

V-355

自己収縮を考慮したコンクリートの温度応力の試算

大林組技術研究所 正会員 中村博之
 大林組技術研究所 正会員 竹田宣典
 大林組技術研究所 フェロー 十河茂幸
 大林組技術研究所 川口 徹

1. はじめに

高強度コンクリートや高流動コンクリートのように、水結合材比が小さく、単位結合材量が多い場合は、自己収縮が大きくなることが報告されており、コンクリートのひび割れ発生に影響を及ぼす要因として自己収縮が指摘されている[1]。ところが、ひび割れに対する抵抗性を検討する上で、自己収縮に起因する応力を考慮する必要があると考えられるが、定量的に評価した報告はまだない。そこで、本報告では、自己収縮ひずみの大きさが異なる2種類のコンクリートについて、自己収縮を考慮して応力解析を行い、その妥当性を検討するとともに、自己収縮に伴う温度応力の発生増分を定量的に評価した。

2. 解析方法

解析モデルは、図-1に示すような岩盤上に打設されたスラブ状マスコンクリート（厚さ2m、幅・奥行き12m）とした。解析例として低熱ポルトランドセメントと高炉セメントB種を用い、W/C 41.3%，単位セメント量 400kg/m³のコンクリートを用いた。コンクリートの配合および自己収縮ひずみ、断熱温度試験の結果を表-1

表-1 コンクリートの配合

記号	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				高性能 AE 減水剤	断熱温度上昇量		自己収縮量 (材齢 28 日 × 10 ⁻⁶)
				W	C	S	G		K	α	
LP	低熱	41.3	45.0	165	400	774	991	0.60	47.7	0.42	83
BB	高炉B					764	977	1.55	65.4	0.99	

表-2 解析条件一覧

項目	条件	
セメント種類	高炉セメントB種	低熱ポルトランドセメント
外気温、打設温度、初期温度	20℃一定	
断熱温度上昇量 Q (℃)	Q=65.4(1-e ^{-0.99t})	Q=47.7(1-e ^{-0.42t})
比熱 (kcal/kg・℃)	コンクリート: 0.275, 岩盤: 0.275	
単位体積重量 (kg/m ³)	コンクリート: 2.31, 岩盤: 1.70	コンクリート: 2.33, 岩盤: 1.70
熱伝導率 (kcal/m・hr・℃)	コンクリート: 2.3, 岩盤: 2.3	
熱伝達率 (kcal/m ² ・hr・℃)	コンクリート上部、側面 (型枠側): 10	
熱膨張係数 (1/℃)	10 × 10 ⁻⁶	
圧縮強度 F _c ' (N/mm ²)	材齢 7 日: 33.6 材齢 28 日: 47.4 材齢 91 日: 62.1	材齢 7 日: 15.5 材齢 28 日: 34.7 材齢 91 日: 56.4
静弾性係数 (N/mm ²)	コンクリート: E _c =0.17788 × (F _c ' ^{0.4756}), 岩盤: E _r =5000	
クリープ	弾性係数の時間変化をもとに、任意の載荷材齢に対して単位応力あたりのクリープひずみを推定	
自己収縮 ε _{ai}	ε _{ai} =γ・ε _{co} ・β(t)……………(1)	
	β(t)=1-exp{-a(t-t ₀) ^b }……………(2)	
	ε _{co} =275 × 10 ⁻⁶ (材齢 28 日)	ε _{co} =83 × 10 ⁻⁶ (材齢 28 日)
	a=0.1, b=0.7, γ=1.67	a=0.1, b=0.7, γ=1.55

