

コンクリート構造物の初期ひび割れ発生に及ぼす要因に関する研究

九州産業大学工学部 学生会員 ○ 西尾 裕幸
九州産業大学工学部 フェロー 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に及ぼす要因である外気の気象条件（温度、湿度、風速）およびコンクリートの配合の影響を検討した。

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、図-1 に示す型枠にコンクリート（細骨材：海砂、粗骨材：最大寸法 15mm の碎石、水セメント比：30～50%）を打込み、試験を開始した。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、コンクリートのひび割れ観察、水分損失量、曲げ強度、圧縮強度および長さ変化率とした。長さ変化率は、4×4×16cm 供試体により、ブリーディングが終わり水光が消えた時点にコンクリート面にプラスチック板を接着して 0 点とし、コンパレータ法で測定した。

表-1 試験計画

風速(m/s)	気象条件		配合
	温度(°C)	湿度(%)	
0	10	20	I, Ⅲ
	20	20	Ⅲ, V
	20	40	Ⅱ, VI
0, 5, 10	20	65	I, Ⅱ, Ⅲ, V, VI, Ⅷ
11.5	20	40	Ⅳ, Ⅷ

表-2 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 (%)	f _{c1}	f _{c28}
コン クリ ート (max 15mm)	配合 I	海砂 碎石	533	160	30	42	30.28	63.92
	配合 II	海砂 碎石	583	175	30	42	37.49	66.70
	配合 III	海砂 碎石	583	175	30	42	24.33	57.27
	配合 IV	海砂 碎石	640	192	40	44	12.84	—
	配合 V	海砂 碎石	400	180	40	44	15.63	46.60
	配合 VI	海砂 碎石	438	175	40	44	17.60	45.50
	配合 VII	海砂 碎石	480	192	40	44	11.19	—
	配合 VIII	海砂 碎石	350	175	50	46	12.64	40.18

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 Te (°C), 湿度 Mo (%), 風速 V (m/s), 水セメント比 W/C (%)

3. 試験結果

(1) コンクリートの水分逸散とひび割れ発生との関係

コンクリートの打ち込み直後から水分の逸散が始まり、図-2 に示すように、水分損失量 S (kg/m²) は、コンクリートの露出面のブリーディング水が消えた時点から急激に増加しており、その後時間の経過とともにやや勾配が緩やかになる傾向が認められる。この現象を時間あたり水分損失量と経過時間との関係で示すと、図-3 のようになり、矢印で示す経過時間 2.5h, 6.3h の時点で、次の 2 ケースの供試体でひび割れが発生した（図-4 参照）。

