

水セメント比および単位水量がコンクリート表層の透気性に与える影響の養生依存性に関する一考察

東京大学大学院 (現・鉄道建設・運輸施設整備支援機構) 正会員 ○高松 俊介
 東京大学大学院 学生会員 吉田 亮
 東京大学大学院 学生会員 秋山 仁志
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

1. はじめに

水セメント比 (以下 W/C) がコンクリートの物質移動抵抗性に及ぼす影響は大きく、コンクリート標準示方書の耐久性設計で、かぶりと W/C をパラメータとした照査が行われるように、W/C の重要性は十分に認識されている。一方、同一配合でも、単位水量には大きな変動があり、最近では、施工現場で単位水量試験が実施される。ただし、単位水量が多少変動したところで、W/C に換算すれば、その変動は極めて限定的であることから、単位水量の相違が耐久性に及ぼす影響も限定的ではないかとの指摘もある。事実、配合にもよるが、単位水量 10kg/m^3 の変動は、せいぜい W/C でいう 2~3% 程度の変動である。

物質移動抵抗性に及ぼす単位水量の影響に関する検討には、水中養生供試体の塩分浸透性において、単位水量の増加により実効拡散係数が大きくなると示されている¹⁾が、封緘・気中など、養生が異なる場合における単位水量の物質移動抵抗性への影響程度は明らかでない。また、養生はコンクリート表層の透気性に大きな影響を与えると指摘されている^{2)~4)}が、検討に用いられた供試体では W/C と単位水量が同時に変動しており、それぞれの影響を分離して論じてはいない。そこで本研究では、コンクリート表層の透気性に及ぼす養生の影響を、W/C と単位水量別に検討することとした。

2. 実験概要

2.1 実験シリーズ

①W/C シリーズ (単位水量一定) および ②単位水量シリーズ (W/C 一定) の 2 つの実験シリーズを設定し、それぞれコンクリート表層の透気性に及ぼす養生の影響について検討した。

2.2 供試体諸元

本実験で使用したコンクリートの配合を以下の表 1 に示す。粗骨材は砕石で最大寸法は 20mm である。セメント

表 1 配合およびスランブ・空気量

W/C	単位量[kg/m ³]				混和剤 C*%	スランブ [cm]	空気量 [%]
	W	C	S	G			
0.30	175	583	610	939	0.70	9.5	0.5
0.45	175	389	726	987	0.30	17.5	2.0
0.60	175	292	813	980	0.30	19.0	1.5
0.45	145	322	783	1066	1.61	3.0	2.0
0.45	165	367	745	1014	1.10	12.0	1.0
0.45	185	411	706	961	1.23	21.0	2.0

トは、普通ポルトランドセメントを用いた。型枠はΦ150×300mm の円筒型枠を使用し、打設に際しては内部振動機を使用した。養生については、材齢 1 日で打設面を開放し、それぞれ打設面に対して湛水・封緘・気中養生を行った。打設面以外の型枠は外さず、側面と底面に関しては、ほぼ封緘状態となっている。そして材齢 14 日でシリンダーの側面および底面を脱枠し、表面透気試験の供試体の前処理として、40℃で 2 日間の炉乾燥を行った。

2.3 表面透気試験

透気性は Torrent 法に基づく二重チャンバー方式の透気試験機 (Proceq 社製) を用いて透気係数を算出した。

3. 実験結果

3.1 水セメント比がコンクリート表層の透気性に与える影響の養生依存性

図 2 は、打設面における透気性と養生の関係を示した。グラフの縦軸はトレント法で得られる透気係数 $kT (\times 10^{-16} \text{m}^2)$ を常用対数で表記し、横軸は供試体打設面の養生条件を表す。打設面では、W/C が大きくなるに連れ、透気性は増加する。加えて、W/C が 45、60% の場合は、湛水、封緘、気中の順で透気係数が増加し、この傾向には硬化後の水分状態 (養生) の影響が顕著に現れている。特に湛水養生を施すと、表面の透気性は非常に小さくなる。一方、W/C が 30% の打設面の透気性は、今回の測定では封緘と気中養生であまり変わらず、湛水では若干小さい。W/C の低い場合には、相対的に乾燥の影響を受け難く、

キーワード: 単位水量, 水セメント比, 透気性, 養生

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Be406 TEL03-5452-6098 ext.5808

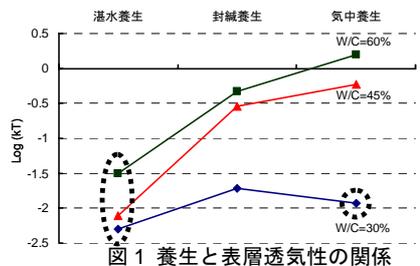


図1 養生と表層透気性の関係

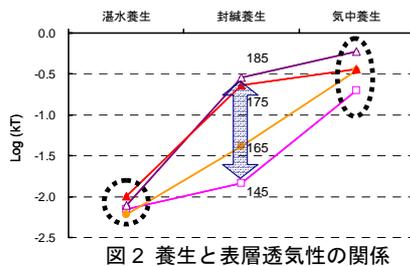
(W/C シリーズ・単位水量 175kg/m³)

