

混和材に石灰石微粉末を単体使用した吹付けコンクリートの諸性状

住友大阪セメント(株) 正会員 ○中島有一 小田部裕一
同 亀島博之 福田道也

1. はじめに

掘削トンネルや地下空間などの建設工事には吹付けコンクリートを用いる工法が広く普及しており、速硬性を得るために、粉体または液体の急結剤が使用されている。これら急結剤のうち、粉体の急結剤を使用した場合は速硬性に優れる一方で、コンクリートを吹き付ける際の粉じんや、吹き付けたコンクリートのはね返りが多いといった課題がある。その対策として各種混和材の使用が検討され、主流であるフライアッシュのほか、シリカフューム+石灰石微粉末を併用した実績などがあるが、費用対効果を含め、さらなる改善が必要と考えられている。そこで本研究では、石灰石微粉末を単体で使用した場合の湿式吹付けコンクリートの性状を把握し、フライアッシュ使用時との比較を行うとともに、その有効性について検討することとした。

2. 室内試験

2. 1 使用材料および配合

本研究では、普通ポルトランドセメント(以下C)、山砂(MS)、砂岩砕砂(CS)、砂岩砕石(G;Gmax15mm)および湿式吹付けコンクリート用混和剤を使用した。混和材は、フライアッシュ(FA;比表面積3220cm²/g)と比表面積の異なる2種類の石灰石微粉末(LP1;4240cm²/g, LP2;5340cm²/g)の計3種類を使用した。配合はW/C=60%, s/a=60%, 目標スランブ20cmとし、混和材は90kg/m³を細骨材置換で使用した。配合表を表1に示す。

2. 2 試験方法

吹付けコンクリートのはね返り率を簡易的に評価する手法として、油野らの研究¹⁾を参考に、ドイツ工業規格DIN1048に準拠したスプレッド試験を実施した。この試験は、吹付けコンクリートに要求される高いレベルでの材料分離抵抗性を評価するものとされている。急結剤を添加する前のベースコンクリートにおいて、JIS A 1101「コンクリートのスランブ試験」による試験を行った後、スランブ板の片側を4cm持ち上げて落下させる操作を繰り返す。この落下操作の繰返しにより、コンクリートのフローが60cmに到達した際の回数(拡がり回数)を測定した。この拡がり回数が多いほど、吹付けコンクリートとしての材料分離抵抗性に優れ、はね返り低減に

表1 ベースコンクリート配合(kg/m³)

配合	W	C	MS	CS	FA	LP1	LP2	G
N	216	360	729	318	0	0	0	707
FA			657	287	90	0	0	
LP1			669	292	0	90	0	
LP2			669	292	0	0	90	

効果があるものと考えた。

2. 3 試験結果および考察

各配合のスランブ試験結果は20cm±1cmとなり、拡がり回数はN配合;13回, FA配合;19回, LP1配合;36回, LP2配合;25回となった。各配合とも同等のスランブ試験結果であったが、拡がり回数はLP1を使用した配合が最も多くなったことから、以下の実機試験においては配合N, FA, LP1の3配合について行うこととした。

3. 実機吹付け試験

室内試験においてLP1の有効性が示唆されたことから、模擬トンネルにおける実機吹付け試験を実施し、吹付けコンクリートとしての評価を行うこととした。レディーミクストコンクリート工場にて練り混ぜたベースコンクリートを約1時間運搬して吹付け機に荷卸しした後、急結剤を添加して模擬トンネルへの吹付けを行った。吹付けコンクリートの吐出量は、1時間あたり8m³とした。

3. 1 使用材料および配合

ベースコンクリートの使用材料および配合は基本的に室内試験と同一とし、急結剤はカルシウムアルミネート系の汎用粉体急結剤をC×7%の添加率で使用した。また、荷卸し地点での目標スランブを18cmとした。

3. 2 試験方法

ベースコンクリートのスランブ試験(JIS A 1101)、空気量試験(JIS A 1128)、圧縮強度試験(JIS A 1132およびJIS A 1108)を実施したほか、急結剤添加後の吹付けコンクリートの試験として、はね返り率試験(JSCE-F563)、供試体作製用のパネル型枠への吹付け(JSCE-F561)、材齢3時間および24時間の引抜き強度試験(JSCE-G561)と、材齢7日および28日のコアの圧縮強度試験(JIS A 1107)を実施した。

キーワード 吹付けコンクリート, フライアッシュ, 石灰石微粉末, はね返り率, 引抜き強度

連絡先 〒274-8601 千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セメント(株) TEL 047-457-0091

3. 3 試験結果および考察

吹付けコンクリートのはね返り率の試験結果を図1に示す。混和材を使用することではね返り率は小さくなり、LP1配合が最も良好な結果となった。LP1を使用することにより、はね返りをFA使用時以上に低減できる見込みがあることから、実施工において施工効率が向上する可能性が示唆された。ただし、LP1配合が良好なはね返り率を示した要因については明確となっておらず、今後の検討課題とする。また、室内におけるスプレッド試験の結果と、実機におけるはね返り率の関係を図2に示す。両者の間には高い相関が見られることから、吹付けコンクリートの材料分離抵抗性、はね返り率を評価するためには、スプレッド試験での簡易評価が有効であることを再確認することができた。

