

V-203

温度履歴を考慮した覆工コンクリートの強度発現性状

清水建設技術研究所 正会員 田中博一
 清水建設技術研究所 正会員 栗田守朗
 大本組土木本部 正会員 金子泰治

1. はじめに

ECL工法は、セグメントを用いずにコンクリートを直接打ち込み一次覆工を構築するシールド工法である。覆工の品質を把握する上で、打ち込まれたコンクリートの強度発現性状を把握することは重要なことであるが、覆工コンクリートの温度を測定した結果、覆工コンクリートが初期に高温度履歴を受けることが明らかになった。既往の研究¹⁾では、初期材齢に受ける高温度履歴は、コンクリートの強度発現性に大きく影響を及ぼすと言われている。そこで、本報告では、覆工コンクリートの硬化時の温度履歴を与えて養生した供試体を用いて、高温度履歴を受ける覆工コンクリートの圧縮強度発現性状を把握することを試みた。

2. 実験概要

表-1に使用材料、表-2に配合を示す。実験で用いたコンクリートは、鋼繊維を混入した高流動コンクリートであり、練上り温度30℃を目標とし、50 Lの強制二軸練りミキサを用いて図-1に示す方法で練り混ぜた。練混ぜ後、 $\phi 10\text{cm} \times \text{h}20\text{cm}$ の型枠内に試料を詰め、約2時間後に供試体を所定の養生条件下に静置した。養生条件は、20℃一定（標準養生）、30℃一定、高温履歴1、高温履歴2の4条件を設定した。高温履歴1、2は、図-2に示す内径5.9m、設計巻厚35cmの覆工コンクリートに熱電対を埋設して測定した深さ5cmおよび22cmにおける温度履歴である。なお、試験開始後7日以降は高温履歴1、2ともに30℃一定養生とした。

各養生条件下の供試体について、材齢20、24、48、72時間、7、28日で圧縮強度試験を実施した。

3. 結果および考察

3.1 圧縮強度発現性状

図-3に圧縮強度試験結果を示す。初期材齢において高温履歴2の圧縮強度が若干大きい、高温履歴1と2はほぼ同等の圧縮強度発現性状を示している。材齢2日程度までは、高温履歴1と2の圧縮強度発現性は、20℃あるいは30℃一定と比較大きい、それ以降は、強度の伸びが小さくなり、20℃あるいは30℃一定の方が圧縮強度が大きくなる傾向が見られる。これは、初期に高温度履歴を受けることにより、初期材齢では、セメントの水和反応が促進されて強度が大きくなるが、長期材齢では、初期に過

表-1 使用材料

材料	仕様
セメント (C)	早強ポルトランドセメント 比重：3.13、比表面積：4.620cm ² /g
フライアッシュ (F)	関電化工高砂工場製 比重：2.29、比表面積：3.760cm ² /g
細骨材 (S)	硬質砂岩砕砂 比重：2.74、FM：2.63
粗骨材 (G)	硬質砂岩砕石 比重：2.73、FM：6.32
鋼繊維 (SF)	両端フック付き結束型ファイバー $\phi 0.6\text{mm} \times 130\text{mm}$
高性能AE減水剤 (SP)	ポリカルボン酸系
増粘剤 (VA)	メチルセルロース系

表-2 配合

MS mm	鋼繊維 混入率 %	W/(C+F) %	s/a %	単用量 kg/m ³			混和剤	
				W	C	F	SP (C+F)×%	VA g/m ³
15	1.0	38.0	68	190	400	100	2.3	900

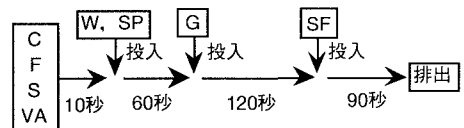


図-1 練混ぜ方法

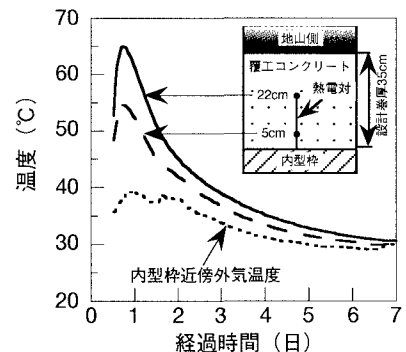


図-2 覆工コンクリートの温度履歴

キーワード：ECL工法、覆工コンクリート、温度履歴、積算温度、圧縮強度

〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL：03-3820-5514 FAX：03-3820-5955

