論文　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

犬飼　利嗣[*1]・畑中　重光[*2]・三島　直生[*3]・金子　林爾[*4]

要旨：本研究では，着色液によりモルタル中の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。モルタル中のブリーディング水を自由水として位置付け，着色液を自由水としてモルタル中に注入することで，その挙動を測定することを試みた。モルタル中に着色した着色液の分布から，着色液の注入位置，打込み方法，および締固め方法が，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，モルタル中に注入した着色液は自由水として存在し，その着色状態からブリーディングの挙動が擬似的に確認できることが明らかとなった。

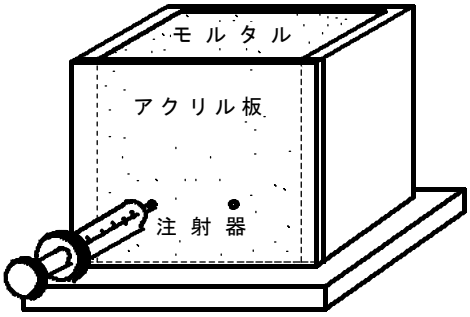
キーワード：モルタル，ブリーディング，自由水，着色液，視覚的評価方法

1.　はじめに

ブリーディング現象とは，密度の異なる骨材やセメント粒子の沈降や分離にともない，練混ぜ水の一部が上部に遊離上昇する現象である。上昇したブリーディング水は，上層部のコンクリートの水セメント比を大きくしたり骨材や鉄筋の下部に空隙を形成して，鉄筋コンクリート構造体としての品質低下をもたらす。また，ブリーディングにともない，コンクリート上面にはレイタンスが発生し，打継ぎ部の欠陥を誘発する要因ともなっている。

ブリーディングに関する研究は，これまでに数多く行われてきたが，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)の挙動に関する研究は数少ない。

本研究では，内部ブリーディングに関する既往の研究を調査した上で，着色液により内部ブリーディングの挙動を視覚的に測定する方法を提案した。すなわち，内部ブリーディング水を自由水として位置付け，着色液を自由水としてモルタル中に注入(**図－１**参照)することで，その挙動を測定する方法を試みた。着色液の挙動は，定量的な面では実際の自由水とは異なるが，その挙動を捉えることを目的としてモルタル中に注入した。着色液の分布から，内部ブリーディングを観察し，着色液の注入位置，モルタルの打込み方法，および締固め方法が，内部ブリーディングの挙動に及ぼす影響について検討した。



図－１　着色液の注入方法

2.　既往の研究

辻ら[1)]は，白色ポルトランドセメントを用いたモルタルを７層に分けて打ち込み，各層の間

*1 東海コンクリート工業(株)　生産技術グループ係長　工修　(正会員)
*2 三重大学教授　工学部建築学科　工博　(正会員)
*3 三重大学助手　工学部建築学科　博士(工学)　(正会員)
*4 名城大学教授　理工学部建築学科　博士(工学)　(正会員)

に散布した着色剤の着色状態からブリーディングの発生状況を目視観察した。観察結果から，ブリーディングの挙動は，打込み時の層間を水平に移動して側面に達し，その後側面の型枠に沿って７～９㎝上昇すると報告している。

加賀[2)]は，配合の異なるコンクリートの上面に達したブリーディング(以下，外部ブリーディングという)量と内部ブリーディング量を測定した。測定結果から，内部ブリーディング量は，外部ブリーディング量の２倍程度であると報告している。また，単位水量が極端に少ない場合は，外部ブリーディング水はほとんど認められないが，内部ブリーディング水は存在することも報告している。

小野ら[3)]は，モルタルの外部および内部ブリーディング量と電気比抵抗値を測定した。測定結果から，外部ブリーディング水と内部ブリーディング水は密接に関係があり，自由水の移動，滞留，および分布を把握する上で有効であると報告している。また，電気比抵抗値によっても自由水の移動，滞留，および分布を把握することが可能であると報告している。