次に、引抜き強度から求めた換算圧縮強度、コアの圧縮強度、ベースコンクリートの圧縮強度の試験結果の比較を図3に示す。材齢3時間および24時間の換算圧縮強度は、LP1配合がN配合およびFA配合を上回る結果となった。また、材齢7日および28日のコア圧縮強度は、FAおよびLP1配合で同等の結果となった。一般的には、急結剤を添加することで材齢7日以降の強度の増加は小さくなるが、FA配合において良好な強度増加を示したことは、細骨材置換で使用したFAが徐々に反応し始めた影響と考えられる。ベースコンクリートの圧縮強度に対するコア圧縮強度の割合は、いずれの配合も材齢7日で76%前後、材齢28日で68%前後となり、既往の研究結果³⁾と同程度となった。以上のことから、LP1使用時もFA使用時と同程度の強度発現を見込むことができる。ただし、LP1配合が材齢7日および28日において良好な強度発現を示した原因については、今後検討を行っていく必要がある。

4. まとめ

混和材として石灰石微粉末を単体で使用した際の、吹付けコンクリートの諸性状を確認した。本研究の範囲より得られた知見を以下に示す。

- (1) DIN1048に準拠したスプレッド試験は、吹付けコンクリートのはね返り率の評価に有効な試験方法であることを再確認することができ、両者には高い相関があることを確認した。
- (2) 石灰石微粉末を使用することで、混和材無しやフライアッシュを使用した配合に比べ、吹付けコンクリートのはね返り率を低減することができ、実施工における施工効率の向上を見込むことができると考えられる。
- (3) 石灰石微粉末を使用した吹付けコンクリートは初期強度も良好であったことから、フライアッシュの代替材料としての使用が期待できる。

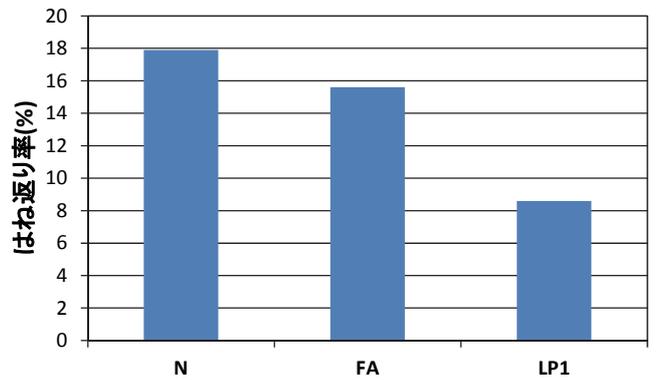


図1 吹付け時の はね返り率

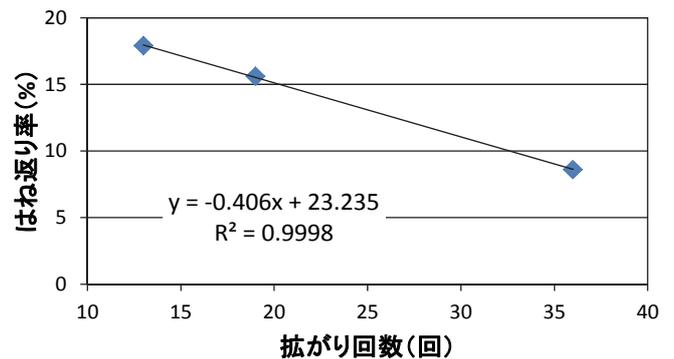


図2 拡がり回数とはね返り率の関係

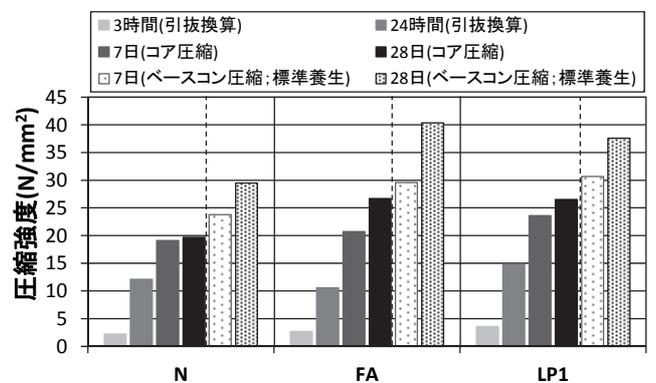


図3 引抜換算, コア, ベースコンの圧縮強度

【参考文献】

- 1) 油野邦弘ほか：フライアッシュI種による吹付けコンクリートの施工性の改善効果および強度に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.64 No.4, pp.650-667 (2008)
- 2) トンネルコンクリート施工指針 (案), コンクリートライブラリー102, 土木学会, pp.66-73 (2001)
- 3) 小林裕二ほか：各種配合要因に伴う吹付けコンクリートの強度および空隙特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20 No.2, p.1153-1156 (1998)