

# 論文 視覚的評価方法によるコンクリート中のブリーディング挙動に関する基礎的研究

犬飼 利嗣<sup>\*1</sup>・畑中 重光<sup>\*2</sup>・三島 直生<sup>\*3</sup>・金子 林爾<sup>\*4</sup>

**要旨**：本研究では前報でモルタルに用いた方法を応用し、コンクリート中のブリーディング挙動を視覚的に評価する方法を考案した。コンクリート中に注入した着色液の挙動から、自由水の位置(着色液の注入位置)およびコンクリートのスランプ(単位水量)が、ブリーディングの挙動に及ぼす影響について検討した。その結果、考案した方法でコンクリート中のブリーディング挙動が擬似的に確認できること、その挙動は型枠側面からの距離やコンクリート中の深さ方向の距離など自由水の位置によって異なること、また前報との比較検討から、型枠や骨材の界面はブリーディングの水みちになることなどが明らかとなった。

**キーワード**：コンクリート, モルタル, ブリーディング, 着色液, 視覚的評価方法

## 1. はじめに

コンクリートの内部に存在するブリーディング(以下、内部ブリーディングという)の挙動を解明することは、沈降にともなう材料分離現象や鉄筋コンクリート構造体の品質を評価する上で重要なことである。さらに、透水型枠工法や真空脱水工法など、強制的に自由水が排出される工法では、そのメカニズムの解明に役立つものと考えられる。

筆者らは前報<sup>1)</sup>で、モルタルの内部ブリーディング挙動を視覚的に評価する方法を提案した。その結果、モルタル中に注入した着色液の着色状態から、内部ブリーディングの挙動を擬似的に確認できることを明らかにした。さらに、内部ブリーディングの挙動を適切に捉えることを目的として、着色液の注入方法、および注入量に関する検討<sup>2,3)</sup>も進めてきた。

本研究では、これまでに検討した方法<sup>1-3)</sup>を応用し、コンクリートの内

部ブリーディング挙動を視覚的に評価することを試みた。コンクリート中に注入した着色液の挙動から内部ブリーディングを観察し、着色液の注入位置およびコンクリートのスランプ(単位水量)が、内部ブリーディングの挙動に及ぼす影響について検討を行った。また、モルタルとコンクリートの内部ブリーディング挙動についても比較検討を加えた。

表-1 実験要因

実験 No.	スランプ (cm)	着色液の注入位置 (mm)	
		底面からの距離	前面からの距離
1	8	10	15
2		110	
3		210	
4		10	15
5			25
6			35
7	18	10	15
8		110	
9		210	
10		10	15
11			25
12			35

\*1 東海コンクリート工業(株) 技術部技術グループ係長 工修 (正会員)

\*2 三重大学 工学部建築学科教授 工博 (正会員)

\*3 三重大学 工学部建築学科助手 博士(工学) (正会員)

\*4 名城大学 理工学部建築学科教授 博士(工学) (正会員)

## 2. 実験概要

### 2.1 実験要因

実験要因を表-1に示した。

### 2.2 実験方法

#### (1) コンクリートの使用材料および配合

コンクリートの使用材料を表-2に、配合を表-3に示す。

#### (2) フレッシュコンクリートの試験方法

スランプの測定はJIS A 1101「コンクリートのスランプ試験方法」に、空気量の測定はJIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法(空気室圧力方法)」に準じて行った。

ブリーディングの測定は化粧合板で作製した断面300×300mm、高さ330mmの容器を用い、コンクリートを高さ300mmまで詰めて試料とし、JIS A 1123「コンクリートのブリーディング試験方法」に準じて行った。

#### (3) 試験体の成形方法

試験体の成形には図-1に示すように、300×300×300mmの化粧合板型枠を使用した。コンクリートを1層で詰め、中央部にφ43mmの棒形振動機(振動数13200rpm)を深さ150mmまで挿入し15秒間締め固めて成形した。

#### (4) 着色液の注入方法

着色液(フタロシアニンを主成分とする2%水溶液)の注入は、試験体成形後、直ちに行った。試験体型枠に設置した注射針挿入ガイド(図-1参照)に沿い底面より注射針を所定の位置(表-1参照)まで挿入し、1秒間に200μLの速度で1箇所あたり600μLずつ着色液を注入した。着色液の注入量は、各試料および注入位置において20mm程度の移動量が確認できるように、既往の研究<sup>1-3)</sup>および予備実験により決定した。また着色液の挙動は注入量によって大きく異なるが、注入位置およびスランプ(単位水量)による影響

