

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 13 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656279

研究課題名（和文） 小型薄板モルタル供試体を用いたマイクロ環境の定量評価方法の構築

研究課題名（英文） Quantitative evaluation of micro-environmental condition using Mortar thin plate specimen

研究代表者

佐伯 竜彦 (SAEKI TATSUHIKO)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：90215575

研究成果の概要（和文）：本研究は、薄板状の小型モルタル供試体を構造物各部位に設置することによって、部位毎のマイクロ環境を評価し、部位毎の劣化外力を短期間で定量評価する手法を構築することを目的として検討を行った。その結果、薄板モルタル供試体を当該構造物表面に貼り付けることによって、構造物部位毎の飛来塩分環境、凍結防止剤環境、中性化環境を定性的に評価できることを明らかにした。さらに、飛来塩分環境では、薄板モルタル供試体への塩分浸透量から、構造物中での塩分濃度分布を再現することができた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to evaluate the local environmental condition of the concrete structure. The thin plate mortar specimens were exposed at each part of the structures. From the exposure test results, the degree of the deterioration environment of aerosol chloride condition, deicing salt condition and carbonation condition can be evaluated qualitatively. Moreover, the chloride concentration profile in concrete structure can be estimated from the amount of chloride penetration into the thin plate mortar specimen.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学，土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：土木材料，維持管理，飛来塩分，凍結防止剤，中性化

## 1. 研究開始当初の背景

コンクリートの劣化速度は、コンクリート自体の品質、即ち劣化抵抗性と劣化外力の組合せによって決まる。このうち、コンクリートの劣化抵抗性は室内実験で検討可能であり、種々の研究により定量的な検討が進んでいる。しかし、劣化外力は変動する自然環境に影響を受けるため、その評価は極めて難しい。さらに、同一構造物においても劣化の進行が部位によって異なることはよく知られている。これは、主として部位毎のコンクリートが曝されるマイクロ環境が異なることによる。

しかし、地域のマクロな環境がコンクリートに及ぼす影響は以前から検討されているが、マイクロ環境の評価手法を体系的に検討した例は少ない。

以上のことから、劣化予測に資する的確なマイクロ環境条件の評価方法が求められている。

## 2. 研究の目的

本研究は、薄板状の小型モルタル供試体を構造物各部位に貼り付けることによって、部位毎のマイクロ環境を評価し、部位毎の劣化外力を簡便に短期間で定量評価する手法を構築することを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) モルタル供試体の基本特性の把握：室内実験により暴露供試体として用いるモルタルの基本的性質を把握した。モルタルの配合は、6種類とした。初期水中養生期間終了時（材齢 28 日）に、水和度、相組成、空隙量と空隙径分布を測定した。また、より劣化進行に直接的に影響する物性として、供試体の塩化物イオン実効拡散係数、酸素拡散係数を拡散セル法により求めた。また、恒温恒湿槽内において供試体からの水分逸散量を経

時的に測定することにより、水分拡散係数を求めた。

材料および配合が中性化進行速度に及ぼす影響を基礎的に検討するため、促進中性化試験も併せて行った。

(2) 飛来塩分環境下における暴露試験：新潟県沿岸にあり飛来塩分の供給を受ける橋梁の各部位に薄板モルタル供試体（4×3×0.5cm）を貼付け、冬期1シーズン（11月～3月）に暴露試験を行った。暴露試験終了後、供試体を全て粉砕して試料とし、全塩化物量を測定した。

(3) 凍結防止剤散布環境下への暴露試験：新潟県内陸部にあり、凍結防止剤のみの影響を受ける橋梁の各部位に薄板モルタル供試体を貼付け、冬期1シーズン（11月～3月）に暴露試験を行った。供試体貼り付け位置は地覆、橋台、橋脚とし、目視で確認できた路面からの漏水箇所等を中心とした。暴露試験終了後、供試体を全て粉砕して試料とし、全塩化物量を測定した。

(4) 中性化環境下における暴露試験：浄水場施設の鉄筋コンクリート構造物および橋梁に薄板供試体を貼り付けた。設置箇所は、構造物において中性化深さを測定した箇所とした。暴露期間は3カ月とし、供試体回収時に新たな供試体を貼り付け、連続4回で計1年間の測定を行った。暴露試験終了後、供試体を全て粉砕して試料とし、炭酸カルシウム量を測定した。

## 4. 研究成果

(1) 橋梁各部位における薄板供試体への塩分浸透量を測定し、飛来塩分環境下においては、同一構造物でも部位によって飛来塩分の供給量が異なることを実験的に明らかにした（図-1 および図-2）。

