

高炉スラグ微粉末混入コンクリートの温度ひびわれ抑制効果

岐阜大学 正会員 小柳 治 森本博昭
 岐阜大学 学生員 ○瀬織由雄 近藤信次
 新日本製鐵(株) 正会員 小門 武 三宅正人

1. はじめに

コンクリート構造物が大型化するのにもとない、マスコンクリートの施工時に発生する温度ひびわれが問題となっている。温度ひびわれの原因となる水和熱を抑制するため、セメントに高炉スラグ微粉末を混入して用いる方法がある。本研究は、セメント重量に対し粉末度6000cm²/gの高炉スラグ微粉末を70%置換したコンクリート（以下、スラグコンクリートと記す）をマスコンクリートに用いた場合の温度ひびわれ抑制効果を、実験により求めた発熱特性、強度特性ならびに弾性係数を用いて、3次元FEM解析をもとに検討したものである。

表-1 配合表

スラグ置換率	粉末度 cm ² /g	W/C %	S/a %	水 kg	セメント kg	スラグ kg	細骨材 kg	粗骨材 kg	AE減水剤 g	調整剤 g
0	—	59.3	45	166	280	—	824	1040	3280	2240
70	6000	58.6	45	164	84	196	820	1042	3280	1680

2. 解析手法および諸条件

解析で用いたスラグコンクリートおよび比較のために検討を行った普通コンクリートの配合を表-1に示す。本研究では3次元FEMにより温度ならびに温度応力解析を実施した。解析では、スラグコンクリートおよび普通コンクリートについての断熱温度上昇特性、強度特性、および弾性係数の各実験から得られたデータを用いた。実験により得られた各特性の評価式を表-2に示す。解析の対象としたマスコンクリート構造物モデルは図-1に示すような内部拘束の卓越する柱状構造物である。

3. 温度解析結果

図-2に柱モデルの断面中心部の温度解析結果を示す。温度上昇のピークは普通およびスラグコンクリートともに材令3日に発生し、そのピーク値はそれぞれ39℃、および31℃であった。

表-2 解析に用いた評価式および定数

コンクリートの断熱温度上昇特性					K	A	B	D1	
$Q = K [1 - \exp (A (t - D1) ^ B)]$									
Q: 断熱温度上昇量(℃)					ブレン	47.9	1.40	0.76	0.31
t: 材令(日)					スラグ	32.9	1.10	0.40	1.03

圧縮強度							Ac	Bc	
$f_c = A_c + B_c \log (M)$									
fc: 圧縮強度(kgf/cm ²)					ブレン	Log(M) < 3.61	-638.6	245.0	
M: 積算温度(℃・hr)						Log(M) > 3.61	-116.5	186.4	
					スラグ	Log(M) < 3.88	-614.1	222.4	
						Log(M) > 3.88	29.1	56.4	

引張強度							At	Bt	
$f_t = A_t (f_c) B_t$									
ft: 引張強度(kgf/cm ²)					ブレン		0.228	0.81	
					スラグ		0.176	0.86	

弾性係数							Ae	Be	
$E = A_e (f_c) B_e$									
E: 弾性係数(kg/cm ²)					ブレン		21038	0.48	
					スラグ		19000	0.47	

4. 温度応力解析結果

図-3に普通およびスラグコンクリートを用いた場合の柱モデルの中央表面部における温度応力解析結果を示す。普通およびスラグコンクリートを用いた場合

の最大引張応力は温度上昇のピークと同様、材令3日で発生し、その値はそれぞれ 58.8kgf/cm^2 、および 25.5kgf/cm^2 となっている。ただし、本解析は弾性解析であるため、ここで示した値は実際に発生する応力よりかなり大きくなっている。スラグコンクリートを用いた場合の柱表面に発生する温度応力は、普通コンクリートの場合に比べ43%程度低くなっており、スラグコンクリートの温度応力抑制効果が認められる。図-4に材令の進行に伴う温度ひびわれ指数の推移を示す。全般的に普通コンクリートに比較してスラグコンクリートの温度ひびわれ指数は2倍程度高く、スラグコンクリートの温度ひびわれ抑制効果が明確に認められる。これは高炉スラグ微粉末を70%置換したことによる断熱温度上昇量の低減、および弾性係数の低下、ならびに高炉スラグの粉末度が $6000\text{cm}^2/\text{g}$ と比較的高いことによる良好な強度発現性能が寄与した結果と考えられる。

