

モルタルの降伏値とプローブシステムの圧力値の関係性に関する一考察

東洋建設株式会社 正会員 ○森田 浩史, 高淵 稔貴, 竹中 寛

1. 目的 アジテータ車のドラムハッチ部分にひずみゲージなどを内蔵したプローブセンサ（以下、プローブ）により、スランプやスランプフローが推定可能なコンクリート連続管理技術（以下、プローブシステム）が実用化されている¹⁾。一方で、モルタルやコンクリートのレオロジー特性については、回転粘度計や回転翼粘度計により計測されるが、計測中に生じる材料分離により計測結果の精度不足が指摘されている。本報では、プローブシステムを用いたレオロジー特性の推定に関する取組みの一環として、室内で計測したモルタルのレオロジー特性とプローブの圧力値との関係性について整理した。

2. モルタルの試験概要 モルタルの使用材料、配合を表 1, 2 に示す。モルタルの配合は、消泡剤により空気量を 0%とした。目標のミニスランプ（以下、MSL）、ミニスランプフロー（以下、MSLF）は $9 \pm 1.5\text{cm}$, $25 \pm 2\text{cm}$ となるように、混和剤量により調節した。Ad1 と Ad2, Ad3 と Ad4 はそれぞれ成分の異なる同種の混和剤を用いた。フレッシュ性状に関する試験は MSL : JIS A 1171, MSLF : JIS R 5201 とし、小数第 1 位までを計測した。また、レオロジー特性に関する試験には、十字羽根回転粘度計を用いた。レオロジー試験方法および使用した装置は、既往の知見²⁾を参照した。計測間隔は 30 分毎とし、No.1~4 が練混ぜ直後(0 分)から 120 分間、No.5, 6 が練混ぜ直後(0 分)から 90 分間まで計測した。

3. モルタルの試験結果 モルタルのフレッシュ性状の経時変化を図 1 に示す。図中の破線および数字は計測間隔間の勾配 (No.1~4 の平均, 5 と 6 の平均) を指す。No.1~4 の MSL, MSLF の経時変化は概ね同等であった。このことから、増粘剤の有無による影響は小さかったと考えられる。ただし、MSL は 60 分までは緩やかな変化量であったが、MSLF は練混ぜ直後から直線的な変化量となった。一方、No.5, 6 の MSL, MSLF ともに練混ぜ直後から急激に変化する傾向を示した。これは、混和剤の添加量の違いにより、MSL や MSLF の保持性能が変化したためと考えられる。

MSL と MSLF の関係を図 2 に示す。モルタルの配合が概ね同等である条件下において、経過時間に伴う MSL と MSLF の関係は、混和剤の種類や添加量によらず、近似式と概ね一致することが認められた。

回転粘度計より得られたレオロジー特性（降伏値、塑性粘度）の経時変化を図 3 に示す。No.1~6 は混和剤の

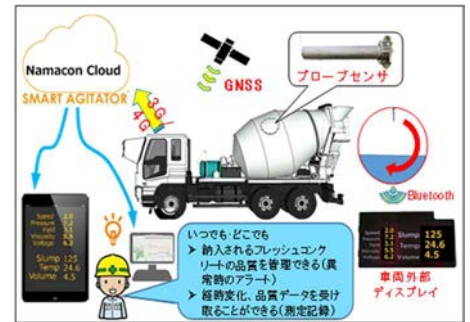


図 1 プローブシステムの概要¹⁾

表 1 使用材料

使用材料		種類・備考
セメント:C	普通ポルトランドセメント	密度 3.15g/cm^3
細骨材:S1	陸砂	茨城県神栖市産, 表乾密度 2.59g/cm^3 粗粒率2.30
細骨材:S2	砕砂	栃木県佐野市産, 表乾密度 2.63g/cm^3 粗粒率3.30
粗骨材:G	碎石2005	茨城県土浦市産, 表乾密度 2.68g/cm^3 実積率58.0%
混和剤:Ad1	増粘剤含有高性能AE減水剤	ポリカルボン酸化合物と界面活性剤系特殊増粘剤の複合体
混和剤:Ad2	増粘剤含有高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体
混和剤:Ad3	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸化合物
混和剤:Ad4	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系化合物