3.　実験概要

3.1　実験要因

実験要因を**表－１**に，**図－２**に着色液の注入位置を示す。

3.2　実験方法

(1)　モルタルの使用材料および配合

モルタルの使用材料を**表－２**に，配合を**表－３**に示す。

(2)　モルタルのフレッシュ性状試験方法

モルタルのフロー値の測定は，JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に準じて行った。

空気量の測定は，容量１Lの空気量測定器を用い，JIS A 1128「フレッシュコンクリートの

表－１　実験要因

実験 No.	着色液の注入位置 底面からの距離(mm)	着色液の注入位置 側面からの距離(mm)	打込み方法	締固め方法
1	10	10	１層詰め	突き固め法
2	30			
3	10	30		
4	30			
5	10	30	２層詰め	
6	30			
7	10	10	１層詰め	振動締固め法
8		30		

表－２　モルタルの使用材料

材料名	種　類	備　考
セメント	白色ポルトランドセメント	密度:3.05g/m^3，比表面積:3650cm^2/g
細 骨 材	三重県町屋川産川砂	表乾密度:2.62g/m^3，粗粒率:2.80
水	上水道水	－

表－３　モルタルの配合

水セメント比 W/C (wt%)	砂セメント比 S/C	設計空気量 Air (Vol%)	単位量(kg/m^3) セメント C	水 W	細骨材 S
50	2.5	2	550	275	1375

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。

外部ブリーディングの測定は，容器に断面100×100mm，高さ120mmの鋼製型枠を用いた。モルタルを高さ100mmまで詰め試料とした。試験方法は，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，100×100×100mmの鋼製型枠(ただし，着色液注入面はアクリル板)を用いた。突固め法ではモルタルを１層，または２層詰めとし，１層詰めでは打ち込み後，突き棒(直径９mm)で49回均等に突いたのち，突き穴がなくなるまで，木づちで型枠を軽くたたいて成形した。２層詰めでは１層目を高さ50mmまで打ち込み，１層詰めと同様に突き固めたのち，２層目を打ち重ね，１層目を乱さぬよう同様に突き固めて成形した。

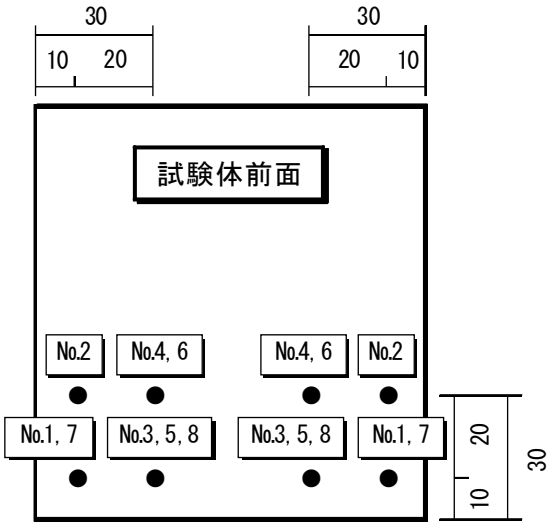
振動締固め法ではモルタルを１層詰めとし，打ち込み後，JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に用いるテーブルバイブレータで10秒間締め固めて成形した。

(4) 着色液の注入方法

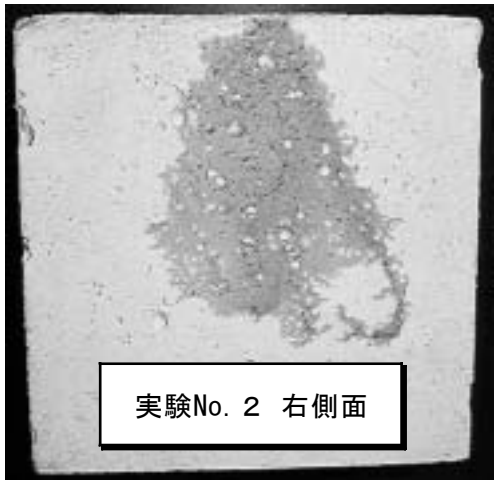
着色液(フタロシアニンを主成分とする１％水溶液)の注入は，試験体成形後ただちに行った。注射器を用い(**図－１**参照)，**図－２**に示す位置に針を70mm水平に挿入し，１秒間に200μLの速度で600μL注入した。注入後，アクリル板の針穴にビニールテープを貼り，液漏れを防止した。

