

コンクリート構造物の初期ひび割れ発生に及ぼす配合の影響に関する研究

九州産業大学工学部 学生会員 ○阿南 朗人
九州産業大学工学部 正会員 豊福 俊泰
九州産業大学工学部 正会員 亀井 頼隆

1. まえがき

鋼橋 RC 床版等のように拘束されたコンクリート構造物は、気象条件が厳しい場合、打ち込み直後の段階で初期ひび割れが発生し、既に貫通している事例がある。本研究では、この初期ひび割れ発生の要因である外気の温度、湿度、風の影響、コンクリートの配合の影響および膜養生剤による対策工法の効果を検討した¹⁾。

2. 試験概要

試験計画は表-1および表-2のとおりであり、供試体は、モルタルおよびコンクリート(細骨材:標準砂, 海砂, 粗骨材: 碎石, 水セメント比: 30~60%)を打込み、水光りが消えた時点で膜養生剤を塗布して、試験を開始した。膜養生剤は、種類を7種類、塗布量を9種類とした。供試体に作用する要因は、恒温恒湿機により、気象条件として外気の温度、湿度を変化(風速一定)させ、また、風洞装置により、風速を変化(温度・湿度一定)させた。試験項目は、水分損失量、曲げ強度、圧縮強度、長さ変化率および透水試験とした。

これらの試験結果は、次の8項目を説明変数とし、重回帰分析(変数増減法, $F_{IN}=F_{OUT}=2.0$)で解析した。

経過時間 T (hr), 温度 T_e (°C), 湿度 M_o (%), 風速 V (m/s), 水セメント比 W/C (%), 細骨材率 s/a (%), 膜養生剤の種類 Y_s (1:無塗布 2:ビニリデンクロライド系, 3:ロジン系, 4:エポキシ系, 5:アクリル系, 6:合成樹脂系, 7:エポキシ系, 8:カチオン/ノニオン系), 養生剤の塗布量 Y_t (g/m²)

3. 試験結果

(1) 水分損失量

水分損失量 S (kg/m²)は、図-1に示すように、温度 20°Cを底に高温で大きくなる傾向が認められ、10°Cの場合 30°Cの場合と同程度となっている。湿度との関係は、湿度の増加とともに水分損失量が減少するが、60%以上では水分損失量が急激に小さくなっている(図-2参照)。風速が大きくなると、水分損失量が増加する傾向があるが、10m/sと15m/sとはあまり差が認められない(図-3参照)。

モルタル、コンクリートのいずれの場合も、乾燥収縮の原因となる単位水量よりも、水セメント比との相関が認められる(図-4、図-5参照)。また、対策工法である膜養生剤の塗布量の増加とともに水分損失量は減少する(図-6参照)。

これらの試験結果から、水分損失量に及ぼす要因との関係を重回帰分析の結果、(1)式が得られた(データ数 $n=2092$, 重相関係数 $R=0.778$, 式の下段の()内は t 値)。

$$S = -0.7386 - 0.195Y_s + 0.01211T + 0.0535V - 0.00795M_o + 0.0066T_e + 0.0384W/C + 0.0104s/a - 0.00167Y_t \quad (1)$$

(-23.6) (34.7) (14.6) (-8.8) (3.8) (8.5) (7.6) (-5.7)

水分損失量の増大は、透水量、長さ変化率(図-7参照)の増

表-1 試験計画

気象条件			配合	対策工法	
風速 (m/s)	温度 (°C)	湿度 (%)		膜養生剤の種類 (No.)	養生剤の塗布量 (g/m ²)
0	10, 20, 30, 40	20, 40, 60, 65, 80, 90, 95	I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	50, 55, 65, 100, 110, 130, 150, 200
2.5	10, 30, 40	40, 90		8	65, 130, 200
7.5	10, 40	40, 90			
5	20	65		3, 6, 8	50, 65, 100, 130, 200
10	20	65	I	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	50, 55, 65, 100, 110, 130, 150, 200
15				3, 4, 6, 8	50, 65, 100, 130, 150, 200

表-2 モルタルおよびコンクリートの配合

区分	配合	骨材		C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	W/C (%)	s/a (%)
		細骨材	粗骨材				
モルタル	配合I	標準砂	—	777	311	40	100
	配合II	標準砂	—	722	361	50	100
	配合III	海砂	—	837	251	30	100
	配合IV	海砂	—	772	309	40	100
	配合V	海砂	—	717	358	50	100
コンクリート ($G_{max}=15mm$)	配合VI	海砂	碎石	320	128	40	43
	配合VII	海砂	碎石	320	160	50	45
	配合VIII	海砂	碎石	320	192	60	47
	配合IX	海砂	碎石	420	210	50	45

