

吹付けモルタルのはね返りと吹付け圧力との関係

東京大学大学院 学生会員 後藤 充志

東京大学生産技術研究所 フェロー会員 魚本 健人

1. まえがき

吹付けコンクリートに関する研究は、現在まで数多くなされてはいるが、吹付け時の理論的メカニズムの解明には未だ至っていない。そのため、実際の現場では熟練作業員の経験と技術によって、強度を維持しつつ、はね返り量・粉じん量を低減させるため、配合・混和材料の添加率・吹付け圧力など様々な条件を変化させなければならない。しかし、理論的メカニズムを解明することによって、品質・環境など種々の条件からこのような要求性能を満たす、より最適な配合が得られると考えられる[1]。

そこで、本研究では理論的メカニズムの解明を目標として、吹付け圧力を変化させてモルタルを吹付け、はね返ったモルタルを洗い分析試験を行って、モルタル中の水、セメント、細骨材の重量を測定し、その結果を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

- ・セメント：普通ポルトランドセメント（比重：3.15、比表面積：3290[cm²/g]）
- ・細骨材：富士川産川砂（比重：2.66、粗粒率：2.98、吸水率：1.92）
- ・急結剤：セメント鉱物系粉末急結剤（比重：2.68）

モルタルの配合は表-1に示す。

表-1 モルタルの配合

水セメント比（重量比）	砂セメント比（容積比）	急結剤添加率	セメント(kg/m ³)	水(kg/m ³)	細骨材(kg/m ³)
55.0 (%)	3.0	4.0 (%)	549.5	302.2	1391.1

2.2 実験方法

30 リットル練り混ぜ用ミキサで、表-1のモルタル 20 リットルを練り混ぜた。セメント、急結剤、細骨材を 60 秒間空練りし、掻き落としをした後、練り混ぜ水を加えて 60 秒間練り混ぜた。このモルタルを直ちにモルタル吹付け用ノズルに入れ、木製垂直壁上の半径 60cm の円内に吹付けた。吹付け圧力を 0.4MPa、0.6MPa、0.8MPa の 3 種類として、それぞれ吹付け実験を行った。ノズルと垂直壁は約 20cm と一定とし、付着したモルタルとはね返ったモルタルを回収し、それぞれの重量を測定した。はね返ったモルタルから約 2.50kg のサンプルを採取し重量を測定した後、洗い分析試験を行った。使用するふるいの目の開きは、1.2mm、0.6mm、0.09mm の 3 種類とした。比較のため、吹付け前のモルタルから 1 サンプルを採取し、同様の洗い分析試験を行った。

3. 実験結果と考察

図-1 は吹付け圧力とリバウンド率の関係を示したものである。吹付け圧力 0.6MPa、0.8MPa に比して、0.4MPa ではリバウンド率が著しく大きいことがわかる。これは吹付け圧力が弱いため、ノズル吐出口で自由落下するモルタルが

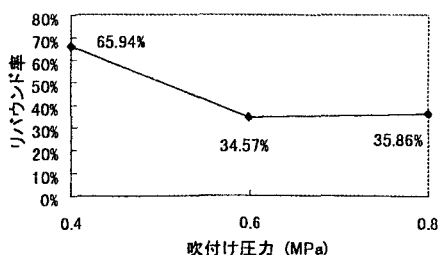


図-1 吹付け圧力とリバウンド率の関係

キーワード：吹付けモルタル、はね返り、吹付け圧力、細骨材粒径

リバウンドに含まれるためと、モルタルが垂直壁に届いても、運動エネルギーが付着に要するエネルギーに達しないため、セメントペーストすら付着せず、細骨材とともに落下するためであると考えられる。図-2はリバウンド中の水・細骨材・セメントの重量による割合を表したものである。吹付け前と0.4MPaの各種組成の割合がほぼ等しいことは、前述の理由によって説明できる。また図中の0.6MPaと0.8MPaの項目から、吹付け圧力が大きくなるほど、リバウンド中の細骨材が占める割合が大きくなることがわかる。これは、次のように考えると説明できる。モルタルの持つ運動エネルギーがある値より大きければ、セメントペーストが垂直壁面上に付着し、それが壁面上に細骨材を引き止めようとする力よりも、細骨材が壁面上で得る反力の方が大きくなる。その結果、細骨材とセメントペーストが分離し、セメントペーストは壁面上に付着し、細骨材粒子は運動エネルギーを持ってはね返るからである。細骨材粒子径が大きいほど垂直壁面に衝突する直前の、モルタルが有する運動エネルギーが大きく、衝突後に細骨材粒子が垂直壁から受ける反力も大きくなる。図-3は吹付け圧力とリバウンド中の細骨材の粒径分布を表す。図-4は、各ふるいに留まる細骨材粒子の粒径すべてを、そのふるい目の大きさと考え、それを平均化することで粒径を代表し（式1）、吹付け圧力との関係を示したものである。これらのグラフからも、吹付け圧力が大きくなるほど、リバウンド中に、大きな粒径を持つ粒子が占める割合が大きくなることがわかる。

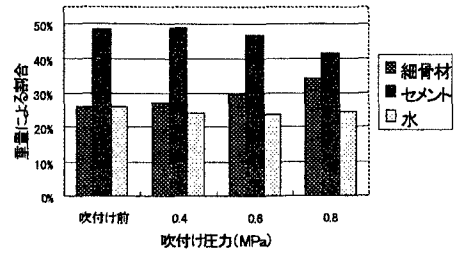


図-2 リバウンド中の各種組成の割合

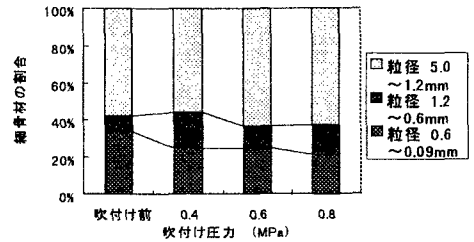


図-3 リバウンド中の細骨材の粒径分布

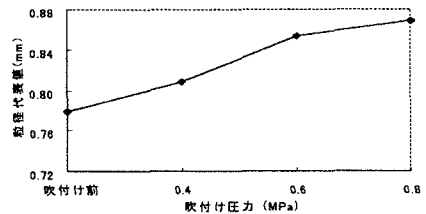


図-4 吹付け圧力と粒径代表値との関係

$$\text{粒径代表値 (mm)} = \sum \left(\text{ふるい目の開き (mm)} \times \frac{\text{ふるいに留まる細骨材の割合 (\%)}}{100} \right) \quad (\text{式 1})$$

4. まとめ

理論的なメカニズムの解明をするため、本研究では吹付けモルタルのはね返りと吹付け圧力に関して実験し検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・吹付け圧力が0.4MPaと小さいと、モルタルが垂直壁に届かないことと、付着するのに必要なエネルギーが不足する理由により、リバウンド率が大きい。
- ・吹付け圧力が0.8MPaと大きいと、大きな径を持つ粒子がリバウンド中に占める割合が多くなる。その理由は、垂直壁面上でセメントペーストが細骨材を引き止める力以上に、細骨材が垂直壁から受ける反力がより大きく、しかも大きな径を持つ粒子ほどその反力が大きいからである。

今後の課題として、細骨材粒子径を操作して吹付け実験をし、リバウンド特性、付着性状を把握して、理論的なメカニズムを解明することが挙げられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、実験実施に御協力頂きました Umesh-Chandra-Puri 氏に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- [1] 牧 剛史：2次元個別要素法を用いた吹付けコンクリートの吹付けメカニズムに関する基礎的研究、東京大学修士論文、1997.3