(5) 内部ブリーディングの分布測定方法

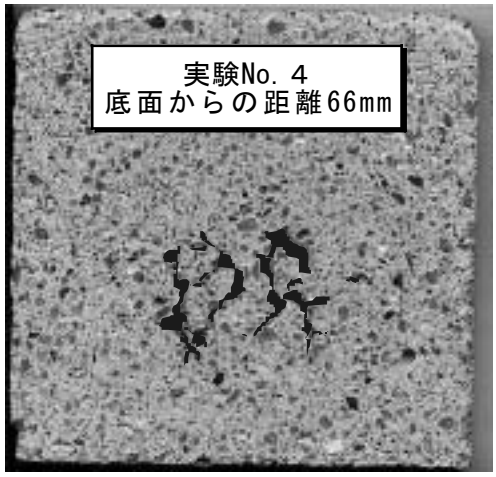
材齢３日で脱型し試験体表面を観察した。その後，水平方向に厚さ12～14mmの間隔で切断し，切断面に分布した着色剤の領域を測定した。試験体前面右側から注入した着色剤の領域は，前面および右側面に，左側から注入した着色剤の領域は，前面および左側面に投影した。試験体前面では，底面および左側面からの距離を，左右側面では，底面および前面からの距離を測定した。



図－２ 着色液の注入位置

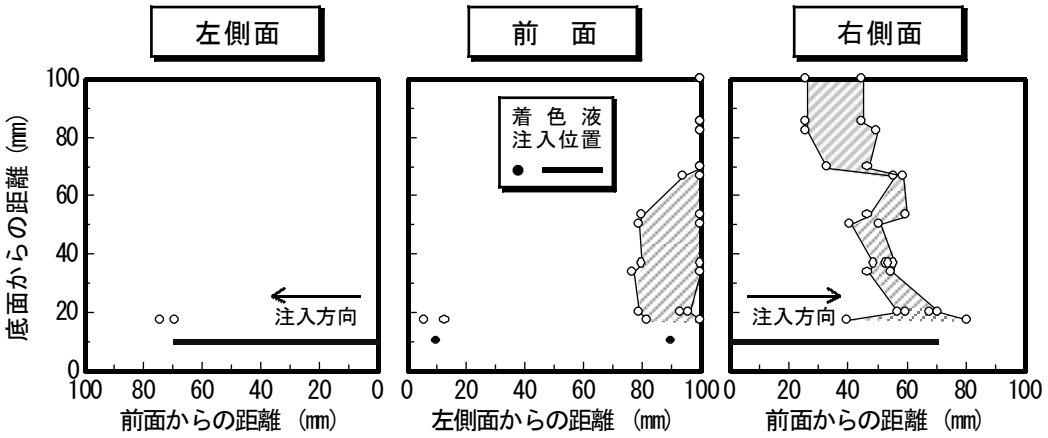


(a) 試験体の側面

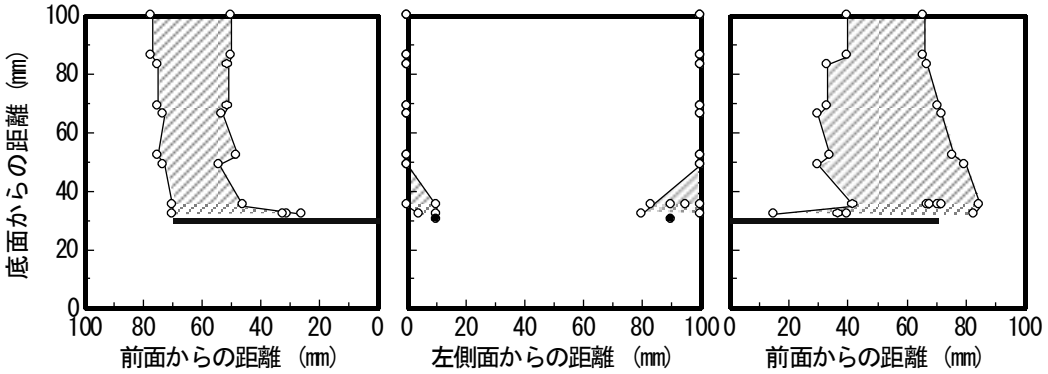


(b) 試験体の切断面

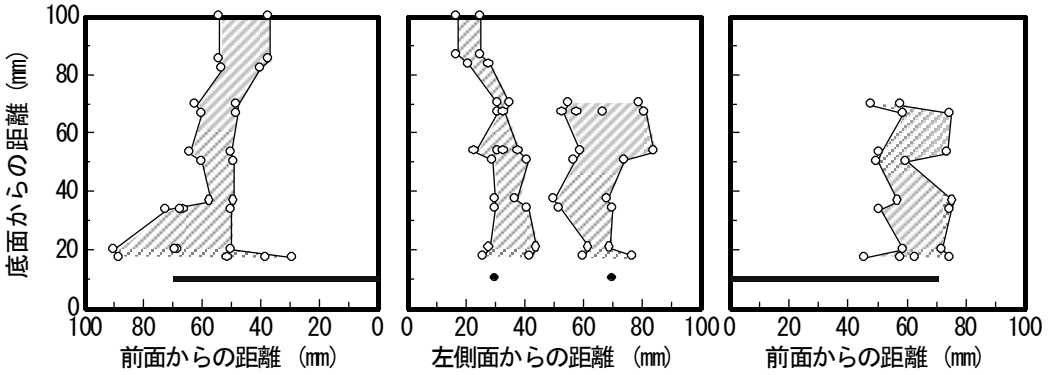
写真－１ 試験体の着色状況



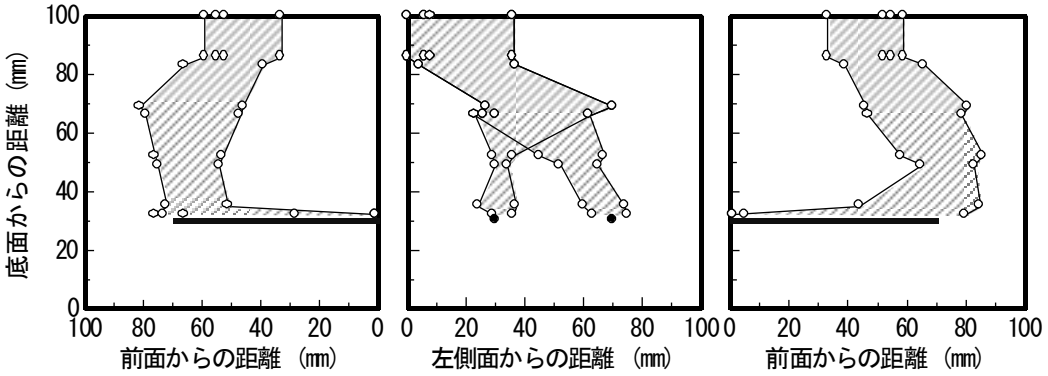
(a) 実験No.１（１層詰め，突き固め法）



(b) 実験No.２（１層詰め，突き固め法）

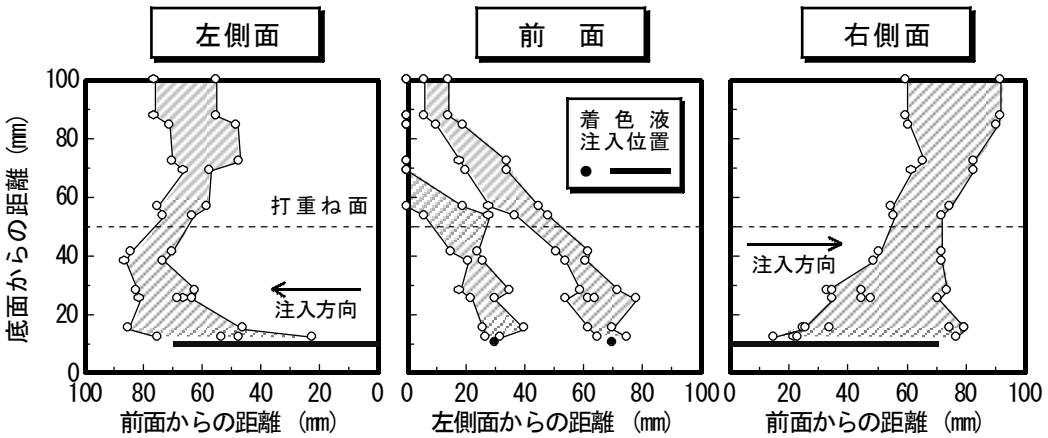


(c) 実験No.３（１層詰め，突き固め法）

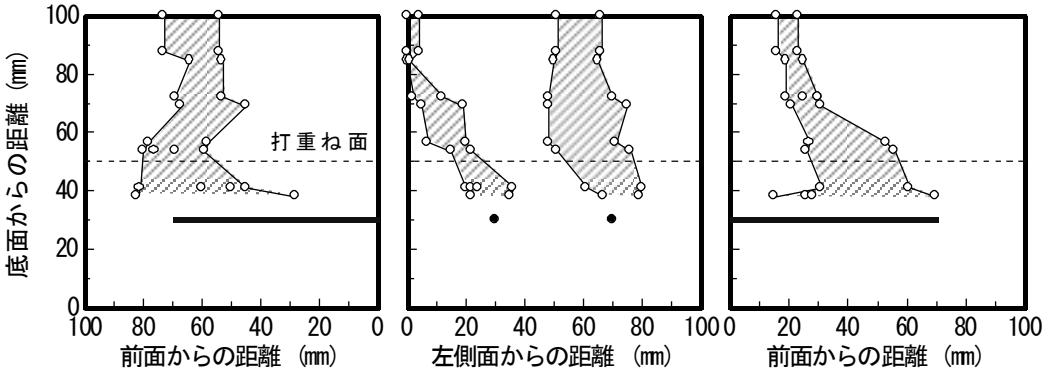


