V－16

各種配合のモルタル内部における吸水時の水分移動

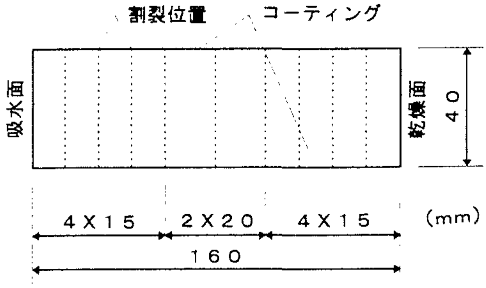
岩手大学　学生員 ○ 山本 美紀
岩手大学　正 員　藤原 忠司
東北工業大学　正 員　秋田 宏

1．まえがき

コンクリート内部では、乾燥や吸水に伴い、水分が移動し、場所的に含水率が不均一となって、内部応力さらにはひび割れの発生をもたらす可能性がある。本研究では、乾燥後、吸水する過程における水分移動を、含水率分布の変化から、実験的に捉えようとした。供試体はモルタルであり、配合を４種類にして、水分移動に及ぼす配合の影響も検討する。

2．実験概要

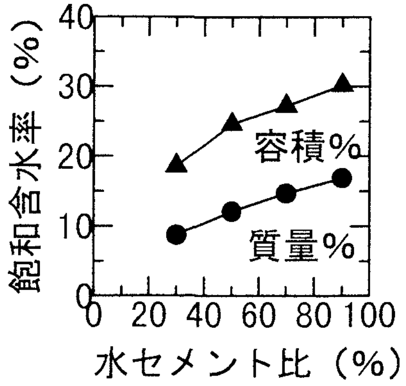
セメントには普通ポルトランドセメント（比重：3.15）、細骨材には川砂（比重：2.52、吸水率：3.5%）を用い、配合によっては、高性能ＡＥ減水剤を添加した。配合としては、水セメント比を４水準（W/C=30, 50, 70, 90%）に設定し、単位細骨材量を一定（容積で 55%）とした。したがって、４種類の配合の違いは、ペーストの水セメント比のみであり、ペースト量も一定となる。モルタル供試体は、4×4×16cm の角柱とし、28 日間水中養生後、105℃の乾燥炉で、質量が変化しなくなるまで乾燥させた。自然の条件では、起こり得ない乾燥状態であるが、その後に続く吸水過程での水分移動を、配合との関連で、より基本的に捉えようとの意図による。供試体を絶乾状態にしたのち、4×4cm の２面を残し、他の４面（4×16cm）をビニールおよびパラフィンでコーティングする。この供試体を、恒温恒湿室（温度：20℃、相対湿度：60%）の中の水をはった容器に立て、4×4cm の底面から吸水させる。側面は被覆されており、上面は開放されているため、水分移動は、底面から上面に向かっての１方向となる。吸水期間は１時間から 14 日までの７段階とした。吸水後、ただちに図－１に示す位置で割裂し、各要素の割裂直後の質量と絶乾後の質量とを測定して、各要素の含水率を算出し、供試体内部における含水率分布を求める。測定後の要素の一部を利用し、水銀圧入法によって、細孔径分布も求めた。



図―１　割裂位置

3．実験結果および考察

図－２は、供試体を養生した後の質量と、絶乾にした後の質量とから求めた含水率を示しており、ここでは、これを飽和含水率と呼ぶ。求まる含水率は質量百分率であるが、供試体の容積も測定して、容積百分率での含水率も算出している。水セメント比が大きいほど、飽和含水率は大きく、水セメント比 90% では、容積で 30% を超える。一方、水セメント比 30% でも、20% に近い飽和含水率であり、モルタルが多孔質で、吸水性であることは疑いない。



図―２　飽和含水率

水銀圧入法による細孔径分布の測定結果を図－３に示す。水セメント比が大きいほど、累計の細孔容積が大きいのは、この図からも明らかであり、水セメント比が小さい場合には、累計の細孔容積が小さいものの、微細な空隙は、他の場合より、多めになっている。

