高速道路における橋梁RC床版の水による疲労・劣化の評価法に関する研究

九州産業大学 フェロー会員 〇豊福 俊泰

株式会社高速道路総合技術研究所 正会員 広瀬 剛

株式会社高速道路総合技術研究所 正会員 飛田 一彬

## 1. まえがき

全国の高速道路においては,昭和 50 年頃から橋梁上下部工などの劣化問題が多発化し,これを解決するため旧日本道路公団試験所における「RC 構造物の水による疲労・劣化の研究<sup>1),2)</sup>」や,「耐久性を考慮したコ

ンクリートの強度向上と低透水性化の研究<sup>3)</sup>」等が図られた. 解決策としては,鋼橋 RC 床板への膨張コンクリート<sup>4)</sup>,防 水工,PC 床板の採用などが漸次効果的に図られ,水浸透性の 評価法としては九州産業大学でダブルチャンバー式加圧透 水・透気試験機(WAPP)法<sup>5)</sup>が開発されるに至っている.

### 2. WAPP法の概要

WAPP 法(写真-1) は. 最大浸透深さ x と透水量 w の関係(図-1, 普通 15・22・30 のモルタル)から表層透水係数 P 値を式(1)で求める非破壊検査試験機法である<sup>5)</sup>.

 $P = \frac{G\rho w^2}{2tA^2 P_u} \times 10^{-4}$  (1)

ここで、w:透水量(cc)、G:重力加速度(m/sec<sup>2</sup>)、ρ:水の 単位容積質量(g/cm<sup>3</sup>)、t:透水時間(sec,標準20分)、A:内 側チャンバーの断面積(cm<sup>2</sup>)、Pu:透水水圧(kPa,標準55kPa) 性能評価は、表-1の各種コンクリート試験や実構造物への適用に よって確認されており、計測されたw、Pのデータから表層の透水 性(深さ16mm程度までの空隙性状、品質)が検査される(図-2).

区分	コンクリート の種類 (注)	水セメント比 W/C (%) (W/C,kg/m <sup>3</sup> )	材齢	供試体の種類 (寸法, 測定面)	暴露条件 (測定面の養生 方法)
W 増減	普通30W185 普通30W164 普通30W150	61(185/304) 54(164/304) 49(150/304)	4週 7週 1年 2年	・柱部材(高さ 60×幅50× 20cmの片側側	<u>材齢:4週~2年</u> ・屋内暴露 (空気 中, 屋内暴露) ・屋内暴露 (5日
W/C 増 減	普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普普	$\begin{array}{c} 87(166/192)\\ 86(165/192)\\ 68(165/243)\\ 54(164/304)\\ 52(163/314)\\ 45(172/383)\\ 38(180/474)\\ 37(179/484)\\ 30(170/567)\\ 29(170/597) \end{array}$	2年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年	面) ・床部材(高さ 20×幅60× 50cmの上面・ 下面) ・柱部材・床部 材から採取した φ10×20cmの コア	間湿潤養生,屋 内暴露) <u>材齢:1~9年</u> ・屋外暴露(空気 中,屋内暴露約3 か月後屋外暴露(5日 間湿潤養生,屋 内暴露約3か月後 屋外暴露)
(注)		/ == ./		•	

**表**−1 性能確認試験(データ数 n=248)

スランプ:8±2.5cm, 空気量:4.5±1.5%, 粗骨材の最大寸法:25mm, セメント:普通 ポルトランドセメント, 細骨材:玄界灘産海砂+壱岐沖産海砂, 粗骨材:古賀産砕 石, 混和剤:AE減水剤, 高性能AE減水剤(普通60のみ)を使用し, 単位セメント量C 変化 のコンクリート

 ・普通30W185・普通30W150:普通30のW=164kg/m<sup>3</sup>をW=185kg/m<sup>3</sup>・150kg/m<sup>3</sup>(C= 304kg/m<sup>3</sup>で一定)とし、スランプが変化のコンクリート

・普通30W164:普通30のW=164kg/m<sup>3</sup>のコンクリート (スランプ:8±2.5cm)