表-2 コンクリートの使用材料

材料名	種類	主な物性
セメント	白色ポルトランドセメント	密度:3.05 g/cm <sup>3</sup> , 比表面積:3650 cm <sup>2</sup> /g
細骨材	三重県町屋川産川砂	表乾密度:2.62 g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率:2.80
粗骨材	三重県北勢産碎石(5~20mm)	表乾密度:2.66 g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率:6.80
混和剤	減水剤標準形I種	末端スルホン酸基を有するポリカルボン酸基含有ポリマー
	AE剤I種	高級樹脂酸塩および非イオン系界面活性剤
水	上水道水	-

表-3 コンクリートの配合

配合No.	スランプ(cm)	空気量(%)	水セメント比(%)	粗骨材の最大寸法(mm)	細骨材率(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
						水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤(c×wt%)	AE剤(c×wt%)
1	8	3	55	20	43.2	161	293	807	1077	0.30	0.0010
2	18	4.5			48.0	185	336	831	912	0.30	0.0020

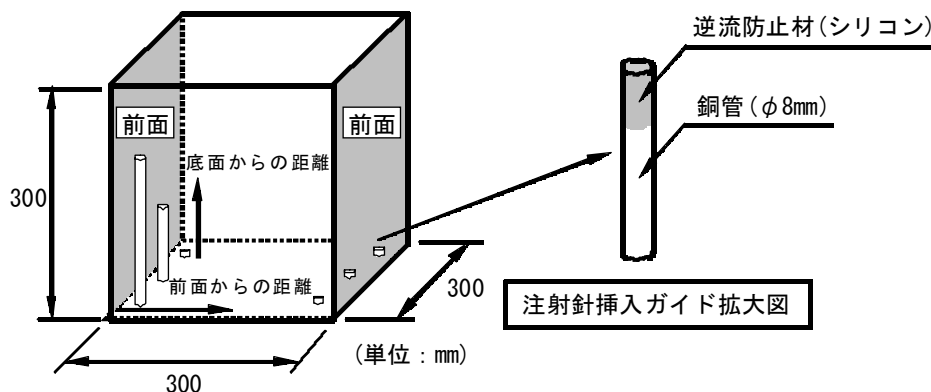


図-1 試験体型枠

を明確にするために、すべて同一の注入量とした。

### (5) 内部ブリーディングの測定方法

材齢1日で試験体を脱型し、表面を観察した。その後、材齢28日を経て水平方向に17mmの間隔(ただし、最下面は10mm, 最上面は27mm, 切断機の刃幅は3mm)で切断し、切断面に分布した着色液の領域を測定した。着色液の領域は、底面からの鉛直距離と着色液注入位置からの水平距離を測定して、前面投影図および側面投影図として表した。

### 2.3 実験結果および考察

フレッシュコンクリートの試験結果を表-4に示す。

試験体前面の着色状態に及ぼす着色液注入位置の影響を写真-1, 2に示す。写真(a)からわかるように、着色液はスランプ(単位水量)によらず、底面から10mmの注入位置では濃厚にみられるが、注入位置が底面から高くなるほど淡くなる。写真(b)によれば、注入位置が前面から離れていくほど着色量が少なくなり、前面から35mmの注入位置では、いずれのスランプ(単位水量)でも、着色液が型枠前面に到達していない。

コンクリートの内部を上昇する着色液は写真-3に示すように、その多くはモルタルと粗骨材の界面に着色されている。これは、モルタルと粗骨材の界面が内部ブリーディングの水みちになることを示している。写真-4にはモルタ

表-4 フレッシュコンクリートの試験結果

配合 No.	スランプ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング量 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^2$ )	ブリーディング率 (%)
1	6.5	3.0	0.17	3.5
2	18.0	4.0	0.29	5.3

