

清水建設(株) 正員 柳田 泰仁
清水建設(株) 正員 小野 定
清水建設(株) 正員 名倉 健二

1. 目的

マスコンクリートの温度ひびわれ発生の評価方法としては、応力やひずみにより評価する方法や、あるいは確率評価する方法などがある。これらの方法は、解析に比較的多くの条件が必要となるため、場合によっては少ない条件で簡易に温度ひびわれ発生の評価を行うことができれば、実用的には有効であると考えられる。

本報文は、実構造物におけるデータを用いて、多変量解析手法の一つである判別関数により、簡易に温度ひびわれ発生を評価する方法について検討したものである。

2. 解析1

温度ひびわれの発生に関する要因は種々考えられるが、本研究では表-1に示す18の要因を取り上げ、内部拘束による温度ひびわれCRACK-Aと外部拘束による温度ひびわれCRACK-Bの2つに対して、単回帰分析を行った。なお、表-1中の記号の説明は以下に示すようである。 T_p : 打込み温度、 Q_{∞} : コンクリートの終局断熱温度上昇量、 r : 温度上昇速度に関する実験定数、 $T_{r,max}$: 内部温度上昇量の最大値、 L : 長辺長、 R : 外部拘束度、 $T_{s,r,max}$: 表面温度上昇量の最大値、 $\Delta T_{s,max}$: 内部温度と表面温度の差の最大値、 DAY_{max} : 内部温度が最大値を示した材令、 ΔT_m : 部材内平均温度の降下量、 P : 鉄筋比、 W/C : 水セメント比

単回帰分析において、質的データは以下に示すようなカテゴリに分けて使用した。

- 1) 温度ひびわれ---0: ひびわれ有, 1: ひびわれ無
- 2) セメントの種類---1: 普通セメント, 2: 中熱セメント,
3: フライアッシュセメント, 4: 高炉B種セメント, 5: マスコン型高炉セメント

- 3) 打設時期---1: 夏(6, 7, 8月), 2: 秋(9, 10, 11月),
3: 冬(12, 1, 2月), 4: 春(3, 4, 5月)

- 4) 養生期間---1: 7日未満, 2: 7日以上14日未満, 3: 14日以上

解析に使用したサンプル数は、CRACK-Aが351(ひびわれが有るもの: 57, ひびわれが無いもの: 294), CRACK-Bが365(ひびわれが有るもの: 129, ひびわれが無いもの: 236)である。

解析結果は表-1に示すようであり、CRACK-AおよびCRACK-Bの発生に対して有意性の認められた要因はそれぞれ8個、13個である。

3. 解析2

解析1において、有意性の認められた要因を用いてCRACK-AおよびCRACK-Bに対してそれぞれ判別分析を実施した。

判別分析は数ケース実施し、その中で技術的に最も妥当と考えら

表-1 ひびわれ発生有無と各要因の単回帰分析結果

No	要 因	CRACK-A	CRACK-B
1	ス ラ ン プ (mm)	0.1757**	-0.1413**
2	セメントの種類	-0.0604	0.0310
3	単位セメント量 (kg/m ³)	-0.0293	-0.2668**
4	T_p (°C)	0.0213	-0.1384**
5	打 設 時 期	0.0799	0.1609**
6	Q_{∞} (°C)	-0.0998	-0.2199**
7	r	0.1056*	-0.1654**
8	$T_{r,max}$ (°C)	-0.1787**	-0.0016
9	部 材 厚 (mm)	-0.2265**	0.1497**
10	L (mm)	-0.2712**	-0.1132*
11	R	-0.0147	0.0521
12	$T_{s,r,max}$ (°C)	0.0448	0.1231*
13	$\Delta T_{s,max}$ (°C)	-0.3190**	-0.0582
14	DAY_{max} (日)	-0.2195**	0.1711**
15	ΔT_m (°C)	-0.0444	-0.1869**
16	養 生 期 間	-0.0341	0.1936**
17	P (率)	-0.0842	0.0901
18	W/C (率)	0.1784**	0.1443**
		n=351 (ひびわれ有: 57 無: 294) $r(349, 005)=0.1048$ $r(349, 001)=0.1573$	n=365 (ひびわれ有: 129 無: 236) $r(363, 005)=0.1027$ $r(363, 001)=0.1346$

る判別関数を選定した。選定した判別関数は以下に示すようであり、それぞれの誤判別確率は26.8%, 30.8%である。

(CRACK・Aの場合)

$$Z = -0.0118503 + 4.19786 \times 10^{-4} \cdot x_1 - 3.56288 \times 10^{-5} \cdot x_2 - 2.96779 \times 10^{-4} \cdot x_3 \\ - 2.1154 \times 10^{-4} \cdot x_4 + 2.71461 \times 10^{-4} \cdot x_5$$

