

AE 剤の混和がセメントペーストの細孔径分布および透気性に及ぼす影響

東京大学

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

名古屋工業大学

正会員

吉田

亮

1. はじめに

水銀圧入法では、セメント硬化体内にインクボトル型の空隙が存在することにより小径空隙量を過大に評価すること、および、過剰な加圧による空隙径の粗大化が生じることが指摘されている。一方、加減圧を繰り返しながら最大圧力を徐々に増加させていくことで、インクボトル空隙量の排除、ならびに、空隙の粗大化の検出を試みる水銀漸次繰返し圧入法が提案されている。本研究では、この手法で評価される空隙構造の特性が透気性に与える影響を明らかにするための実験的検討を行った。

2. 実験方法

(1) 供試体の作製

材料に早強ポルトランドセメント、水道水、およびアルキルエーテル系の AE 剤を使用した。表 1 に示方配合および養生方法を示す。水セメント比は 0.4, 0.5, 0.6 の 3 種類とし、0.5 のケースについては、セメント重量に対し、AE 剤を 0.012%, 0.024% 混和した供試体も作製した。練混ぜを行ったセメントペーストを、厚さ 10mm, 直径 100mm の塩ビ製型枠に流し込み、テーブルバイブレーターによる振動を 1 分間与え、粗大な気泡を取り除いた。AE 剤を

含まない供試体については、材齢 7 日までの間、水中、封緘、気中（気温 20℃）の 3 種類を、AE 剤入り

の供試体では封緘養生のみを設定した。材齢 8 日以降は、水分が透気性及ぼす影響を抑える目的で、40℃の炉内で 3 週間以上乾燥させた。

(2) 透気試験

炉乾燥を終えた供試体を使用し、アウトプット法による透気試験を行った。空気には露点マイナス 80 度の乾燥空気を使用し、透気量を計測するときのゲージ圧は 0.5MPa とした。透気量をもとに、空気の圧縮性を考慮した式から、固有透気係数を算出した。

(3) 水銀圧入法

供試体をノミで粉砕し、5mm 程度の大きさの試料を複数採取した。試料には D ドライを 24 時間行い、水銀圧入式

表 1：示方配合および養生方法

配合				養生方法		
W/C	単位量 (kg/m ³)			材齢		
	W	C	AE	0～1 日	1～7 日	8 日以降
0.4	556	1390	0	封緘	水中 / 封緘 / 気中 (A)	気中 (B)
0.5	610	1220	0		水中 / 封緘 / 気中 (A)	
	610	1220	C×0.012%		封緘	
	610	1220	C×0.024%			
0.6	653	1088	0		水中 / 封緘 / 気中 (A)	

※気中 (A)：気温 20℃，気中 (B)：気温 40℃

表 2：水銀圧入法における圧力および空隙径

一回圧入				
加圧回数	圧力 (Mpa)		空隙径 (nm)	
	開始	終了	開始	終了
1	0.004	420	5600	3
漸次繰返し圧入				
加圧回数	圧力 (Mpa)		空隙径 (nm)	
	開始	終了	開始	終了
1	0.004	1.2	340000	1000
2	0.21	4.1	5600	320
3	0.21	13	5600	100
4	0.21	27	5600	48
5	0.21	87	5600	15
6	0.21	420	5600	3
7	0.21	420	5600	3

キーワード 透気性 水銀漸次繰返し圧入法 連続空隙

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 Be407 TEL03-5452-6098 内線 58090

ポロシメーターにより空隙量を測定した。測定は、加圧を一度のみ行う方法、および、水銀漸次繰返し圧入法を使用した。表2に、設定した圧力および washburn 式にもとづいて計算される空隙径を示す。

圧入された水銀総量、および、減圧時に試料内に取残される水銀量を省いた圧入水銀量をそれぞれ求め、前者を「全空隙量」、後者をインクボトル空隙を含まない「連続空隙量」に相当するものとして取り扱った。

