

水分を含んだモルタルの空隙構造の測定に関する研究

愛媛大学大学院 学生員 ○河野 俊一
愛媛大学工学部 正会員 氏家 勲

1. はじめに

コンクリートの特性には、強度、乾燥収縮、透気性など空隙構造に関係するものがある。コンクリートの空隙にはゲル空隙の小さなものから連行した空隙泡まで幅広く分布するが、特に、毛細管空隙の大きさや量といった幾何学的性状がコンクリートの諸性質に影響を与える。空隙構造を調べる一般的方法として水銀圧入法がある。この方法は、普通は乾燥した試料を使用する。しかし、コンクリートの諸性質には空隙内における水分の有無も影響する。

そこで、本研究は水分を含んだ状態における空隙構造を、試料を凍結させることにより水銀圧入法で測定するとともに、透気試験を行い、得られた結果について検討したものである。

2. 実験概要

本研究では、水セメント比 70, 100, 160 % の 3 種類のモルタルを使用し、水中養生 28 日終了後室内においてある程度乾燥させたものを使用した。

水銀圧入法では試料の入っているセル内を高真空にして水銀を注入するが、水分を含んだ試料では高真空にすることができない。そこで本研究では水分を含んだ試料を凍結させ(−20℃)、所定の真空度にする際にドライアイスを用いて保冷しながらおこなった。その後の手順は乾燥させた場合と同様の方法で測定を行った。

透気試験は、図-1のような装置を使い、供試体側面はエポキシ樹脂系接着剤で気密処理をしている。透気試験の圧力は2.0kgf/cm²にし、2時間後に流量を測定した。

3. 実験結果および考察

図-2は水銀圧入法において通常の方法と凍結させた方法によって得られた結果を示す。この図より絶乾状態の凍結ありと凍結なしの累積空隙径にはほとんど差がない。また、水中養生終了後直ちに凍結したものと絶乾状態のものについては空隙量が明らかに減少していることがわかる。

図-3は水銀圧入法により得られた凍結試料の空隙率と逸散した水分による重量変化から求めた空隙率(逸散水分量/供試体体積)の関係を示したものである。水銀圧入法によって得られた空隙率は重量法による空隙率より大きくなっているが、両者はほぼ直線関係にあり、試料を凍結することにより水分を含んだ状態においても水銀圧入法で空隙構造を評価できると考えられる。

図-4は水セメント比 160 % の絶乾状態、空隙率 2 %, 4 %, 8 % の空隙径分布を示したものである。この図から乾燥させることにより主に空隙径が 80nm 以上の部分の空隙量が増加しており、他の空隙率の場合にも同様の結果が得られた。

図-5は水セメント比 70 % の絶乾状態、空隙率 2 %, 6 % の空隙径分布を示したものである。6 % の空隙率の場合、10nm 辺りの絶乾状態の空隙量が多く、また、どの空隙率においても 100nm 以上の空隙径にはほとんど空隙が見られない。これは水銀圧入法の問題点と言われるインクボトルの影響¹⁾によるものと考えられる。

