

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

九州産業大学工学部 学生会員 ○立石 智子
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, コンクリート舗装版等のように拘束された構造物は, コンクリートの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, 風の影響を試験するとともに, 膜養生剤による対策工法を検討したリ.

2. 試験概要

試験は, 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)させた. また, 風洞装置により, 外的条件として風速を変化(温度・湿度一定)させた. 試験計画は表-1のとおりであり, 膜養生剤の種類を表-2に示す. 供試体は, 膜養生剤の種類を7種類, 膜養生剤の塗布量を No.2:50, 100, 200g/m² の3種類, No.3:50, 100, 150, 200 g/m²の4種類, No.4:150g/m²の1種類, No.5:65, 130, 200g/m²の3種類, No.6:65, 100, 130, 200g/m²の4種類, No.7:55, 110, 160g/m²の3種類, No.8:65, 130, 200g/m²の3種類変えて, 試験した. 試験項目は, 水分損失量, 曲げ強度, 圧縮強度, 長さ変化率, 透水試験とした.

これらの試験結果は, 次の7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 Te (°C), 湿度 Mo (%), 風速 V (m/s), 水セメント比 W/C (%), 膜養生剤の種類 Ys (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 Yt (g/m²)

3. 試験結果

(1) 水分損失量

水分損失量 S (kg/m²)は, 外気温度との関係は, 最初の6時間は 20°C以上で水分損失量の差が小さいが, 24 時間以降は, 直線的に高温で大きくなる傾向が認められる(図-1 参照). 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). また, 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). 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が, 150 g/m²以降はあまり変化がみられなかった(図-4 参照). 膜養生剤の種類により性能の差があることがわかる(図-5 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=1704, 重回帰係数 R=0.778, 式の下段の()内は T 値).

$$S = -0.6977 - 0.200Y_s + 0.01150T + 0.0533V - 0.0079M_o \\ + 0.656W/C - 0.00210Y_t + 0.0073T_e \quad (1) \\ (-7.0) \quad (31.5) \quad (14.0) \quad (-7.9) \\ (8.6) \quad (-7.0) \quad (3.7)$$

水分損失量の増大は, 透水量(図-6 参照), 長さ変化率

表-1 試験計画

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

表-2 被膜養生剤の種類

No.	主成分	No.	主成分
1	無塗布	5	アクリル系
2	ビニリデンクロライド系	6	合成樹脂系
3	ロジン系	7	エポキシ系
4	エポキシ系	8	カチオン/ノニオン系

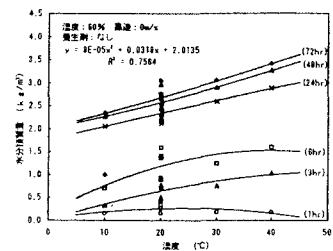


図-1 温度と水分損失量

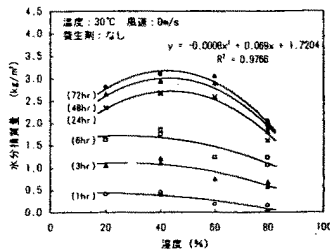


図-2 湿度と水分損失量

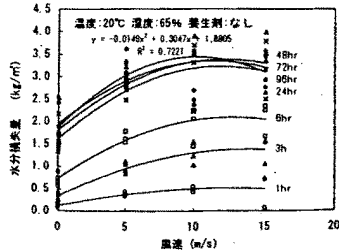


図-3 風速と水分損失量

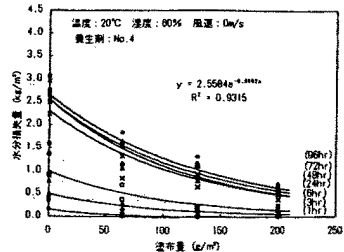


図-4 膜養生剤塗布量と水分損失量

(図-7 参照) の増加, 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/mm^2) は, (2)式から, 経過時間, 養生剤の種類, 風速, 塗布量, 温度と相関が認められる ($n=480$, $R=0.641$)。

$$F_B = 2.706 + 0.077Y_s + 0.23300T - 0.0246V + 0.0029M_o + 0.00169Y_t + 0.0029T_e \quad (4.1) \quad (14.2) \quad (-3.2) \quad (1.4) \quad (2.8) \quad (1.4) \quad (2)$$

また, 圧縮強度 F_c (N/mm^2) は, (3)式から, 経過時間, 温度, 養生剤の種類, 塗布量と相関が認められる ($n=480$, $R=0.676$)。温度が高いほど, 圧縮強度が高くなっている。

$$F_c = 27.523 + 1.001Y_s + 2.30554T - 0.507W/C + 0.3595T_e \quad (3) \quad (8.0) \quad (16.3) \quad (-3.9) \quad (9.5)$$

(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, 風速, 膜養生剤の塗布量と相関が認められる ($n=676$, $R=0.539$) 温度が高く, 湿度が低いほど, 長さ変化率は大きくなる。

$$L = 10^{0.971} \cdot Y_s^{0.18143} \cdot T^{0.53790} \cdot V^{0.0015} \cdot M_o^{-0.6489} \cdot W/C^{1.2505} \cdot Y_t^{-0.00204} \cdot T_e^{0.2539} \quad (4) \quad (2.3) \quad (12.4) \quad (5.0) \quad (-8.7) \quad (2.3) \quad (-3.3) \quad (3.5)$$

(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, 塗布量との相関が認められる ($n=186$, $R=0.704$)。

$$W = 72.467 - 5.013Y_s + 1.3082V - 0.3329M_o - 0.04011Y_t \quad (5) \quad (-8.1) \quad (5.2) \quad (-5.0) \quad (-1.9)$$

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。この対策工法としては, 膜養生剤の種類を適切に選定し, 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, 曲げ・圧縮強度が大きくなり, 透水量が少なくなる傾向が認められ, この効果が検証された。

参考文献

- 1) 小柳俊也, 豊福俊泰, 佐藤武夫, 潮先正博: 鋼道路橋鉄筋コンクリート床板の初期ひび割れ対策工法に関する研究, 平成12年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. A-584~A-585, 2001年3月

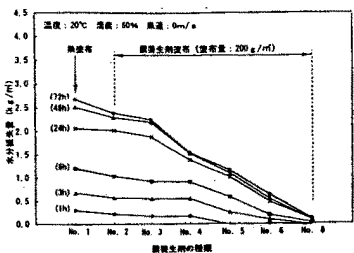


図-5 膜養生剤別の水分損失量

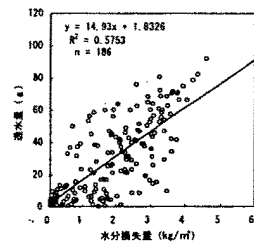


図-6 水分損失量と透水量

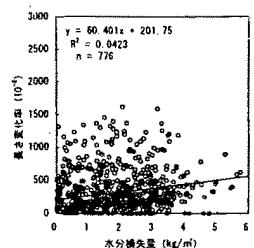


図-7 水分損失量と長さ変化率