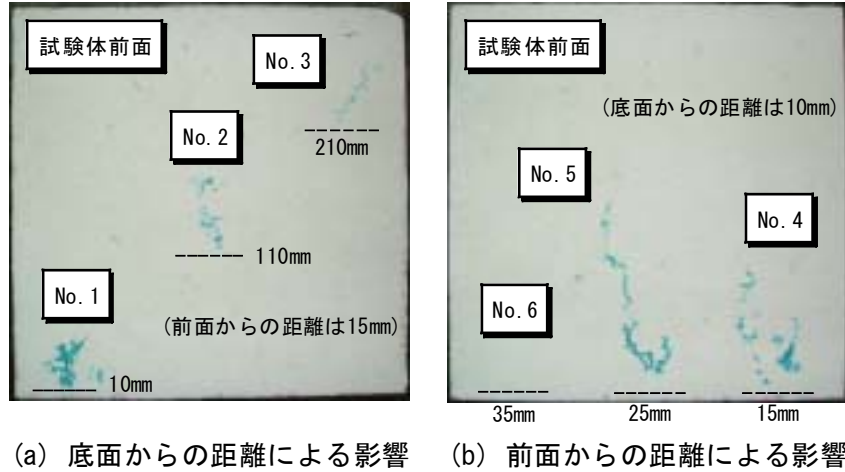


写真-1 試験体前面の着色状態に及ぼす着色液注入位置の影響 (スランプ8cm)

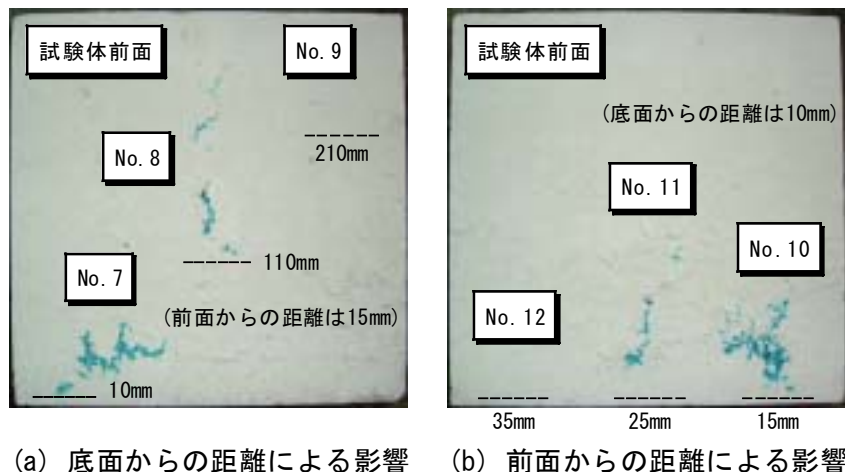


写真-2 試験体前面の着色状態に及ぼす着色液注入位置の影響 (スランプ18cm)

ル試験体の水平切断面の着色状態を示した。このようにモルタルの内部を上昇する着色液の多くは、細骨材粒子表面を沿うように着色されている。したがって内部ブリーディングの多くは、コンクリートの場合はモルタルと粗骨材の界面を、モルタルの場合はセメントペーストと細骨材の界面を水みちとして上昇するものと考えられる。

図-2, 3に内部ブリーディングの分布を示す。図-2(a), (b), (d), (e), および図-3



写真-3 コンクリート試験体水平切断面の着色状態 (着色部分をトレース)

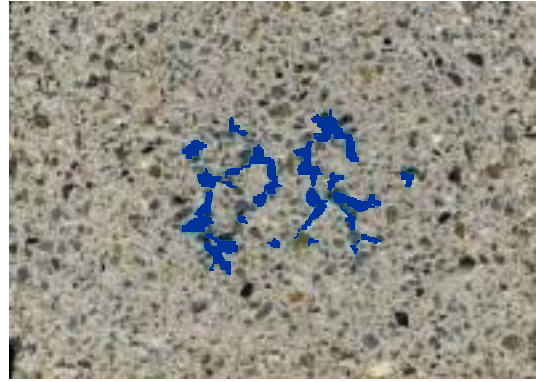


写真-4 モルタル試験体水平切断面の着色状態<sup>1)</sup> (着色部分をトレース)