(2) 橋梁各部位における薄板供試体への塩

分浸透量を測定し、飛来塩分環境下においては、構造形式によって塩害環境が厳しい部位に違いがあることも明らかにした(図-1および図-2)。

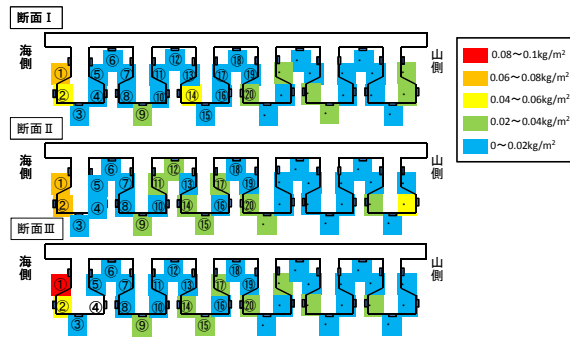


図-1 PC-T 桁の例

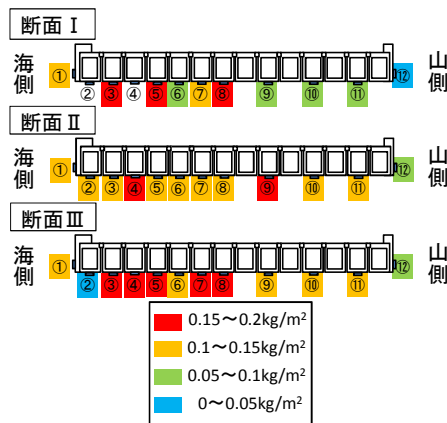


図-2 PC 中空床版橋の例

(3) 薄板供試体と構造物のコンクリートの塩分拡散係数比を用いて、薄板供試体の浸透量を構造物のコンクリートの換算することにより、薄板供試体への塩分浸透量から飛来塩分環境下にある構造物(図-1と同一構造物、供用27年)中の濃度分布を推定した。薄板供試体貼付け位置から採取したコアの塩分濃度分布と比較すると、一部を除いて推定値は実験値とよく一致しており、薄板供試体への冬期1シーズンの浸透量から、構造物への数十年にわたる塩分浸透および塩分濃度分布を推定できる可能性があることを明らかにした(図-3)。なお、推定値が実測値と大

きく異なる箇所がある理由については不明であり、今後の課題である。

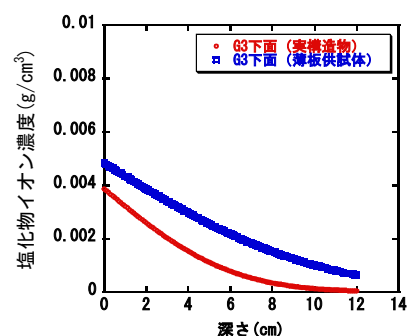
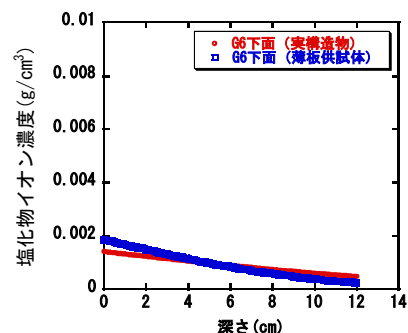
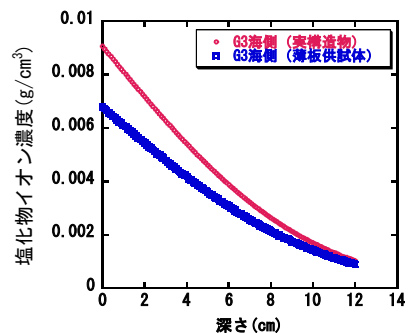
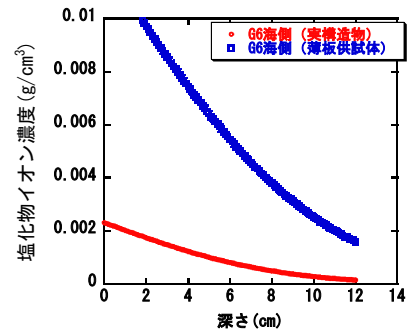


図-3 構造物中の塩分濃度分布推定結果

(4) 凍結防止剤散布環境下において、構造物各部位に貼り付けた薄板モルタル供試体への塩分浸透量から、構造物における塩化物イオン表面濃度を定性的に評価できること

を明らかにし、構造物の各部位間の相対的な塩害環境の厳しさは、薄板供試体により把握することが可能であることを示した (図-4)。ただし、両者の絶対値には大きな違いがあり、定量評価には課題を残した。

