

現場透気試験による 構造体コンクリートの耐久性評価指標の検討

香川県庁 國方 翔太



研究背景と目的



鉄筋コンクリート構造物
の維持管理の重要性



透気係数の
含水依存性



品質評価図の提案
及び適用性の検討

◆ 近年、劣化した鉄筋コンクリート構造物の急激な増加が問題となっている



目視点検

現在の維持管理手法

破壊試験(コア抜き)
非破壊試験(目視判定, シュミットハンマー, 弾性波試験etc)



岡崎らの研究(2007)

構造物の優れた耐久性には強度と物質移動抵抗性が必要
コンクリートの強度と物質移動抵抗性は必ずしも等価ではない

強度だけでなく物質移動抵抗性を考慮した耐久性評価指標の確立が重要

研究背景と目的

鉄筋コンクリート構造物
の維持管理の重要性

透気係数の
含水依存性

品質評価図の提案
及び適用性の検討

◆ 現在, **物質移動抵抗性**を考慮した手法として**透気試験**が着目されている



Torrent法



Output法



Seal法

透気試験

- ◆ 非破壊試験
- ◆ 透気係数によりコンクリートの密実性を定量的に評価
- ◆ コンクリートの**含水状態**に透気係数は**大きく依存**
⇒ 含水率が著しく変化する実構造物の密実性の適切な評価は難しい
⇒ **含水状態**を考慮した**透気係数の評価**が必要

透気係数からコンクリートの耐久性能を推定
⇒ **維持管理**において極めて**有効な手法**が確立

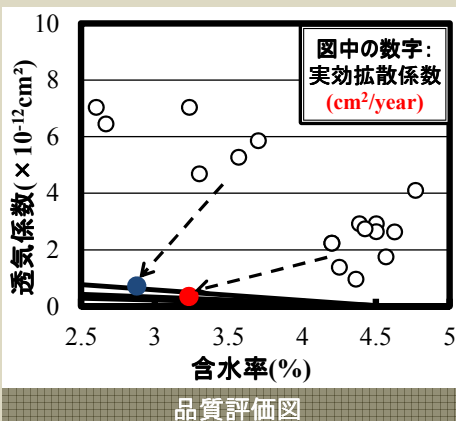
研究背景と目的

鉄筋コンクリート構造物
の維持管理の重要性

透気係数の
含水率依存性

品質評価図の提案
及び適用性の検討

◆ **透気試験**の応用として**品質評価図**を提案(國方, 2012)



品質評価図

透気係数と含水率の関係から鉄筋コンクリート構造物の塩化物イオンの実効拡散係数の推定が可能

2012年の研究

現場での**測定結果**は検量線から大きく**逸脱**

品質評価図の作成における問題点

- ◆ 実部材よりも**小さい供試体**(15 × 15 × 5cm)における透気係数と含水率の関係から品質評価図を作成
- ◆ **アウトプット法**に基づく透気試験の結果を採用

研究背景と目的

鉄筋コンクリート構造物
の維持管理の重要性



透気係数の
含水率依存性



品質評価図の提案
及び適用性の検討

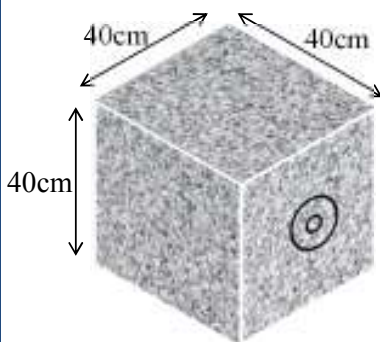
◆ 本研究目的 ◆

現場透気試験による種々のコンクリートの透気係数と含水率の関係を把握し、
品質評価図の検量線について検討

透気係数と含水率の関係からコンクリートの実効拡散係数、促進中性化速度係
数を推定できる品質評価図を作成し、実構造物への適用可能性について検討

透気試験・含水率測定試験概要

供試体概要



水セメント比

65%
50%
40%

×

養生方法

3日脱型気中養生

1日脱型28日水中養生

曝露環境

× 屋内
× 屋外
× 屋内

= 9ケース

* セメント: OPC (普通ポルトランドセメント)