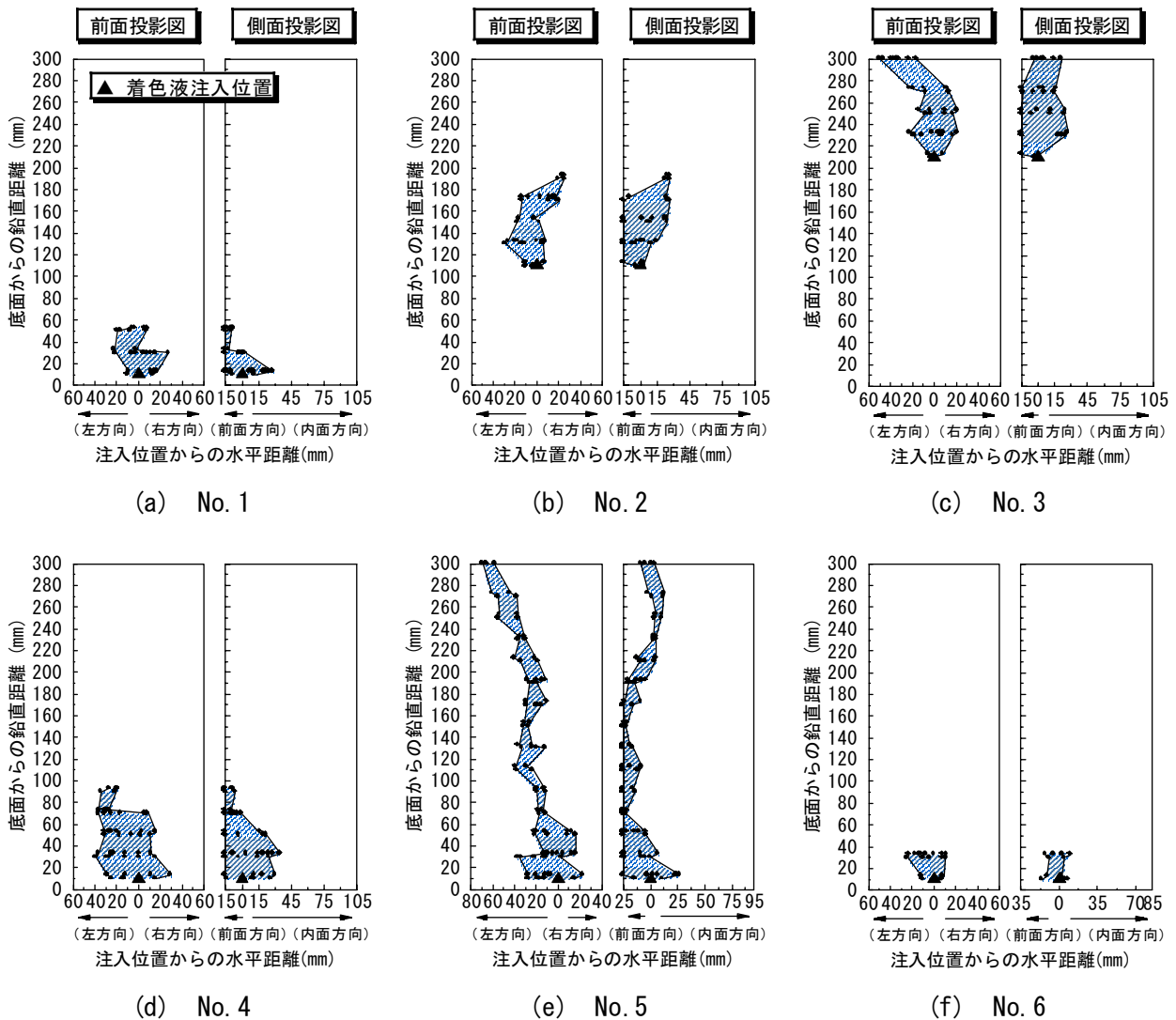


図-2 内部ブリーディングの分布 (スラブ8cm)

(a), (b), (d), (e)の側面投影図に示すように、前面から25mm以内、あるいは底面から110mm以内の位置に着色液を注入した場合は、いずれも型枠前面まで着色液が移動している。一方、図

3(c)の側面投影図に示すように、着色液の注入位置が底面から210mmの場合や、図-2(f)、および図-3(f)の側面投影図に示すように前面から35mmの場合は、着色液は型枠前面に到達

