

LPC-FA 系コンクリートの初期強度改善に向けた配合設計と流動性評価

Mix proportions design and fluidity evaluation for improving early strength of LPC-FA concrete

八戸工業高等専門学校専攻科 ○学生員 須藤大空 (Sora Suto)
八戸工業高等専門学校 学生員 工藤拓也 (Takuya Kudo)
八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬一仁 (Kazuhito Niwase)

1. はじめに

日本の社会資本の多くは、高度経済成長期に整備された。そのため、建設から 50 年が経過する構造物が増加し、それらの老朽化が深刻な問題となっている。さらに、少子高齢化の影響などによる技能労務者の不足が、老朽化した構造物への対応にあたって懸念されている。これらの問題に対して、今後はサステナビリティを考慮して長期的な耐久性を持たせることが重要である。そして、施工時には人的影響を受けにくい施工技術が要求される。既往の研究¹⁾から、低レベル放射性廃棄物の処分に利用された低熱ポルトランドセメントとフライアッシュを用いたコンクリート(LPC-FA 系コンクリート)がそれに適していると考えた。しかし、一般的な利用に際しては、初期強度が低いという問題がある。

そこで本研究では、耐久性及び自己充填性が高い LPC-FA 系コンクリートの初期強度を改善した高性能なコンクリートの開発を目的として研究を実施した。本報告ではそれらの研究のうち、流動性とその持続時間について報告する。

2. 試験概要

本研究では、2 種類の化学混和剤を使用して配合設計を行なった。モルタルで配合設計と流動性評価、圧縮強度、物質移動抵抗性について試験を実施した。将来的には、今回のモルタルをベースとしたコンクリートで再度各種試験を実施していく計画である。

本研究で使用した材料を表 1 に示す。化学混和剤は、高性能 AE 減水剤と硬化促進剤を使用した。予察試験では、モルタルミキサーによる練り混ぜを実施し、モルタルフロー試験によりフレッシュ性状の確認を行なった。予察試験の結果を受け設定した示方配合(表 2)については、二軸強制混合コンクリートミキサーを用いて練り混ぜ、スランプフロー試験と供試体作製を実施した。

3. 配合設計

表 2 に、示方配合を示す。この 3 配合は、既往の研究²⁾³⁾⁴⁾により、良好な性状を確認できた配合である。セメント種と化学混和剤の有無により、名称は設定されている。W/B は 30%とした。フライアッシュは、既往の研究¹⁾から、30%置換とした。石灰石微粉末は、予察試験の結果から、細骨材体積の 20%置換とした。化学混和剤の添加率は、ME と MXS のどちらも C×3%である。

予察試験では、石灰石微粉末の置換率によりフレッシュ性状が大きく変化した。10%では、わずかに水の分離が見られ、30%では、粘性が高くなり流動性が低下した。一方で、20%の場合には、高い流動性を持つ状態になったことから、本配合では 20%が最適と判断した。

練り混ぜ時間等は、ミキサーに細骨材を 50%投入し、その上に粉体を全て投入する。粉体を細骨材で挟むように、残りの細骨材を投入したのち、1 分の空練りを行なった。最後に、化学混和剤を加えた水を投入し、5 分間練り混ぜる。さらに 5 分間静置したのち、スランプフロー試験や供試体作製を実施した。

4. 流動性評価

流動性の評価は、スランプフロー試験によって行なった。試験は練り終わりから 30 分間隔で実施した。結果を図 1 と写真 1,2,3,4 に示す。写真 1,2,3 は、0 分でのスランプフローの様子である。本研究では、80×80cm のフローテーブルを使用した。

LPC は 80cm 以上となったため、計測不可であった。

表 2. 示方配合

Type	Unit volume weight(kg/m³)						
	W	C	F	LS	S	ME	MXS
OPC-ME-MXS	178	483	207	290	1160	14.5	14.5
OPC-ME	193	483	207	290	1160	14.5	-
LPC-ME-MXS	179	484	208	291	1164	14.5	14.5

表.1 使用材料

材料	記号	概要
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント 密度=3.160g/cm³ 比表面積=3340cm²/g
	LPC	低熱ポルトランドセメント 密度=3.220g/cm³ 比表面積=3530cm²/g
フライアッシュ	FA	密度=2.190g/cm³ 比表面積=3610cm²/g 常磐火力発電所 JIS II 種
石灰石微粉末	LS	密度=2.700g/cm³
高性能AE減水剤	ME	PAE系, 標準形(I種), 使用量=0.5~3.0%
硬化促進剤	MXS	I種, 使用量=0.5~6.0%

