

吹付けコンクリートの初期材齢における強度発現性に関する研究

飛島建設技術研究所 正会員 ○平間 昭信
 東急建設技術研究所 正会員 伊藤 正憲
 電気化学工業セメント特殊混和材研究所 正会員 荒木 昭俊
 東京大学生産技術研究所 フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

我が国においては、支保部材としての吹付けコンクリートの要求性能を施工過程に伴う時間ステージで整理した仕様は示されていない。富澤らは、支保工としての吹付けコンクリートの作用機構を施工過程と強度発現後に分類し、まとめている¹⁾。これによると吹付け施工時に必要な基本要素は、付着、充填、締め固めであり、自立する程度の急結作用発現が必要としている。しかしながら、吹付け直後の強度発現性に関する検討は、ほとんどなされていないのが現状である。

本研究では、実規模の吹付け実験において、針貫入試験により吹付け直後からの初期強度を把握するとともに、室内実験においては筆者らが既報²⁾で報告した手法を用いて、凝結試験により急結剤を添加したモルタルの貫入抵抗値を求め、凝結性状の把握を行った。これらの結果から、吹付け実験と室内実験による初期材齢における強度発現性の関係を把握し、室内実験による初期強度推定の可能性について検討した。

2. 実験概要

吹付け実験で実施した配合を表-1に示す。急結剤添加率については、標準添加率及び標準添加率を中心に30%増減させた3水準とした。室内実験における配合はコンクリート配合から粗骨材を除いた配合であり、急結剤を添加したモルタルで実験を行った。表-2には使用材料を示し、試験項目及び試験方法を表-3に示す。なお、実規模の吹付け実験における吹付け方式は、湿式吹付け方式で行った。また、室内実験では、練り混ぜ時間および供試体作製時間を確保するために、練り混ぜ温度が10℃になるように各材料を温度調整した。

3. 実験結果

3.1 吹付け実験及び室内実験における強度発現性状

吹付け実験による針貫入試験結果及び室内実験における貫入抵抗による凝結試験結果を図-1～図-3に示す。なお、図はW/C=45.6%の結果のみを示した。

吹付け実験の結果では、いずれの急結剤とも、急結剤添加率の増加に伴って、吹付け直後の強度発現性が良好となる傾向が認められた。CA及びCSAの標準添

表-1 コンクリート配合								
粗骨材の 最大寸法	注1) スランプ	空 気 量	水セメント比	細骨材率	単 位 量 (kg/m ³)			
					セメント	水	細骨材	粗骨材
15mm	12 cm	2 %	56.9 %	60.0 %	360	205	1035	703
15mm	21 cm	2 %	45.6 %	58.2 %	450	205	960	703

注1) 目標スランプを得るために、高性能減水剤により適宜調整を行った。

表-2 使用材料				
材 料	名 称	記 号	密度(g/cm ³)	諸 元 , 主 成 分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	3.16	比表面積 3,260cm ² /g
細 骨 材	千葉県君津市産山砂	S	2.61	吸水率 1.70%, F.M 2.76
粗 骨 材	東京都八王子産6号砕石	G	2.66	吸水率 1.02%, F.M 6.24
混 和 剤	高性能減水剤	A d	1.05	主成分 ポリグリコールエステル誘導体
急 結 剤	セメント鉱物系粉体急結剤	C A	2.57	主成分 カルシウムアルミネート系
	セメント鉱物系粉体急結剤	C S A	2.88	主成分 カルシウムサルフォアルミネート系
	77加ア-液体急結剤	A F	1.44	主成分 水溶性アルミニウム塩

表-3 試験項目および試験方法	
試 験 項 目	試 験 方 法
吹付け実験	測定機はASTM C 403-70Iに準拠し、試験方法は「Guideline on shotcrete Austrian Concrete Society」に準拠して吹付けたコンクリートに針(φ3mm)を15mm貫入させた。
(吹付けコンクリートの初期強度試験)	試験材齢 : 1分, 5分, 15分, 30分, 60分
	養生方法 : 現場養生
	測 点 数 : 各材齢とも 10点
室内実験	土木学会規程JSCE-D 102「吹付けコンクリート用急結剤の品質規格」付属書 貫入抵抗によるモルタルの凝結測定方法に準拠。
(モルタルの凝結試験)	試験環境 : 20 恒温室
	試験材齢 : 適宜

キーワード：吹付けコンクリート，急結剤，初期強度，凝結試験，N A T M

連 絡 先：〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬5472 (TEL) 0471-98-7559 (FAX) 0471-98-7586

加率の吹付け 1 分後の推定圧縮強度が 0.5N/mm^2 程度であったのに対して, AF は 0.1N/mm^2 程度と CA 及び CSA に比べて若干強度発現性が低い結果であったが, 材齢 5 分以降の強度増進は CA 及び CSA より良好であった。

室内実験の貫入抵抗値に関しても, 急結剤添加率の増加に伴って, 強度発現性が良好となる傾向が認められた。また, AF が CA 及び CSA に比べて, 凝結が遅れる傾向であったことなど吹付け実験における強度発現性状の傾向とほぼ合致する結果が得られた。

