

コンクリートの簡易吸水速度に関する実験検討

熊谷組 ○野中 英
日大生産工 湯浅 昇

1 はじめに

コンクリートの表層部の品質は、中性化、塩害などの耐久性と密接な関係があり、その品質を評価することは重要である。コンクリート表層部の品質を評価する方法は、破壊試験としてコアを採取する方法や、非破壊試験として打設したコンクリートの原位置で試験する方法などがある。

コンクリート表層部の品質を原位置で評価する方法としては、コンクリートの反発度やひっかき傷幅などの強度を指標とした方法¹⁾、空気の透過性に着目した透気性に関する方法²⁾³⁾、水の吸水や透過に着目した透水・吸水による方法⁴⁾⁵⁾がある。これらの方法は、試験方法として種々の研究者がその試験方法、評価方法を独自に提案しているのが現状である。

筆者らは、コンクリート表層部の品質を評価する方法として、ドリル削孔を用いた透気性・吸水性に関してその試験方法および評価方法を検討している⁶⁾。ドリル削孔を用いた透気試験方法に関しては、その試験方法および評価方法について、その基準等を提案しているが、ドリル削孔を用いた吸水試験については、試験方法を示しているものの、様々な種類のコンクリートで実施した結果は少ない。

本報告では、図1に示す、ドリル削孔を用いた吸水試験においてコンクリートの調合、養生の異なる場合の品質を評価することを目的として、調合要因として水セメント比、単位水量、セメントの種類、空気量を変化させた場合および養生の要因として脱型材齢を変化させた場合の測定結果を示すものである。

2 実験概要

2.1 実験の要因と水準

表1に実験の要因と水準を示す。実験の要因は水セメント比、セメントの種類、空気量、単位水量および脱型材齢とし、水準は表1に示す通りとした。

2.2 コンクリートの使用材料および調合

コンクリートの調合および使用材料を表2および表3に示す。コンクリートの調合要因および水準は水セメント比50%、セメントの種類を普通ポルトランドセメント（N）、単位水量を170kg/m³、空気量を4.5%を基準として、水セメント比では40%、45%、60%、80%、セメントの種類では早強ポルトランドセメント（H）、中庸熱ポルトランドセメント（M）、低熱ポルトランドセメント（L）、高炉セメントB種（BB）、空気量では1.0%、3.0%、6.0%および単位水量では160kg/m³、180kg/m³、190kg/m³と変化させた。

スランプおよび空気量の目標値は、スランプを18±2.5cm、空気量を4.5±1.0%とした。空

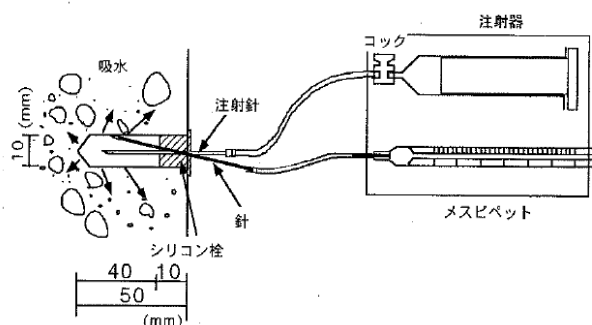


図1 供試体の概要

表1 実験の要因と水準

要因	水準
水セメント比(%)	40,45,50,60,80
セメントの種類	普通ポルトランドセメント 低熱ポルトランドセメント 中庸熱ポルトランドセメント 早強ポルトランドセメント 高炉セメントB種
空気量 (%)	1.0, 3.0, 4.5, 6.0
単位水量 (kg/m ³)	160,170,180,190
脱型材齢(日)	1,3,7,28

表2 コンクリートの調査

調合 要因	W/C (%)	セメントの 種類	空気 量 (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤(g/m ³)		圧縮 強度 (N/mm ²)
				水	セメ ント	細骨材		粗骨材	Ad1	AE 剤 ^{*1} 消泡剤 ^{*2}	
						S1	S2				
水セメ ント比	40	N	4.5	170	425	398	411	901	4250	850 ^{*1}	61.6
	45	N	4.5	170	378	416	429	901	3400	756 ^{*1}	51.5
	50	N	4.5	170	340	431	445	901	2720	680 ^{*1}	39.9
	60	N	4.5	170	283	454	469	901	2550	849 ^{*1}	29.1
	80	N	4.5	176	220	472	487	901	2420	440 ^{*1}	16.8
セメント の 種類	50	N	4.5	170	340	431	445	901	2720	680 ^{*1}	39.9
	50	L	4.5	170	340	434	447	901	2720	1020 ^{*1}	39.3
	50	M	4.5	170	340	434	447	901	2720	850 ^{*1}	39.0
	50	H	4.5	170	340	431	445	901	3400	1020 ^{*1}	48.3
	50	BB	4.5	170	340	426	440	901	2890	1020 ^{*1}	37.2
空気 量	50	N	1.0	170	340	431	445	901	2720	136 ^{*2}	49.9
	50	N	3.0	170	340	431	445	901	2720	0	43.9
	50	N	4.5	170	340	431	445	901	2720	680 ^{*1}	42.5
	50	N	6.0	170	340	431	445	901	2720	1360 ^{*1}	37.3
単位 水量	50	N	4.5	160	320	453	467	901	3040	320 ^{*1}	46.2
	50	N	4.5	170	340	431	445	901	2720	680 ^{*1}	42.5
	50	N	4.5	180	360	413	426	901	1980	720 ^{*1}	42.1
	50	N	4.5	190	380	393	405	901	1520	1140 ^{*1}	40.4

