

蒸気養生した高流動コンクリートの水密性と中性化に関する研究

大分工業高等専門学校 学生会員 久保田志穂 正会員 一宮 一夫
非会員 大野 由佳 非会員 秦 敏和

1. はじめに

高流動コンクリートは自己充てん性を有しており、工場製品に適用すると振動締固め工程を省略できる。その結果、振動や騒音問題の解消ができ、さらには製造工程の省略化、製造設備、型枠設備の低減が可能となる。その一方で、蒸気養生が硬化後の強度や耐久性におよぼす影響に関する知見は少ない。そこで、本研究では蒸気養生後に行う後養生に着目し、後養生の方法が強度ならびに水密性や中性化などの物質透過性に与える影響について検討した。

2. 実験概要

(1) 使用材料及び配合

表1に高流動コンクリートの使用材料を、表2に配合を示す。配合の種類は粉体系とし、粉体には普通ポルトランドセメントの他に石灰石微粉末を使用した。目標スランプフローは $67\pm3\text{cm}$ とし高性能AE減水剤の使用量を調整した。また、ポゾラン反応を主体とした防水材（密度 2.64g/cm^3 、粉末度 $3500\text{cm}^2/\text{g}$ ）を添加し、水密性の改善効果についても検討した。表3に防水材の化学組成を示す。

(2) 練混ぜ

コンクリートの練混ぜには容量50ℓの強制練りミキサーを用い、1バッチ30ℓとした。練混ぜ方法は、粉体と骨材を入れて60秒間の空練りをした後、水と混和剤を加えてさらに150秒間練混ぜた。

(3) 供試体の作製

1条件につき透水試験用として、 $\phi 15\times 10\text{cm}$ の供試体を2個、中性化試験用として $10\times 10\times 20\text{cm}$ の供試体を3個作製した。コンクリートの充てんは1層で行い、突き棒で5回突いた後木づちで軽く締固めた。なお、中性化試験用は型枠底面以外をエポキシ樹脂でシールした。

(4) 養生

1) 蒸気養生：供試体($\phi 15\times 10\text{cm}$ 、 $10\times 10\times 20\text{cm}$ 、 $\phi 10\times 20\text{cm}$)を打込み後、型枠のままプログラム式蒸気養生槽に入れて常圧で養生を行った。養生条件を図1に示す。その他、前置き時間なしでも供試体を作製し、前置き時間と耐久性の関係を調べた。

2) 蒸気養生終了後の養生：打込み後約24時間で脱型した供試体は、気中養生(20°C 、60%RH)、水中養生(20°C 、水中)、湿潤養生(20°C 、90%RH以上)、散水養生(20°C 、60%RHの室内で午前・午後1回の散水)、を1週間行った。その後さらに1週間の気中養生をした。

3) 標準養生：比較のために蒸気養生を行わず、型枠のまま1日静置した後脱型し、1週間の水中養生と1週間の気中養生をした。

表1 コンクリートの使用材料

記号	種類	備考
W	水	水道水
C	普通ポルトランドセメント	密度 3.15g/cm^3 、比表面積 $4080\text{cm}^2/\text{g}$
LS	石灰石微粉末	密度 2.71g/cm^3 、比表面積 $5300\text{cm}^2/\text{g}$
S	細骨材	海砂、表乾密度 2.56g/cm^3 、吸水率3.72、FM2.52
G	粗骨材	石灰岩碎石、表乾密度 2.71g/cm^3 、吸水率0.32、FM6.47
SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系

表2 コンクリートの配合

最大寸法 (mm)	スラン プフロー (cm)	空気量 (%)	水粉 体比 (%)	細骨 材率 (%)	単位量(kg/m^3)					
					W	C	LS	S	G	SP
20	67 ± 3	1.5 ± 0.5	32.0	51.1	178	350	206	806	813	8.8

表3 防水材の化学組成

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	NaCl	ig.loss
75.0	9.5	4.5	1.0	1.5	0.8	0.005	3.0