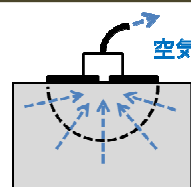
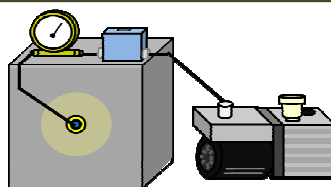
* 供試体側面: 試験面以外はアルミテープでシール

試験方法概要

透気試験



Seal法



含水率測定試験

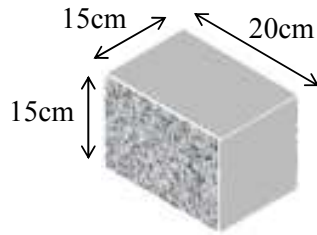


高周波容量式

促進中性化試験概要 (JIS A 1153:2003)



供試体概要



水セメント比

養生

$$\begin{array}{l} 65\% \\ 50\% \\ 40\% \end{array} \times \begin{array}{l} 3\text{日脱型気中養生} \\ 1\text{日脱型28日水中養生} \end{array} = 6\text{ケース}$$

* セメント: OPC (普通ポルトランドセメント)

* 供試体側面: 両側面以外はエポキシ樹脂でシール

試験方法概要



◆ 温度20°C, 湿度60%, CO₂濃度5.0%に設定

◆ 中性化深さの測定

- ・ 促進期間が4, 8, 13, 26週になったときに測定
- ・ フェノールフタレイン1%溶液を用いて測定

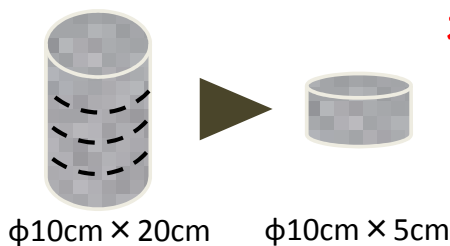
◆ 中性化深さと促進期間の関係

⇒ 促進中性化速度係数

電気泳動試験概要 (JSCE-G 571-2007)



供試体概要



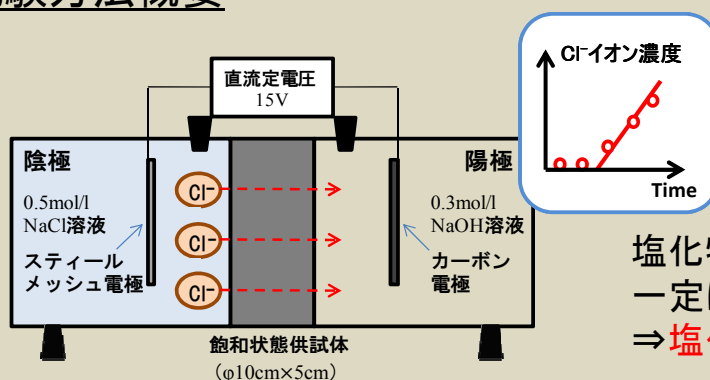
水セメント比

養生

$$\begin{array}{l} 65\% \\ 50\% \\ 40\% \end{array} \times \begin{array}{l} 3\text{日脱型気中養生} \\ 1\text{日脱型28日水中養生} \end{array} = 6\text{ケース}$$

* セメント: OPC (普通ポルトランドセメント)

試験方法概要



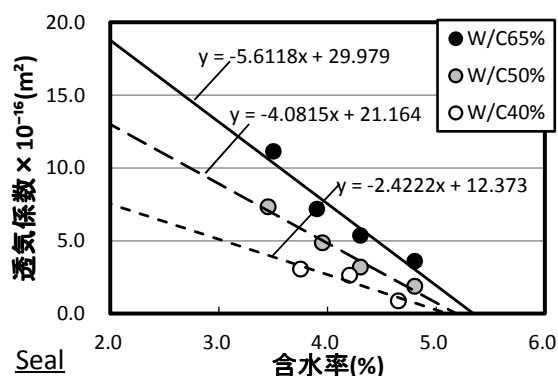
塩化物イオン濃度の増加割合が一定になったときのグラフの傾き
⇒ 塩化物イオンの実効拡散係数

透気試験・含水率測定試験結果(シール法)

