

透水性・透気性試験による滞水部材コンクリートのすり減りの診断法に関する研究

九州産業大学大学院 学生会員 ○中山 慎也
九州産業大学工学部 フェロー会員 豊福 俊泰
九州産業大学大学院 学生会員 龍 幸廣

1. まえがき

社会資本が維持管理時代を迎えた現在、コンクリートの品質管理法として、非破壊検査による現位置試験法の開発が課題となっている。本研究では、水流や車輪等の摩耗作用によってコンクリート断面が欠損していく滞水部材のすり減り(摩耗による劣化)に対する非破壊検査法の開発へ向け、ダブルチャンバー透気試験法・透水試験法、水分計法による水分率への適応性を検討したものである。

2. 試験方法

試験は、滞水部を模擬するため、測定面に水を流した状態で行い、外力として鋼球を自由落下で衝突させる方法を用いた(図-1 参照)1)。実施内容は、表-1～表-3 のように、供試体の種類ごとに鋼球の種類(鋼球, アルミ球, 中空球), 衝突速度を組み合わせるものとする。衝突速度は、 $\sqrt{2gh}$ によって落下高さを変える方法を採用している(g : 重力加速度)。供試体は、寸法が 15cm の立方体とし、目標強度が 15, 30, 45, 60N/mm² となる 4 種のレディーミクストコンクリートを用いた(C15, C30, C45, C60 と示す)。

試験の流れとしては、高周波容量式水分計により測定面の水分率(%)を測定した後、ダブルチャンバー透気試験・透水試験を実施し、透気性指数 K 値($\times 10^{-16}m^2$)および透水性指数 P 値($\times 10^{-10}m/sec$)の測定を行う(写真-1, 写真-2 参照)。その後、24 時間水中浸漬させた供試体に対してすり減り試験を実施した。すり減り試験(以後、すり減りによって生じた物理量については、摩耗量と呼ぶ)は、最大衝突回数を 800 回とし、計測値は最大摩耗深さ(mm), 表面の摩耗面積(cm²), 水置換法による摩耗体積(ml=cm³)とする。また、摩耗体積/摩耗面積を平均摩耗深さとして計算した。

3. 試験結果と考察

(1) 最大摩耗深さと平均摩耗深さの関係

最大摩耗深さと平均摩耗深さの関係を図-2 に示す。図より、最大摩耗深さと平均摩耗深さの間には線形関係が認められた。したがって、以後最大摩耗深さを摩耗量の代表値として、考察を行う。

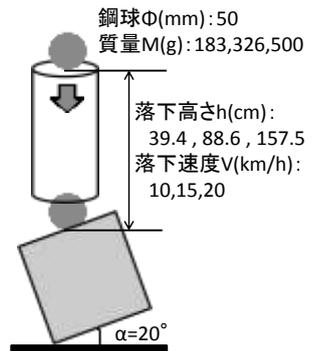


図-1 すり減り試験装置

表-1 供試体の種類

コンクリートの種類	水セメント比 W/C(%)	材齢	暴露条件
C15	86	12年	屋内
C30	54		
C45	37		屋外
C60	30		

表-2 外力の条件

鋼球名	鋼球		衝突条件		
	鋼球質量 M(g)	鋼球半径 Φ(mm)	落下速度 V(km/h)	落下高さ h(cm)	衝突角度 α(°)
鋼球	506	50	10	39.4	20
アルミ球	183		15	88.6	
中空球	326		20	157.5	

表-3 実施条件一覧

鋼球質量M(g)	落下速度V(km/h), (落下高さh)		
	10, (39.4cm)	15, (88.6cm)	20, (157.5cm)
183	○	○	○
326	-	○	-
506	-	○	-



