

埋め込み鉄筋周辺におけるフレッシュモルタルのブリージング性状

佐々 弥人*, 小野 博宣*, 深見 信規**

Bleeding Properties of Fresh Mortar for the Around Portion of Embedded Steel Bar in the Molds

Yahito SASSA**, Hironobu ONO* and Akinori FUKAMI**

(Received June 15, 1998)

The purpose of this experimental study was to clarify the behavior of bleeding of fresh mortar by using some kinds of molds for embedded steel bars which is assumed a member of reinforced concrete. The rates of bleeding were calculated at the upper layer and on the inside of the specimen comparing it with the electric resistivity.

The electric resistivity was measured by using eighteen pairs of electrodes, embedded at the upper and the lower part of each nine steel bars. The pipe method was used to flow out inside bleeding from the upper, middle, and lower parts by using pipes which bored a lot of small holes. Bleeding was measured under two kinds of curing conditions and six kinds of mix proportions.

According to the results, the contents of inside bleeding increase as the holes positions of pipes goes down, and the inside bleeding water also stayed under a steel bar, and there, a thin water layer is formed like film.

Keywords: Fresh mortar, Resistivity, Inside bleeding, Curing condition

1. 研究目的と意義

コンクリート構造躯体を打設する際に、その構成材料の不均一さによる品質低下を招く原因の一つとして、フレッシュ時での骨材分離及びブリージング等の材料分離が挙げられる。

その一つブリージングは、打設後に試料中の自由水が、コンクリート打設表面に分離湧出する現象のことである。そして、過剰なブリージングは、コンクリート打設表面にレイタンスと呼ばれる微細粒子層を形成し、コールド・ジョイントを誘発する。またコンクリート内部においては、骨材や鉄筋の下端部に氷膜を生じ

させ空隙をつくり付着強度の低下を招く原因となる。

さらに品質低下の原因としては、これらの他に化学混和剤・混和材、沈み亀裂、外気温度環境等の様々な問題点がある。本研究では、材料分離現象の一つであるブリージングを、モルタル内部に存在する自由水分の移動現象と滞留現象との相互関係と位置づけ、その影響を検討した。すなわち、RC部材を想定した鉄筋埋め込み型枠を用い、異なる3つの外気温度条件下[温度20℃(シリーズⅠ)、温度30℃(シリーズⅡ)、10℃(シリーズⅢ)]で、モルタルの打設上部に分離湧出した自由水分(以後、外部ブリージング水とし、実験用型枠内部に滞留する分離水を内部ブリージング水と呼び、定義する。)の相互関係としての比較検討と、1)型枠形状・寸法、2)パイプ開口部位置、3)混和剤、がブリー

* 建築学科 (Department of Architecture)

** 建設工学選考大学院生 (Graduate Student, Construction Engineering)

ジング性状に及ぼす影響を、外部及び内部ブリージング水量測定により定量的に、部材内部に滞留する内部ブリージング水を電気抵抗測定により定性的に把握しその性状を解明しようとするものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

セメント:普通ポルトランドセメント(比重:3.14)

細骨材:木曽川産川砂(比重:2.55)

混練水:水道水

混和剤:AE減水剤2種類[A社製 標準形(AE.WR1), 遅延形(AE.WR2)],高性能AE減水剤[A社製 標準形(H.AEWR1)]

2. 2 配合

モルタルの配合は、表.1に示す6種類とした。

2. 3 型枠種別

型枠は図1に示す。型枠は無筋型枠(型枠Type1)と鉄筋組込型枠(型枠Type2)、また型枠Type2に、上層(パイプ最上部から100mm-型枠Type3)、中層(パイプ中心部の100mm-型枠Type4)、下層(パイプ最下部から100mm-型枠Type5)の異なる位置から内部ブリージング水を採取できるパイプを取り付けた型枠の、合計5種類を用意した。

作成方法は型枠内面に防水処理としてペイントを2度塗った後に型組みをして、継ぎ目はシリコン系シーリング材を用いて防水処理を施した。鉄筋($\phi=13$, $L=174$, 有効長さ150mm)は熱収縮チューブで覆い絶縁した。また、各型枠の電極は棒状電極(SUS-304, $\phi=3.0$ mm, 有効長さ140mm)を用い、図1のように合計36本取り付けた(電極は鉄筋表面より7.5mm離して取り付けた。、図2参照)。測定点は隣接する電極2本で1対とし、合計30箇所についてはLCRメーター($1\mu A\sim 100mA$, $0.19\sim 1.9V$)を使用し測定した。