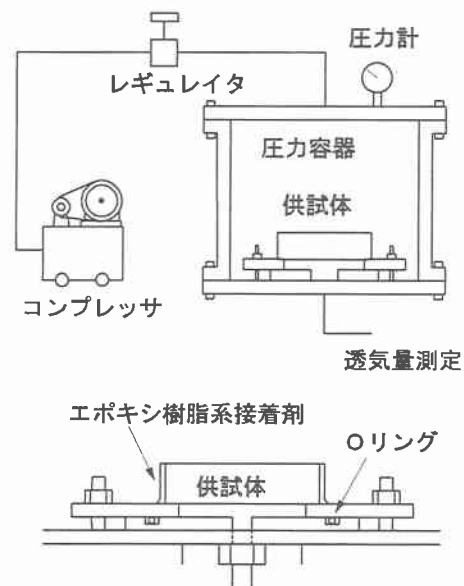


図-1 透気試験装置

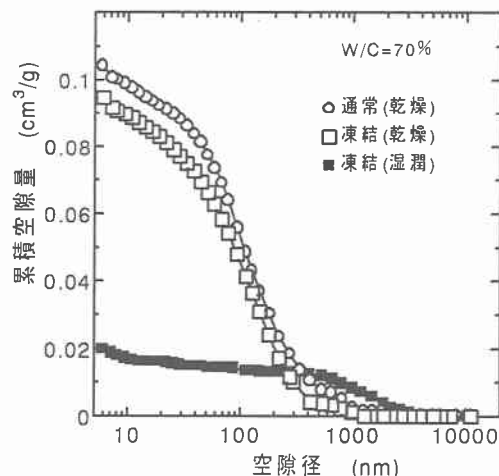


図-2 凍結による累積空隙量比較

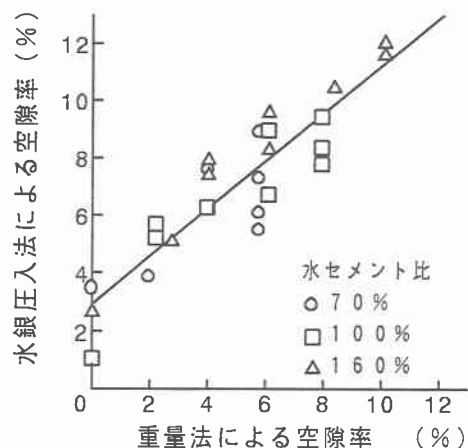


図-3 重量法と水銀圧入法の空隙率

この結果において影響が水セメント比の大きい 160 % に現れず、水セメント比の小さい 70 % に現れたのはモルタルの空隙の連続性の違いによるものと考えられる。すなわち、水セメント比 160 % の場合には大きな空隙径が多くあり一部

に水分があっても水分のない空隙を通り水銀が圧入されるのに対して、水セメント比が 70 % の場合には緻密な空隙構造であるため水分により空隙が不連続になるためと考えられる。従って、本来あるべき径の空隙量がそれより小さい径の空隙量として測定されるのである。

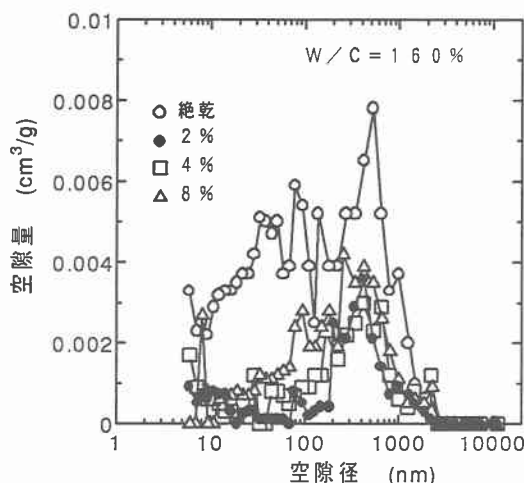


図-4 空隙径分布図 (w/c = 160)

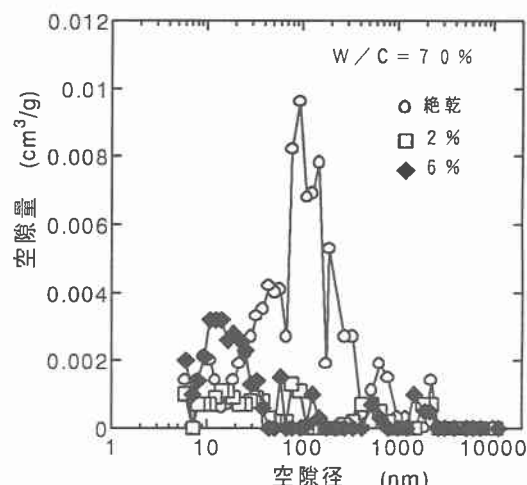


図-5 空隙径分布図 (w/c = 70)