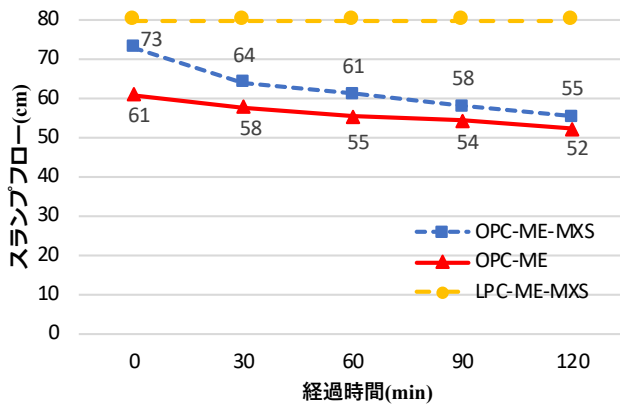


図 1. スランプフロー試験結果

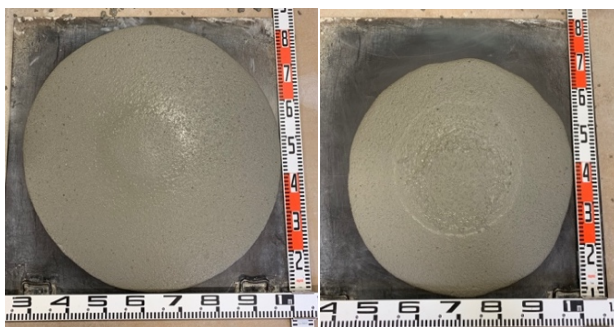


写真 1. OPC-ME-MXS

写真 2. OPC-ME

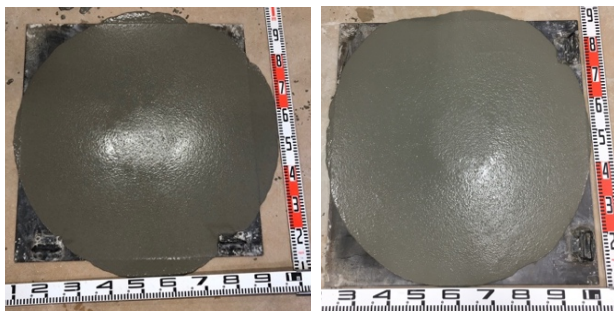


写真 3. LPC-ME-MXS

写真 4. LPC-ME-MXS(6h)

OPC の 2 配合は、2 時間でスランプの低下を確認した。一方で、LPC は 2 時間経過後にスランプの低下が見られなかったため 2 時間から 6 時間まで、1 時間ごとに測定を継続した。6 時間後の LPC のスランプフローの様子が写真 4 である。

図 1 より、OPC-ME-MXS は 0 分から 30 分にかけてのスランプの低下が、OPC-ME と比べて大きく、30 分以降は OPC-ME と同等に低下している。OPC の配合では MXS の有無が、0 分から 30 分のスランプの低下に影響を与えていると考える。硬化促進剤を添加した配合が、無添加の配合より高い流動性を持っていることに関して、化学的視点から原因を考える必要がある。

5. まとめ

本研究から、以下の知見が明らかになった。

- 1) 石灰石微粉末の置換率によりフレッシュ性状が大きく変化する。置換率 20% で高い流動性と材料分離抵抗性を持つ状態になり、フレッシュ性状における石灰石微粉末の影響が配合設計にあたって、重要であることが分かった。
- 2) OPC の配合は、2 時間後まで徐々にスランプが低下していくことを確認した。一方で LPC の配合は、スランプフロー 80cm 以上の状態を 6 時間維持し、セメント種による影響が確認された。
- 3) 全配合において、高い流動性を確認した。しかし、これらの配合は極めて粘性が高いことからポンプ圧送が困難である可能性がある。バケットでの打込みなど検討が必要である。
- 4) MXS を添加した配合は、添加していない配合より、高い流動性を持つことが明らかとなった。初期強度を高めつつ、フレッシュ性状が良好となることは望ましいが、相反するのが一般的である。メカニズムの解明は今後の課題とする。

6. 今後の展望

モルタルによって得られた結果をもとに、コンクリートの配合設計と各種試験を実施する。寒冷地での厳しい環境条件を鑑み、凍結融解試験等も行ない、耐久性向上によるライフサイクルコストの低減について検討していく。

試験結果から、二酸化炭素排出による環境への影響に配慮して、単位セメント量を減らすことも可能であると考える。その点を考慮した配合に関しても研究を行っていく。

謝辞

本研究の一部は、平成 31 年度社会資本の整備や維持管理に係る研究又は活動の助成事業助成金を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 庭瀬一仁, 杉橋直行, 辻幸和: 低レベル放射性廃棄物処分施設の低拡散層に用いる高流動モルタルの室内配合選定, コンクリート工学論文集, Vol.21, Sep. 2010
- 2) 須藤大空, 今淵敦史, 庭瀬一仁: セシウム吸着ゼオライトのセメント固化技術に関する基礎研究～化学混和剤によるセメント固化体の製作性及び力学的安定性への影響～, セメント技術大会講演要旨, Vol 72, Apr. 2018
- 3) 須藤大空, 庭瀬一仁: 高性能 AE 減水剤と硬化促進剤の併用による強度発現への影響評価, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol 75, Jan. 2019
- 4) 須藤大空, 庭瀬一仁: 化学混和剤の併用による高耐久コンクリートの初期強度の改善に関する研究, 土木学会全国大会講演概要集, Vol74, Sep. 2019