中性化部分を用いた促進中性化試験における中性化深さの経時変化と中性化速度係数を示す。函体側壁と門柱雪有は中性化の進行は同程度であり、中性化速度係数は比較的近い値を示した。だが、門柱雪無の中性化深さは促進期間の初期で、門柱雪有の3倍程度の中性化深さを示し、その後も中性化の進行が遅くなる傾向は見られなかった。このことから、門柱雪無はコアの深部まで劣化の影響によって耐久性が低下していると考えられる。

4. 3 中性化速度係数の換算による実環境での分析

表1に実構造物の中性化深さと中性化速度係数、さらに促進中性化試験で得られた中性化速度係数を魚本高田式[1]で実環境での中性化速度係数に換算した結果を示す。函体側壁は、60年の自然環境において2mm以下の中性化深さであった。また、中性化速度係数において実環境が促進環境よりも低い値を示した。つまり、実環境においてコンクリート表面の物質移動を抑制していたと推測でき、長年に渡って函体の内壁部の付着物が中性化を抑制していたと考えられる。門柱雪有の中性化深さは、門柱雪無の2割程度であり、実環境の中性化速度係数は促進環境よりも低い値を示した。これは、門柱雪有は積雪によって部材表面の物質移動が抑制されたと考えられる。函体側壁よりも大きい中性化深さを示したのは、門柱雪有は融雪水による水分の供給がされていたことが要因であると考えられる。一方、門柱雪無の中性化深さは非常に大きく、中性化速度係数は実環境と促進環境は比較的近い値を示した。つまり、門柱雪無は長年に渡って劣化による耐久性の低下が生じていることが分かる。

5. 実験データの総合的評価による劣化判定

表2にコアの中性化部と未中性化部の空隙率の結果を示す。門柱雪無は未中性化部の空隙率が非常に高く、部材の内部にまで劣化が及んでいると考えられる。

これらの結果を踏まえ、函体側壁は健全であるが、門柱は中性化しており、さらに門柱雪無は凍害によって内部に微細なクラックが生じた複合劣化の可能性が示唆で

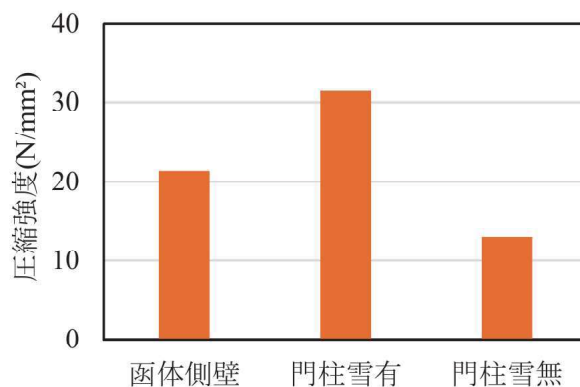


図2 圧縮強度

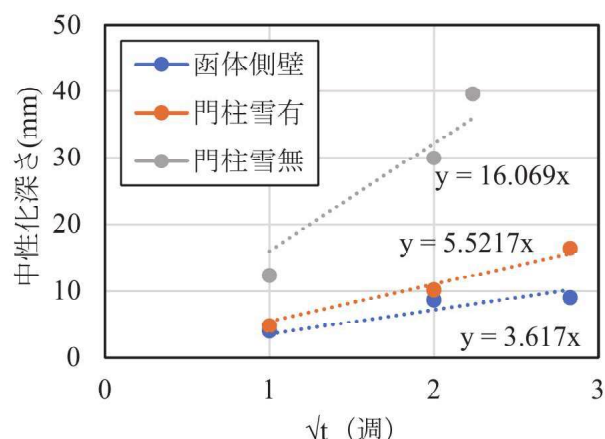


図3 促進環境の中性化深さと中性化速度係数

表1 中性化深さと中性化速度係数

部材	中性化深さ (mm)	中性化速度係数 (mm/年)	
		実環境	促進環境
函体側壁	1.37	0.20	2.58
門柱雪有	13.78	2.04	4.70
門柱雪無	70.77	10.47	11.80

表2 空隙率

部材	空隙率 (%)	
	中性化部	未中性化部
函体側壁	-	11.17
門柱雪有	12.43	14.85
門柱雪無	18.13	25.13

きる。このように、同じ構造物でも水の有無や置かれている環境条件によって部材の劣化度合いは変化することが分かった。

【参考文献】

- 1) 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.119-128、(1992)