

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月30日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560465

研究課題名（和文）貧配合コンクリートのスランプロス発生機構とその低減方法に関する研究

研究課題名（英文） Study on the Slump Loss Mechanism of Concrete and the Redacting Method

研究代表者

笠井 哲郎 (KASAI TETSURO)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：20266373

研究成果の概要（和文）：本研究では、貧配合コンクリートのスランプロスの低減を目的とし、その練混ぜ水の保水状態に着目し、保水状態を変化させた試料に関し、流動性を測定することで練混ぜ水の挙動が貧配合コンクリートの流動性および経時変化に及ぼす影響について検討した。その結果、コンクリートの保水性を向上させることでスランプロスを低減できることを明らかとした。これより、増粘剤とAE減水剤を併用することで貧配合コンクリートのスランプロスを低減することができる一手法を提案した。

研究成果の概要（英文）：Since the workability of fresh concrete falls with time progress, it restricts construction. Therefore, not only the improvement in workability but maintenance is also necessary. Middle/high-strength concrete can obtain the slump loss reduction effect by using super plasticizer. However, in the case of lean mix proportion concrete, this effect is hardly obtained. Moreover, lean mix proportion concrete can be thinking that the fluidity of concrete has been influenced by the condition of mixing water. In this research, it showed clearly to be able to reduce slump loss by raising the water holding property of concrete. The way method for the ability to reduce the slump loss of lean-mix concrete by using both thickening agent and AE water reducing agent was proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：コンクリート、貧配合、スランプロス、増粘剤

1. 研究開始当初の背景

所要の性能を有するコンクリート構造物を構築するためには、コンクリートの施工が適切に行われることが肝要である。このためには、フレッシュコンクリートがその施工時

に作業に適したワーカビリティを有していることが重要である。一般に、ワーカビリティはフレッシュコンクリートのスランブ試験により評価され、このスランブが練混ぜ直後から打設完了までの間に徐々に低下

する現象、すなわちスランブロスは施工作业に制限を与えるため、ワーカビリティの向上だけでなくその保持が不可欠となる。このため、現在までに流動化コンクリートの実用化・普及を経て、スランブロスの小さい高性能 AE 減水剤の使用が主流となっている。これは、フレッシュコンクリート中のセメント粒子の分散を一定時間保持することによりスランブロスを低減するものである。これらの高性能 AE 減水剤は中・高強度（低水セメント比）の比較的富配合のコンクリートに使用された場合、良好なスランブロス低減効果を発揮する。しかし、本研究で対象とする土木分野で使用されることの多い低強度（高水セメント比）の単位セメント量の少ない貧配合コンクリートに単独で適用した場合、その効果がほとんど得られない。このため、貧配合コンクリートにおいても、スランブロスの低減方法の確立が求められる。一方、著者らは貧配合に近い条件のコンクリートに関し、練混ぜ水の一部を後添加した場合の流動性の変化について検討し、単位水量が同一でも加水の有無によりスランブに差が現れることを示した。

2. 研究の目的

本研究では、上記の結果を踏まえ練混ぜ水の挙動がフレッシュ性状に及ぼす影響に着目し、貧配合を想定したプレーンモルタルの練混ぜ方法を変えること、および AE 減水剤または AE 減水剤と増粘剤を併用して添加することにより保水状態を変化させ、それらのモルタルを加水または脱水して保水性と流動性の関係を計測する。これより、練混ぜ水の挙動が貧配合コンクリートを構成するモルタルの流動性およびその経時変化に及ぼす影響について検討した。また、これらの検討結果をコンクリートに適用することを指向し、AE 減水剤と増粘剤を併用したコンクリートに対し、その流動性の経時変化を計測し、貧配合コンクリートのスランブロス低減する有効な方法を提案することを目的とした。

3. 研究の方法

保水性と流動性の経時変化について検討するため、まずモルタルレベルで、加水・脱水の影響について検討した。この結果を受け、保水性を向上させる方法として、ダブルミキシングによるモルタル製造および増粘剤と AE 減水剤の併用による、フローロスの低減効果について検討した。モルタルの検討により、保水性の向上が有効であることを見出し、これを受けて、コンクリートレベルの実験を行った。