図2 養生と表層透気性の関係

(単位水量シリーズ・W/C45%)

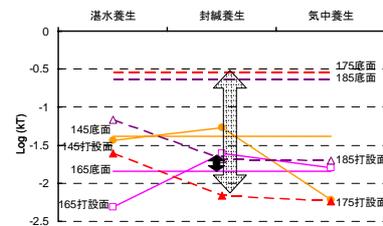


図3 単位水量の大小による打設面と底面の

透気性の差異(単位水量シリーズ・W/C45%)

W/C は重要な因子と言える。

3.2 単位水量がコンクリート表層の透気性に与える影響の養生依存性

図2は打設面における透気係数と養生の関係である。単位水量シリーズの打設面における透気性には、養生による影響が顕著に現れている。浸水養生では単位水量に因らず非常に小さな透気係数を示し、気中養生では単位水量に因らず、大きな透気係数を示す。封緘養生では単位水量に因る透気係数の大きな差は特徴的である。封緘養生した表面では、大きな単位水量 175, 185kg/m³ の透気係数は気中養生の場合の値に近く、小さな単位水量 145kg/m³ の封緘養生の透気係数は浸水養生の場合の値に近い。以降、打設面の封緘養生で見られた、単位水量の大小による透気係数の差について考察する。

図3は、封緘養生した場合の打設面と底面の透気係数の比較である。単位水量が大きい場合には、打設面と底面には透気係数に1オーダー以上の差が見られる。一方、単位水量の小さい場合には、封緘養生した打設面と底面の透気係数の差は僅かである。供試体の高さ方向における透気係数の差に、単位水量の大小で異なる傾向が認められた理由には、単位水量の大小で異なるブリーディングの起こり易さが影響したと考える。単位水量の大きい供試体では、骨材の量が少ない(水が多い)ため、骨材の沈降とペーストの浮き上がりが起き易い。そのため、モルタル部において余剰水が打設面まで浮き上がり、その過程で水みちが形成された可能性がある。

図2に戻る。封緘養生した打設面において、単位水量の大小によって透気係数に差が見られた理由には、単位水量の大小によるブリーディングのし易さが影響したものと考える。しかし、浸水養生を施すと、単位水量の大きい供試体における表層の水みちも、またペースト部の空隙も水和生成物の析出により緻密化され、透気係数はいずれの単位水量の場合でも、W/C にほぼ支配されて近い値になったと考える。一方、水和初期において極端な乾燥を与えて気中養生した供試体では、単位水量の大小

による水みちの有無の影響が希薄になるほどに、ペースト部の空隙構造の粗大化し、いずれの単位水量の場合でも、大きな透気係数を示したと推察する。

4. まとめ

① 水セメント比シリーズ：浸水養生すると、W/Cによらず、透気性は小さくなる。養生の透気性に及ぼす影響は、W/Cの高い場合で顕著に現れるが、W/Cの低い場合では、相対的には乾燥の影響を受け難いと考えられる。厳しい乾燥条件下でも、W/Cを低くすることで、乾燥の影響をある程度限定的な範囲に留めることが可能と考えられる。

② 単位水量シリーズ：封緘養生を施した供試体では、単位水量の大小で透気性が大きく変化した。その原因について現段階では、ブリーディングによる水みちの形成の多少による影響が表層の透気性に現れたためと考える。浸水養生した供試体では、単位水量に関係なく、低い透気性となる。浸水養生によって、水みちもペースト部の空隙構造も緻密化が進み、単位水量の大小によらず、低い透気性を示したと考える。一方、気中養生を施した供試体では、単位水量によらず、高い透気性を示したが、これは、気中養生により水みちの有無も関係の無いほどに、ペースト部の空隙構造が粗大化したためと推察する。

以上の両実験シリーズの結果は、実構造物では型枠存置程度の養生しかできない現状において、コンクリート表層の品質を担保する上で、W/Cのみならず、単位水量を管理することの重要性を定量的に示唆している。

参考文献

- 1) 杉山隆文ほか：単位水量の増加がコンクリートの塩分浸透性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.1，pp.819-824，2004
- 2) 小野聖久ほか：コンクリートの密実性評価に関する研究，土木学会大57回年次学術講演集，5-522，pp1043-1044，2002
- 3) 小野聖久ほか：コンクリートの密実性検査手法に関する研究，日本道路公団試験研究所報告，Vol.41，pp101-110，2004
- 4) 岡崎慎一郎ほか：養生が強度と物質移動抵抗性に及ぼす影響感度の相違に関する研究，セメント・コンクリート論文集，No.60，pp.227-234，2006