

低発熱型混合セメントと膨張材を併用したコンクリートの諸特性

日本原燃(株) 正会員 ○工藤 淳 宮田 修司 橋本 秀一

鹿島建設(株) 正会員 金澤 亮一 横関 康祐 佐々木敏幸

電気化学工業(株) 正会員 佐々木 崇

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設に代表される高い耐久性を要求される構造物においては、温度ひび割れおよび乾燥収縮ひび割れの発生を抑制するために、水和発熱量が小さい低発熱型セメントと膨張材を併用した配合を用いる場合が増えている¹⁾²⁾。しかし、一般的な膨張材は、普通ポルトランドセメントや高炉セメント B 種に対して適切な膨張量が確保できるように設計されており、低発熱型混合セメントと併用した場合の膨張材量と膨張率の関係が明確にされていないのが現状である。本報告では、低発熱型混合セメントと膨張材を併用した場合の膨張特性、強度特性、およびそれらの温度依存性について報告する。

2. 構造物の概要

本検討で対象とした構造物は、低レベル放射性廃棄物を浅地中処分する放射性廃棄物処分施設である。構造物の概念図を図-1 に示す。本構造物は、底版厚が 80cm、外壁厚が 60cm であり、目地のない延長約 146m の外壁を一括打設するため、温度ひび割れ、乾燥収縮ひび割れの発生が懸念された。

3. 配合選定試験

使用材料を表-1 に、配合表を表-2 に示す。配合選定試験においては、表-2 に示す当初計画配合を基本とし、細骨材混合比、最適細骨材率を決定し、表-2 に示す修正配合を選定した。しかし、その後の圧縮強度試験において、材齢 28 日において設計基準強度を満足しないことが確認された。この原因として、膨張材量が多く、膨張率が高くなった可能性が考えられたため、後述する検討を実施した。

4. 膨張材量の最適化に関する検討

検討は、2 ステップに分けて実施した。ステップ 1 では、最適な膨張材量を把握するため、膨張材量を 5kg/m³ 刻みに 10~25kg/m³ の範囲で変動させ、拘束膨張試験、圧縮強度試験を実施した。その結果、膨張材量の増加に伴い、膨張率が大きくなるとともに、圧縮強度が低下することが確認された。土木学会が定める収縮補償用コンクリートの膨張率の標準値³⁾が得られる膨張材量は 15kg/m³ であり、材齢 28 日で設計基準強度を満足する膨張材量は 15kg/m³ 以下であることがわかった。

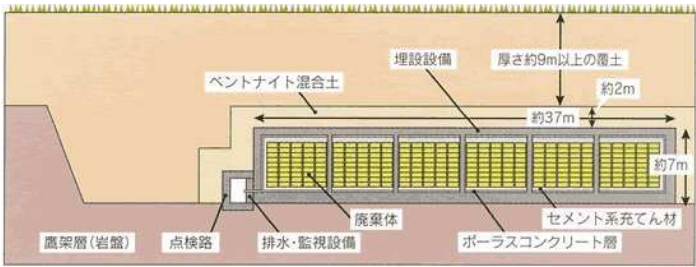


図-1 構造物の概念図

表-1 使用材料

材料	記号	概 要
セメント	MF30	中庸熟フライアッシュセメント 密度：2.86g/cm ³ ，比表面積：3,460cm ² /g
膨張材	EX	エトリンガイト・石灰複合系（水和熱抑制型） 標準添加量：20 kg/m ³ 密度：2.88g/cm ³ ，比表面積：3,250cm ² /g
石灰石微粉末	LP	密度：2.72g/cm ³ ，比表面積：4,350cm ² /g
細骨材	S1	石灰砕砂，密度：2.67g/cm ³ ，F.M.=2.93
	S2	陸砂，密度：2.72g/cm ³ ，F.M.=2.34
粗骨材	G	石灰砕石 2505，密度：2.70g/cm ³
混和剤	AD	AE 減水剤，高変性ポリオールとポリカルボン酸エーテルの複合体
	AE	フライアッシュ用 AE 剤

表-2 配合表

	スラブ [※] (cm)	空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量						
					W	MF30	EX	LP	S1	S2	G
当初計画配合	12±2.5	4.5±1.5	46.5	45	155	313	20	60	321	482	982
修正配合				44	155	313	20	60	314	471	1,000
選定配合				44	155	318	15	60	314	471	1,000

キーワード 放射性廃棄物，浅地中処分，コンクリートピット，膨張材，低発熱型混合セメント

連絡先 〒182-0036 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字野附 504-22 TEL 0175-72-3323

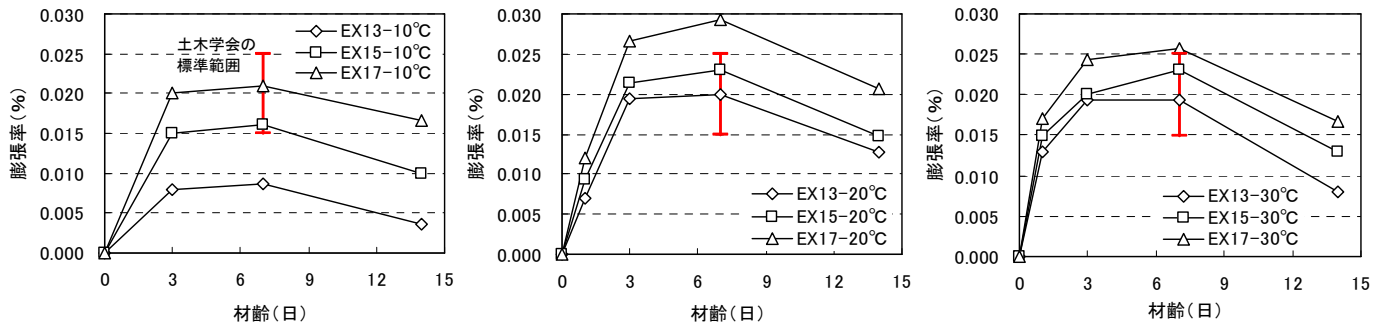


図-2 拘束膨張試験 試験結果 (ステップ 2)