(1) モルタルレベルの実験

① 使用材料と配合条件

セメントは普通ポルトランドセメントを使

用し、増粘剤と AE 減水剤はそれぞれ、セルロース系および高変性ポリオールとポリカルボン酸エーテルの複合体のものを使用した。モルタルの配合は SM が W/C=50, 55, 60, 65%, DM が W/C=50, 55, 60, 65, 70%とし、DM の W1/C はそのブリーディングが最小となる条件である W1/C=24%とした。また、S/C=3.0 で一定とした。増粘剤を添加したものは SM の練混ぜ方法で W/C=50, 55, 60, 65%, 増粘剤の添加量を $V=0.35\%$ (W×%)、AE 減水剤の添加量を $Ad=1.5\%$ (C×%) とした。

② 練混ぜ方法

モルタルの保水性を変える目的で、ダブルミキシング (double mixing: 以下 DM と称す) と従来の練混ぜ方法 (single mixing: 以下 SM と称す) で行った。

③ 加水および脱水実験

本実験では、モルタルの保水性と流動性の関係を評価するため、加水および脱水実験を行った。初期練混ぜ時の W/C のモルタル (以下ベースモルタルと称す) に W/C 換算で 5, 10, 15% 分の水を加える実験を加水実験、ベースモルタルから W/C 換算で 5, 10, 15% 分の水を除く実験を脱水実験とした。加水はベースモルタルに所定量の水を加える方法で行った。脱水は遠心分離機を使用して、6kg の各配合のモルタルから所定量の水を分離させるのに必要な加速度と脱水時間を事前に計測し行った。5% 分の水を除く場合は SM では 20G, DM では 50G, 10% 分の場合は SM では 580G, DM では 800G, 15% 分の場合は SM では 2050G, DM では 2200G でそれぞれ 30 秒間脱水を行った。加水および脱水する時期はベースモルタル練混ぜ直後から 0, 30, 60, 90 分経過後にそれぞれ実施した。

④ フロー値の測定

モルタルを練り混ぜた後、所定の時間にフロー試験 (JIS R 5201) を行い、フロー値を測定した。通常の W/C で練り混ぜたモルタルは練混ぜ直後と 30 分経過ごとに、練混ぜ直後から 90 分まで測定した。加水または脱水したモルタルは加水および脱水直後と 30 分経過ごとに、ベースモルタルの練混ぜ直後から 90 分まで測定した。

(2) コンクリート実験

① 使用材料および配合条件

使用材料は前項のモルタル実験と同様である。また、モルタル実験の結果より高水セメント比の領域ほどフローロス低減効果を得られたことから W/C=65% の配合について検討した。単位水量は $W=185\text{kg}/\text{m}^3$ と $W=165\text{kg}/\text{m}^3$ について増粘剤および AE 減水剤を添加したが、混和剤無添加のコンクリートと比較するため、 $W=195, 190\text{kg}/\text{m}^3$ も製造した。増粘剤の添加量は $V=0.35\%$ (W×%) とし、AE 減水剤は練混ぜ直後のスランブを $W=185\text{kg}/\text{m}^3$ では 18cm, $W=165\text{kg}/\text{m}^3$ では 15cm となるように添

加した。

②練混ぜ方法

コンクリートの製造はパン型強制ミキサーを用い、セメント・細骨材・粗骨材・増粘剤を投入後 15 秒間空練りし、その後混和剤を含む水を投入し 105 秒間練り混ぜた。コンクリートはスランプ測定時まで密閉して静置し、測定直前にスコップにて練返し(切返し)を行った。

③スランプの測定

スランプ試験は JIS A 1101 に準拠し、スランプを 1mm 刻みに計測した。測定はコンクリートの練混ぜ直後と 30 分経過ごとに、練混ぜ直後から 90 分まで行った。なお本実験では試験室の温度は 18~24℃、湿度は 45~70%、コンクリートの温度は練混ぜ直後から 90 分経過時において 21±1℃の範囲であった。また空気量は 3.0~5.3%の範囲であった。