図－４は、絶乾状態から出発した供試体の、吸水に伴う含水率分布の変化を示している。ここでは、配合

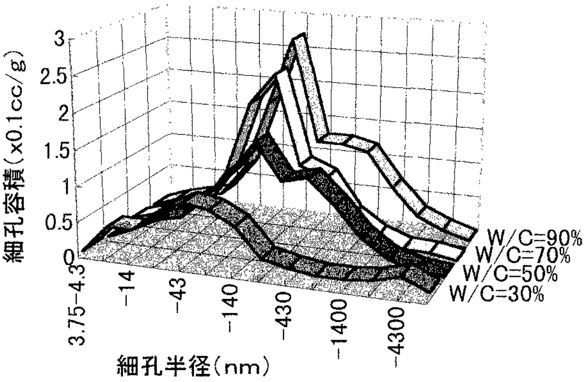
の比較を容易にするため、求まった含水率を、質量百分率での飽和含水率に対する割合、すなわち相対含水率に置き換えている。この相対含水率は、絶乾状態で 0% 、水中養生終了時の飽和した状態にまで吸水すれば、100% となる。吸水時間が長くなれば、飽和状態に近づくが、それに至るまでの含水率分布は、水セメント比が異なっていても、類似した形となっており、水セメント比にかかわらず、同様の吸水過程を経ると考えられる。ただし、吸水の速さには、水セメント比によって大きな違いが見られ、たとえば、水セメント比 90% では、3日間の吸水で、供試体内部がほぼ飽水するのに対し、水セメント比 30% の場合は、14 日が経過しても、飽水状態には至ってない。水の移動の起因としては、毛細管張力、水蒸気拡散および圧力勾配などが挙げられるが、本実験のように、供試体を立てて、底面から吸水させる場合には、毛細管張力による水分移動が卓越すると思われる。張力による水分の上昇高さは、細孔径に逆比例し、たとえば、まっすぐな毛細管モデルでは、7500nm の径で、1m を軽く超える。実際の細孔構造は複雑であり、このモデルとは掛け離れているものの、図－3のように、水銀圧入法で測定した細孔径分布によれば、いずれの水セメント比でも、細孔径 7500nm より小さい細孔がほとんどであり、供試体高さが 16cm であることを考慮すれば、ほとんどすべての細孔が、毛細管張力により、水で満たされる可能性を有していることになる。

細孔径が小さいほど、水は高く上昇するものの、上昇に要する時間は長くなる。まっすぐな毛細管モデルでは、高さ h で、下端から上端まで上昇するに要する時間 t は、ポアズイユの法則より、次のようになる。

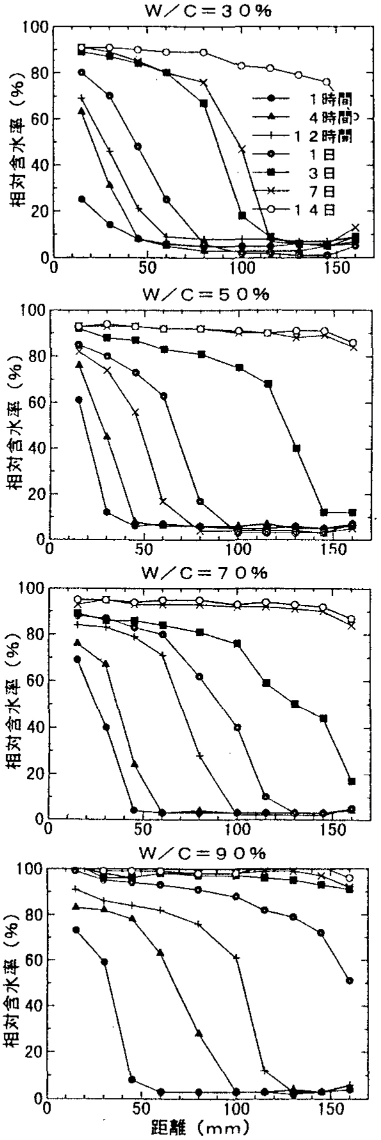
$$t = 4 \eta h^2 2 / \gamma d$$

（d：細孔径、η：水の粘性、γ：水の表面張力）

細孔径分布の測定結果によれば、水セメント比の小さいほど、径の小さな空隙が多い。そのため、毛細管張力による水の上昇が遅く、供試体内部が飽水するまでには、長時間を要すると考えられる。このように、吸水に伴うモルタル内部での水分移動は、配合によって異なっており、その理由を、細孔構造によって定性的に説明できるが、この関係を定式化し、数値解析できれば、水分移動が予測可能となる。この点は、今後の検討課題である。



図—3　細孔半径



図—4　含水率分布