(d) 実験No.４（１層詰め，突き固め法）

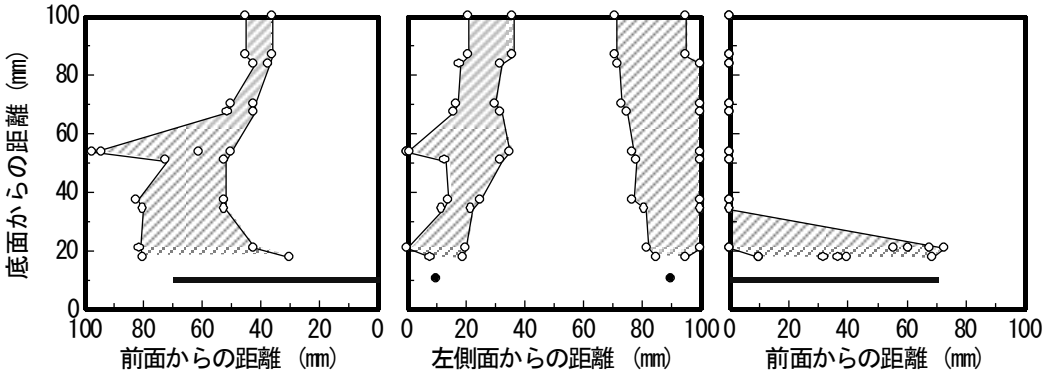
図－３ 内部ブリーディングの分布（―― は，着色液注入位置を示す）



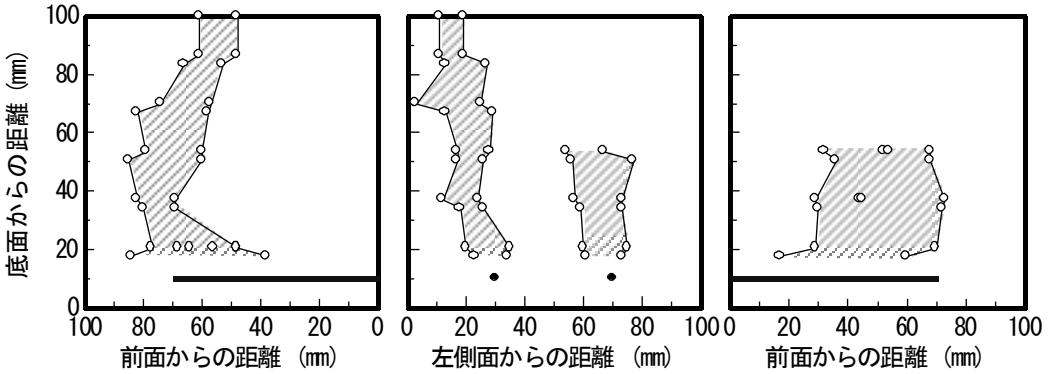
(e) 実験No.５（２層詰め，突き固め法）



(f) 実験No.６（２層詰め，突き固め法）



(g) 実験No.７（１層詰め，振動締固め法）



(h) 実験No.８（１層詰め，振動締固め法）

図－３ 内部ブリーディングの分布（―― は，着色液注入位置を示す）

3.3　実験結果および考察

モルタルのフロー値は192であり，空気量は2.5%であった。外部ブリーディングは，ブリーディング量が0.13cm³/cm²で，ブリーディング率は0.81%であった。

写真－１に試験体の着色状態を示した。(a)に示したように，型枠の側面に達した着色液は，(b)に示したような内部を上昇するものと比較して，上昇速度が非常に速くなる傾向にあった。また，内部を上昇する着色液は，(b)に示したように細骨材粒子の合間に線状で着色されているものが多く，点または滴点のように着色されたものはほとんど確認できなかった。これは，内部ブリーディングが高さ方向に帯状となって上昇していることを示している。