3. 実験結果と考察

(1) AE 剤シリーズの累積細孔量

図1に、AE 剤の添加量を変化させた3種類の供試体の累積細孔量曲線を示す(すべて W/C=0.5, 封緘養生)。圧力増加に伴う空隙径の粗大化の兆候はいずれのケースでも見られなかったため、図にはすべての空隙径範囲を示している。累積全空隙量は AE=0 の供試体が最も少なく、AE=C×0.012%, AE=C×0.024%の順に増加した。これは、体積当たりのエントレインドエアの量が増加していることが影響していると考えられる。一方、連続空隙量は、全空隙量と比較して、AE 剤添加量による違いが小さく、空隙径全体で一致性の高いものであった。これは、インクボトル空隙となっているエントレインドエアの空隙量が圧入の繰返しによって差し引かれ、毛細管空隙を主とした空隙量が抽出されたためであると考えられる。

(2) 固有透気係数と累積空隙量の比較

図2に、固有透気係数と累積空隙量の関係を、全空隙量と連続空隙量でそれぞれ比較したものを示す。ここでは、考慮する累積空隙量の最小径を 40nm とした。指数近似をした場合の決定係数は、全空隙量で 0.50、連続空隙量で 0.71 であり、後者においてやや高いものであった。AE 剤シリーズを白抜きで示しているが、AE 剤添加量の増加に従い、固有透気係数はわずかに増加した。このことから、透気には連続空隙量だけではなく、インクボトル空隙量も影響を与えている可能性が考えられる。

4. まとめ

AE 剤添加量を変化させたセメントペーストに対して水銀漸次繰返し圧入法を適用し、それらの連続空隙量の一貫性が高いことを確認した。また、W/C および養生を変化させた供試体について、固有透気係数との比較を行い、連続空隙量の方が全空隙よりも相関が高まることを確認した。

【参考文献】

- 1) 吉田亮, 岸利治: 水銀圧入過程における内部空気泡の関与と水銀圧入の有効圧力範囲に関する研究, セメント・コンクリート論文集, No.60, pp.68-75, 2006
- 2) 吉田亮, 岸利治, 半井健一郎, 李春鶴: 水銀漸次繰返し圧入法によって同定される連続空隙の有意性とその指標化, コンクリート技術シリーズ No.87 歴代構造物品質評価/品質検査制度研究小委員会(216委員会)成果報告書およびシンポジウム講演概要集, 2009

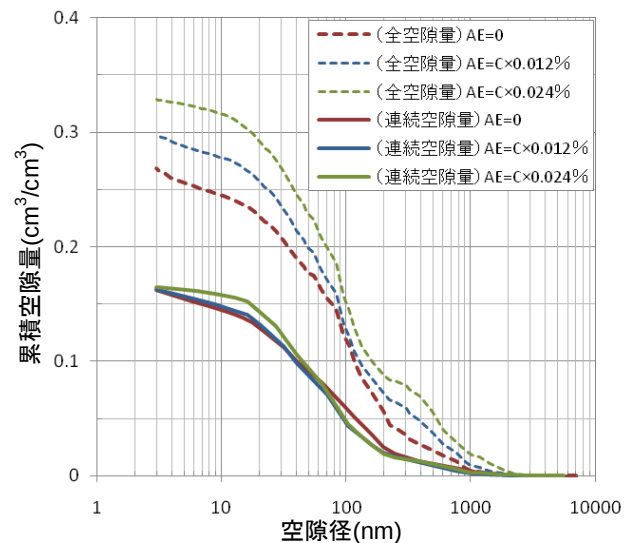


図1: AE 剤添加量を変えた場合の累積全空隙量および累積連続空隙量 (W/C=0.5 封緘養生)

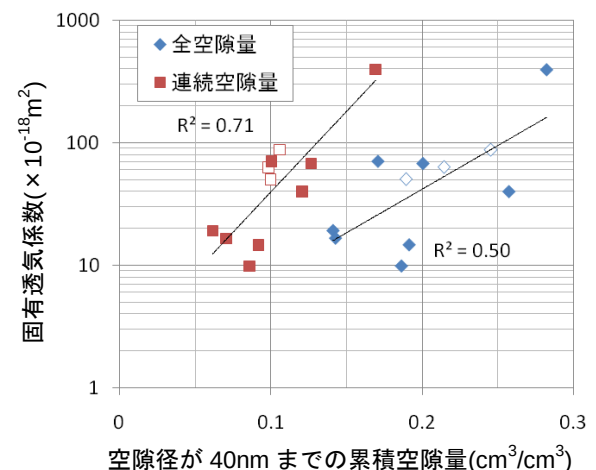


図2: 固有透気係数と累積空隙量の比較 (白抜きは AE 剤シリーズ)