度に水和反応が促進されることにより、硬化体内部構造の密実性が損なわれ、強度の伸びが小さくなるためと考えられている²⁾。

3. 2 積算温度と圧縮強度の関係

養生温度が異なるコンクリートの強度発現性状の評価方法として一般に積算温度方式が用いられている。積算温度方式の積算温度は次式で示される。

$$M = \Sigma (\theta + 10) \Delta t$$

ここで、 M は積算温度（ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr.}$ ）、 θ は Δt 時間中のコンクリート温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）、 Δt は時間（ hr. ）である。

図-4に積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr}$ 以下、図-5に積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr}$ 以上における積算温度と圧縮強度との関係を示す。なお、積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr}$ は、 20°C 一定で材齢3日に相当する。積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr}$ 以下では、 20°C 、 30°C 一定と高温履歴1、2では、強度発現性状が若干異なる傾向が認められるものの、ほぼ同一直線上にある。一方、積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr}$ 以上では、 20°C 、 30°C 一定と高温履歴1、2では、両者の傾向が大きく異なっている。これは、先述したように高温履歴が強度発現性状に影響を及ぼした結果であると考えられる。以上の結果より、積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr}$ 以下では、養生温度に関わらず、積算温度から圧縮強度を推定できる可能性がある。一方、積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr}$ 以上では、高温履歴を受ける場合と受けない場合で分けることにより、積算温度から圧縮強度を推定できる可能性がある。

4. まとめ

本実験の範囲内で得られた知見を以下に示す。

- (1) 実測した覆工コンクリートの温度履歴を与えた供試体を用いて圧縮強度試験を実施した結果、圧縮強度発現性状が、 20°C あるいは 30°C 一定養生したコンクリートと大きく異なることが明らかになった。
- (2) 本実験のコンクリートの圧縮強度と積算温度の相関性が高いことから、養生温度が異なる場合においても、積算温度を用いて高温履歴を受ける覆工コンクリートの圧縮強度を推定できる可能性がある。今後さらにデータを蓄積し、今回得られた結果の妥当性を検証する必要があると思われる。

参考文献

- 1) たとえば、田中敏嗣・竹内良・丸岡正知・富田六郎：初期材齢に高温履歴を受けた高強度コンクリートの強度発現性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.1，pp.193-198，1997
- 2) 曾根徳明・藤山修・谷村充：断熱上昇温度養生下におけるコンクリートの強度発現に関する検討，第46回セメント技術大会講演集，pp.914-919，1992

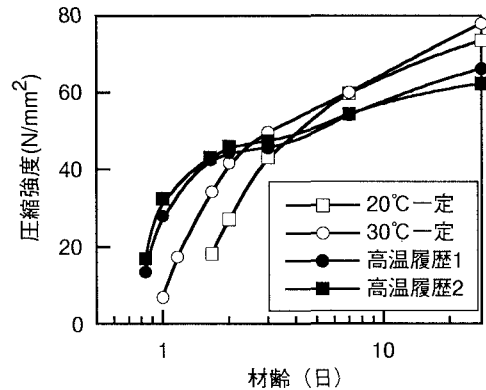


図-3 圧縮強度試験結果

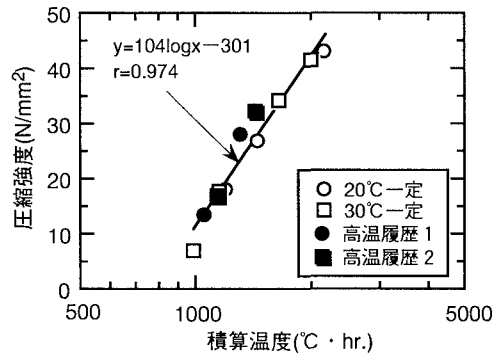


図-4 積算温度と圧縮強度の関係
(積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr.}$ 以下)

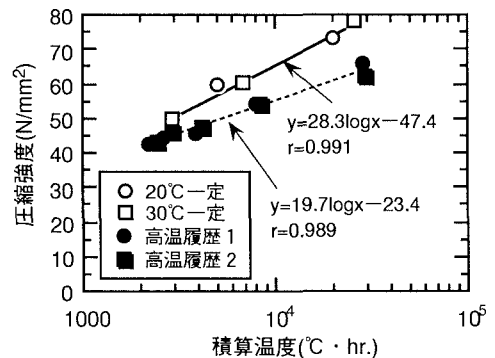


図-5 積算温度と圧縮強度の関係
(積算温度 $2160^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr.}$ 以上)