

壁部材における膨張コンクリートのひび割れ抑制効果

鹿島建設(株) 正会員 ○中村隆一郎 向 俊成 芦澤良一 柳井修司 高野 卓

1. 目的

コンクリートの温度ひび割れを抑制する手法の一つとして、膨張材の活用が挙げられる¹⁾。今回、膨張材の混和の有無を、実規模の試験体において、同一条件で比較・評価する機会を得た。本報は、膨張材の混和が温度ひび割れを抑制する効果を、ひび割れの発生状況や部材の挙動から定量的に評価した結果について報告するものである。

2. コンクリートの施工

コンクリートの使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。膨張材には、低添加タイプの20型を用い、高炉セメントB種の20kg/m³を重量置換し、結合材として混和した。なお、粗骨材には石灰岩碎石を使用した。

実規模試験体の形状を写真-1に示す。実規模試験体は、厚さ1.2m、9.0m四方の底版(0.5mのハンチ付き)と、厚さ1.5m、高さ6.0m、延長9.0mの壁で構成される。壁は、高さ3mごとに分けて2リフトで構築した。膨張材の効果を評価したのは、写真-1の手前2体の壁2リフト目であり、暑中コンクリートとなる8/28に配合を切り替えて順番に打込みを行った。打込み上面は、金ごてで押さえた後、養生マットを敷設し、7日間の散水養生を行った。側面は、化粧合板を7日間残置し、脱型後は特に養生を行わなかった。なお、壁1リフトは、膨張材を混和しない配合を用い、7/16に打込みを行った(打継間隔:43日)。

3. 評価項目

本検討における評価項目を表-3に示す。表には、コンクリートの品質に関する試験結果も併せて示した。強度試験ならびに一軸拘束膨張・収縮試験(JIS A 6202 附属書(B法))の供試体は、アジテータ車から採取した試料で作製し、翌日まで現場に保管した。躯体の挙動は、ひび割れ観察に加え、壁厚中心・下端から55cmの位置に設置した熱電対、有効応力計、鉄筋計および無応力計で測定した。

4. 評価結果

コンクリートの品質に関する試験結果を表-3上段に示す。打込み時のコンクリート温度は、午後に施工した「膨張材あり」の方が2℃ほど高くなった。圧縮強度、ヤング係数については、「膨張材あり」の方がやや大きい結果となったが、割裂引張強度はほぼ同じであった。「膨張材あり」の拘束膨張・収縮率は、水中7日で125×10⁻⁶(膨張)であり、目標値(150~250×10⁻⁶)よりも小さい値となった。これは、打込み温度や水中養生開始までの環境温度が25℃を超えており、温度・湿度が管理された標準的な条件とは異なったためであると考えられる。

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	摘 要
水	W	地下水
セメント	C	高炉セメントB種:密度3.04g/cm ³ , 比表面積3,850cm ² /g
膨張材	EX	膨張材20型:密度3.16g/cm ³ , 比表面積3,620cm ² /g
細骨材①	S1	砕砂:表乾密度2.63g/cm ³ , F.M.3.10
細骨材②	S2	山砂:表乾密度2.59g/cm ³ , F.M.1.70
粗骨材	G	石灰岩碎石2005:表乾密度:2.70g/cm ³ , 実積率59.0%
混和剤	Ad	AE減水剤(遅延形 I 種):リグニンスルホン酸塩系

表-2 コンクリートの配合

スランブ (cm)	空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
				W	C	EX	S1	S2	G	Ad
12	4.5	52.2	46.9	168	322	-	546	293	978	3.86
				168	302	20	546	293	978	3.86

