

コンクリートの透気特性に及ぼす透過方向の影響

広島大学 正会員 田澤栄一 広島大学 正会員 米倉亜州夫
広島大学 学生会員 黒澤 功 広島大学 学生会員 ○井上英司

1. まえがき

コンクリート構造物の劣化要因としては凍害、塩害、アルカリ骨材反応、中性化などが挙げられる。このなかでコンクリートの中性化は、一般環境下であっても確実に進行していく。¹⁾ コンクリートの中性化が鉄筋部にまで達するとコンクリートによる防食機能は失われ、腐食に必要な水と酸素が供給されれば鉄筋は容易に腐食する。コンクリートの中性化はコンクリート中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と空気中の CO_2 が反応して生じると言われているので、コンクリートの透気性と密接に関係している。このコンクリートの透気性に関する研究は多く報告されているが、コンクリートの異方性を考慮して透気方向が透気性に及ぼす影響についての研究はほとんど報告されていない。また、プレストレスを導入したコンクリートの透気性についての研究も少ないようである。そこで本研究においては、空気透過方向がコンクリートの透気性に及ぼす影響ならびにプレストレスが透気性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメントを用い、混和材としてシリカフューム、高炉スラグ微粉末を用い、置換率はシリカフュームは10%、スラグは55%とした。水セメント比、水結合材比は35、50%とし、供試体は $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の角柱供試体で、P C鋼棒にてプレストレスを導入するために、断面圆心位置に $\phi 28 \text{ mm}$ のシースを配置した。練り混ぜ方法は従来の練り混ぜ方法（シングルミキシング：以下SMと記す）のほかにブリージング率を変化させるため、練り混ぜ水を2度に分けて混入する練り混ぜ方法（ダブルミキシング：以下DMと記す）を採用した。養生方法は、普通養生とオートクレーブ養生（以下ACと記す）とした。供試体は、材令1日で脱型し 20°C の水中にて28日まで養生した。ACした供試体も含水状態による影響を少なくするためにAC後28日まで水中にて養生した。その後は 20°C 、R.H. 50%の恒温恒室内に28日間静置した。乾燥28日目にまず無応力状態で図-1に示すように3方向（①：供試体の打ち込み方向に垂直方向，②供試体の打ち込み面から下面方向，③供試体下面から打ち込み面方向）の透気性試験を図-2に示す透気性試験装置を用いて 3 kgf/cm^2 の圧縮空気を送り透過量を測った。その後同じ供試体を用いて、プレストレスを圧縮強度の0.3, 0.15の応力で導入し、応力下での透気性試験を行った。応力下での透気性試験の空気透過方向は、供試体打ち込み方向に垂直方向についてのみ行なった。

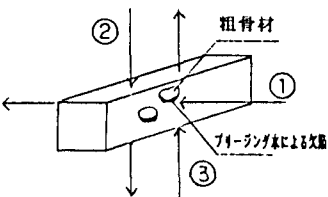


図-1 空気透過方向

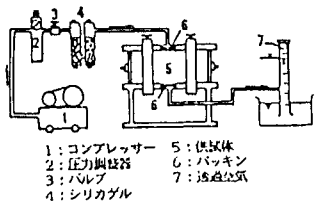


図-2 透気性試験装置

3. 実験結果および考察

コンクリートの異方性にはブリージング、重量による骨材の配向等が関係する。図-1にブリージングによって粗骨材下面にできる欠陥部を模式的に示すが、透気性にはこの異方性の影響が大きい。そこで図-1のような3方向について透気性試験を行なった。その結果を図-3に示す。これより透気性は①方向が1番大きく、次いで③、②方向の順に小さくなっているが、①方向の透気性は③、②方向に比べてかなり大きいことがわかる。この差の原因は透気方向とブリージング

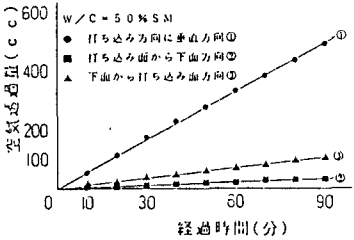


図-3 空気透過方向と透気性の関係

によりできた骨材下面の空隙（欠陥部）と骨材の位置関係にあると思われる。本研究の透気性試験は空気の圧力勾配による流れを利用しているので、供試体中を空気が透過しているとき、空気透過を助長する骨材下面の空隙とこれを妨げる骨材の位置関係により圧力損失の差が生じ、その差が空気透過量に影響を及ぼすと思われる。①方向の場合、空気透過方向と骨材下面の空隙の方向は平行で、骨材が空気の移動を妨げる働きをしない。骨材下面の空隙が透気方向に対して比較的連続な状態にあるためと思われる。

