

マスコンクリートの自己応力に及ぼす自己収縮の影響

広島大学 正会員 田澤栄一 広島大学 学生員 ○筋野晃司
足利工業大学 正会員 宮澤伸吾 住友建設(株) 保明淳二

1. はじめに

従来、マスコンクリート硬化時のひび割れ発生原因は、温度ひずみが拘束を受けることにより自己応力が発生するためと考えられており、コンクリートの自己収縮の影響が考慮されていない。しかし、近年の研究では、使用材料や配合によってはコンクリートに大きな自己収縮が発生し、ひび割れの発生原因となることが報告されている[1]。また、自己収縮がマスコンクリートの自己応力発生及びひび割れに及ぼす影響について拘束実験により検討が行われている[2]。本研究では、さらに高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートについての実験結果を併せて示すと共に、クリープの影響についても検討を加えた。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

セメントには普通ポルトランドセメント及びC₂S系低発熱セメントを使用した。混和材料には高炉スラグ微粉末(比重 2.90, 粉末度 5920cm²/g)、シリカフューム(比重 2.21, 粉末度 140,000cm²/g)及び高性能 AE 減水剤を使用した。骨材として、細骨材には風化花崗岩系山砂(比重 2.61, FM 2.88, 吸水率 1.32%)、粗骨材には流紋岩質碎石(比重 2.71, FM 6.55, 吸水率 0.32%, G_{max} 20mm)を使用した。本実験で使用したコンクリートの配合を表-1 に示す。

表-1 コンクリートの配合

Mix No.	Type of cement	W/C (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m ³)						
				W	C	SF	BS	S	G	Ad
1	LHC	30	34	160	533	-	-	633	1120	1.60
2	NPC	20	37	160	720	80	-	502	1012	12.0
3	NPC	30	37	160	160	-	373	610	1102	1.60

LHC:Low Heat Cement, NPC:Normal Portland Cement,

SF:Silica Fume, BS:Blast furnace Slag

2.2 マスコンクリートを想定したひび割れ試験

(1) 試験装置の概要

ひび割れ試験装置を図-1 に示す。拘束枠は 4 本の拘束鋼管と 2 枚の側板より構成される。側板は、ナットにより鋼管と固定されている。鋼管は、管内に所定温度の水を循環させた。供試体は試験断面 10×10cm、試験長 50cm となっており、側板間の型枠内に設置する。試験部は、型枠の拘束を受けないように、発泡スチロール製の型枠を用いた。コンクリートのひずみ及び温度の測定は、埋め込みひずみゲージ及び熱電対を供試体中央部に埋め込んで行った。供試体表面は、乾燥を防ぐためビニールシートで覆った。

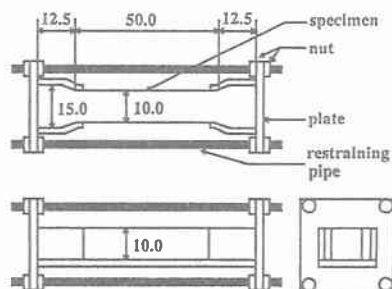


図-1 ひび割れ試験装置

(2) ひび割れ試験

試験は、まず打設高さ 1.5 m のスラブ中央部の温度履歴を断熱温度上昇試験結果を用いて FEM 温度解析より求めた。この温度履歴と同じになるように温度制御した槽内に拘束枠を静置し、コンクリート打ち込み直後から測定を行った。供試体に発生する応力は、拘束鋼管に貼り付けたひずみゲージより求めた。温度制御槽内には拘束供試体と並行して無拘束供試体を静置し、これらの温度とひずみを一定の間隔で測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 ひび割れ試験結果

図-2 に温度と応力の関係を示す。 Mix 1 及び Mix 2 は拘束鋼管内の温度を一定としたのに対し、 Mix 3 は拘束鋼管の温度を変化させて拘束率をほぼ 100%とした。 Mix 1 は、最高温度時に圧縮応力が最大となった。その後、温度下降とともに圧縮応力が減少し長期材齢では引張応力が発生した。これは、従来考えられていた応力変化と一致する。一方、 Mix 2 は、温度上昇時にも関わらず、圧縮応力が減少した。最高温度時までには応力が圧縮から引張に反転し、長期材齢では、約 34kgf/cm^2 の引張応力が発生した。これは、材齢初期に大きな自己収縮が発生するためと考えられる。さらに、拘束が大きく、自己収縮が大きい Mix 3 においては、温度上昇時に約 26kgf/cm^2 もの引張応力が発生し供試体が破断した。以上のことから、自己収縮はマスコンクリートのひび割れ発生に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

3.2 考察

図-3 に拘束ひずみ(=弾性ひずみ+クリープひずみ)と応力の関係を示す。これより、どのケースにおいても引張応力の増加区間では拘束ひずみと応力がほぼ線形関係となった。この区間においてそれぞれ直線回帰を行うことにより、傾きすなわち有効弾性係数として $1.4\sim 1.8\times 10^5\text{kgf/cm}^2$ の値が得られた。また、強度試験より得られた弾性係数からクリープ係数は $0.9\sim 1.9$ の値となった。なお、クリープ係数に範囲があるのは、弾性係数が時間の経過に伴って増加するためである。これらの結果を表-2 に示す。

4. まとめ

- (1) 自己収縮は、マスコンクリートのひび割れ発生に大きな影響を及ぼす。
- (2) 特に自己収縮の大きなコンクリートが拘束状態で温度変化を受けると温度上昇時に引張応力が発生し、ひび割れが発生する場合がある。

(3) 引張応力が増加する区間における有効弾性係数は、 $1.1\sim 1.8\times 10^5\text{kgf/cm}^2$ となった。

(4) 引張応力が増加する区間でのクリープ係数は、 $0.9\sim 1.9$ となった。

[謝辞] 本研究の一部は、旭硝子財団研究助成金により行われました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 宮澤伸吾・田澤栄一・佐藤剛・佐藤克俊：鉄筋拘束による超高強度コンクリートの自己収縮応力、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.15、No.1、pp.57-62、1993.11
- 2) E.Tazawa, Y.Matuoka, S.Miyazawa, S.Okamoto：Effect of Autogenous Shrinkage on Self Stress in Hardening Concrete, Int. Symp. on Thermal Cracking in Concrete at Early Ages, Munchen, pp.221-228, Oct. 1994

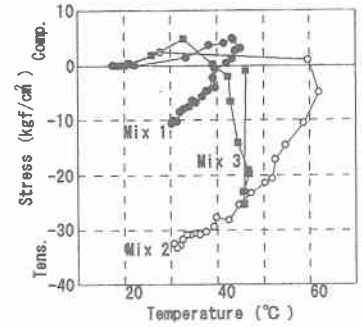


図-2 温度と応力の関係

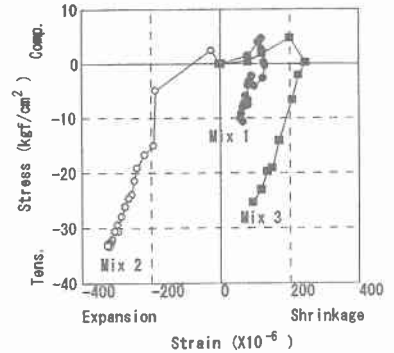


図-3 拘束ひずみと応力の関係

表-2 弾性係数とクリープ係数

Mix No.	弾性係数 ($\times 10^5\text{kgf/cm}^2$)		クリープ係数
	有効弾性係数	実測値	
1	1.37	2.9~3.8	1.1~1.8
2	1.54	3.5~4.4	1.3~1.9
3	1.81	3.5~3.8	0.9~1.1