キーワード 透水係数,表層透水係数,加圧透水試験,ダブルチャンバー式,非破壊検査法 連絡先 〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1 九州産業大学 TEL:092-673-5600



(a) ダブルチャンバー部
(b) 計測部
写真-1 ダブルチャンバー式加圧透水・透気
試験機(WAPP) 法の概要



図-1 WAPP法における透水量wと最大浸透 深さxとの関係(透水時間5・10・15・ 20分,透水水圧55kP,M15・M22・M30)



3

8

28 F .

0.5

0.45

0.4

0.3

0.25 0.2

Ş

/**m**m 0.35

ø



# 3. RC構造物の水作用による劣化性能の評価結果

水セメント比 W/C と P 値との関係(図-3)は, W/C 増減に比 ベW 増減の場合,W/C50~55%(コンクリート標準示方書の透 水係数 K<sub>K</sub>式 logK<sub>K</sub>= 0.043W/C-12.5 の 50%, 55% 該当の 0.45, 0.73 ×10<sup>-10</sup>m/s)程度を変曲点として急激に P 値が増加しており、こ れに該当する B<sub>1-1</sub> (一般の RC 用), B<sub>0-1</sub> (RC 床板用) コンクリー トは、配合・施工条件と共に乾湿繰返しの環境条件(図-4)に よって劣化が進行することが定量的に評価・解明された.

RC 構造物の水作用による疲労劣化は、P 値とすりへり速度係 数βとの関係<sup>2),5)</sup>(図-5)から、滞水部材である鋼橋 RC 床版上 面の場合, P 値が 5.31×10<sup>-10</sup> m/s (W/C75%に相当)を超える透 水性の事例が多数あり(図-3)、大型車の通行によってコンクリ ートのすりへり・砂利化現象が多発したものと考察される.

また,鋼橋 RC 床版のように,鋼桁の拘束が大きい合成桁の場 合, 普通コンクリート床版ではチャンバー部が吸着せず P 値の



14

図-4 材齢と水分率(乾湿繰返し)・P 値との関係の概略

角柱側面

00

GE)

不良

 $y = 0.0308 \ln(x) + 0.292$ 

R = 0.774



測定が不能となり潜在的にひび割れが存在することが確認され、測定可能であった箇所の結果からは、P 値 が大きいほどひび割れ密度も大きくなることが示されている(図-6)<sup>1),4)</sup>. 膨張コンクリート床版では、ひび 割れの発生が殆どなしで P 値が小さく測定され、床版上面の疲労・劣化も発生していないと推察された.

## 4. まとめ

水による橋梁 RC 床板上面の疲労劣化(砂利化現象)は、W/C50~55%であっても W が多いコンクリート の場合、乾燥による P 値(WAPP 法、透水係数)の増大・ひび割れ発生に起因して水浸透量が増大すること が原因であり, 膨張コンクリートの採用により P 値の低減が図られ高耐久性が確保できることが確認された.

#### 参考文献

1)日本道路公団試験所コンクリ-ト試験室:道路橋鉄筋コンクリート床板の損傷機構に基づく健全度判定と補修工法の選択,試 験所技術資料第 413 号, pp.1-319, 1985.3

2) 豊福俊秦・永松武則・鶴窪廣洋・豊福俊英・中山慎也:コンクリートのすりへりの進行予測に関する研究,土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.72, No.4, pp.380-399, 2016.11

3)財団法人高速道路技術センター:耐久性を考慮したコンクリ-トの強度向上と低透水性化の研究,分科会報告書, pp.1-36, 1997.3 4)豊福俊秦・内野雅彦・松井秀誠・篠原知則:膨張コンクリートによる鋼道路橋RC床板ひび割れ対策工の33年間追跡調査, 日本コンクリート工学会,コンクリート工学年次論文集 2017, Vol.39, No.2, pp.1225-1230, 2017.7.

5)Toshiyasu Toyofuku et al. : Technical Development of Nondestructive Inspection Method of Cover ConcreteUsing Water Permeability Tester, International Conferenceon the Regeneration and Conservation of ConcreteStructures (RCCS), FF0063, 2015.6.1-3