3. 2 推定圧縮強度と貫入抵抗値の関係

図 - 1 ~ 図 - 3 の材齢と凝結試験による貫入抵抗値の関係を式 - 1 により近似して, 凝結速度について検討した。式 - 1 における定数 a は凝結速度に関する指標と言える。

$$R = a \log T + b \quad (\text{式 - 1})$$

R : 貫入抵抗値 (N/mm^2), T : 経過時間 (min)

a, b : 定数

図 - 4 には, 凝結速度に関する定数 a と吹付け実験における材齢 1 分, 材齢 5 分の推定圧縮強度の関係を示す。両者の関係には, 相関関係が認められ, 材齢 1 分では測定時間に起因する測定値のばらつきにより寄与率 R^2 は 0.59 と小さい。しかしながら, 材齢の経過とともに測定値のばらつきが小さくなったために相関係数は高くなる傾向であり, 材齢 5 分では R^2 が 0.74, 材齢 15 分では 0.81 であった。今後, 吹付け直後の初期強度の測定方法の検討や, データの蓄積を行い推定の精度を向上させる必要はあるが, 凝結試験の結果より求めた凝結速度に関する定数 a により, 吹付けコンクリートの初期強度を推定できることが見出せた。

4. まとめ

更なるデータの蓄積などによる推定の精度を向上は必要ではあるが, 室内実験での凝結試験結果より求めた凝結速度に関する定数 a により, 吹付けコンクリートの初期強度を推定できる可能性が見出せた。

[参考文献]

- 1) 吹付けコンクリート・ロックボルトに関する Q & A (13), トンネルと地下, Vol.32, No.8, pp73-81, 2001.8
- 2) 平間昭信, 安藤慎一郎, 荒木昭俊, 魚本健人: 急結剤の種類が吹付けコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響について, 土木学会第 55 回年次学術講演会概要集, V-219, 2000.9

[謝辞]

本研究は東京大学生産技術研究所と民間企業 17 社との共同研究「高品質吹付けコンクリートの開発」の成果であり, 関係各位の方々に多大な協力を得ました。末尾ながら, 記して感謝の意を表します。

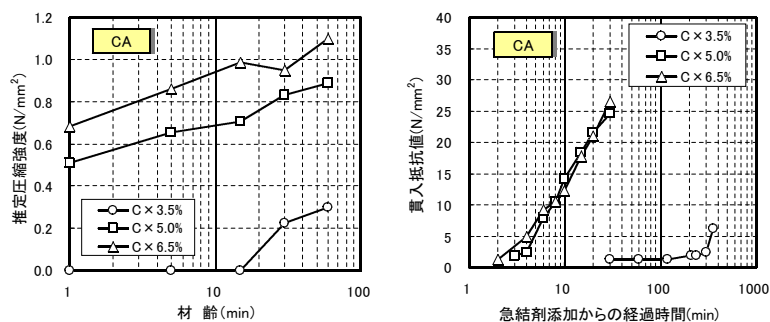


図 - 1 CAの推定圧縮強度及び貫入抵抗値

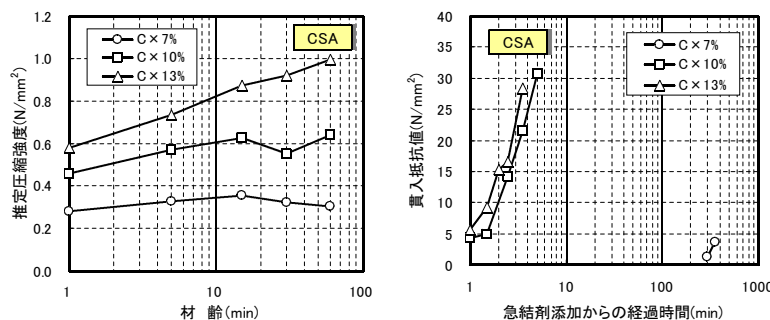


図 - 2 CSAの推定圧縮強度及び貫入抵抗値

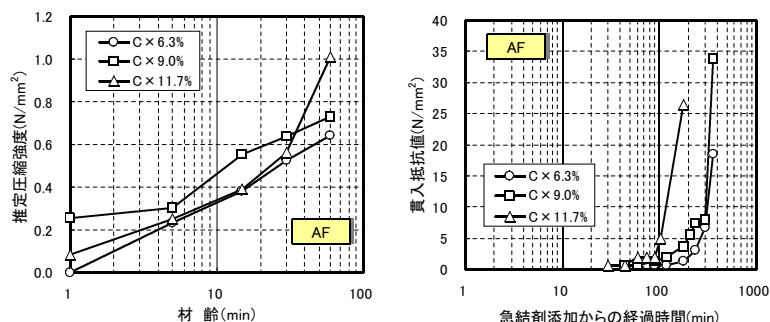


図 - 3 AFの推定圧縮強度及び貫入抵抗値

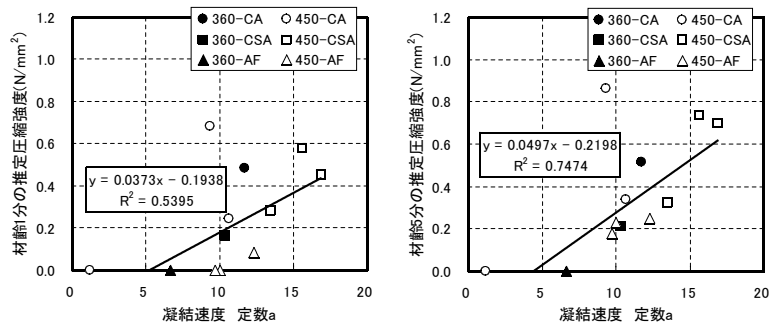


図 - 4 凝結速度定数 a と材齢1分, 5分の推定圧縮強度との関係