気量の違いにおける空気量は1.0±1.0%、3.0±1.0%、4.5±1.0%、6.0±1.0%とした。

2.3 供試体および養生

図2に供試体の概要を示す。供試体は、寸法を300×300×150mmとし、脱型材齢の1、3、7、28日まで20℃恒温恒湿室内で型枠内で養生した。脱型後は、□300×300mmの2面を乾燥面とし、それ以外の面は、プチルテープを貼り付け、封かん養生とした。測定位置は、図2に示す測定面の上、中、下の6点とした。なお、削孔法における吸水試験の測定材齢は3ヶ月とした。

2.4 削孔法における吸水試験方法

- (1)測定箇所直径10mm、深さ50mmの孔をハンマードリルを用いて削孔する。
- (2)削孔に直径10mm、長さ10mmのシリコン栓を施し、この栓に注射針を孔に水平に刺す。
- (3)小孔に達するように2本目の注射針を斜めに差し込み、これをメスピペットに接続する。
- (4)1本目の注射針に注射器を接続し、その注射器により削孔に水を注入し、メスピペットより水がオーバーフローしたときに注入を中止する。
- (5)水が孔の周壁に吸収されるとき、メスピペット上で0.01ml吸収される時間T(sec)を測定する。このとき、0.01ml吸水される時間が10秒以下となる場合、吸水量を0.03mlとして測定する。

2.5 簡易吸水速度

簡易吸水速度Qは、次式(1)により算出する。

表3 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント(N) (密度 3.16 g/cm ³) 低熱ポルトランドセメント(L) (密度 3.22 g/cm ³) 中庸熱ポルトランドセメント(M) (密度 3.21 g/cm ³) 早強ポルトランドセメント(H) (密度 3.14 g/cm ³) 高炉セメント B 種(BB) (密度 3.04 g/cm ³)
水	つくば市上水道水(W)(密度 1.00g/cm ³)
細骨材	掛川産川砂(S1)(表乾密度 2.56g/cm ³) 桜川産砕砂(S2)(表乾密度 2.64g/cm ³)
粗骨材	桜川産碎石(G)(表乾密度 2.65g/cm ³)
混和剤	AE 減水剤高機能型(Ad) 空気量調整剤(AE)

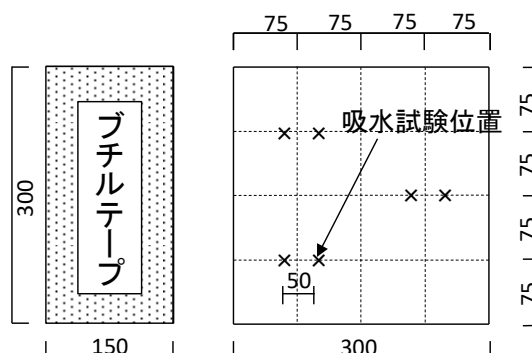


図2 供試体の概要

$$Q = \frac{W}{T} \quad \dots (1)$$

ここに、Q：簡易吸水速度(ml/s)、
W：吸水量 (ml)、T：吸水時間 (s)

3 実験結果および考察

3.1 水セメント比

図3に、簡易吸水速度と水セメント比の関係を示す。水セメント比が異なる場合の簡易吸水速度は、水セメント比が大きくなるほど、脱型材齢が早いほど大きくなる傾向となった。水セメント比の増加に伴う簡易吸水速度の増加は、脱型材齢が早いほどその影響を大きく受ける。これは、水セメント比が大きいほど、脱型材齢が早いほど乾燥の影響を大きく受け、コンクリート表層部が粗になる影響によると考えられる。