（ケース 1）温度 20°C, 湿度 40%, 風速 0m/s, 配合 II

（ケース 2）温度 22°C, 湿度 50%, 風速 11.5m/s, 配合 VII

これらのひび割れが発生した条件は、時間あたり水分損失量が 0.6 kg/m²/h を超える急激な水分逸散の場合で、水セメント比 40% 以下の場合となっている。

図-5 は、経過時間と長さ変化率との関係であるが、ブリーディングが終わり水光が消えた 0 点とした時点から急激に収縮していることがわかる。時間の経過とともに勾配

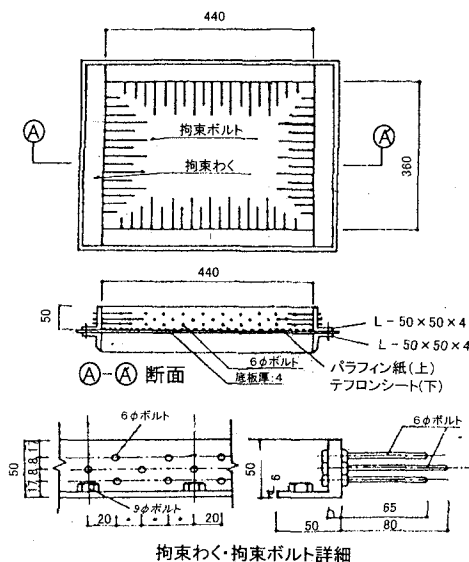


図-1 ひび割れ発生型枠

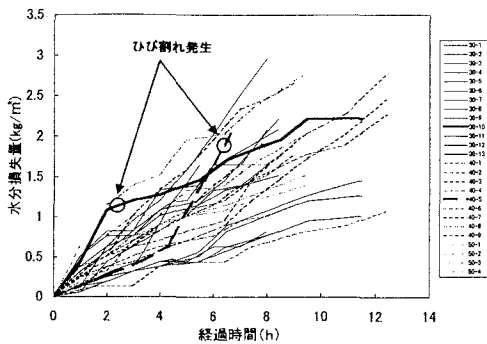


図-2 累積水分損失量の変化

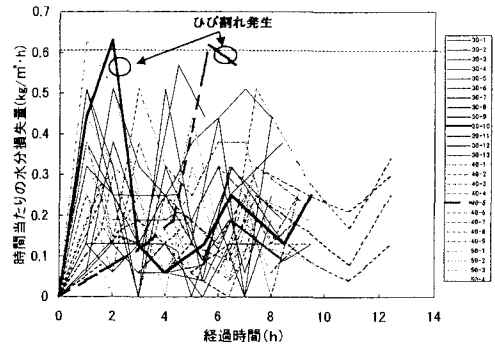
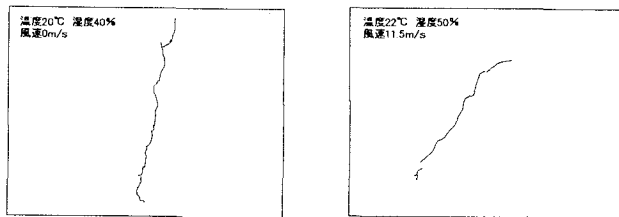


図-3 時間あたり水分損失量の変化



(a) ケース 1

(b) ケース 2

温度 20℃, 湿度 40%, 風速 0m/s,
配合Ⅱ(W/C=30%, C=583, W=175),
スランプ 0 cm, 空気量 2.2%,
ひび割れ幅 0.50mm, 長さ 34.7cm

温度 22℃, 湿度 50%, 風速 11.5m/s,
配合Ⅵ(W/C=40%, C=480, W=192),
スランプ 21.3cm, 空気量 6.2%,
ひび割れ幅 0.15mm, 長さ 23.3cm

図-4 ひび割れ発生状況

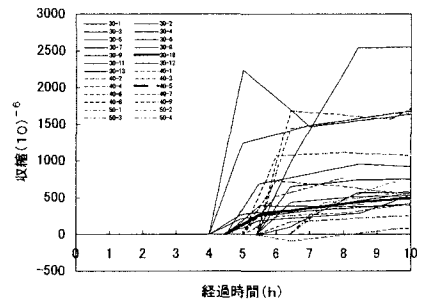


図-5 長さ変化率の変化

が緩やかになっており、水分の逸散が大きい時期に収縮が進行していると推察される。

これらの試験結果から、水分損失量 S ($\text{kg/m}^2/\text{h}$, 累計) 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)。

$$S = -0.208 + 0.01740T + 0.14525V - 0.0008192Mo - 0.0001236T^2 + 0.00145Te^2 + 0.000220(W/C)^2 - 0.005828V^2 + 0.03534Mo \quad (1)$$

(9.7) (6.4) (-4.5) (-8.5) (5.5) (5.6) (-2.7) (2.2)

($n=339$, $R=0.801$)

経過時間, 風速, 温度, 水セメント比が増加, 湿度が減少するほど水分損失量が増加する相関が認められる。

(2) 初期ひび割れ発生が予測される気象条件の領域

この(1)式から、初期ひび割れの発生が予測される気象条件の領域を、前述のひび割れ発生結果から水分損失量が $0.6 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ を超える気象条件下として求めると、図-6 に示すとおりである。この図に、気象予報の気温、湿度、風速を適用することにより、初期ひび割れ発生の危険性を予測することが可能となった。

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、水セメント比が小さい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する。この条件は図-6 で求められ、該当する場合には、打込み時に適切に膜養生を行うことにより、ひび割れ対策を講じることが肝要である。

参考文献

- 1) 平石信也, 横山清, 笠井芳夫: 高強度高流動コンクリートの初期ひび割れに関する実験研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 506 号, pp.21-27, 1998 年 4 月

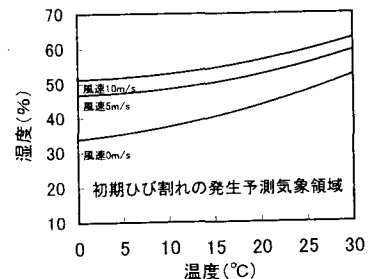


図-6 初期ひび割れ発生気象領域