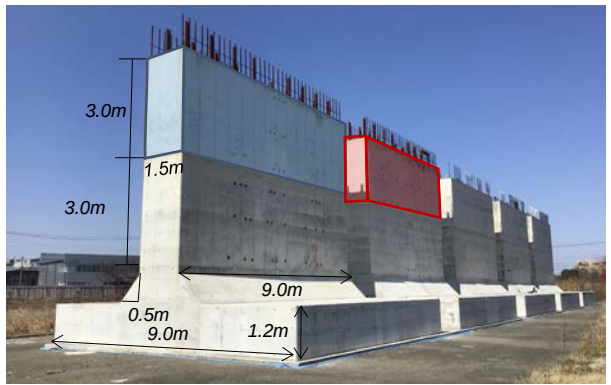


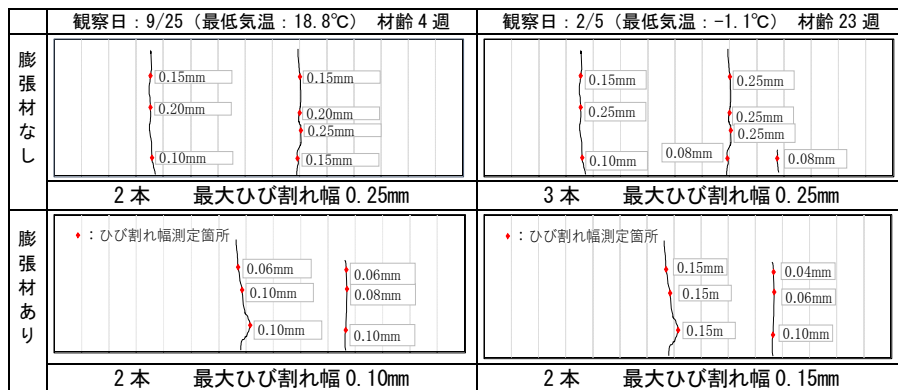
写真-1 実規模試験体の形状

表-3 評価項目

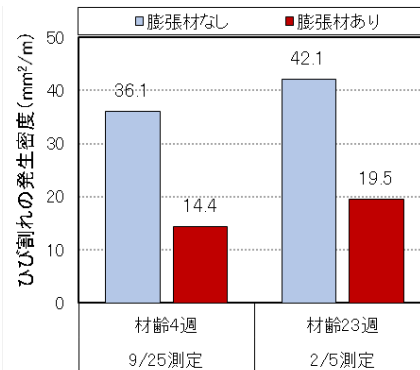
	測定項目	膨張材なし		膨張材あり	
		測定値	単位	測定値	単位
品質の 評価	外気温(℃)	25.5	℃	27.0	℃
	コンクリート温度(℃)	27.6	℃	29.7	℃
	スランブ(cm)	14.5	cm	14.0	cm
	空気量(%)	4.1	%	3.2	%
	圧縮強度(N/mm ²):28日	38.8	N/mm ²	41.0	N/mm ²
	ヤング係数(kN/mm ²):28日	33.9	kN/mm ²	38.6	kN/mm ²
	割裂引張強度(N/mm ²):28日	3.40	N/mm ²	3.48	N/mm ²
	拘束膨張・収縮率	水中7日	34(膨張)	125(膨張)	
	B法(×10 ⁻⁶)	水中6カ月	-351(収縮)	-339(収縮)	
	温度ひび割れ(近接目視)	図-1:発生位置,幅,長さを評価			
躯体の 挙動の 評価	壁中心部の温度	図-5:躯体温度を評価(熱電対)			
	壁中心部のコンクリート応力	図-3:発生応力を評価(有効応力計)			
	壁中心部の鉄筋応力	図-4:発生応力を評価(鉄筋計)			
	壁中心部の無応力ひずみ	図-5:見かけの線膨張係数を評価			

キーワード 膨張材, 温度ひび割れ, コンクリート応力, 鉄筋応力, 見かけの線膨張係数

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL. 03-5544-1386



図－1 ひび割れの発生状況



図－2 ひび割れの発生密度

ひび割れの発生状況を図－1 に示す。いずれのケースも貫通ひび割れが発生したが、「膨張材あり」は「膨張材なし」に対して、冬場（材齢 23 週）においても、最大ひび割れ幅が 0.25mm から 0.15mm に、本数が 3 本から 2 本に抑制された。次に、ひび割れの発生密度を図－2 に示す。発生密度は、ひび割れの幅と長さの積（ひび割れ面積）をコンクリート面積で除して算出した²⁾。膨張材を混和することで、ひび割れの発生密度は 1/2 以下となり、さらに、時間経過に伴う密度の増加、すなわちひび割れの進展も抑制された。