3.2 セメントの種類

図4に、セメントの種類の異なる場合の簡易吸水速度を示す。セメントの種類の異なる場合の簡易吸水速度は、普通ポルトランドセメント(N)と比し、水和の早い早強ポルトランドセメント(H)では小さくなり、水和の遅い中庸熱ポルトランドセメント(M)、低熱ポルトランドセメント(L)、高炉セメントB種(BB)では脱型材齢が早い1日や3日では大きくなる傾向となったが、脱型材齢28日とした場合のように、養生期間を長くすることによりセメントの種類の影響は小さくなった。また、水和の遅い低熱ポルトランドセメントでは、脱型材齢の影響が大きく、早強ポルトランドセメント(H)では脱型材齢の影響は小さかった。

水和が遅いセメントを用いた場合に簡易吸水速度が大きくなった原因としては、脱型材齢が早い場合に強度が低く、その状態で脱型した場合では、乾燥の影響により以後の水和の進行を阻害したことにより、空隙が粗な状態が残ったためと考えられる。また、水和の早いセメントを用いた場合には、脱型材齢が早い場合でも強度が高く、水和の進行を阻害しても空隙構造への影響が小さかったことによると考えられる。

3.3 単位水量

図5に、簡易吸水速度と単位水量の関係を示す。単位水量が異なる場合の簡易吸水速度は、脱型材齢が早い1日、3日では単位水量の増加に伴い大きくなる傾向にあるが、脱型材齢7日、28日ではその傾向は認められなかった。また、前述の水セメント比、セメントの種類、後述する脱型材齢の影響と比し単位水量の違いによる簡易吸水速度への影響は小さかった。

単位水量の違いが認められなかった理由としては、圧縮強度が単位水量 160kg/m^3 を除きおおむね同一であり、セメントペースト中の空隙に変化がなかったことが原因の1つとして考えられる。

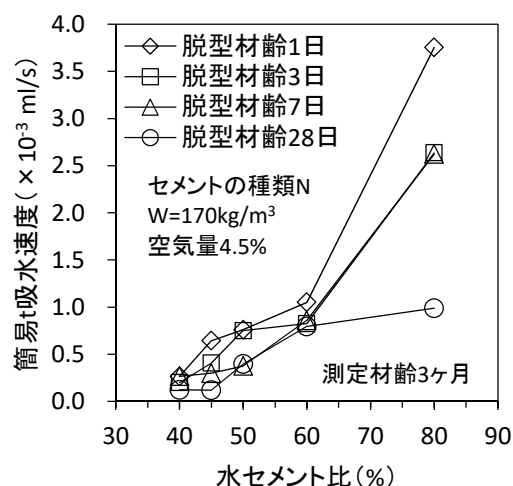


図3 簡易吸水速度と水セメント比の関係

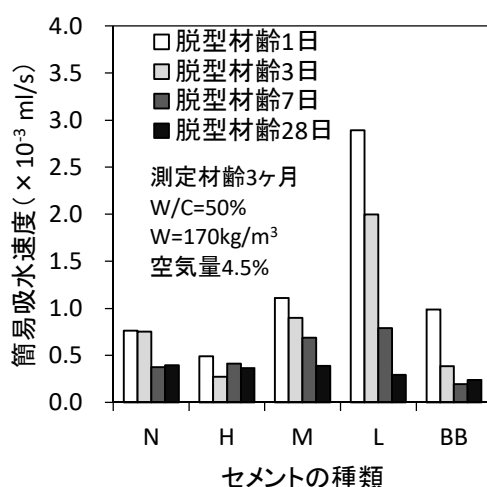


図4 セメントの種類の異なる簡易吸水速度

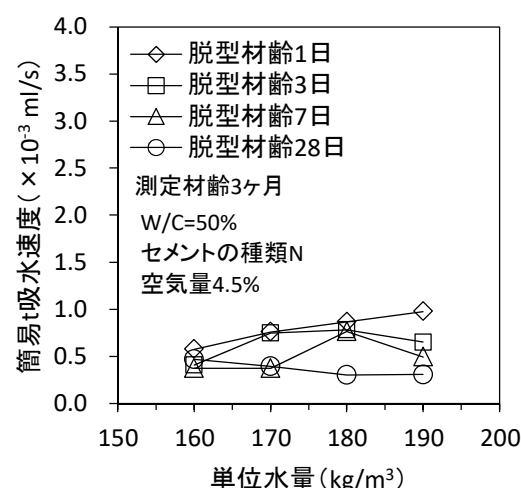


図5 簡易吸水速度と単位水量の関係

3.4 空気量

図6に、簡易吸水速度と空気量の関係を示す。空気量が異なる場合の簡易吸水速度は、空気量の増加に伴い、若干ではあるが増加する傾向となった。ただし、その影響は単位水量と同様に小さかった。

