

硬化体の化学組成がコンクリートの透水に与える影響に関する基礎的研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○杉本淳

愛媛大学大学院 正会員 岡崎慎一郎 正会員 氏家勲

1. はじめに

近年、コンクリート耐久性の劣化は、主として液状水が関与している。コンクリート中における液状水の移動を知ることは今後コンクリートの耐久性評価に不可欠である。コンクリートの内部構造に関する研究は進められており、物質移動の流れ場となる微小な空隙構造の連続性と物質移動には相関があることが近年明らかになった。コンクリートの空隙は最小で数 nm で非常に微細であり、空隙構造のみならず、空隙壁面の表面の性質が液状水に与える影響を無視できない。そこで本研究は、非常に緻密で純粋な構造壁面を持ち、ブリーディングの発生を極力抑制した供試体がどのような透水の挙動を示すか調べると共に、コンクリートの空隙壁面の表面性質を支配する化学組成、ならびに連続空隙構造を調べ関連性の有無を検討することを目的とした。

2. 実験概要

本研究では、ブリーディングを極力抑えた供試体の透水係数を測定することを目的としたため、供試体はセメントペーストで作成し、表-1 に示すように W/C は 45, 60% の 2 パターンで基本配合の無置換、ブリーディングを抑制するため消石灰とフライアッシュを混和材として使用したものを 8 パターン、養生期間 28 日、養生方法は封緘(室温 20°C)で作成した。なお、ブリーディングの確認には、JIS A1123 に基づいた試験方法に基づいており、これらの配合すべて 2 時間経過してもブリーディングが確認されていない。使用した粉体を混和材に選定した理由は、水粉体比の低減を狙うと共に、Ca(OH)₂ の生成促成とポゾラン反応により緻密な内部組成にするためである。以上全ての供試体で透水係数、内部空隙構造を知るために透水試験、水銀圧入試験を行った。透水試験は、透水圧 0.6MPa とし、ダルシー則に基いた透水係数を算出した。なお水銀圧入試験は、漸次繰返し圧入法(岸-吉田法)を用い、連続空隙率を導き出した。岸-吉田法¹⁾とは一度水銀圧入をした後、水銀の排出を行い、再度水銀を圧入した時の水銀量を連続空隙量としている。これは最初の水銀圧入でコンクリートの空隙が満たされ、水銀排出時には物質の移動に関与していないとされる空隙中に水銀が残ったままであり、連続空隙中の水銀のみが排出されることを利用している。減圧時の圧力と水銀排出量の関係は減圧速度によって異なることからその過程は無視して考える。減圧における水銀排出後の総水銀圧入量は最初の水銀圧入の同圧力での水銀圧入量と等しいものとし、その水銀量を基準

とし、再度水銀圧入における水銀量を測定した。また、供試体ごとにコンクリート中の Ca 及び Si の元素の割合を求めるために XRF 成分分析を行った。これは、既往の知見²⁾により、コンクリート中の Ca/Si 比が透水に大いに影響を与えることが明らかとなっており、この影響を考慮するためである。XRF 分析とは蛍光 X 線分析のことであり分析試料に X 線を照射した時に発生する蛍光 X 線の強度を電氣的に測定する分析法である。透水試験を行った供試体を粉末にし、測定を行った。

表-1 供試体配合表

| 略称 | 供試体名称 | | 単位量(kg/m ³) | | | |
|----|-------|--------|-------------------------|------|-----|-----|
| | W/C | 混和材料 | 水 | セメント | 消石灰 | FA |
| a | 45 | 無置換 | 587 | 1304 | | |
| b | 45 | 消石灰20% | 527 | 1171 | 234 | |
| c | 60 | 無置換 | 654 | 1090 | | |
| d | 60 | 消石灰80% | 475 | 792 | 633 | |
| e | 60 | FA20% | 596 | 993 | | 199 |
| f | 60 | FA80% | 471 | 785 | | 628 |
| g | 60 | FA100% | 440 | 733 | | 733 |
| h | 60 | FA110% | 426 | 710 | | 781 |

