

コンクリートのひび割れを考慮した 透水性モデルに関する基礎的研究

Fundamental Study on Permeability Model Concerning Crack of Concrete

木 下 勝 也*・魚 本 健 人*

Katsuya KINOSHITA and Taketo UOMOTO

1. はじめに

コンクリートの耐久性を論じる場合、気体や液体、イオンなどのさまざまな物質のコンクリート中への浸入が問題となる¹⁾。たとえば、塩分がコンクリート中に浸入することによって、内部の鉄筋が腐食するなどといった問題が生じる。

これらの物質の移動について既往の研究では、主に Fick の法則による拡散現象によって説明がなされている^{1) 2) 3)}。しかし、コンクリートが不均一な多孔材料であることやひび割れなどの存在によって物質の移動が促進されることなどを考えると、コンクリート中の物質移動が一律に拡散現象で説明されるとは考えにくい。既往の研究において、ひび割れ部の拡散係数を健全な部分の拡散係数よりも大きく取ることにより、ひび割れ部での物質移動が促進される現象を表現したモデル⁴⁾が提案されているが、その移動係数に関する定量的な評価については未だ十分な検討はなされていない。

本研究においては、移動係数として透水係数に着目し、コンクリート空隙構造を想定したガラス管網による実験を行い、ひび割れの影響を定量的に行うための基礎的な検討を行った。また、グラフ理論を応用した管網計算により、透水係数の分布の推定を行った。

2. 実験概要

2.1 実験装置

コンクリート中の空隙構造を 2 次元的に想定した管網の水頭分布を測定するため、写真 1 に示す実験装置（外形：380mm × 380mm × 525mm）を作成した。この実験装置の底面部は、十字のガラス管（縦：50mm，横：50mm）をチューブで接続した管網部（写真 2）で構成され、上部は

十字ガラス管の交点に設置したマンノメーターから成る。ガラス管自体は、内径 3.5~4.5mm の十字のガラス管に水頭測定用のマンノメーターを取り付けたものが、1 ユニットとなっている。

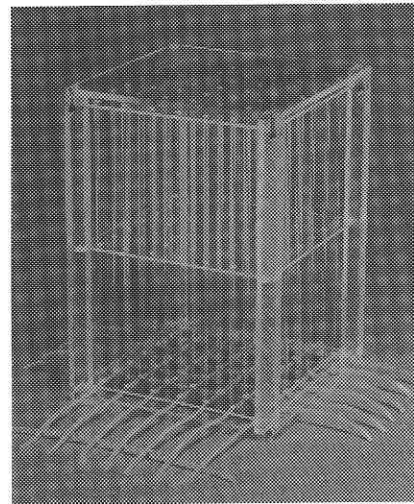


写真 1 実験装置

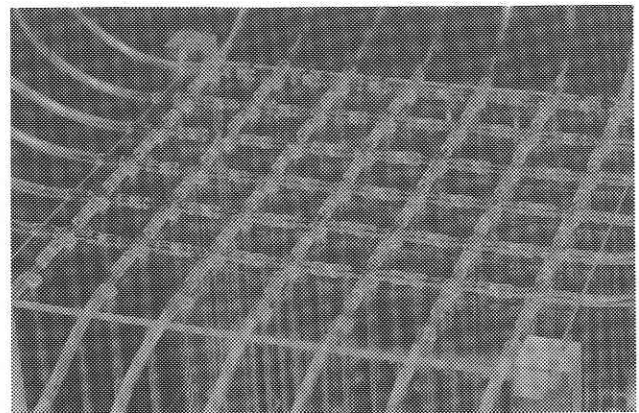


写真 2 ガラス管の管網

*東京大学生産技術研究所 第 5 部

研究速報

2.2 実験方法

実験方法は作成した試験装置に水位を一定（水頭で1.5m）とした水槽より一方向から水を流入させ反対側へ水が流出して定常状態になった後、各節点での水頭ならびに各流出点での流量の測定を行った。なお、コンクリートにおける透水試験を想定し、流入方向と直交方向の流出点は密閉し、横方向へ流出はさせないものとした。

実験は、健全なコンクリートの細孔構造を表すモデルとして内径3.5mmのガラス管で50mm間隔のメッシュを作成した管網（CASE-1）と、健全なモデルの中央（D例）に内径4.5mmのガラス管を配置して、ひび割れの存在を想定した管網（CASE-2）について行った（図1）。