2. 4 測定方法

試験には、A法として、型枠上面の外部ブリージング水のみを測定するもの(型枠Type1, 2について)、B法として、外部ブリージング水と、型枠内部に設けたパイプ(上, 中, 下層)より採取した内部ブリージング水を同時に測定するもの(型枠Type3, 4, 5について)を採用した。打設後、各々の型枠上面を覆い水分の蒸発を防いだ。

また、電気抵抗及びブリージング水量測定は、打設後30分間を10分間隔、その後から60分後までを15分間隔、それ以後は30分間隔で打設後4時間までの測定を行った。

表 1 モルタルの基本配合表

No.	Flow (mm)	Air (%)	W/C (%)	Unit Weight(kg/m^3)			Unit Volume(l/m^3)			Agent
				C	W	S	C	W	S	
1	270	1	60	595	357	1131	189	357	444	-
2	250	1	55	614	338	1166	195	338	457	-
3	230	1	50	634	317	1204	201	317	472	-
4	250	3	41 ^{*1}	658	271	1249	209	271	490	AE.WR 1)
5	250	3	41 ^{*1}	658	271	1249	209	271	490	AE.WR 2)
6	250	3	29 ^{*1}	716	209	1361	227	209	534	H.AE.WR 1)

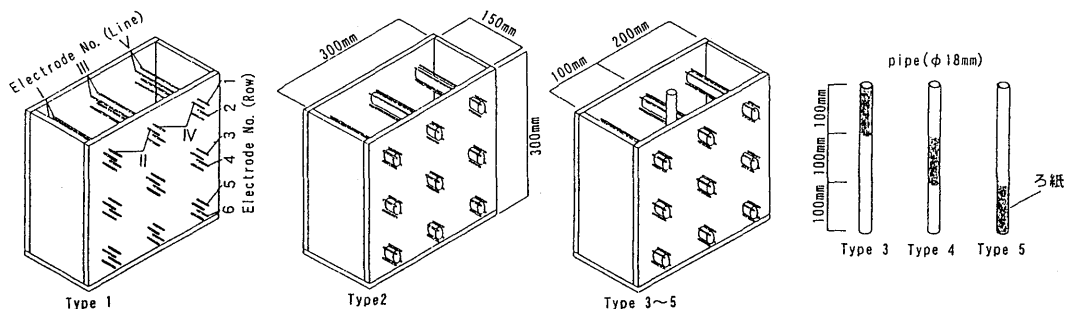
41^{*1}: W/C=55時の単位水量×25%の減水量に相当 29^{*1}: W/C=55時の単位水量×25%の減水量に相当

AE.WR1): A社製AE減水剤 A: 標準形(使用量、 $C\times 2.0\%$)

AE.WR2): A社製AE減水剤 B: 遅延形(使用量、 $C\times 2.0\%$)

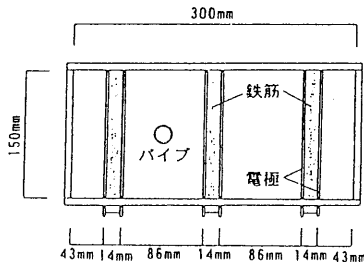
H.AE.WR1): A社製高性能AE減水剤 A: 標準形(使用量、 $C\times 2.0\%$)

図 1 型枠種別図



なお、測定はシリーズⅠ、シリーズⅡ、シリーズⅢを行い、型枠形状等による電気抵抗への影響を考慮し、電気抵抗測定値は比抵抗換算した。

図2 電極配置図



3. 実験結果と考察

3.1 鉄筋配置が外部及び

内部ブリージング水に与える影響

図3は、外部ブリージング量と打設後経過時間の関係を型枠各種別（無筋、鉄筋組込）に示したものである。外部ブリージング量について無筋型枠（型枠Type1）と鉄筋組込型枠（型枠Type2）の比率は、30分後（1.00:1.66）、60分後（1.00:1.50）、120分後（1.00:1.13）となっている。すなわち、鉄筋組込型枠の方が外部ブリージング量が多く、しかも測定の初期段階において急激に湧出していることがわかる。このことは、型枠に対して鉄筋を横向きに組み込んだことにより、上昇しようとする自由水が鉄筋に沿って型枠側面まで移動し、その後型枠上面まで上昇したためと考えられる。