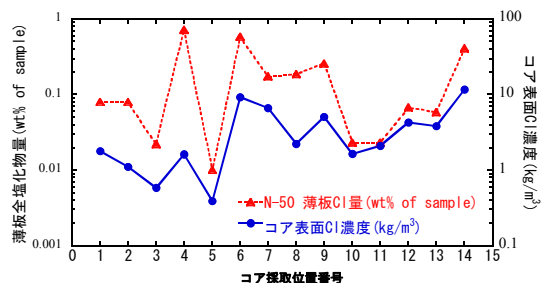


図-4 凍結防止剤散布環境における構造物の表面の塩分濃度と薄板供試体への塩分浸透量

(5) 中性化環境下にある構造物の各部位に貼り付けた薄板供試体中に生成した炭酸カルシウム量の比から、各部位における中性化深さ比を推定する方法を構築した。

(6) 薄板供試体の配合が構造物の中性化深さ比の推定結果に及ぼす影響を検討した。その結果、低水セメント比で中性化に対する抵抗性の高い配合 (配合 H) は、中性環境に対する感度が低いことを確認した。このことから中性化環境の評価には、中性化進行の速い配合を選定する必要があることを明らかにした (図-5、表-1)。

(7) 薄板供試体の暴露時期が構造物の中性化深さ比の推定結果に及ぼす影響を検討した。その結果、供試体の含水状態が高い時期 (1月~7月) では、二酸化炭素の侵入が抑制されるため炭酸化反応が進行しないために、暴露箇所毎の環境条件の影響が明確に表れないことを確認した。中性化環境の評価には、供試体内部が比較的乾燥し、二酸化炭素の侵入が阻害されない時期が適していることを明らかにした (図-6)。

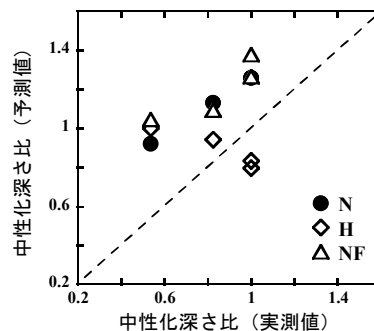


図-5 薄板供試体の配合が構造物の中性化深さ比の推定結果に及ぼす影響

表-1 中性化環境評価用薄板モルタル供試体の配合

記号	結合材種類	W/B (%)	S/B (%)	混和材置換率 (%)
N	普通セメント	50	50	0
H	早強セメント	35	50	0
NF	普通セメント+フライアッシュ	45	50	30

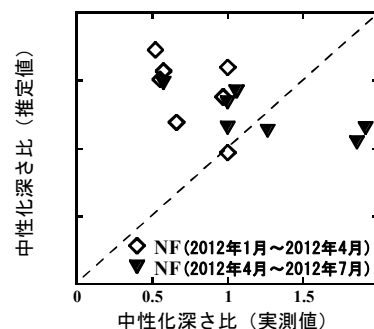
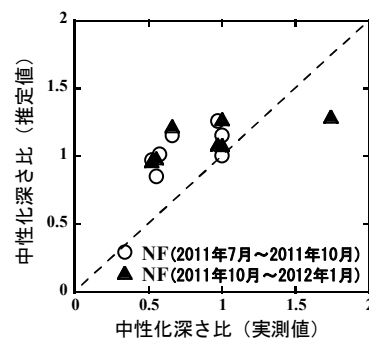


図-6 薄板供試体の暴露時期が構造物の中性化深さ比の推定結果に及ぼす影響

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

①佐伯竜彦, 能勢陽祐, 菊地道生 : 薄板モルタル供試体を用いたマイクロ塩害環境評価手法に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 33, No. 1, pp. 803-808, 2011.

②山田 猛, 菊地道生, 斎藤 豪, 佐伯竜彦 : 薄板モルタル供試体を用いた中性化環境の評価に関する基礎的検討, セメント・コンクリート論文集, No. 66, pp. 485 - 490, 2012.

③山田 猛, 菊地道生, 佐伯竜彦, 斎藤 豪 : 薄板モルタル供試体を用いた中性化環境評価の影響要因に関する検討, 第 67 回セメント技術大会講演概要集, pp. 226-227, 2013. 5

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称 : コンクリート構造物の劣化診断ツール

及び劣化診断方法

発明者 : 佐伯竜彦

権利者 : 新潟大学

種類 : 特許

番号 : 特願 2012-260258 号

出願年月日 : 24 年 11 月 28 日

国内外の別 : 国内

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐伯 竜彦 (SAEKI TATSUHIKO)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号 : 90215575