ステップ 2 では、ステップ 1 で所定の膨張率が得られた膨張材量 15kg/m^3 の前後で 2kg/m^3 刻みに $13\sim 17\text{kg/m}^3$ の範囲で変動させた上で、養生温度を試験要因とした拘束膨張試験、圧縮強度試験を実施した。これらの試験結果を図-2、図-3 に示す。なお、図-2 には土木学会が定める膨張率の標準値を併記した。また、図-2、図-3 中の凡例は、EX に続く数字が膨張材量を、ハイフンに続く数字が養生温度を表している。図-2 より、 $10\sim 30^\circ\text{C}$ の範囲で所定の膨張率が得られる膨張材量は 15kg/m^3 であることがわかった。また、膨張材の膨張効果が 20°C で最も大きくなることがわかった。図-3 より、膨張材量の増加に伴い圧縮強度が低下する傾向が見られる。ただし、この傾向は、 20°C の場合に最も大きくなり、 30°C ではその影響が非常に小さい。これは、前述のように 20°C で膨張材の効果が最も大きくなるためであると考えられる。試験結果より、 $10\sim 30^\circ\text{C}$ の範囲で所定の膨張率が得られる膨張材量は 15kg/m^3 であった。また、 20°C 以上において材齢 28 日で設計基準強度を満足する膨張材量は 15kg/m^3 以下であった。以上の検討結果から、最終的に表-2 に示す選定配合を決定した。図-3 に示した圧縮強度試験結果を積算温度で整理し、図-4 に示す。これによると、積算温度と圧縮強度には相関があり、多少のばらつきは認められるものの、概ね圧縮強度を積算温度の関数として表現することができる。図-3 に示すように、 10°C 環境では膨張材量に関わらず材齢 28 日で設計基準強度を満足していない。これは、図-4 に示すように、積算温度が小さいためで、実施工における低温時の打設では、保温養生を行うなどの積算温度を確保する対策が必要であると考えられる。ただし、図-4 に示す近似式は、膨張材量が圧縮強度に与える影響を考慮していないため、積算温度から圧縮強度を推定するには注意が必要である。

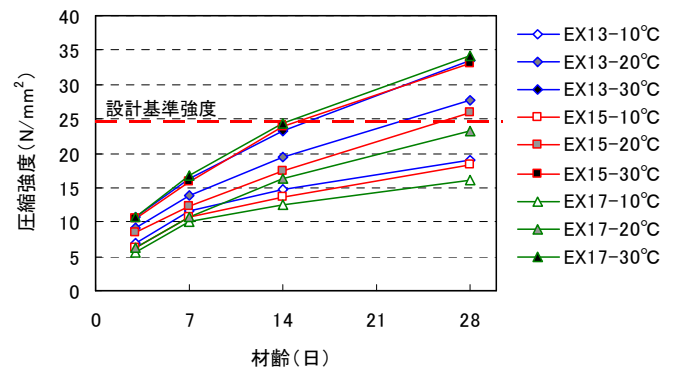


図-3 圧縮強度試験結果 (ステップ 2)

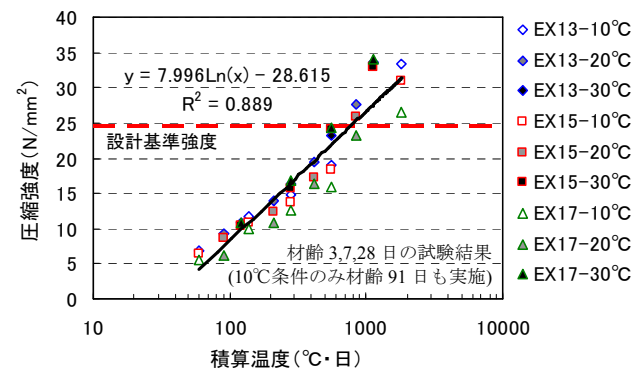


図-4 積算温度と圧縮強度の関係

5. 考察とまとめ

低発熱型セメントと膨張材を併用した場合には、セメントの凝結が遅いため、コンクリートの組織が形成される前に膨張材の膨張効果が発揮される可能性がある。それにより、膨張率が大きくなり圧縮強度が低下すると考えられる。本研究では、これを防止するために、所定の膨張率と圧縮強度を確保した上でそれらの温度依存性が小さい配合を選定した。

5. 考察とまとめ

低発熱型セメントと膨張材を併用した場合には、セメントの凝結が遅いため、コンクリートの組織が形成される前に膨張材の膨張効果が発揮される可能性がある。それにより、膨張率が大きくなり圧縮強度が低下すると考えられる。本研究では、これを防止するために、所定の膨張率と圧縮強度を確保した上でそれらの温度依存性が小さい配合を選定した。

参考文献

- 1) 山田義博他：水和熱抑制型膨張材と低熱ポルトランドセメントとを併用したコンクリートの初期性状，土木学会第56回年次学術講演会，V-145，2001。
- 2) 杉橋直行他：低熱ポルトランドセメントとフライアッシュ、膨張材を使用したコンクリートおよびモルタルの諸特性，土木学会第62回年次学術講演会，CS5-036，2007。
- 3) 土木学会：コンクリートライブラリー75 膨張コンクリートの設計施工指針，1993。