②③方向の場合は、骨材により空気透過方向と骨材下面の空隙が不連続な状態にあり、骨材が空気の移動を妨げ圧力損失が大きいためと思われる。②③方向の透気性の差は、③方向の場合、空気透過方向に対して骨材下面の空隙、骨材の順で存在するので空気は骨材下面の空隙に溜まりやすく、この欠陥部を通り進むが、②方向では、空気透過方向に対してまず欠陥のない骨材上面、次に骨材下面の順に存在するので、空気は骨材下面の空隙に到達しにくく、直接健全なコンクリート中を透過する割合が多くなるために透気量が③方向より少ないのではないかとと思われる。このように、透気方向に対してコンクリートの異方性の影響は顕著である。従って、ブリージングによって生じる欠陥部をできるだけ小さくすることが重要となる。図-4は通常の練り混ぜ方法であるSMとブリージングを著しく小さくできるDMにより製造したコンクリートの透気性試験結果を示す。DMは W_1/C として最適条件を用いれば、SMよりもブリージングを大幅に減少できる。図-4よりDMの空気透過量はSMに比べ約2/3になった。これは表-1に示すようにDMの最大ブリージング率がSMの約1/7であるので、ブリージングによる骨材下面の欠陥が少なかったことによると思われる。

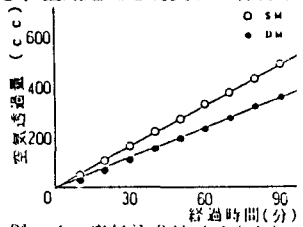


図-4 空気透過量（①方向）と経過時間の関係

表-1 ブリージング率

練り混ぜ法	ブリージング率
SM	4.10 %
DM	0.57 %

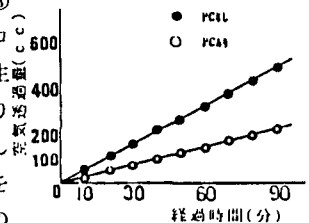


図-5 プレストレス導入前後の透気性（①方向）

次に、①の透過方向について、無応力の場合とプレストレスを①②③の透過方向と垂直方向に応力-強度比で0.3 導入した場合の透気性試験結果を図-5に示す。図-5より、プレストレスを導入すると空気透過量は無応力の場合の約1/2になっていることがわかる。これは透気性に大きな影響を及ぼす欠陥部、連行空気や細孔の大きな空隙が、プレストレス導入により変形し、無応力の場合に比べ細孔容積が減少したためと思われる。また図-6に導入応力を圧縮強度の0.3 と0.15としたコンクリートの透気性試験結果を示す。図-6より透気速度は応力の増大とともに直線的に減少している。これは導入応力により、細孔の変形による縮小が比例的に大きくなったためと思われる。

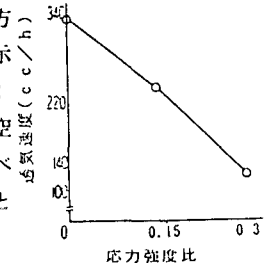


図-6 応力強度比と透気速度の関係

以上、コンクリートの透気性に最も影響を及ぼす要因は、欠陥部と細孔容積であることを述べてきたが、これらのことは図-7より一層明らかである。図-7に示すように、ブリージングによる欠陥部がほとんど存在しないコンクリートの場合、透気性は細孔容積によって支配され、 $W/C=35\%$ と $W/C=50\%$ のように細孔容積がほとんど変わらない場合、透気性はブリージングによる欠陥部によって増大するものと思われる。

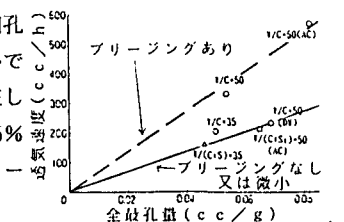


図-7 全孔量と透気速度の関係

<参考文献>

平井和喜ら：コンクリートの中性化に関する研究の現状と課題，セメント・コンクリートNo496, June, 1988