空気量を変化させた場合の圧縮強度は、空気量が1.0%の場合に49.9N/mm²、3.0%の場合には43.9N/mm²、4.5%の場合には42.5N/mm²、6.0%の場合には37.3N/mm²と圧縮強度の違いほど簡易吸水速度への影響は大きくなかった。これは、空気量として連行されたものが独立気泡であったため簡易透気速度への影響が小さかったことが考えられる。

3.5 脱型材齢

図7に、簡易吸水速度と脱型材齢の関係を示す。脱型材齢が異なる場合の簡易吸水速度は、水セメント比が大きい場合には脱型材齢が遅くなるのに伴い小さくなり、水セメント比が小さくなるにつれて脱型材齢の影響は小さくなった。また、水セメント比40%では脱型材齢の影響は認められなかった。脱型材齢の影響は水セメント比80%では大きいものの、それ以外の水セメント比では単位水量、空気量の違いと変わらない程度であった。

4 まとめ

調合、養生の異なるコンクリートの簡易透気速度を測定した結果、以下の知見が得られた。

- (1)水セメント比の違いによる簡易吸水速度は、水セメント比の増加に伴い、簡易吸水速度は大きくなる。
- (2)セメント種類の違いによる簡易吸水速度は、脱型材齢が早い場合に、水和の早いものほど小さく、水和の遅いものほど大きくなる。
- (3)単位水量、空気量の異なる場合の簡易吸水速度は、他の条件と比し影響は小さい。
- (4)脱型材齢の違いによる簡易吸水速度は、水セメント比80%では大きかったが、それ以外の水セメント比では影響が小さかった。

「参考文献」

- 1)湯浅昇：リバウンドハンマーによる強度推定に関する話題提供—各種リバウンドハンマーの相互比較、リバウンドハンマーの反発度と圧縮強度との関係を求める方法の提案—、コンクリート工学、Vol.48、No.12、pp.23～30、2010.12
- 2)R.Torrent and G.Frenzer:A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the “covercrete”、International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering(NDT-CE)、pp.985-992,1995
- 3)野中、湯浅：ドリル削孔を用いた構造体コ

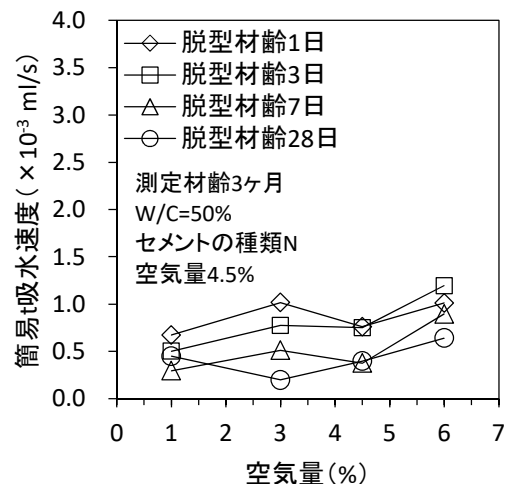


図6 簡易吸水速度と空気量の関係

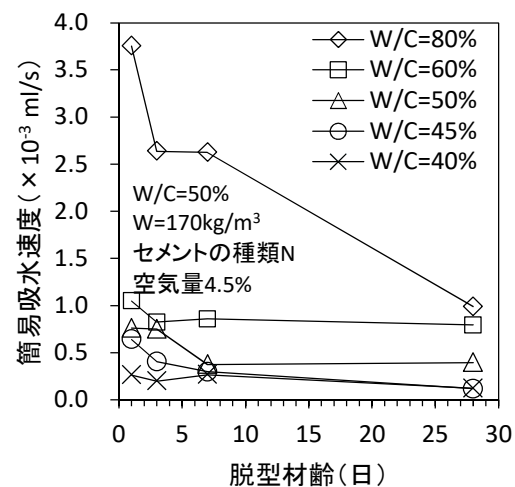


図7 簡易吸水速度と脱型材齢の関係

ンクリートの簡易透気試験方法の提案、日本建築学会構造系論文集、第79巻、第700号、pp.689-606、2014.6

- 4)林、細田：コンクリート実構造物に適用できる表面吸水試験方法の開発、コンクリート工学年次論文集、Vol.33、No.1、pp.1769-1774、2011
- 5)豊福ら：ダブルチャンバー透気性試験・ダブルチャンバー透水性試験による表層コンクリートの非破壊検査法の技術開発、コンクリート工学年次論文集、Vol.37、No.1、pp.1801-1806、2015
- 6)野中、湯浅：簡易透気試験による構造体コンクリートの中酸化抵抗性評価、日本建築学会構造系論文集、第80巻、第711号、pp.727-734、2015.5