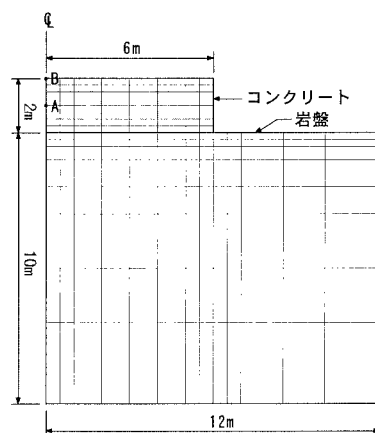


図-1 解析モデル

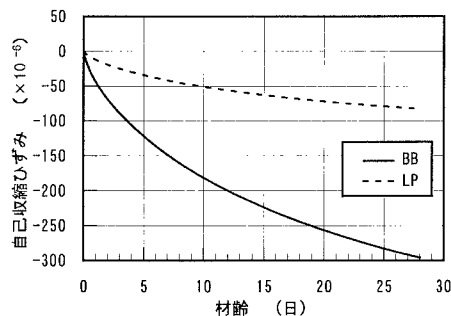


図-2 自己収縮ひずみの経時変化

キーワード：自己収縮，マスコンクリート，温度応力，低熱ポルトランドセメント

連絡先：〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0930 FAX 0424-95-0908

に示す。自己収縮ひずみの経時変化を図-2に示す。断熱温度上昇試験における K 、 α を用いて図-1のモデルの温度解析を行った結果を図-3に示す。温度応力解析は、二次元FEM解析において、温度ひずみ増分に自己収縮ひずみ増分を加えて温度応力を算定した。なお、自己収縮ひずみは、温度依存性があり有効材齢の関数であると仮定し、鉄筋による拘束は考慮しないこととした。表-2に解析条件を示す。静弾性係数の発現性状およびクリープ特性は、圧縮強度より推定したものを使用した[2]。

3. 解析結果および考察

解析結果を図-4、5に示す。解析結果には、スラブの中央部と表面部の2ヶ所の解析結果および自己収縮を考慮しないで解析した結果も同時に示している。材齢28日において自己収縮が 300×10^{-6} 程度の場合のコンクリートは、材齢の経過に伴い引張応力の発生が大きく算定された。材齢2日の温度上昇時においては、圧縮応力が小さく算定され、材齢28日の応力は、自己収縮を考慮しないものに比べて表面部では約 0.6 N/mm^2 、中央部では約 1.4 N/mm^2 大きく算定された。また、材齢28日において自己収縮が 100×10^{-6} 程度のコンクリートの場合、発熱が少ないため引張応力自体の発生は小さい。自己収縮による応力増加は、表面部、中央部どちらにおいても 0.2 N/mm^2 程度の増加であり、自己収縮による影響が小さく算定された。今回の解析では、自己収縮は温度依存性があると仮定して、有効材齢の関数として取り扱っているため、コンクリートの発熱が大きい場合、材齢初期の自己収縮によるひずみは大きくなった。材齢28日において自己収縮が $100 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$ 程度発生するコンクリートについて、水和熱に起因する応力と自己収縮に起因する応力について試算した結果、自己収縮に起因する応力は $0.2 \sim 1.4 \text{ N/mm}^2$ 程度発生することが試算された。

4. まとめ

自己収縮を考慮した応力解析を行った結果、以下の知見が得られた。

自己収縮ひずみが材齢28日で約 300×10^{-6} 発生するコンクリートは、自己収縮を考慮しない場合に比べて、今回行った解析条件においては、引張応力が約 1.4 N/mm^2 大きく計算された。自己収縮が 100×10^{-6} の場合は、 0.2 N/mm^2 程度の応力増加が計算された。このことより、自己収縮は前者においては、無視するには大きすぎる値であり、マスコンクリートに発生する応力を推定する場合、自己収縮に起因する応力を考慮しなければならない場合があると考えられる。今後は、鉄筋の拘束による発生応力の影響を考慮していく予定である。

参考文献

- [1] 日本コンクリート工学協会：自己収縮委員会報告書，1996.11
- [2] 川口 徹：マスコンクリートの温度応力解析方法に関する基礎的検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 19, No. 1, pp. 1393~1398, 1997

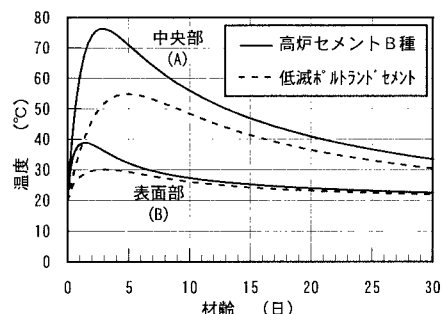


図-3 温度解析結果

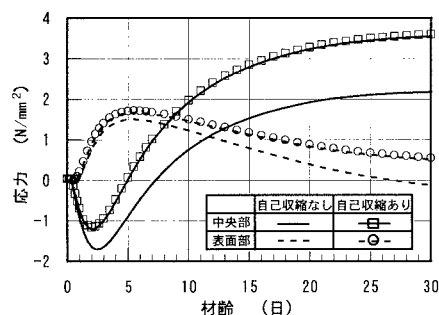


図-4 高炉セメントB種を用いた場合

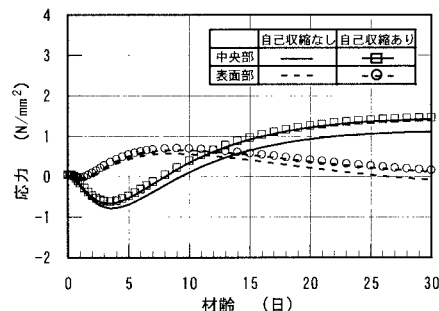


図-5 低熱ポルトランドセメントを用いた場合