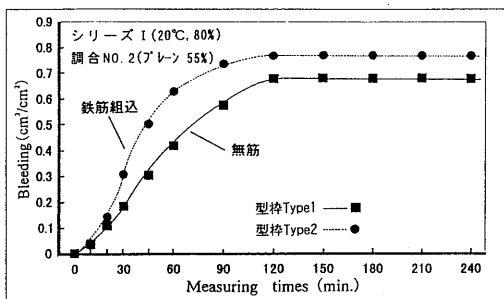


図3 外部ブリージング量と経過時間の関係

図4は、配合No. 2のプレーンモルタルの120分後におけるLineⅢ（中央部分の2本の電極の列）の電極高ささと比抵抗値（2本の平均）の関係を型枠種類別（無筋、鉄筋組込）に示したものである。120分後、型枠Type1（無筋）では、全体的に比抵抗値が小さくなり、型枠Type2（鉄筋組込）では、鉄筋上端（電極No. 1, 3, 5）に比べ、鉄筋下端（電極No. 2, 4, 6）の方が小さくなる傾向を示した。これは、一般的には、時間経過に伴う水和反応の進行により、アルカリ性の電解質が生成されて、比抵抗値は小さくなるが、これとは別に鉄筋の上下面において材料分離現象が起きていることを示している。また、120分後ではモルタルが自重により圧密され内部ブリージング水が上昇するため、型枠下方の電極ほど比抵抗値が大きくなっていることがわかる。

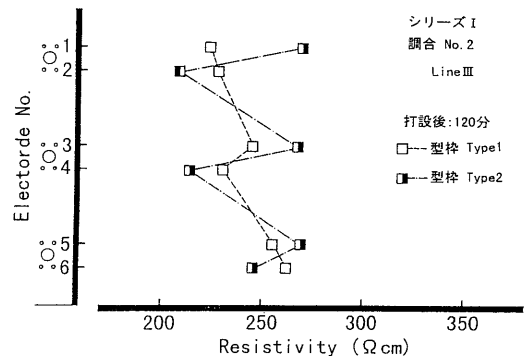


図4 電極高さと比抵抗値の関係

3.2 パイプ開口部位置が

内部ブリージングに与える影響

図5は、内部ブリージング量と打設後経過時間の関係をパイプ開口部位置別（上、中、下層）に示したものである。内部ブリージング量についてパイプ開口部位置、上層（型枠Type3）、中層（型枠Type4）、下層（型枠Type5）の比率は、30分後（1.0:1.64:2.00）、60分後（1.00:1.83:2.09）、120分後（1.00:1.77:2.17）となっている。すなわち、下層部から採取するものが一番多く、次いで中層、上層の順になった。これは、モルタルの自重による圧力が下層ほど大きくなり下層ほど圧密されるためと考えられる。

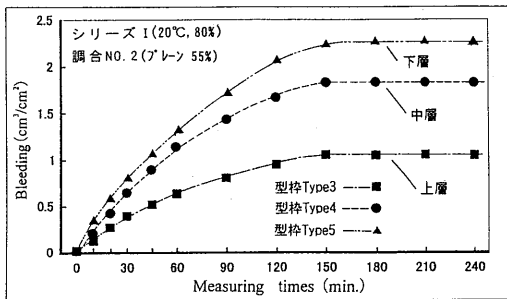


図5 内部ブリージング量と経過時間の関係

図6は、配合No. 2のブレンモルタルの打設後120分におけるLine II (図1参照)の電極高さと比抵抗値の関係をパイプ開口部位置別(上層, 中層, 下層, パイプ無し)に示したものである。上層部では、その位置にパイプ開口部がある型枠Type3と他の型枠とで比抵抗値にあまり差が見られないが、中層部では、その位置にパイプ開口部がある型枠Type4と下層部にパイプ開口部がある型枠Type5で比抵抗値が高くなっている。下層部では、その位置にパイプ開口部がある型枠Type5で比抵抗値が高くなる傾向を示した。これは、パイプ開口部からモルタル内の内部ブリージング水が採取されることで、パイプ開口部位置付近での内部ブリージング水量が少なかったためと考えられ、その採取量が上層, 中層, 下層の順で多くなっていることと関係しているといえる。特に、下層部での採取量が多いことから、型枠Type5では下層部だけでなく、中層部に滞留する内部ブリージング水も採取しているために、中層部での比抵抗値も高くなっていると考えられる。