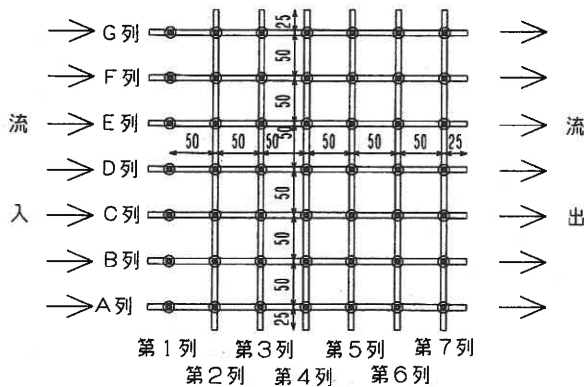


図1 実験概略図

3. 実験結果

3.1 水頭分布と流量分布

図2にAからD列までの測定した水頭分布、図3に各々の流出点における測定流量を示す。図2の水頭分布図においては、CASE-1の水頭が若干CASE-2の水頭を上回るが、各列でのひび割れの有無による水頭の差は見られない。しかし、図3の流量分布図では、CASE-1の場合、場所による流量の差が小さいのに対して、CASE-2の場合、ひび割れ部D列において流量が、大きくなっていることが分かる。このことから、ひび割れ部において、水の浸透が大きくなることが分かる。

なお、第1列目の水頭が一定でないのは、流入時の影響のためである。

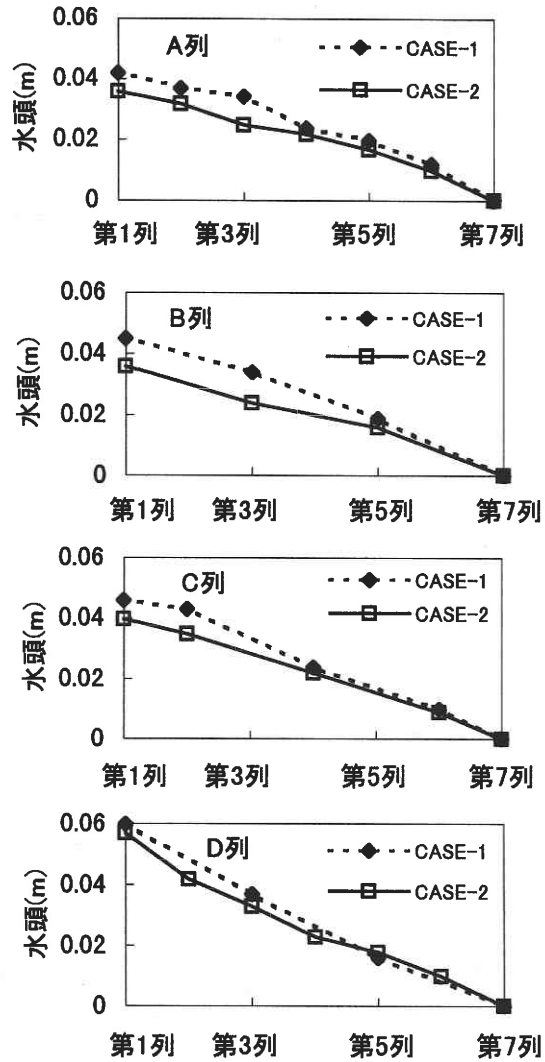


図2 水頭分布

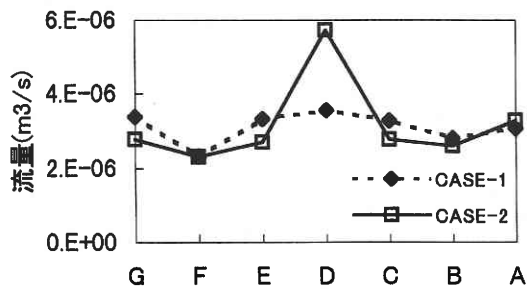


図3 流量分布

3.2 透水係数

この時のそれぞれの管網全体における透水係数の決定を以下のように行った。実験結果より、第1列における平均水頭と第7列における総流出量を用いて、式(1)に従い、その管網における透水係数を決定した。

健全なモデル CASE-1 とひび割れモデル CASE-2 の透水係数は、 $k_1 = 0.0971$, $k_2 = 0.115$ となり、ひび割れモデル CASE-2 の透水係数が、健全なモデルの透水係数を上回ることが分かる。

$$k = \frac{QL}{AH} \quad (1)$$

k : 透水係数 Q : 流量 (m^3/s)
 L : 路離 (m) A : 断面積 (m^2) H : 水頭 (m)

4. 管 網 解 析⁵⁾⁶⁾⁷⁾

4.1 流量分布

本研究で用いた解析手法は、上水道の分野で一般に用いられている管網計算であり、第1列の水頭と第7列の流出量より、各節点における水頭と流量を求める手法である。図4にA列からD列の解析による流量分布を示す。

この図4においてひび割れの無い場合は、CASE-1とCASE-2で流出量の差がないのに対して、D列のひび割れが存在する場合は流出量が大きく異なることが分かる。

4.2 透水係数分布

この解析より得られる各節点における流量と水頭を使い、各節点ごとの透水係数を求めた。図5にA列からD列の結果を示す。

CASE-1, CASE-2のいずれも第1列、第2列あたりまでは流入時の影響により、透水係数にバラツキが見られるが、CASE-1の場合 $k = 0.168m/s$ 、CASE-2の場合 $k = 0.144m/s$ (ひび割れ部 $k = 0.275$) 程度に安定することがわかる。CASE-2でひび割れ部以外の部分の透水係数がCASE-1の透水係数よりも小さな値となっているが、これはひび割れ部で流出が集中し、その分、外の部分への流出量が減ったためと思われる。