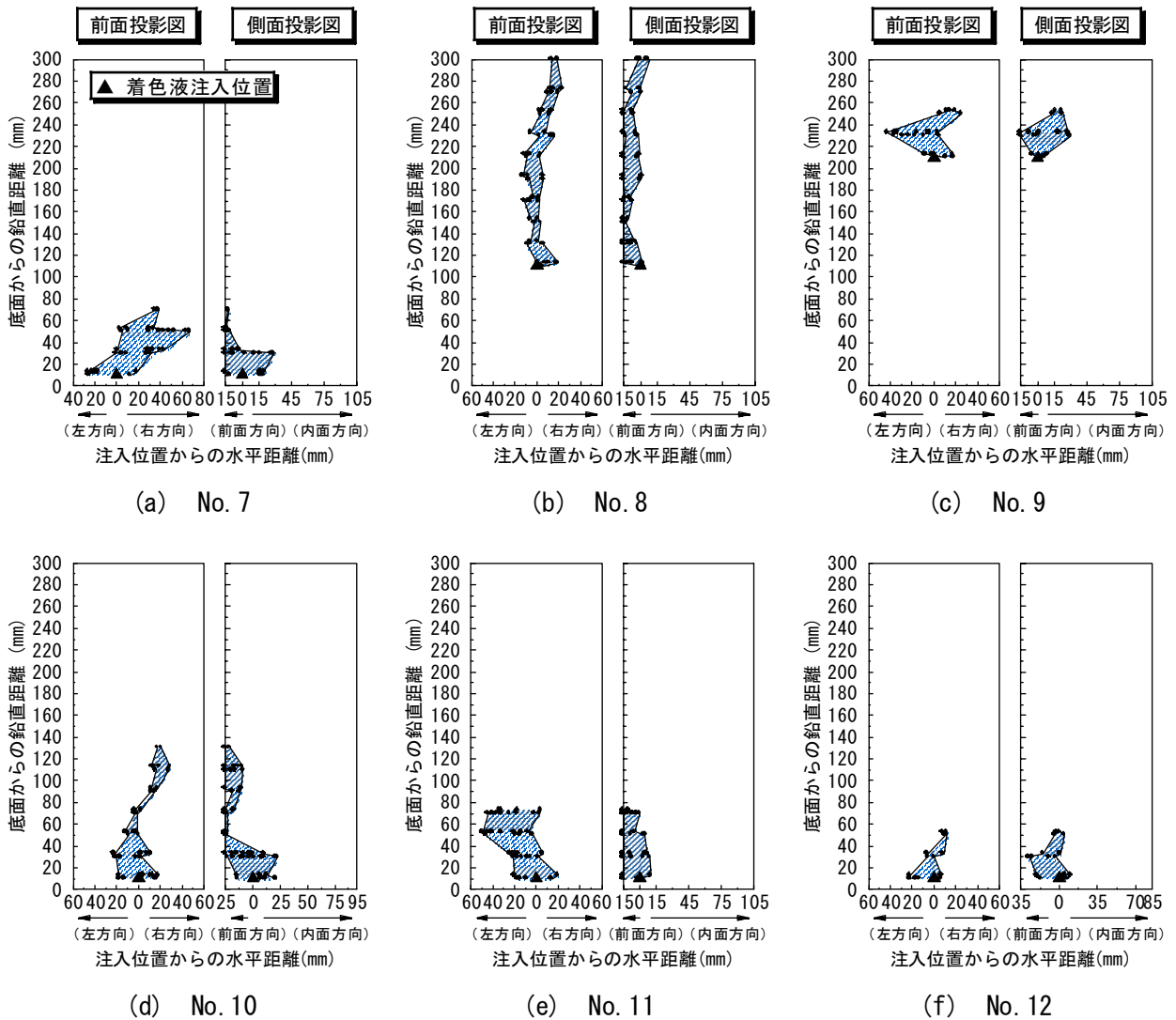


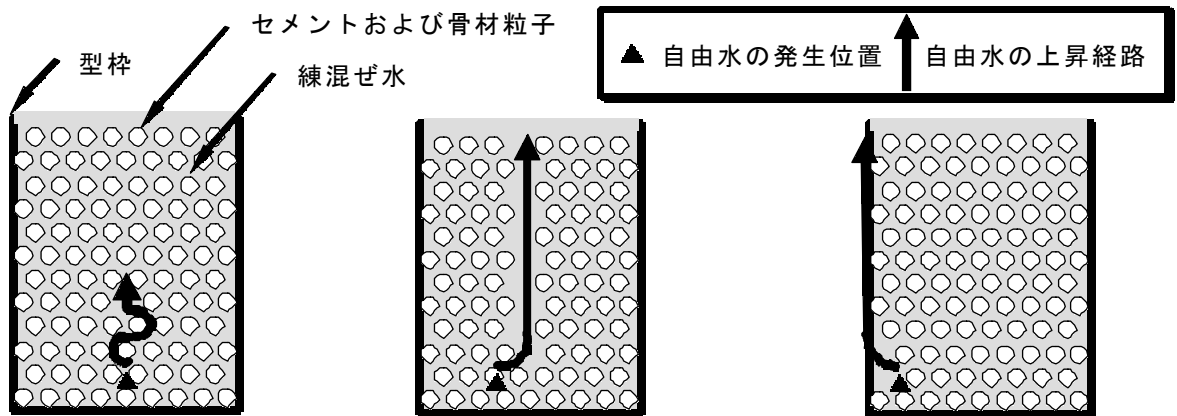
図-3 内部ブリーディングの分布 (スランプ18cm)