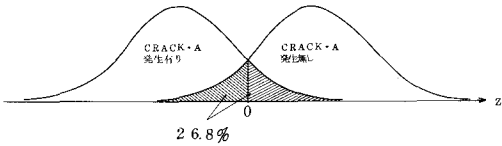
ここに、 x_1 :スランプ $^{\circ}(cm)$, x_2 : $L(m)$, x_3 : $\Delta T_{s,max}(^{\circ}C)$, x_4 : $DAY_{max}(日)$, x_5 : $W/C(\%)$

(CRACK・Bの場合)

$$Z = 0.0297973 - 5.28827 \times 10^{-4} \cdot x_1 - 8.13857 \times 10^{-5} \cdot x_2 - 2.40481 \times 10^{-3} \cdot x_3 \\ - 2.56396 \times 10^{-3} \cdot x_4 - 7.09849 \times 10^{-4} \cdot x_5 - 1.09322 \times 10^{-4} \cdot x_6 - 3.47521 \times 10^{-5} \cdot x_7 \\ + 4.76526 \times 10^{-4} \cdot x_8 - 6.21806 \times 10^{-6} \cdot x_9 + 1.05974 \times 10^{-4} \cdot x_{10}$$

ここに、 x_1 :スランプ $^{\circ}(cm)$, x_2 :単位セメント量 (kg/m^3) , x_3 :夏(打設時期), x_4 :秋(打設時期), x_5 :冬(打設時期), x_6 : $Q_{\infty}(^{\circ}C)$, x_7 : $L(m)$, x_8 : $DAY_{max}(日)$, x_9 : $\Delta T_m^{\dagger}(^{\circ}C)$, x_{10} : $W/C(\%)$

判別関数の使い方は、図-1に示すように、例えばCRACK・Aの場合は誤判別確率26.8%で、 $Z > 0$ で発生しない、 $Z \leq 0$ で発生すると判定する。



4. 適合性の検討

*) 塚山氏の調査データを用いて、提案したCRACK・Bの判別関数の適合性を検討した結果を表-2に示す。

表中のZの値と、CRACK・Bの発生の状況と比較すると、No.1, No.2, No.4, No.6, No.7, No.9は一致しているが、No.3, No.5, No.8は一致していない。

この結果から、誤判別率は約33%であり、判別関数自体の誤判別確率30.8%とほぼ等しいことがわかる。

5. まとめ

マスコンクリートの温度ひびわれ発生有無の簡易評価法として、実構造物における総数716のデータを用いてCRACK・AおよびCRACK・Bの判別関数を提案した。

適合性の検討を行った結果、誤判別確率の大きさに検討の余地が認められるが、実用的には本方法により温度ひびわれの発生を簡易に評価できることが確認された。

(参考文献)

*) 塚山隆一: マッシュな鉄筋コンクリートの温度上昇ならびに温度ひびわれに関する基礎研究, 東京大学学位論文, pp. 5~64, 昭和49年

図-1 温度ひびわれ発生有無判定図(CRACK・A)

表-2 判別関数の適合性検討結果(CRACK・B)

No	データ名	スランプ (cm)	単位セメント量 (kg/m ³)	打設時期			Q _∞ (^o C)	L (m)	DAY _{max} (日)	ΔT _m [†] (^o C)	W/C (%)	Z	CRACK・B 発生有無
				夏	秋	冬							
1	A 現場 スラブ1リフト	12	288	0	0	0	33.3*	4.55	3.0	2.6*	53.5	161 ×10 ⁻³	無
2	A 現場 スラブ2リフト	12	288	0	0	0	36.3*	4.55	3.0	17.5	53.5	145 ×10 ⁻³	無
3	B 現場 スラブ	18	300	1	0	0	36.3	32.95	4.0	21.0	51.0	-445 ×10 ⁻³	無
4	C 現場 側壁	10	300	0	1	0	38.2*	26.0	1.0	21.0*	55.0*	-117 ×10 ⁻³	有
5	D 現場 下床版1リフト	9	302	1	0	0	36.5	2.00*	1.5	13.6*	51.0	-596 ×10 ⁻³	無
6	D 現場 下床版2リフト	9	302	1	0	0	36.5	2.00*	1.0	19.0	51.0	-868 ×10 ⁻⁴	有
7	D 現場 側壁	9	349	1	0	0	43.5	2.00*	2.0	32.7	47.0	-549 ×10 ⁻³	有
8	D 現場 中床版	9	349	1	0	0	43.5	2.00*	1.0	33.0	47.0	-597 ×10 ⁻³	無
9	D 現場 上床版	9	302	0	1	0	36.5	2.00*	2.5	32.0	51.0	217 ×10 ⁻³	無

*) 測定値