図－３に，内部ブリーディングの分布を示した。着色液の注入位置による影響は，(a)～(d)前面の測定結果に示したように，型枠側面からの距離による影響が大きく，側面付近に注入したものは型枠面に沿って上昇している。これは，既往の研究結果[1),4)]と一致しており，型枠面も水みちになることを示している。

一方，打込み方法による要因では，**図－３**(c)および(d)と，(e)および(f)に示した測定結果の比較からは，打重ね部による影響は確認できなかった。これは，既往の研究結果[1)]と異なる結果である。

締固め方法による要因では，振動締固め時にアクリル板の共鳴振動が生じ，**図－３**(g)右側面の測定結果に示したように，モルタル内部の対流運動により他と異なる挙動を示した。

また，着色液の注入位置が底面から30mmの場合は，着色液がすべて上面に達しているのに対し，底面から10mmの場合は上面に達していないものもみられる。したがって，ブリーディングの上昇距離は，発生位置によって異なるものと考えられる。

4.　まとめおよび今後の課題

本実験結果より以下の知見を得た。

1)モルタル中に注入した着色液は自由水として存在し，その着色状態から内部ブリーディングの挙動が擬似的に確認できる。
2)モルタル中の内部ブリーディングの多くは，高さ方向に帯状となって上昇する。
3)型枠の側面は，ブリーディングの水みちとなる。
4)モルタルの打重ね部は，必ずしもブリーディングの水みちとはならない。
5)ブリーディングの上昇距離は，発生位置によって異なる。

今後は，モルタル中のブリーディング挙動の定量化を目的として，着色液の注入方法，および試験体の成形条件の違いによる影響について検討を進めていく所存である。

【謝辞】

本実験に際し，東海コンクリート工業(株)生産技術グループの方々にご協力を得た。また，河上敬介氏(名古屋大学大学院医学研究科助教授)には，注射器をご提供していただいた。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

1)辻　正哲，坂井秀紀：ブリージング発生機構に関する基礎的研究，セメント技術年報，No.37，pp.229～232，1983
2)加賀秀治：高性能AE減水剤の使用量の変動がコンクリートの品質に及ぼす影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.569～570，1992
3)小野博宣，伊藤知幸：フレッシュモルタルのブリージング特性，セメント・コンクリート論文集，No.51，pp.424～429，1997
4)加賀秀治：フレッシュコンクリートのブリージング機構に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1191~1192，1993