表 2 モルタルの配合

No.	MSL or MSLF (cm)	W/C (%)	s/c	単位量(kg/m^3)							
				W	C	S1	S2	Ad1	Ad2	Ad3	Ad4
1	25 ± 2	45.0	2.2	280	622	949	413	7.78	—	—	—
2	25 ± 2	45.0	2.2	280	622	949	413	—	9.02	—	—
3	25 ± 2	45.0	2.2	280	622	949	413	—	—	6.06	—
4	25 ± 2	45.0	2.2	280	622	949	413	—	—	—	9.02
5	9 ± 1.5	44.0	2.1	282	642	933	405	—	—	3.85	—
6	9 ± 1.5	44.0	2.1	282	642	933	405	—	—	—	6.42

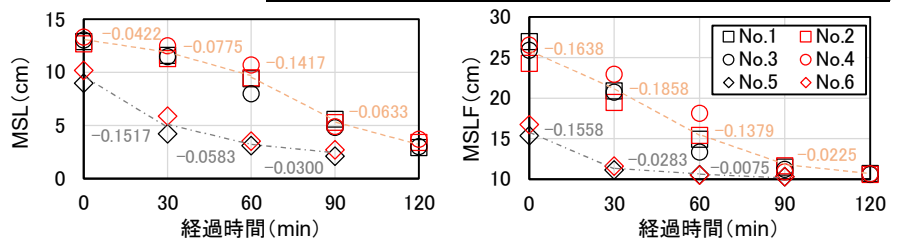


図 1 フレッシュ性状の経時変化

キーワード レオロジー特性, 降伏値, プローブシステム, 回転粘度計, 増粘剤含有高性能 AE 減水剤

連絡先 〒300-0424 茨城県稲敷郡美浦村受領 1033-1 東洋建設(株)美浦研究所 TEL 029-885-7511

種類や添加量の違いはあるが、降伏値は経過時間とともに増加する傾向を示した。なお、No.1, 2 は経過時間 120 分において急激に増加した。これは、MSL や MSLF の変化量の終局状態において、増粘剤の効果の影響が起因したと考えられるが本検討では明らかとならなかった。一方、塑性粘度の経時変化は、ばらつきが大きかったものの徐々に増加する傾向を示した。

レオロジー特性と MSL, MSLF の関係を図 4 に示す。図中の近似式は、得られたすべての結果を用いて算出した。降伏値は、MSL や MSLF との相関関係があったのに対し、塑性粘度は、MSL や MSLF との相関関係は小さかった。ただし、No.1~4 は、それぞれの配合で相関関係が認められるため、さらなる整理が必要である。以上より、モルタルの配合が概ね同等である条件下において、MSL や MSLF を測定することで、おおよその降伏値が推定可能であると考えられる。

4. プローブによる降伏値の推定 MSL や MSLF と相関関係のある降伏値について、プローブの圧力値により推定可能な予測式の検討を行った。降伏値の予測式については、図 4 中の近似式に同定することで求めた。なお、既往の知見³⁾より、MSL, MSLF は SL, SLF のおおよそ半分程度の値となるが、測定されるプローブの圧力値は、コンクリート、モルタルによらず同値となると仮定した。降伏値の推定値は予測式(1), (2)より算出が可能と考えられる。また、降伏値とプローブの圧力値の関係を図 5 に示す。降伏値とプローブの圧力値は、直線に比例する可能性が示唆された。

$$\tau_{MSL} = 5.0443 \times p + 53.158 \dots (1), \quad \tau_{MSLF} = 17.5 \times p \dots (2)$$

ここに、 τ_{MSL} : MSL の降伏値の推定値(Pa), τ_{MSLF} : MSLF の降伏値の推定値(Pa), p : プローブの圧力値(Pa)