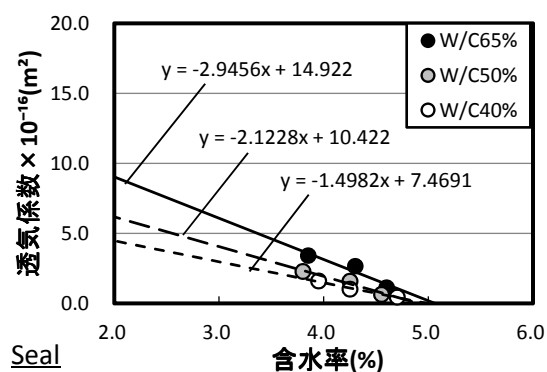


気中養生・水中養生を施した40×40×40cm無筋供試体

気中養生

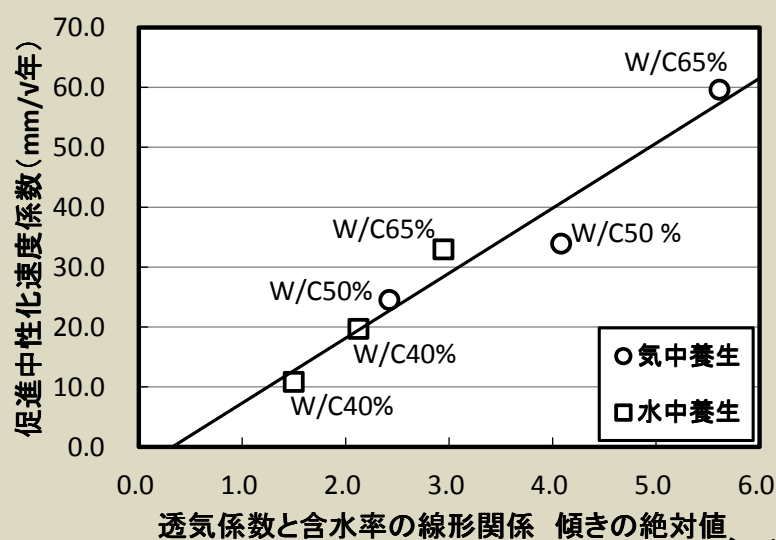


水中養生



水セメント比が**高く**, 含水率が**低い**ほど透気係数は**大きい**
⇒コンクリート中の空気がより大きな乾燥した空隙を通過

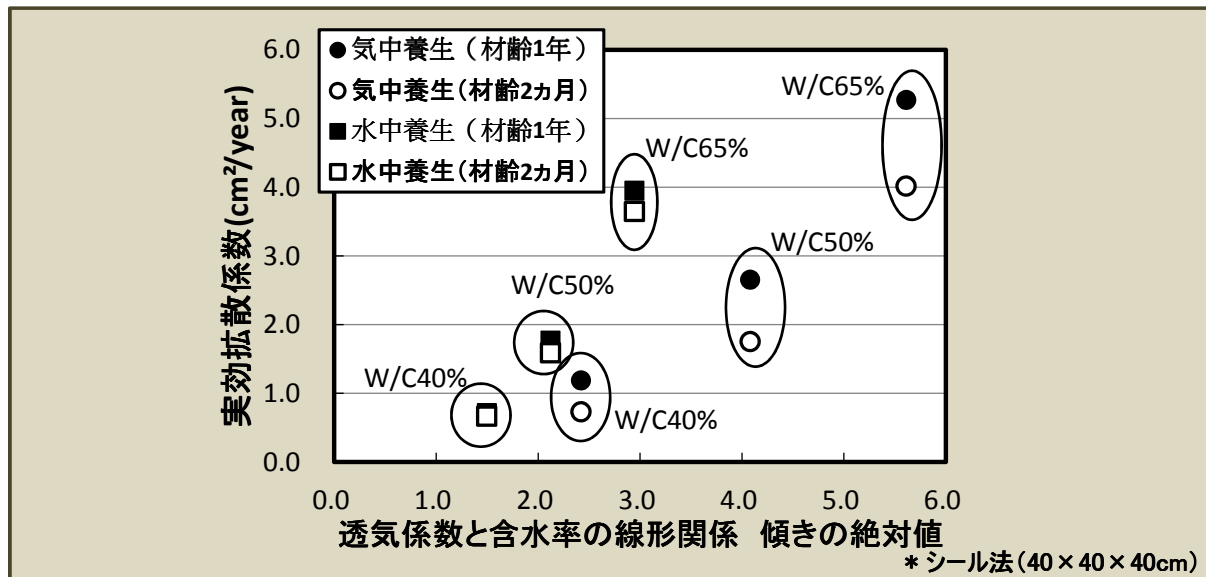
透気試験結果と促進中性化速度係数の関係



促進中性化速度係数と透気試験結果の関係は、ほぼ**直線**
⇒各試験はコンクリート中の**空気の流れ**, **二酸化炭素の拡散**に基づいて実施

線形関係の**傾き**を用いた**促進中性化速度係数**の評価が**可能**

透気試験結果と実効拡散係数の関係



実効拡散係数と透気試験結果の関係は、直線にならない
⇒実効拡散係数は電気泳動により評価された指標

養生条件によって線形関係の傾きを用いた実効拡散係数の評価が可能

品質評価図の実構造物への適用

【対象橋梁】

✓ 宇和島市内6橋梁15か所

【測定項目】

✓ Seal法に基づく透気係数

✓ 含水率

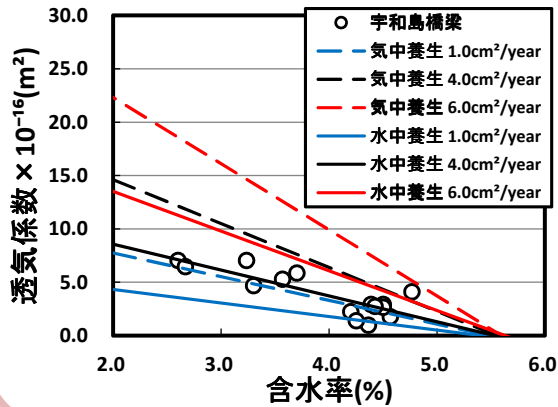
橋脚名	含水率(%)	透気係数 $\times 10^{-14}(\text{m}^2)$	経過年
A橋(アバット下)	2.60	7.04	20
B橋(桁内)	3.57	5.28	20
B橋(桁外)	3.70	5.87	20
C橋	4.77	4.11	33
