

緻密なコンクリートの透水性と空隙構造に関する基礎的研究

潮冷熱株式会社 正会員 ○野中洋伸

愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 愛媛大学大学院 正会員 岡崎慎一郎

1. はじめに

近年、コンクリート耐久性の劣化に関与しているのは、主として液状水であるということが明らかになりつつある。そのような背景によりコンクリート内部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、ブリージング時に発生する水みちなど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てきている。緻密なコンクリートでは、微小な空隙構造が無数に存在しており、構造壁面の組成や微細な空隙構造が液状水の吸着作用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、ブリージ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、その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、緻密で純粋な内部組成であると共に、流れ場の発生、即ちブリージングを極力抑えた供試体の各データを取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、ブリージングを抑制するため消石灰とフライアッシュそれぞれセメント単位量の外割置換で配合したものを8パターン、養生期間28日、養生方法は封緘(室温20℃)で作成した。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、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成促成とポズラン反応により緻密な内部組成にするためである。配合表の中でかなりブリージングを抑制できたのはb, d, f, g, h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。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。

表-1 供試体配合表

供試体名称			単位量(kg/m³)			
略称	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

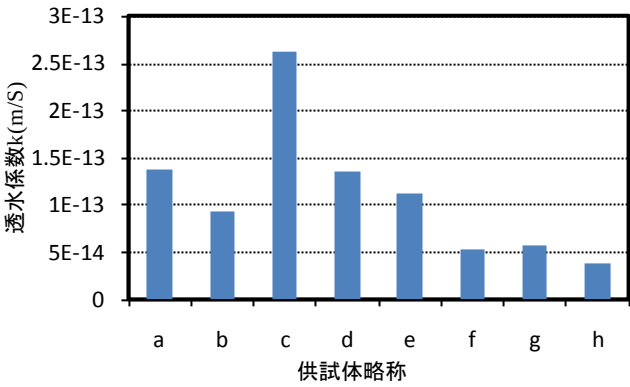


図-1 透水係数 k

3. 実験結果及び考察

供試体の透水試験によって得られた透水係数 k を図-1 に示す。これは透水圧 0.9MPa で透水試験した結果である。図を見て解るように、混和材を使用したものは無置換のものとは比べると、透水係数 k が小さくなっている。これは無置換に比べると水粉体比を低減したため、ブリー징の発生を抑えられたからであると考えられる。W/C60%に限定して着目すると、d よりも e, f, g, h の透水係数 k が小さくなっている。g, h については d よりも水粉体比が小さいためであるが e, f については d の水粉体比と比べると少し大きいかほぼ同じである。この事象より SiO_2 が多く含まれている内部組成を有する供試体は、水粉体比が同程度の値なら透水係数 k が Ca(OH)_2 を多く含んでいるものより小さくなると言える。

次に水銀圧入試験の結果、累積細孔量を図-2 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。この要因として、消石灰を加えたことによりアルカリシリカ反応が起き、内部構造が膨張した結果連続空隙が多くなったと考えられる。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、ポズ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と考えられる。

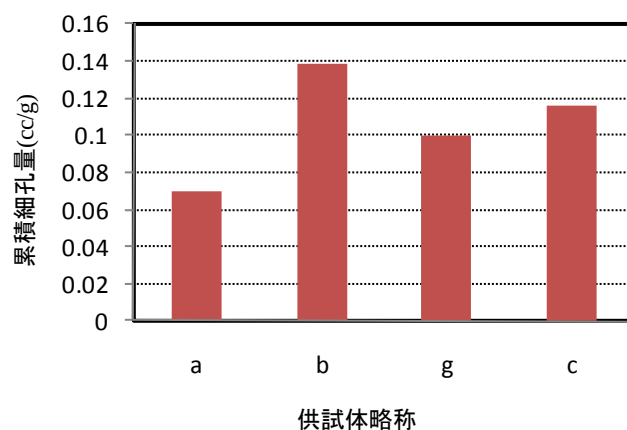


図-2 累積細孔量

4. まとめ

まとめとして、透水の挙動と空隙構造の関連性を論じていく。先ほど論じた供試体の累積細孔量と透水係数 k の相関を図-3 に示す。図中無置換の系列、左側が a で右側が c である。これらを近似線で結ぶとそれより下方に b と g が収まる。これにより a, c よりも消石灰、フライアッシュで置換した b, g が透水係数 k 及び累積細孔量も値が小さくなっていると解る。よってブリー징を意図的に抑制した供試体は無置換のものと比べ、内部構造が緻密である

ので透水の抵抗性が高くなり透水係数 k が小さくなるということが確認できた。また消石灰置換の b とフライアッシュ置換の g を比較すると、後者が透水係数 k 及び累積細孔量も前者より値が小さくなることが図から解る。これにより混和物をフライアッシュにすると消石灰を混和した時よりも内部構造が緻密になり透水の抵抗性が高いということも確認できた。よって緻密で純粋な構造壁面をもつコンクリートは、緻密であればあるほど連続空隙が減少し透水の抵抗性が増すということを立証できた。

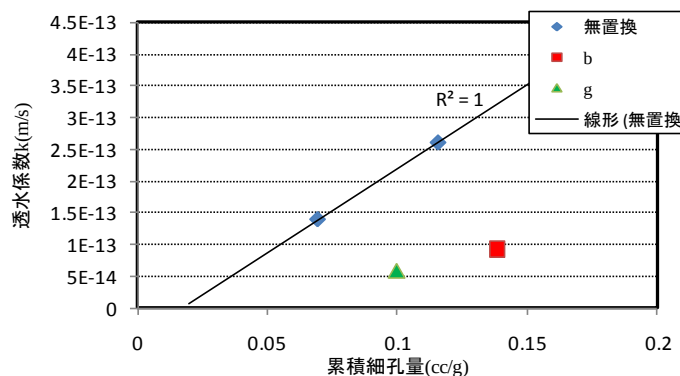


図-3 透水係数 k と累積細孔量の相関

5. 参考文献

- (1)岡崎慎一郎:微小空隙中の微速透水現象の支配機構とコンクリートの遮蔽性能に関する研究, じゃあそれで堂
- (2)田澤栄一編著: エースコンクリート工学, 朝倉書店, 2002