

# 表層透気試験による既設コンクリート構造物の塩分浸透抵抗性評価

広島大学 正会員 ○下瀬 千江里

広島大学 正会員 半井 健一郎

西日本高速道路エンジニアリング中国 正会員 山本 雅行

## 1. 背景・目的

近年、コンクリート構造物の塩害が大きな問題となっている。既設構造物では、微破壊試験により、コンクリートの塩化物イオンの拡散係数(以下  $D_c$ )を求め、劣化診断や寿命予測などを行うが、 $D_c$ を測定する際の構造物への損傷が不可避である。一方、非破壊試験により測定可能な表層透気係数(以下  $k_T$ )は、室内試験においては $D_c$ と良好な関係が示されているものの、既設構造物における $k_T$ と $D_c$ との関係の分析は多くない。

そこで本研究では、既設構造物において非破壊で測定される $k_T$ と微破壊試験によって測定される $D_c$ の相関の有無を分析することで、表層透気試験により既設構造物の $D_c$ を推定することの実現可能性を検討する。また、実構造物調査と室内試験の結果をもとに環境の違いが表層透気試験の結果や塩化物イオンの浸透性に及ぼす影響を分析し、結果の妥当性を検討する。

## 2. 試験概要

本研究では、実構造物調査と室内試験を行った。実構造物調査を行った構造物の概要を表-1に示す。室内試験では、水セメント比(W/C)または養生の異なる円柱供試体( $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ )を作製し、試験を行った。供試体の配合を表-2に示す。W/Cシリーズでは、普通ポルトランドセメント(OPC)を使用した。養生は5日間の封緘養生後、23日間の水中養生( $20^\circ\text{C}$ )を行った。養生シリーズでは、高炉セメントB種(BB)を使用した。養生は1日、7日、28日間の封緘養生または、1日封緘後1日気中曝露その後26日水中養生( $20^\circ\text{C}$ )または、1日封緘後27日水中養生の5種類で行った。両シリーズとも封緘養生および養生終了後の気中曝露は温湿度の制御のない屋内で行った。実構造物調査、室内試験ともに、(1)表層透気係数及び、(2)見かけの拡散係数を求めた。

表-1 構造物概要

構造物名	M 橋	Y 橋	O 橋	S 橋	T 橋
調査箇所	床版	床版	床版	床版	床版
供用年[年]	31	42	28	28	32
測定数 [カ所]	10	4	3	9	2

表-2 配合表

シリーズ	供試体名	W/C	単位量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )			
			W	C	S	G
(1)水セメント比	OPC45	0.45	170	378	758	1013
	OPC50	0.50	170	340	790	1012
	OPC55	0.55	170	309	819	1008
	OPC60	0.60	170	283	847	1001
(2)養生	BB50	0.50	170	340	774	977

※W:水 C:セメント S:細骨材 G:粗骨材

### (1)表層透気係数の算出

$k_T$ の測定にはトレント法<sup>2)</sup>を用いた。ダブルチャンバーをコンクリート表面に取り付け減圧し、圧力差から $k_T$ を算出する。実構造物調査では、目視で容易に判断できる劣化部は避け、各測定箇所6点以上で測定した。室内試験では円柱供試体底面を条件の同じ4体の供試体で測定し、それぞれの平均値を算出した。

### (2)見かけの拡散係数の算出

実構造物調査では、電動ドリル削孔によりコンクリート粉末を2cm毎で採取した。蛍光X線分析装置を用いて採取した試料の塩化物量を測定した。室内試験は塩分浸漬試験をJSCE-G572<sup>3)</sup>に準じて行った。供試体を両端面から25mm部分を切断除去して、高さ150mm程度にし、打込み側の切断面を残し、他の面をエポキシ樹脂で被膜した。エポキシ樹脂の硬化後、水中( $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ )で24時間以上保存した後、10%濃度のNaCl溶液( $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ )に56日間浸漬させた。浸漬終了した供試体は表面から1cm毎にスライスし試料粉碎後、蛍光X線分析により塩化物イオン濃度を測定した。各試験において、深さごとに測定した塩化物量の分布に Fick

キーワード 表層透気係数, 塩化物イオンの見かけの拡散係数, 塩害, 寿命予測

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・7828

の拡散則に従いフィッティングを行い、 $D_c$  を求めた。

### 3. 試験結果

図-1 に実構造物調査、本室内試験、既往研究の室内試験<sup>1)3)4)5)</sup>における  $kT$  と  $D_c$  の関係を示す。各試験結果は傾きが同程度の右上がりの傾向を示し、実構造物調査結果にも  $kT$  と  $D_c$  の良好な相関があることが確認された。値の差異に関しては、以下にて分析を行う。