C橋(アバット上)	2.67	6.46	33
D橋(アバット上)	3.23	7.04	26
D橋(アバット下)	3.30	4.70	26
D橋(桁外)	4.50	2.93	26
D橋(桁内)	4.57	1.76	26
E橋(桁外)	4.20	2.25	24
E橋(桁内)	4.50	2.65	24
F橋(桁横・下流側)	4.39	2.94	25
F橋(桁裏・下流側)	4.36	0.98	25
F橋(桁横・上流側)	4.43	2.75	25
F橋(桁裏・上流側)	4.25	1.39	25



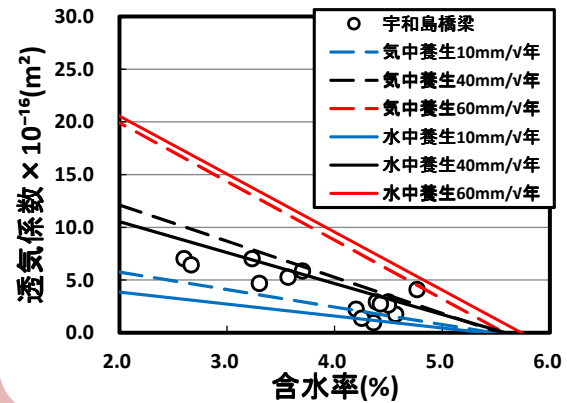
宇和島市内橋梁への適用

屋内曝露・シール法・40×40×40cm

実効拡散係数



促進中性化速度係数



品質評価図により実構造物の促進中性化速度係数の推定が可能

養生条件によって現場における透気係数と含水率の関係から
実構造物の実効拡散係数の推定が可能

結論

透気係数と含水率の関係から品質評価図を作成し
実構造物への適用可能性について検討

透気係数は試験方法, コンクリート中の含水率
コンクリートの水セメント比, 供試体寸法, 養生条件に大きく影響を受ける

透気係数と含水率の関係は, 含水率3.5%~5.0%の範囲で
コンクリートの水セメント比, 供試体寸法, 養生条件に関わらず線形関係

透気試験, 促進中性化試験, 電気泳動試験より得られる各係数は
水セメント比が大きく, 気中養生を施した供試体において大きくなる

品質評価図により実構造物の促進中性化速度係数の推定が可能
塩害に対する物質移動抵抗性を適切に示す指標について検討が必要