ここで、透水係数が通過する管の断面積により決まるとすると、健全部の径が3.5mm、ひび割れ部の径が4.5mm、ひび割れ部の透水係数が $k = 0.275$ とすると、

$$0.275 \times \left(\frac{3.5}{4.5}\right)^2 = 0.166m/s$$

となり、健全部のみのCASE-1の透水係数とほぼ一致する。

また、先に求めた管網全体の透水係数と各節点での透水係数を比較すると全体の透水係数の方が小さいことが分かる。

5. ま と め

本研究では、ガラス管による透水試験を行い微小区間における透水係数の検討を行った。その結果、ひび割れ部を模擬した部分の透水係数は、他の健全な部分の透水係数よりも大きな値をとることが確かめられた。

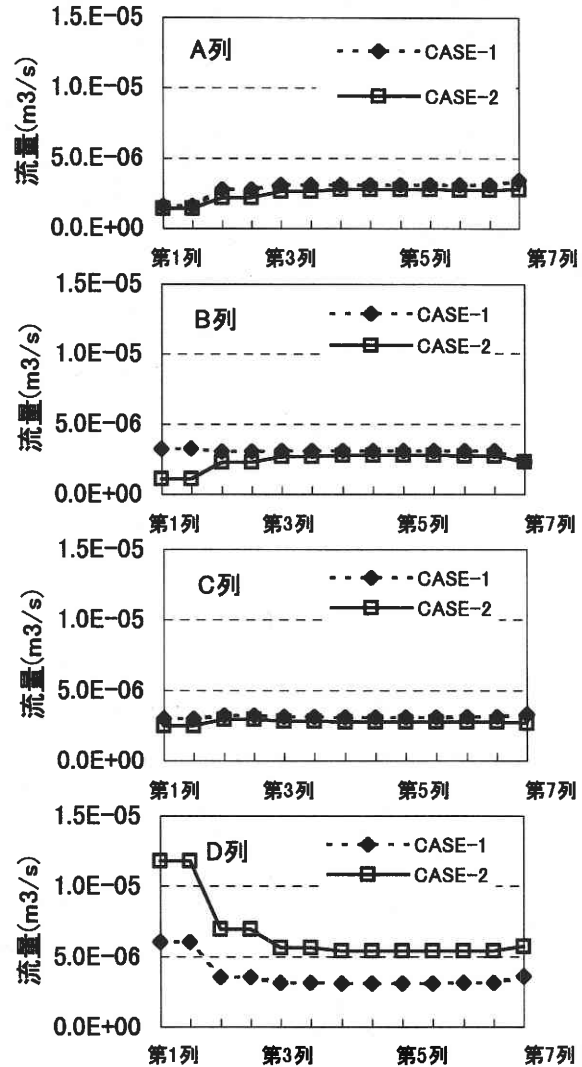


図4 流量分布

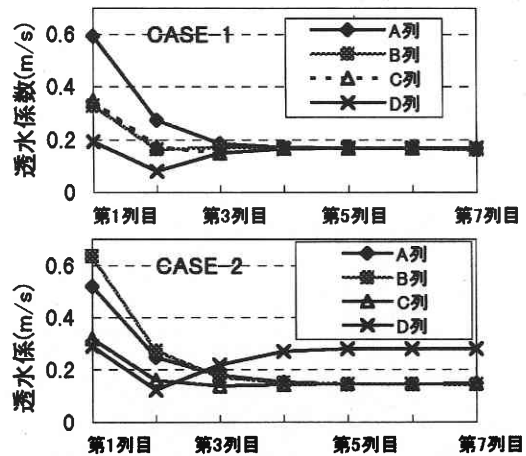


図5 透水係数の分布

研究速報

今後の課題として、コンクリート中におけるひび割れの大きさと空隙構造の関係が、透水係数にどのように影響しているか定量的な検討を加える必要がある。

謝辞：本研究を実施するにあたり、ご協力頂きました研究室の方々、ならびに試験装置を作成して頂いた東京大学生産技術研究所・試作工場の滑川氏に感謝致します。

(1997年3月11日受理)

参考文献

- 1) 反応モデル解析研究委員会報告書 (I), 日本コンクリート工学協会, 1996. 5

- 2) 近藤連一：多孔材料, 技報堂出版, 1978
- 3) 村田二郎, 岩崎訓明, 児玉和巳：コンクリートの科学と技術, 山海堂, 1996
- 4) 大住道生・加藤佳孝・魚本健人, コンクリート中の鉄筋の腐食速度に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996, pp. 777-782
- 5) 宇土顕彦・西川緯一：配水管網のグラフ処理アルゴリズムとその応用 (Ⅲ), 水道協会雑誌, 第55号 (第623号), pp. 2-11, 1985. 8
- 6) 高桑哲男：配水管網の解析と設計, 森北出版, 1978
- 7) 木下勝也・魚本健人, コンクリートの空隙構造を考慮した透水性モデルに関する基礎的研究, コンクリート工学年次大会 1997 投稿中