図-6 は水セメント比 160 % の場合の 80nm 以上の空隙径の割合を示したものである。ここで 80nm 以上としたのは既往の研究²⁾において透気に関する空隙径は約 100nm 以上であると報告されていることと、本実験の空隙率 2 % の水銀圧入法による計測においても約 80nm 以上から水分が逸散していると考えたことによる。図からわか

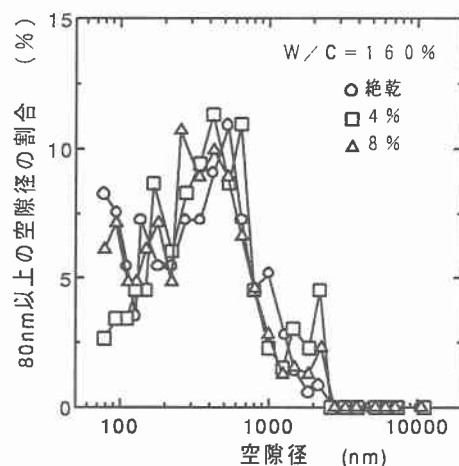


図-6 w/c=160の80nm以上の空隙の割合

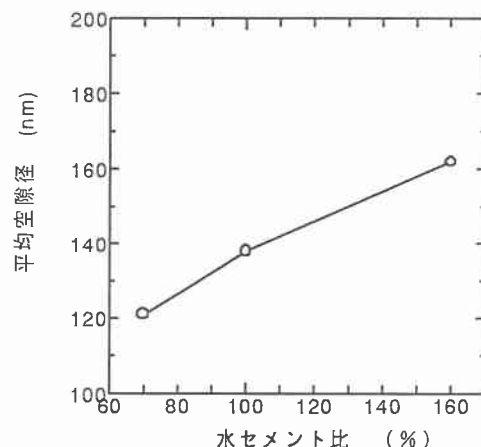


図-7 w/c と平均空隙径の図

るようにどの乾燥状態においても空隙量の割合はほぼ同じ分布になっていると考えられる。そこで図-7 は絶乾試料で得られた空隙径分布を用いて 80nm 以上の透気に関する平均空隙径を求めたものである。ここで、透気に関する平均空隙径は調和平均によって与えられる。この図から、水セメント比が大きくなることにより、平均空隙径も大きくなっていることがわかる。

図-8 において空隙率 6 % の場合の透気係数の大きさを 70 % を基準にすると 100 % で約 1.20 倍、160 % で 2.58 倍である。図-7 の結果から平均空隙径の 2 乗の比率は 100 % で 1.14 倍、160 % で 1.34 倍となり、やや小さくなっているが、凍結された試料を用いた水銀圧入法による方法は水分を含んだ空隙構造をおおむね評価しているものと考えられる。

4. おわりに

水分を含んだ空隙構造は凍結させることにより、空隙の連続性の良いものについては測定できることがわかった。今後はさらにデータを蓄積するとともに、空隙の連続性の悪いものについては乾燥の程度を高くするなどしてさらに検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) 近藤 連一 : 多孔材料, 技報堂, 1973
- 2) 羽原 俊祐 : コンクリートの構造とその物性, セメント・コンクリート, No. 550, pp.50 ~ 63, 1992

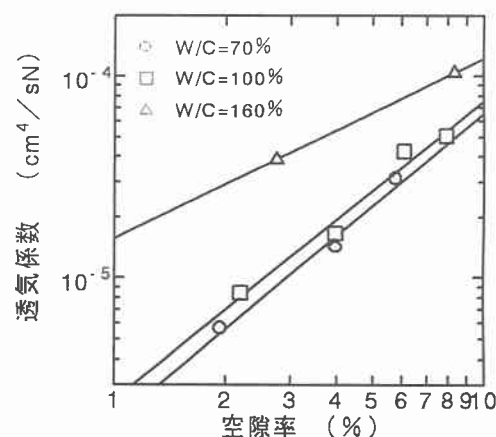


図-8 空隙率と透気係数の関係