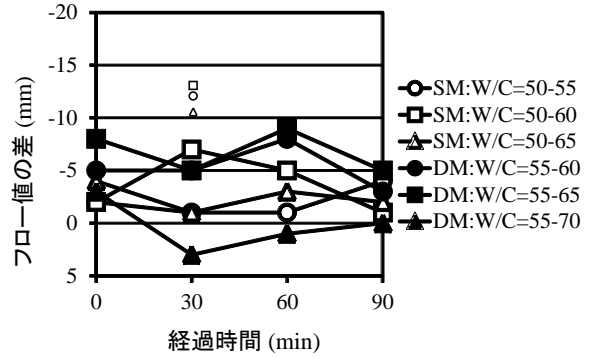
4. 研究成果

(1)モルタルレベルでの研究成果

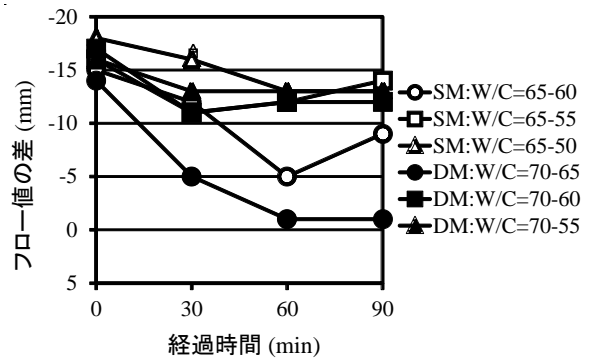
① 図-1 は各種配合条件における加水および脱水時期がフロー値の変化に及ぼす影響を示したものである。図-1 (a) の加水ではフロー値の差は最大で 10mm 程度であるのに対し、図-1 (b) の脱水では 20mm 程度とその差が大きく現れており、また、脱水量が多いほどフロー値の差が大きくなる傾向を示している。これは、脱水によりセメント粒子の凝集構造が破壊され、密に再凝集したため、練返しを行っても凝集構造が通常の W/C で練り混ぜたモルタルと大幅に異なったことが要因であると推察される。また、W/C 換算で 5, 10, 15%分それぞれ同一の加水量, 脱水量で比較した場合、加水では SM, 脱水では DM の方が通常の W/C で練り混ぜたモルタルのフロー値にわずかに近い値となった。これらのことは、加水した場合は SM で練り混ぜた方が、流動性が増加しやすく、脱水した場合は DM で練り混ぜた方が、流動性が減少しにくいことを示している。一方、主にレディーミクストコンクリートの運搬に用いられるアジテータ車の回転数は、2rpm 程度と遅く、また運搬走行時の振動等により、局所的に短時間の材料分離が生じていると予想され、図-2 に示すようなブリーディング発生による脱水とそのブリーディング水の練返しによる加水のような現象が繰り返し起きているものと推察される。

以上のことからブリーディングが少ないコンクリートとすることが、貧配合コンクリートのスランプロス低減の一手法であると考えられ、保水性の高いコンクリートとすることで、スランプロスを低減できると考えられる。

② 図-3 は各経過時間のフロー値を練混ぜ直後のフロー値で除した値をフロー値の比



(a) 加水時期がフロー値の変化に及ぼす影響



(b) 脱水時期がフロー値の変化に及ぼす影響

図-1 加水時期および脱水時期がフロー値の変化に及ぼす影響

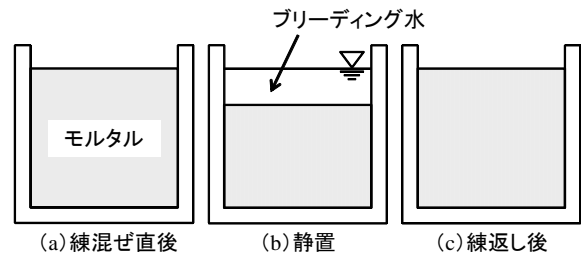


図-2 静置により発生するフローロスの概念図

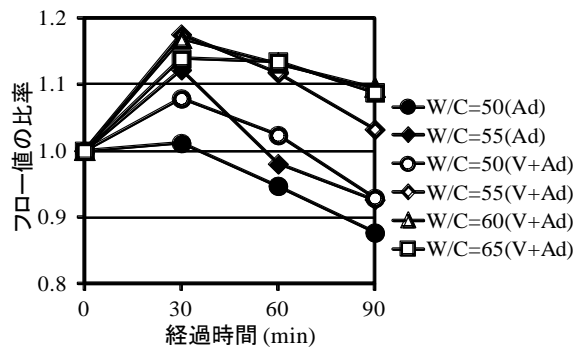


図-3 経過時間とフロー値の比率の関係
率とし、フローロスを表す指標として示した

ものである。W/C=50 (V+Ad)は AE 減水剤のみを添加した W/C=50 (Ad)に比べ、フローロス低減効果が 60 分までみられるが、90 分経過時には同程度のフローロスとなった。増粘剤を加えた W/C=55, 60, 65%のモルタルは比較的良好なフローロス低減効果が得られており、練混ぜ直後より 90 分経過時の方が高いフロー値となる傾向を示した。これは、AE 減水剤による流動性の確保と増粘剤による保水性の向上が生じていることからフローロスが低減したと考えられる。