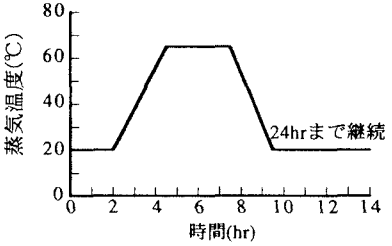


図1 蒸気養生の方法

(5) 硬化コンクリートの試験方法

- 1) 圧縮試験：JIS A 1108に準拠し、材令14日に試験した。
- 2) 透水試験：材令14日で、型枠底面に1.0MPaの水圧を48時間加えた。このとき、一次元の流れが得られるように容器と供試体の間にパラフィンとロジンの混合物(重量比1:1)を充てんした。透水試験終了後に、JIS A 1113のコンクリートの引張強度試験方法に準じて供試体を直径方向に2分割し、画像解析により浸透深さを測定し、浸透深さから拡散係数を求めた。
- 3) 中性化試験：材令14日で、促進中性化試験装置(温度30℃、湿度60%、炭酸ガス濃度5%)に試験材令5週間まで静置した。そして、供試体を2分割し、断面にフェノールフタレイン溶液を霧吹きで吹きかけ、画像解析で中性化深さを測定した。

3. 実験結果および考察

(1) 養生条件と圧縮強度の関係

図2に養生条件と圧縮強度の関係を示す。図のように、蒸気養生をすると圧縮強度が70%程度に低下したが、30N/mm²の圧縮強度は得られた。蒸気養生後の養生方法の違いでは若干の圧縮強度の差はあるが標準養生との違いを比べると僅かである。このことから、蒸気養生後の養生方法の違いは短期の圧縮強度に影響しないと言える。

前置き時間を取らない供試体は、前置き時間2hrの場合よりも幾分小さいが、上記同様に両者はほぼ同水準である。

また、防水材が圧縮強度に与える影響は、標準養生、蒸気養生ともに見受けられない。

(2) 養生条件と水密性の関係

図3に養生条件と拡散係数の関係を示す。なお、蒸気養生の水中、湿潤、散水については実験中に試験装置の不具合が生じたため再度供試体を作製し、現在養生中である。

標準養生での拡散係数は、 0.77×10^{-8} と $6.48 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ であるのに対し、蒸気養生したものは $120 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ 程度であり、著しく水密性が低下した。

(3) 養生条件と中性化深さの関係

養生条件と中性化深さの関係を図4に示す。現時点で得られた実験結果は3種類のみであるが、蒸気養生後に気中養生した供試体の中性化深さ13.5mmに対し、水中養生したものは中性化深さが9.5mmまで減少した。これは基準供試体の中性化深さ8.5mmと同水準であり、中性化試験結果の特徴である。

4. まとめ

- (1) 材令14日の圧縮強度は、蒸気養生すると標準養生したもののおよそ70%までに低減する。一方、水密性は蒸気養生により著しく低下する。
- (2) 防水材使用や蒸気養生の前置き時間の短縮で、圧縮強度や水密性は影響されない。
- (3) 中性化深さは、蒸気養生後に水中養生をすると標準養生の水準までに改善される。

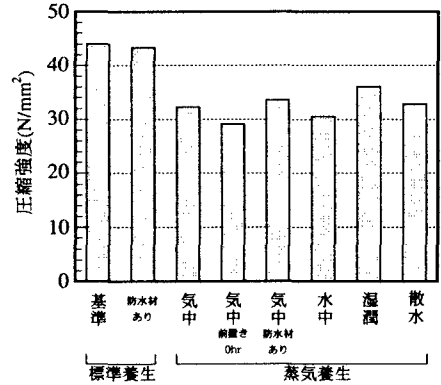


図2 養生条件と圧縮強度の関係

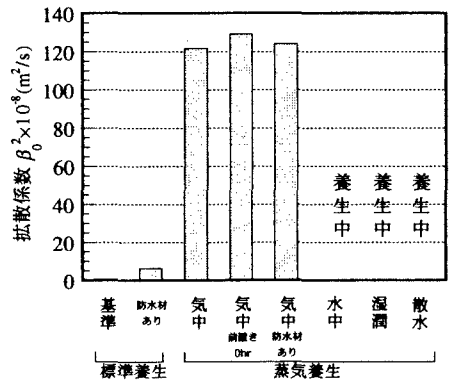


図3 養生条件と拡散係数の関係

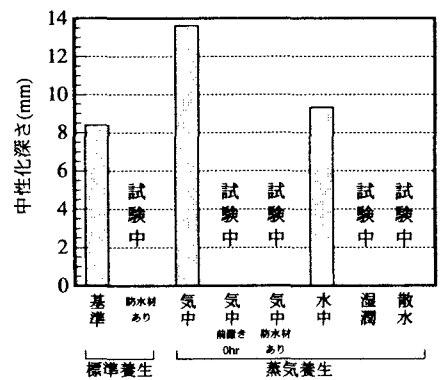


図4 養生条件と中性化深さの関係