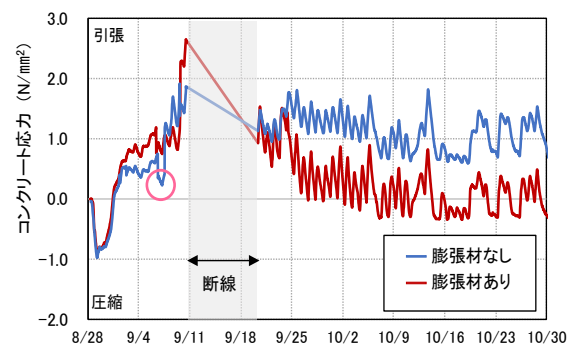
壁中心部のコンクリートの応力を図－3 に、鉄筋の応力を図－4 に示す。なお、図中の断線部分は機械トラブルにより、データの記録が出来なかった部分である。打込み後、発熱による膨張変形が既設壁に拘束されて圧縮応力が生じ、その後の温度降下とともに引張応力へと移行する様子が確認された。圧縮応力の大きさは、膨張材の有無によらずほぼ同等であった。いずれの場合も計測器位置近傍でひび割れが発生したが、「膨張材なし」の場合には、図－3 および図－4 に示す○印の時点で、鉄筋の引張応力が急激に増大すると同時に、コンクリートの引張応力が解放されており、測定結果からひび割れの発生を明瞭に捉えられた。一方、「膨張材あり」の場合には、鉄筋応力の急増やコンクリートの応力開放が明瞭ではなく、ひび割れに対する抵抗性が向上していることが示された。なお、図－5 に示すように、「膨張材あり」の温度上昇時の自由膨張ひずみが 135×10^{-6} ほど大きく、このひずみが拘束されることによって、コンクリートにプレストレスが導入されたことが分かる。今回の検討では、「膨張材あり」の躯体温度が 4.7℃ 高かったにもかかわらず、ひび割れを抑制できたのは、このような挙動によるものと思われる。

5. まとめ

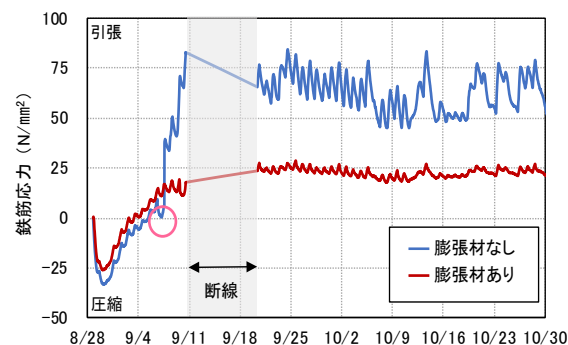
壁部材における膨張コンクリートのひび割れ抑制効果を定量的に評価した結果、ひび割れ幅を 3 本から 2 本に、最大ひび割れ幅を 0.25mm から 0.15mm に抑制できることが確認された。今後は、取得したデータを用いて、鉄筋を考慮したひび割れ解析に反映し、解析精度を高める手法について検討していきたい。

参考文献

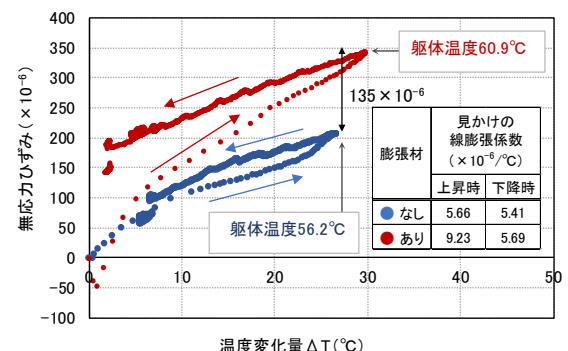
- 1) マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016：日本コンクリート工学会，2016. 11
- 2) 高木ほか：表層の締固めが初期ひび割れの発生に及ぼす影響，土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，V-510，2019. 9



図－3 コンクリートの応力（有効応力計）



図－4 鉄筋の応力（鉄筋計）



図－5 見かけの線膨張係数