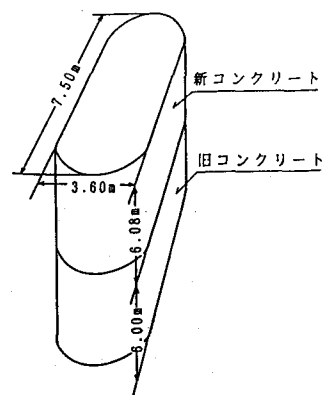


図-1 解析モデル

5. まとめ

本研究は、スラグコンクリートの温度応力ならびに温度ひびわれ抑制効果を、マッシブな柱状構造物を例にとり検討したものである。本研究で得られた結果をまとめると以下になる。

- (1) 置換率70%のスラグコンクリートの温度抑制効果は普通コンクリートに比して、中央部中心で 8°C 程度であった。
- (2) 置換率70%のスラグコンクリートを用いた場合に柱表面に発生する温度応力は、引張応力がピークとなる材令3日で普通コンクリートの43%程度に抑えることができる。
- (3) 置換率70%のスラグコンクリートの温度ひびわれ指数は、普通コンクリートに比べ全般的に2倍程度高くなり、スラグコンクリートの温度ひびわれ抑制効果が認められた。

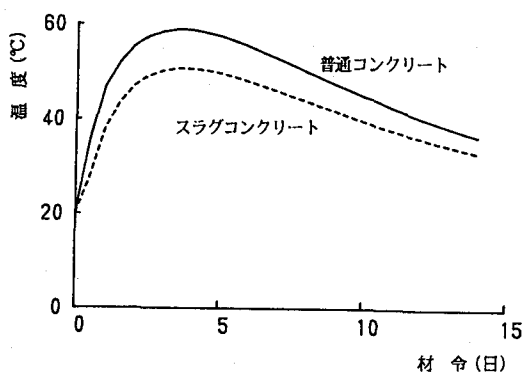


図-2 温度の経時変化(断面中心部)

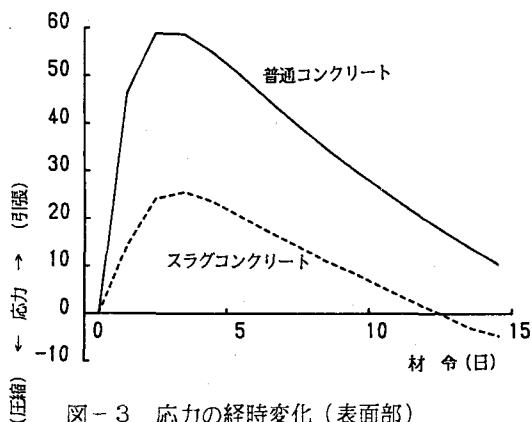


図-3 応力の経時変化(表面部)

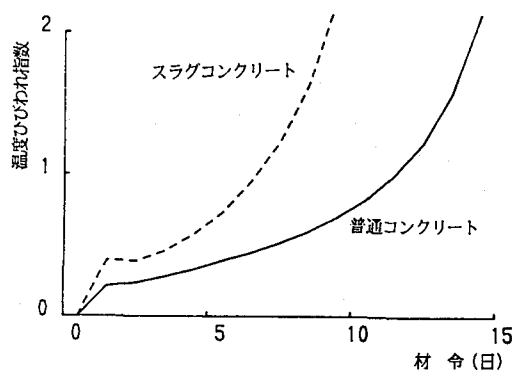


図-4 温度ひびわれ指数の推移(表面部)