することなく上昇している。このように内部ブリーディングの挙動は、型枠側面からの距離や、コンクリート中の深さ方向の距離による影響を受けるものと考えられる。

コンクリートのスランプ，すなわち単位水量の違いによる影響は，表-4に示すようにブリーディング試験においてはみられるが，着色液の上昇距離など内部ブリーディングの挙動においては明確には確認できなかった。このような結果はモルタルで行った実験結果<sup>1-3)</sup>でも同様であり，配合や着色液の注入条件が同一であっても，着色液の上昇距離など内部ブリーディングの挙動が測定ごとに異なることを確認している。この原因としては，着色液の注入位置近傍にある試料の状態，すなわち自由水の通りやすい水

みちの有無による影響が考えられる。

自由水の上昇過程を図-4に模式図として示す。図(a)は自由水の発生位置近傍の試料が均質な状態にあり，セメント粒子や骨材の沈降による置換によって自由水はゆっくり上昇していく。この場合，上昇距離は比較的短く，配合や材料による影響を受けやすい。図(b)は何らかの原因により試料が不均質となり，自由水の発生位置近傍に水みちが形成されている状態を示す。この場合，自由水の上昇速度は大きくその距離も長い。また配合や材料による影響は比較的小さい。図(c)は自由水の発生位置近傍に型枠面があり，壁効果により型枠面が水みちとなっている。この場合図(b)と同様で，自由水の上昇速度は大きくその距離も長い。また配合や



(a) 試料が均質な場合 (b) 試料に水みちがある場合 (c) 型枠側面が水みちになる場合

図-4 自由水上昇過程の模式図

材料による影響は比較的小さい。このようにコンクリートの内部ブリーディング挙動は、自由水の発生位置近傍にある水みちの形成状態によって大きく異なるものと考えられる。

### 3. まとめ

本実験結果より、以下の知見を得た。

- 1) 本実験で試みた方法で、コンクリートの内部ブリーディング挙動が擬似的に確認できる。
- 2) コンクリート内部の自由水は、その発生位置が型枠側面から離れていくほど、また、コンクリートの深さ方向に浅くなるほど型枠側面に到達しにくくなる。
- 3) 型枠の側面、および骨材との界面は水みちとなり、ブリーディング水の多くはその界面に沿って上昇する。
- 4) 内部ブリーディングの挙動は、コンクリートのスランプ(本実験では単位水量)による影響は明確ではなく、自由水の発生位置近傍にある水みちの形成状態によって大きく異なるものと考えられる。

今後は、本研究で得られた成果を、強制的に自由水を排出する透水型枠工法や真空脱水工法などの脱水メカニズムの解明にも応用していきたいと考えている。

### 謝辞

本研究は、(社)日本コンクリート工学協会「透水・脱水によるコンクリートの品質改善方法研究委員会」(委員長：畑中重光)の一環として行われたものである。本実験に際し、御助力を得た名古屋大学大学院助教授・国枝稔先生、名古屋工業大学大学院助教授・河辺伸二先生、三重大学大学院修了生・小林広実氏、東海コンクリート工業(株)、その他関係各位に深謝いたします。

### 参考文献

- 1) 犬飼利嗣, 畑中重光, 三島直生, 金子林爾: 視覚的評価方法によるモルタル中のブリーディング挙動に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 25, No. 1, pp. 545-550, 2003
- 2) 犬飼利嗣, 小林広実, 三島直生, 畑中重光, 金子林爾: モルタル中のブリーディング挙動に関する基礎的研究(その2: 着色液注入方法に関する実験概要), 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集, A-1, pp. 465-466, 2003
- 3) 犬飼利嗣, 小林広実, 三島直生, 畑中重光, 金子林爾: モルタル中のブリーディング挙動に関する基礎的研究(その3: 着色液注入方法に関する実験結果および考察), 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集, A-1, pp. 467-468, 2003