

早強性混和材を使用したコンクリートの細孔構造と強度発現

東北大学大学院 学生員 佐藤誠 (株)前田先端技術研究所 正会員 米田正彦
 東北大学大学院 正会員 秋山充良 東北大学大学院 フェロー 鈴木基行

1. はじめに

現在、コンクリート製品の大部分は、蒸気養生を行い、早期に脱型して出荷されている。しかし、蒸気養生には、長期強度の低下、耐久性の低下、エネルギーの浪費など、さまざまな問題が生じる。そのため、蒸気養生を必要としない強度発現特性を持つコンクリートが望まれるところである。

そこで筆者らは、早期強度発現性があり、ひび割れ補償のできるような早強性混和材に着目した。本研究では、この早強性混和材を用いたコンクリートの強度発現を測定し、細孔径分布との関係から強度発現メカニズムを考察している。

2. 実験の概要

(1) 使用材料と配合

セメントには、普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材(S)には、岩手県米里産の5mm以下砕砂(比重:2.75, F.M.:2.94)を、粗骨材(G)には、岩手県米里産の最大粗骨材寸法20mm(比重:2.84)の碎石を使用した。減水剤には、ナフタレインスルホン酸系の高性能減水剤を使用し、AE剤も併用した。早強性混和材は、CaOを主成分とする膨張性を示す混和材料を使用した。その化学成分の試験結果を表-1に示す。

(2) 供試体の作製

コンクリートの配合を表-2に示す。練り混ぜは、20 - 80% R.H.の恒温室内で行い、10×20cmの鋼製型枠に振動締固めで打設成形した。

その後、表-2の配合名PA, AA10, AA20, AA35は、20 - 80% R.H.に静置して試験用供試体とした。尚、配合名PSについては、蒸気養生に供した。

(3) 試験方法

圧縮強度試験には、10×20cmの供試体を使用し、JIS A1108に準じて行った。強度の測定は材齢24時間までの間に5~6材齢と、14日に、各2本の供試体で試験した。圧縮強度試験を行った供試体は、試験後粗砕してモルタル部分を採取、アセトンに浸漬して水和を停止後、D-dryで乾燥し、水銀圧入式ポロシメータで細孔径分布を測定した。

表-1 混和材の化学成分

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O
1.5	0.81	0.4	89.7	1.2	6.1	0.67

lg.loss:0.48% 比表面積=5100cm²/g

表-2 配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	kg/m ³				
			W	C	S	G	混和材
PS,PA	47	47.7	150	323	907	1024	-
AA10		47.5			898		10
AA20		47.2			889		20
AA35		46.9			876		35

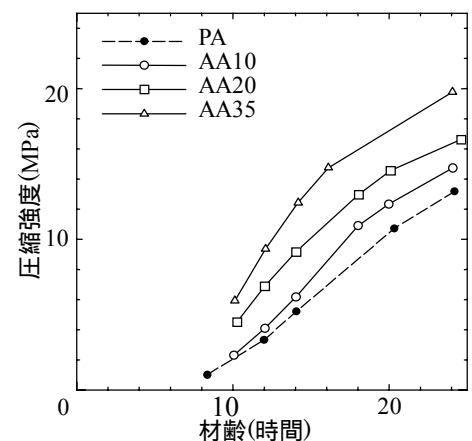


図-1 初期の強度発現

Key Words: 早強性混和材, 強度発現, 全細孔量, 毛細管空隙, 膨張性

連絡先: 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL:022-217-7449 FAX:022-217-7448

3. 実験結果と考察

図-1に、24時間までの初期材齢の強度発現を示す。混和材の使用によって強度発現が早まり、また、その効果は混和材量が多いほど顕著であることがわかる。

図-2には、材齢24時間における全細孔量と圧縮強度の関係を示す。一般的に、コンクリート中の全細孔量と圧縮強度の間には、負の相関があるとされる。今回の配合は、表-2に示したように、混和材を細骨材と置換した以外は、同一の配合を採用しているにもかかわらず、混和材を使用したコンクリートでは、全細孔量と圧縮強度は、むしろ正の相関を示している。よって、この混和材を使用したコンクリートは、普通コンクリートとは細孔構造が異なっているため、全細孔量と圧縮強度の関係が変化していると考えられる。