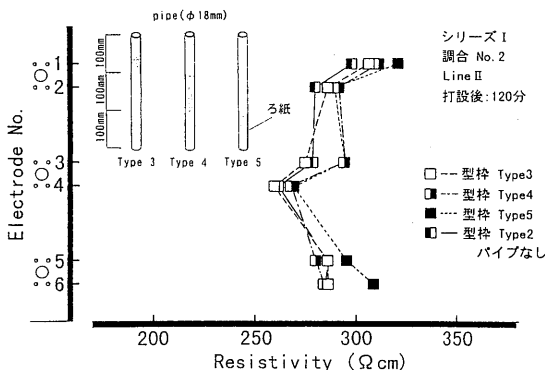


図6 電極高さと比抵抗値の関係

3.3 混和剤がブリージングに与える影響

図7は、シリーズ I (20°C, 80%)における各配合についての内部ブリージング量の関係を、型枠Type5 (パイプ開口部下層)について示したものである。水セメント比(60, 55, 50%)の違いが内部ブリージング量に及ぼす影響を比較すると、水セメント比が小さいほど内部ブリージング量は減少する傾向にある。また、フロー値一定(250mm)で混和剤により単位水量を下げた場合は、単位水量が小さいほど内部ブリージング量は減少する傾向が見られる。全体として、内部ブリージング量の多さは、ブレンW/C=60%>ブレンW/C=55%>ブレンW/C=50%>AE減水剤(遅延形)W/C=41%>AE減水剤(標準形)W/C=41%>高性能AE減水剤W/C=29%の順となっていることがわかる。

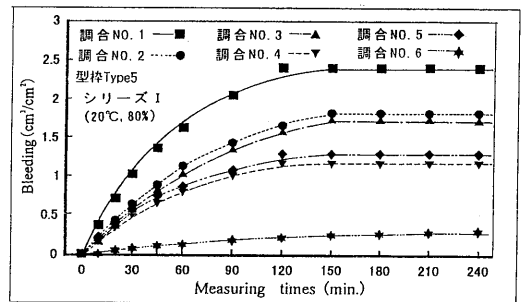


図7 内部ブリージング量と経過時間の関係

図8はブレン、及び各種混和剤を使用した配合(N o. 2, 5, 6)について型枠Type2(鉄筋組込), Line IIIの打設後120分での電極高さと比抵抗値の関係を示したものである。単位水量が最小となる高性能AE減水剤(配合No. 6)は、比抵抗値が最も高く、次いでAE減水剤(配合No. 5)、ブレン(配合No. 2)の順となった。これは、単位水量が小さいほどモルタル内に含まれる自由水の量が少なくなるため、比抵抗値が大きくなったと考えられる。また、単位水量が最大であるブレンでは、鉄筋の上端, 下端の比抵抗値の差が大きく、鉄筋上端(電極No. 1, 3, 5)下端(電極No. 2, 4, 6)の抵抗値の比率を型枠の上層, 中層, 下層の順に示すと、(1.28, 1.37, 1.10)となる。単位水量が最小となる高性能AE減水剤ではこれらの値は(1.06, 1.09, 1.07)と小さくなる傾向を示した。これはAE減水剤のセメント分散作用によって材料分離抵抗性が高くなっているためと考えられる。