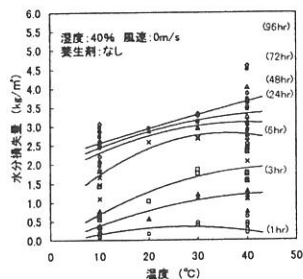


図-1 温度と水分損失量

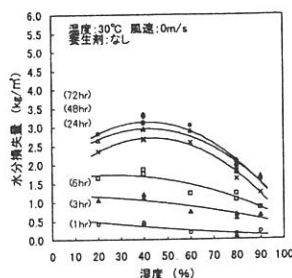


図-2 湿度と水分損失量

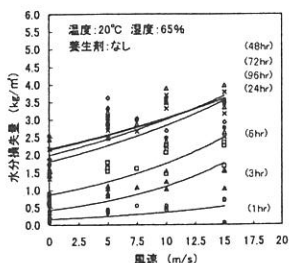


図-3 風速と水分損失量

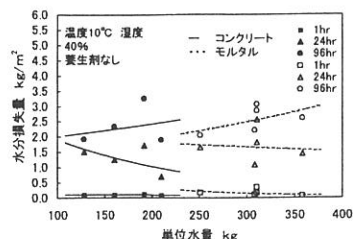


図-4 単位水量と水分損失量

加, 圧縮強度, 曲げ強度の低下が認められる。

(2) 圧縮強度および曲げ強度

曲げ強度 F_B (N/mm²) は, (2)式から, 経過時間, 温度, 養生剤の種類, 細骨材率, 風速と相関が認められる ($n=562$, $R=0.719$)。

$$F_B = 1.06 + 0.01T + 0.0283T_e + 0.072Y_s + 0.0164s/a - 0.0243V \\ (15.1) \quad (8.2) \quad (4.1) \quad (6.7) \quad (-3.1) \\ + 0.00161Y_t + 0.0034M_o \quad (2) \\ (2.6) \quad (1.7)$$

また, 圧縮強度 F_c (N/mm²) は, (3)式から, 経過時間, 温度, 養生剤の種類, 水セメント比, 細骨材率と相関が認められる ($n=562$, $R=0.694$)。温度が高いほど, 圧縮強度が高くなっている。

$$F_c = 37.83 + 0.0935T + 0.2872T_e + 0.744Y_s - 0.4810W/C - 0.0902s/a \\ (17.1) \quad (10.3) \quad (6.9) \quad (-5.9) \quad (-3.8)$$

(3) 長さ変化率

長さ変化率 L (10^{-6}) は, 累乗式(4)式から, 経過時間, 湿度, 風速, 温度, 膜養生剤の塗布量, 細骨材率と相関が認められる ($n=688$, $R=0.539$)。温度が高く, 湿度が低いほど, 長さ変化率は大きくなる。

$$L = 10^{0.5959} \cdot T^{0.5447} \cdot M_o^{-0.6423} \cdot V^{0.00157} \cdot T_e^{0.2569} \cdot Y_t^{-0.00256} \cdot \\ (12.7) \quad (-8.8) \quad (5.3) \quad (3.6) \quad (-3.8)$$

$$Y_s^{0.2302} \cdot S/A^{0.8774} \cdot W/C^{1.1070} \quad (4) \\ (2.7) \quad (2.5) \quad (2.1)$$

(4) 透水量

透水量 W (g) は, (5)式から, 膜養生剤の種類, 風速, 湿度, 細骨材率, 塗布量との相関が認められる ($n=237$, $R=0.715$)。

$$W = 46.047 - 4.651Y_s + 1.3258V - 0.2830M_o + 0.2052s/a - 0.0336Y_t \quad (5) \\ (-8.6) \quad (5.7) \quad (-4.9) \quad (3.0) \quad (-1.7)$$

透水量は, 圧縮強度, 曲げ強度との相関が認められたが, 長さ変化率との相関は認められない。

4. まとめ

拘束された構造物に, 風作用, 低湿度, 高温の気象条件下でコンクリートを打ち込む場合, 水分損失量・長さ変化率が大きくなり初期ひび割れが発生し, 透水量が大きなコンクリートになる。これらの現象は, 水セメント比が大きいコンクリートほど, 生じやすくなる。この対策工法としては, 適切な膜養生剤を選定して塗布量を多くすることにより, コンクリートの水分損失量が減少し, この効果が検証された。

参考文献

- 立石智子, 豊福俊泰, 亀井頼隆: コンクリート構造物の初期ひび割れ対策工法に関する研究, 平成13年度土木学会西部支

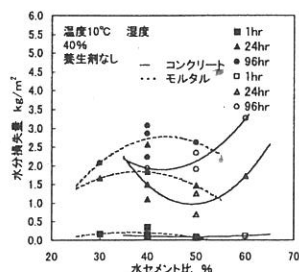


図-5 水セメント比と水分損失量

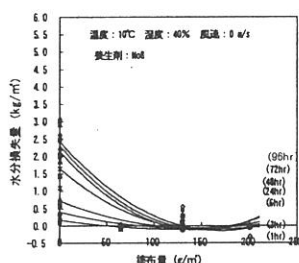


図-6 膜養生剤塗布量と水分損失量

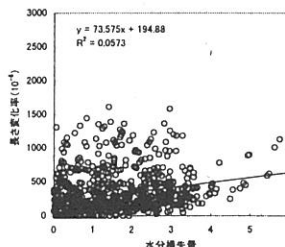


図-7 水分損失量と長さ変化率