※FA=フライアッシュ

キーワード 耐久性 空隙構造 透水試験 蛍光 X 線分析

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番 愛媛大学 089-927-9815

3. 連続空隙量について

水銀圧入試験の結果、累積細孔量を図-1に示す。まず a, b に着目する。a と比べ b は累積細孔量が多くなっている。これにより消石灰を加えると、連続空隙が無置換より多くなると言える。また、a と c に着目すると、水セメント比が大きくなるとともに、連続空隙が多くなることが確認できる。次に c, g に着目する。これらは W/C60% で g は前述の事象とは逆で、c と比べ累積細孔量が少なくなっている。これによりフライアッシュを加えると、連続空隙が無置換よりも少なくなると言える。この要因として、ポゾラン反応により内部構造が緻密になり、連続空隙が少なくなったものと考えられる。

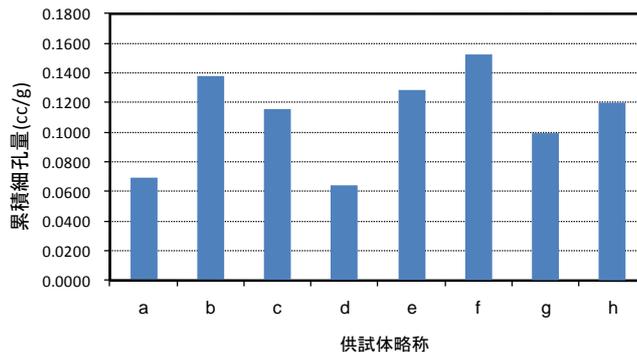


図-1 供試体別累積細孔量

表-2 供試体別 Ca/Si

| 略称 | Ca(mass%) | Si(mass%) | Ca/Si |
|----|-----------|-----------|-------|
| a | 8.49 | 1.5 | 5.66 |
| b | 9.21 | 1.23 | 7.48 |
| c | 7.37 | 1.36 | 5.43 |
| d | 10.19 | 0.92 | 10.99 |
| e | 6.9 | 1.89 | 3.64 |
| f | 4.19 | 2.59 | 1.86 |
| g | 4.51 | 3.04 | 1.48 |
| h | 4 | 2.71 | 1.47 |

4. 透水係数と連続空隙量および Ca/Si の関係

透水性の挙動と空隙構造の関連性を論じる。先ほど論じた供試体の累積細孔量と透水係数を図-2に示し、そして表-2に XRF 成分分析により求めた、供試体別の Ca と Si の割合を示す。また、図-2に累積細孔量と透水係数の関係を示す。なお、プロットの脇にある数字は、図-2における Ca と Si の比を示す。

Case a,d,g に着目すると、およそ累積細孔量が等しいのに対して透水係数に大きな差が確認される。また、Ca/Si が大きくなると透水係数が大きくなることから、壁面の化学組成が透水に与えることが示唆された。残りのケースについては、およそ一直線上にプロットが存在していることから、累積細孔量が比較的大きい場合は、壁面の組成つまり空隙壁面の表面の性質に関係なく透水性が決定されるものと思われる。

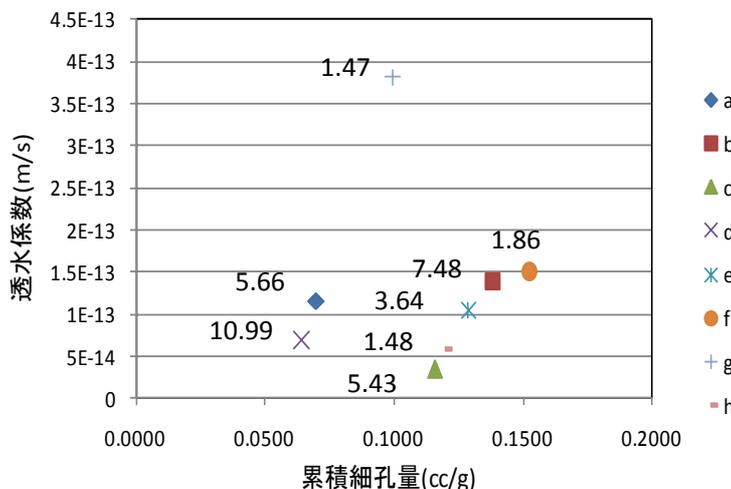


図-2 供試体別累積細孔量

謝辞

本研究は科学研究費補助金(若手スタートアップ課題 番号 20860061)および(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構運輸分野における基礎的研究推進制度の補助を受けて実施したものである。ここに記して感謝の意を表す。

5. 参考文献

- 1) 吉田亮, 岸利治: 水銀圧入仮定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, pp68-75, 2006,
- 2) 平成 19 年度低レベル放射性廃棄物処分技術調査処分高度化システム確証試験報告書, 財団法人原子力環境整備推進・資金管理センター