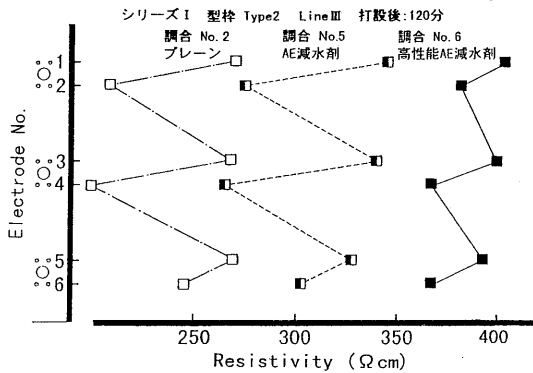


図 8 電極高さと比抵抗値の関係

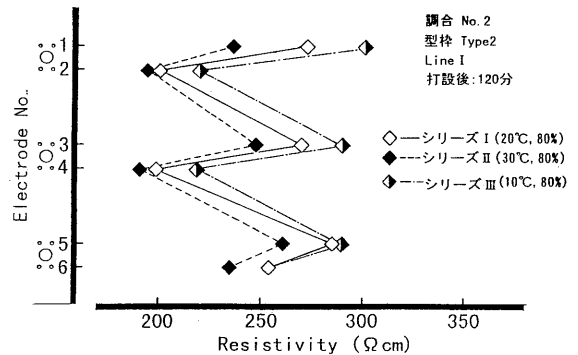


図 10 電極高さと比抵抗値の関係

3. 4 養生温度条件が与える影響

図 9 は、型枠 Type5 (パイプ開口部下層) における内部ブリージングと経過時間の関係を温度別に示したものである。内部ブリージング量について、シリーズ II (30℃)、シリーズ I (20℃)、シリーズ III (10℃) の比率は、30分後 [0.92:1.00:1.16]、60分後 [0.89:1.00:1.09]、120分後 [0.91:1.00:1.09] となり温度が低いほど内部ブリージング量は多くなることがわかる。このことは、温度が低くなるほど、モルタル内部の自由水は増加し、採取される量も増加するためと考えられる。

図 10 は、配合 No. 2 のブレンモルタルの型枠 Type 2, Line III の打設後 60 分、120 分での電極高さと比抵抗値の関係を温度別に示したものである。温度が一番高い (30℃) のものが比抵抗値が最も低く、次いでシリーズ I (20℃)、シリーズ III (10℃) の順となった。電極 No. 2 の比抵抗値について、シリーズ III (10℃): シリーズ I (20℃): シリーズ II (30℃) の比率は、打設後 60 分 [0.95:1.00:1.03]、打設後 120 分 [0.97:1.00:1.06] となり、時間が経過するにつれて温度変化による比抵抗値の差がやや大きくなった。これは、温度が低下することにより自由水が多くなるためと考えられる。また、型枠の下層に比べ上層ほど自由水分が少なくなるためと考えられる。

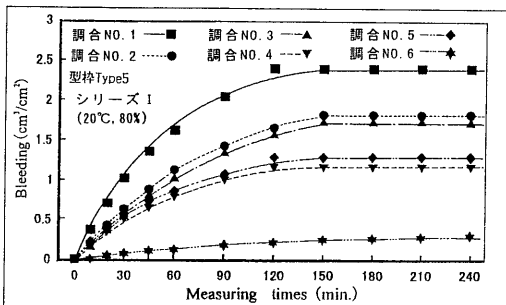


図 9 内部ブリージング量と経過時間の関係

4. まとめ

実験結果は以下のようにまとめられる。

- 1) 無筋型枠に比べ鉄筋組込型枠の方が外部ブリージング量は多くなる。
- 2) 鉄筋下端部には内部ブリージング水が溜まり水膜が生じる。
- 3) 型枠下層部ほど分離自由水は多く滞留する。
- 4) 外部及び内部ブリージング水は単位水量が小さいほど減少するため、単位水量を小さく抑えれば鉄筋下端部に溜まる自由水を少なくすることができる。
- 5) 養生温度が低いほど、水和反応が遅延することにより、結合水は減少し分離自由水は増加することになる。

5. 謝辞

本研究をすすめるにあたり、中部大学大学院生深見信規君、平成 9 年度小野研究室卒業研究生の深谷英一君、秦野都貴子さん、渡辺雄二君、塚原康司君、杉山隆行君、大橋要君、堀田悦子さん、佐川幸秀君、須賀八重子さん、前田淳君に厚くお礼申し上げます。

6. 参考文献

- 1) 辻正哲, 坂井秀紀: ブリージング水の発生機構に関する研究, セメント技術年報 Vol. 37, pp. 229~232, 1983
- 2) 辻正哲, 坂井秀紀: ブリージング水の処理がコンクリート強度に及ぼす影響について, セメント技術年報 Vol. 38, pp. 226~229, 1984
- 3) 辻正哲: ブリージング水の発生機構とその処理方法に関する研究, セメント・コンクリート No. 457, pp. 25~30, 1985
- 4) 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, pp569~570, 1992

5) 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, pp1191~1192, 1993

6) 小野博宣, 桜井正章, 伊藤和幸: フレッシュコ
ンクリートの電気抵抗特性, セメントコンクリート
論文集, No. 49, pp. 282~287, 1995

7) 小野博宣, 伊藤和幸: 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. 5
1, pp. 424~429, 1997