このことから貧配合条件では増粘剤と AE 減水剤を併用することによりフローロス低減効果が得られる事が明らかとなった。

(2) コンクリートレベルでの研究成果

図-4は増粘剤と AE 減水剤を併用したコンクリートのスランブの経時変化について示したものである。混和剤無添加の W=185 は時間経過と共にスランブが減少していることがわかる。W=185 (Ad)において練混ぜ直後のスランブは増大しているが、その後スランブが低下した。W=165 (Ad)は W=185 (Ad)よりも急激なスランブロスを示しており、経過時間 60 分以降では W=185 よりもスランブが低くなった。これは前項のモルタル実験でも述べたように貧配合条件では、AE 減水剤のみの使用ではスランブ保持効果があまり得られていないためであると考えられる。また、W=190 は W=185 よりもスランブは増大しているが、スランブロスは同程度生じていることが分かる。しかし、W=195 はスランブの増大は見られないが、スランブのロスが小さい傾向を示した。これは W=190 では十全ではなかった流動性に寄与する自由水が十分に試料内に含まれていることでスランブロスしにくい結果になったと考えられる。増粘剤を添加した場合には AE 減水剤のみを添加した試料より

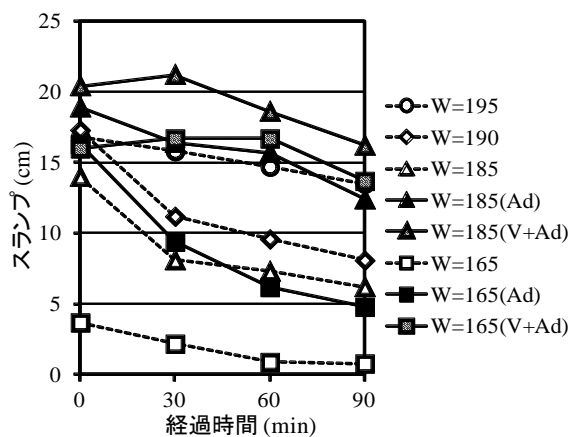


図-4 増粘剤および AE 減水剤を添加したコンクリートの経過時間とスランブの関係

もスランブロス低減効果が大きくなり、さらに W=195 に近いスランブの保持効果がみられる傾向を示した。さらに単位水量を W=185kg/m³ から W=165kg/m³ に小さくした場合でも高いスランブロス低減効果が得られている。

これらのことより増粘剤と AE 減水剤を併用することは、貧配合コンクリートのスランブロスを低減することのできる一手法であると考えられる。

(3) 研究成果のまとめと今後の展望

モルタル実験およびコンクリート実験によるフレッシュモルタルおよびフレッシュコンクリートの流動性への影響を検討した結果、以下の結論が得られた。

- ① 通常の W/C で練り混ぜたモルタルに比べ、加水したモルタルのフローロスはほぼ同程度となったが、脱水したモルタルのフローロスは小さくなる傾向を示した。
- ② SM および DM で練り混ぜたモルタルのフローロスに関する検討からモルタルの保水性を向上させることでそのフローロスを低減できることが判明した。このことは、ブリーディングの小さい貧配合コンクリートとすることで、そのスランブロスを低減できることを示唆するものである。
- ③ 増粘剤と AE 減水剤を併用したモルタルは良好なフローロス低減効果を示し、またコンクリートにおいてもスランブの保持効果を示したことから貧配合コンクリートのスランブロスを低減する有効な手法であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- ① 高橋直也、笠井哲郎、貧配合コンクリートを構成するモルタルのフローロス発生機構とその低減方法に関する研究、東海大学工学部紀要、査読有、Vol. 52、No. 2、2013、pp. 241-248.
- ② 高橋直也、鈴木翔太、馬場勇介、笠井哲郎、貧配合コンクリートのスランブロス発生機構とその低減方法に関する研究、コンクリート工学年次論文集、査読有、Vol. 52、2013、(掲載決定)

〔学会発表〕(計 2 件)

- ① 鈴木翔太、高橋直也、馬場勇介、笠井哲郎、貧配合コンクリートのスランブロス発生機構とその低減方法に関する研究、土木学会関東支部技術研究発表会、第 40 回、2013.
- ② 高橋直也、清田真弘、高橋涼、笠井哲郎、貧配合コンクリートのスランブロス発生機構とその低減方法に関する研究、土木学会関

東支部技術研究発表会、第 39 回、2012.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠井 哲郎 (KASAI TETSURO)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：20266373