写真-1 ダブルチャンバー透気性試験



写真-2 ダブルチャンバー透水性試験

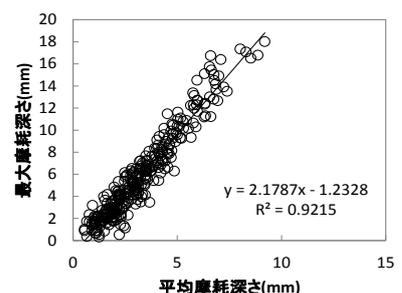


図-2 摩耗量の関係

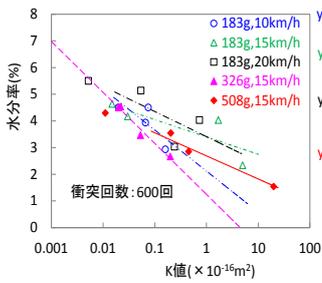


図-3 水分率と K 値の関係

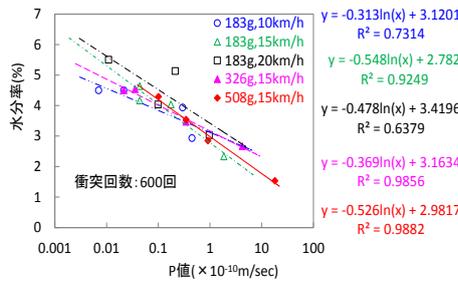


図-4 水分率と P 値の関係

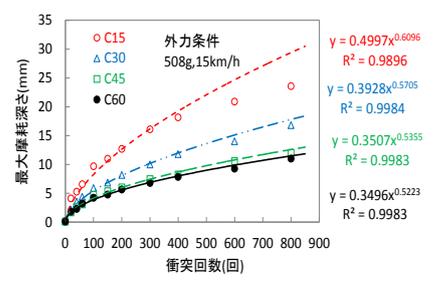


図-5 摩耗量と衝突回数との関係

(2) 最大摩耗深さと各種要因の関係

水分率と、透気係数 K 値・透水係数 P 値との関係を図-3、図-4 に示す。図から、K 値と P 値が大きくなるほど、水分率が小さくなる傾向となった。次に、最大摩耗深さ(摩耗量)と各種要因(衝突回数, K 値, P 値, 水分率)との関係を、外力の条件別に示したものを、図-5～図-8 に示す。全体の傾向として、摩耗量は目標強度・衝突回数と高い相関があることが確認された(図-5 参照)。本研究で用いた非破壊試験によって得られた値との関係については、K 値と P 値が大きく、水分率が小さいほど摩耗量が大きくなる傾向が見られた(図-6～図-8 参照)。

(3) すり減りの予測・評価式

最大摩耗深さと各種要因の関係を、非破壊試験別に重回帰分析で求めた(変数増減法, $F_{in}=F_{out}=2$, n : データ数, R : 重相関係数, es : 残差の標準偏差)。解析結果として得られたすり減りの予測式を(1)式～(3)式, また実測値と予測値の関係を図-9 に示す。

$$Ad=10^{-2.575} \times N^{0.513} \times Mo^{-0.722} \times M^{0.493} \times V^{1.077} \quad (1)$$

$$(n=317, R=0.924, es=0.38mm)$$

$$Ad=10^{-3.080} \times N^{0.513} \times M^{0.656} \times K^{0.116} \times V^{0.922} \quad (2)$$

$$(n=317, R=0.929, es=0.32mm)$$

$$Ad=10^{-2.881} \times N^{0.511} \times M^{0.598} \times P^{0.123} \times V^{0.867} \quad (3)$$

$$(n=317, R=0.927, es=0.34mm)$$

ここで、Ad: 最大摩耗深さ(mm), N: 衝突回数(回), M: 鋼球質量(g), V: 衝突速度(km/h), Mo: 水分率(%), P: 透水性指数 P 値($\times 10^{-10}m/sec$), K: 透気性指数 K 値($\times 10^{-16}m^2$)。

いずれの式も高度の相関性が認められ、衝突回数が最も相関が強い結果となった。すり減りの評価は、使用性から摩耗深さ $Ad=10mm$ としたとき、閾値として $Mo=2.0\%$, $K=0.1 \times 10^{-16}m^2$, $P=0.1 \times 10^{-10}m/sec$ を提案する。

4. まとめ

本研究で用いたダブルチャンバーによる透気試験法・透水試験法、水分計法は、いずれも滞水部材コンクリートのすり減りの診断法として実用性があり、これらによる予測式および閾値を提案した。

参考文献

- 1) 豊福俊泰・彌永育代・中山慎也・龍幸廣: ダブルチャンバー透気性試験法・透水性試験法・水分計法・反発度法エコーチップ法によるかぶりコンクリートの品質診断法の開発, 土木学会西部支部平成 25 年度研究発表会論文集, pp.31～pp.36, 2013.11.22

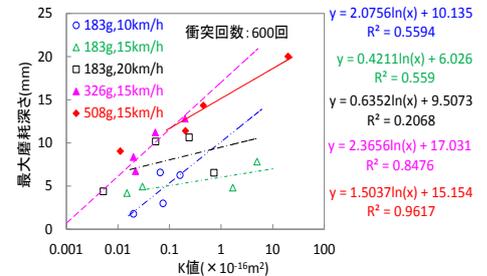


図-6 摩耗量と K 値の関係

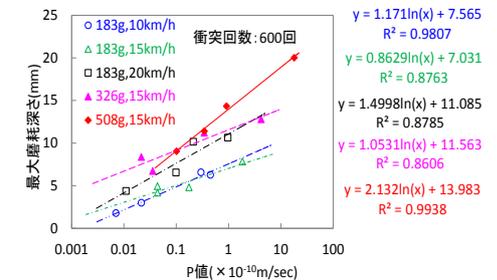


図-7 摩耗量と P 値の関係

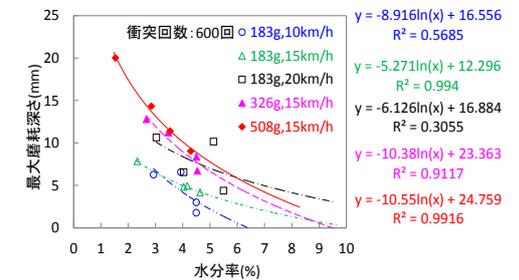


図-8 摩耗量と水分率の関係

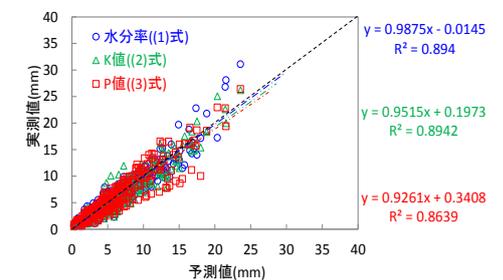


図-9 実測値と予測値の関係