そこで、図-3に、材齢24時間における各配合の細孔径分布を示す。AAシリーズはPSと比較して直径 $1\mu\text{m}$ 以上の粗大な細孔量が多く、混和材の添加量が多いほどその傾向が顕著になることがわかる。これは混和材の膨張作用に起因していると考えられる。しかし、膨張材を加えることによって空隙が増加するという報告¹⁾はあるが、この点については、膨張材の成分、空隙形成の要因、強度発現への影響などから、さらなる検討が必要である。

それに対し、毛細管空隙に相当する大きさの細孔($0.05\sim 2\mu\text{m}$)は、混和材の添加量が多くなるほど減少している。毛細管空隙の減少は、水和が促進され、固体成分(セメントゲル)の生成量が増加していることを示すと考えられる。その理由としては、混和材中の石灰の水和による発熱や、石膏由来の硫酸イオンの働きによる、セメント中のエーライトの水和促進、エトリンガイトの生成などが考えられる。

図-4には、毛細管空隙に相当する $0.05\sim 2\mu\text{m}$ の細孔量と、圧縮強度の関係を示した。この大きさの細孔量と圧縮強度には相関があることが知られている。結果として、混和材を用いたコンクリートでも、この大きさの細孔と圧縮強度には、強い線形関係が認められた。なお、図-4の近似直線では、PSが含まれていないが、これは、蒸気養生を行ったコンクリートと、常温養生した場合では関係が異なるという報告²⁾から、その結果を除外したためである。

以上のことから、混和材の作用によって全細孔量は増大するものの、増分は圧縮強度に影響を与えにくい大きさの細孔であり、圧縮強度の発現に関わる毛細管空隙は減少し、初期強度発現を促進していることがわかる。

4. まとめ

- (1) 混和材により、材齢初期において粗大な空隙の量が増大するものの、毛細管空隙は減少する。
- (2) 毛細管空隙の減少により初期の強度発現が促進される。

参考文献

- 1) 盛岡実, 萩原宏俊, 坂井悦郎, 大門正機: 膨張材を混和したセメント硬化体の微細構造, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.2, pp.169-174, 1998.
- 2) 坂部大, 名和豊春, 田中洋一, 大久保正弘: 初期高温養生したセメント硬化体の強度発現と微細構造に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.1, pp.501-506, 1996.

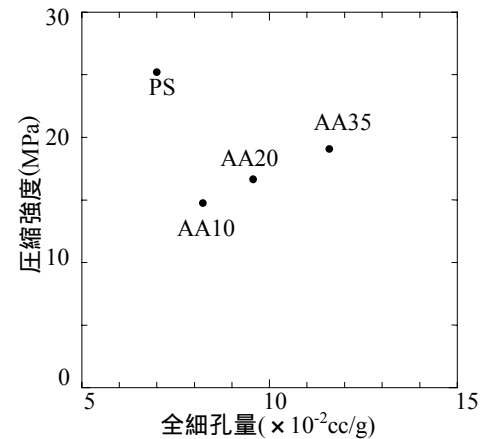


図-2 全細孔量と強度(材齢24時間)

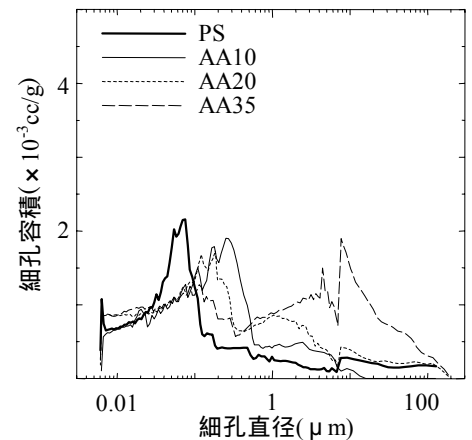


図-3 細孔径分布(材齢24時間)

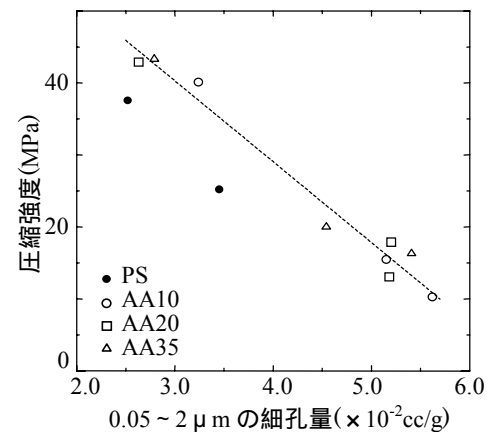


図-4 $0.05\sim 2\mu\text{m}$ の細孔量と強度