5. まとめ 本検討において得られた知見を示す。①モルタルの配合が概ね同等である条件下において、経過時間に伴うモルタルのミニスランプとミニスランプフローの関係は、混和剤の種類や添加量によらず、2 次曲線で表すことができる。②降伏値は、モルタルのミニスランプやミニスランプフローとの相関関係が大きい、塑性粘度は、モルタルのミニスランプやミニスランプフローとの相関関係が小さい。③プローブの圧力値から直線的に降伏値を推定できる可能性が示唆された。今後は、実機試験により降伏値を推定する予測式の精度を向上させる予定である。

謝辞 本検討の実施にあたり、(株)フローリック、ポゾリスソリューションズ(株)の多大なるご協力をいただきました。ここに深謝の意を表します。

参考文献 1) 廣藤義和, 安田正雪ほか: アジテータ車のドラム内に設置したプローブによるコンクリート品質の連続管理の検討(その1~6), 日本建築学会学術講演梗概集(関東), pp.333~344, 2015.9.

2) 平野修也, 山田義智, 西祐宜, 崎原康平: 十字羽根回転粘度計を用いたセメントペーストの流動特性とレオロジー一定数の測定に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.1073-1078, 2019.

3) 平野修也ほか: スランプで流動性が評価されるモルタルのレオロジー一定数測定と MPS 法によるモルタルのスランプおよびスランプフロー解析, 日本建築学会構造系論文集, 第 85 巻, 第 774 号, pp.993-1003, 2020 年 8 月

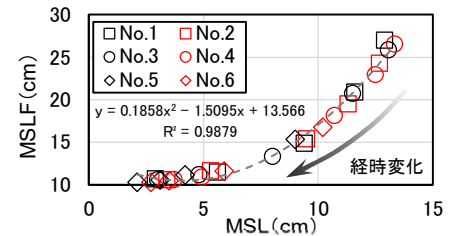


図 2 MSL と MSLF の関係

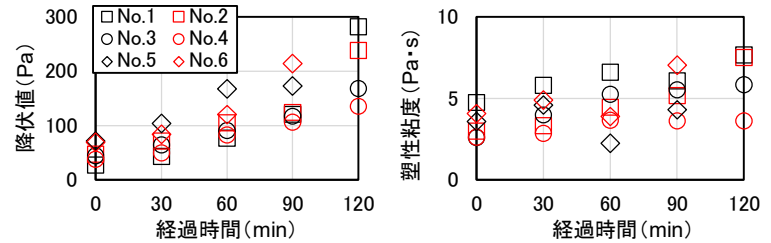


図 3 レオロジー特性の経時変化

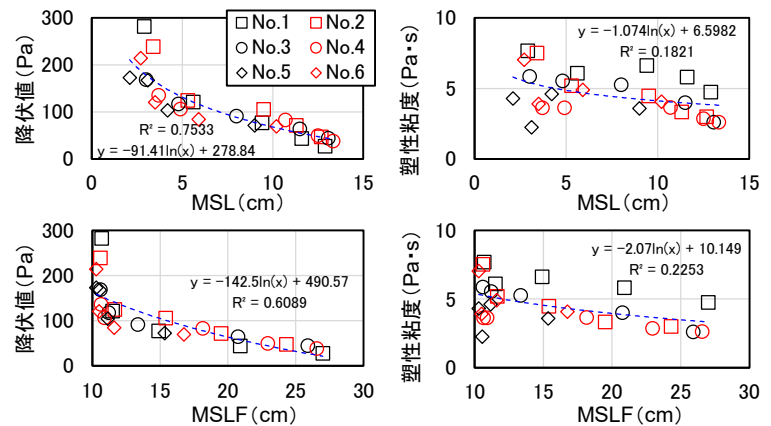


図 4 レオロジー特性と MSL, MSLF の関係

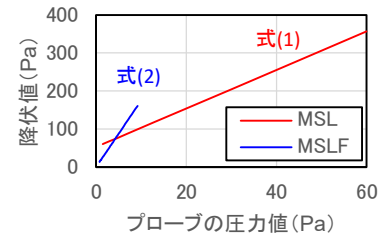


図 5 降伏値とプローブの圧力値の関係