#### (1)本研究の室内試験と既往の室内試験の差の分析

本研究の室内試験結果は既往の室内試験に比べ  $kT$  が小さく、 $D_c$  が大きい傾向があった。この差の1つ目の要因として乾燥が挙げられる。本室内試験の乾燥期間は1から2ヵ月程度であったのに対して、既往の室内試験の乾燥期間は、3ヵ月から1年程度であった。短期乾燥の  $kT$  は3ヵ月から1年程度の乾燥で1オーダーほど上昇することが報告されている<sup>6)</sup>。従って、本研究の室内試験も乾燥期間の延長で  $kT$  が上昇すると考えられる(図-1①)。2つ目の要因として、浸漬期間が考えられる。本研究の浸漬期間は、2か月の浸漬を実施した。しかし、既往の研究は3ヵ月の浸漬をしている。浸漬試験では浸漬期間が長くなるにつれて  $D_c$  は減少する<sup>7)</sup>と報告されており、浸漬期間を延長すると本室内試験結果の  $D_c$  は低下すると考えられる(図-1②)。

#### (2)実構造物調査結果と室内試験の差の分析

実構造物調査結果は既往の室内試験に比べ  $kT$  が大きく、 $D_c$  が小さい傾向があった。この差の1つ目に微細ひび割れが要因であると考えられる。表層透気試験では、目視で判断できる劣化部は避けて測定を行ったが、目視判断が容易でない微細ひび割れが原因で  $kT$  が100以上となるものがあった。 $kT$  と  $D_c$  の関係を微細ひび割れの影響の可能性があるデータを含めたデータ(全データ)と棄却したデータを分けると、棄却データは全データに比べ  $kT$  が低い傾向にあった。従って、微細ひび割れの要因を排除すると  $kT$  が低下すると考えられる(図-1③)。2つ目の要因として乾燥が挙げられる。実構造物の供用年は30年程度であり、乾燥が進んでいた。長期乾燥と3ヵ月から1年程度の乾燥で  $kT$  に1オーダーほど差があるとされている<sup>8)</sup>。従って、乾燥の要因を排除すると  $kT$  が低下すると考えられる(図-1④)。3つ目に塩分供給の条件の違いが挙げられる。室内試験では、 $\text{NaCl}$  溶液中に供試体を暴露した。一方、実構造物へ塩化物イオンが供給される要因である凍結防止剤は、冬季のみの散布であるため頻度は限られており、塩分の

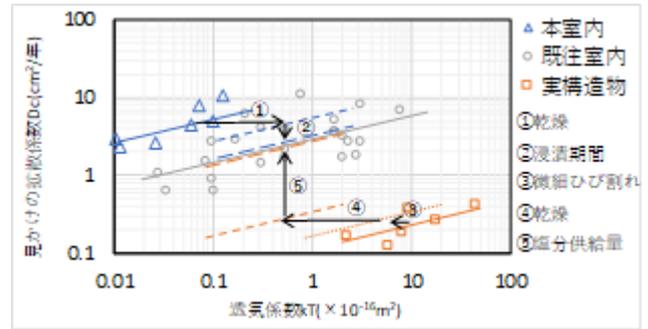


図-1 試験結果と差の要因

供給条件の違いが原因で見かけの拡散係数に差が生じる可能性がある。従って、塩分供給の条件の違いの要因を排除すると  $D_c$  が増加すると考えられる(図-1⑤)。

### 4. まとめ

実構造物調査結果から  $kT$  と  $D_c$  の良好な相関が確認できたこと、室内試験結果との差の要因が明確にできることから、表層透気試験により既設構造物の  $D_c$  を推定することは実現可能であると考えられる。

### 5. 参考文献

- 1) Torrent, R. J., Service life prediction: Theoretically, labcrete and realcrete approaches., The Third International Conference on Sustainable Construction Materials & Technologies (SCMT 3), Japan., 2013.
- 2) Torrent, R. J. : A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site. Materials and Structures, 25(6), pp. 358-365, (1992)
- 3) 北山良ら, コンクリートの材齢が急速塩分浸透性の試験結果に及ぼす影響, 土木学会第60回年次学術講演会, pp.535-536, 2002.
- 4) 横関康祐ら, 水和反応と温度依存性を考慮したセメント系材料のイオン拡散係数予測モデル, 土木学会論文集, Vol.58, No.725, pp.131-142, 2003.
- 5) 小倉孝道ら, 各手法で求めたコンクリートの塩化物イオン拡散係数の比較, 土木学会第60回年次学術講演会, pp.379-380, 2005.
- 6) 蔵重勲ら, 透気係数の含水依存性を考慮したコンクリート表層品質の非破壊評価法の一提案, セメント・コンクリート論文集, No.65, pp.225-232, 2011.
- 7) 烏田慎也ら, 電気泳動法の実効拡散係数と浸漬法の見かけの拡散係数との関係に関する実験的考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.859-863, 2013.
- 8) 田中章夫ら, 鉄筋コンクリート造建築物の表層透気性を評価する上での2,3の課題に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1775-1780, 2010.