

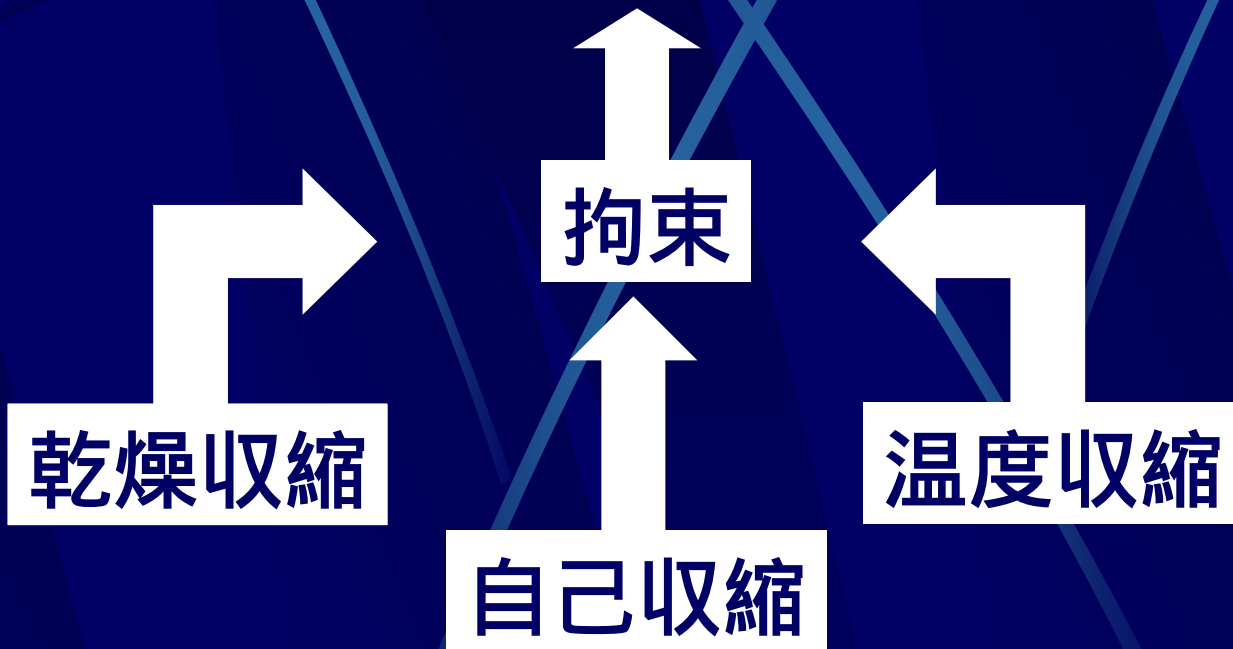
コンクリートの乾燥収縮ひび割れ 発生条件に関する研究 (その1. 最大拘束応力)

大分大学

濱永 康仁

研究の背景

コンクリート構造物のひび割れ



ひび割れ発生条件の解明

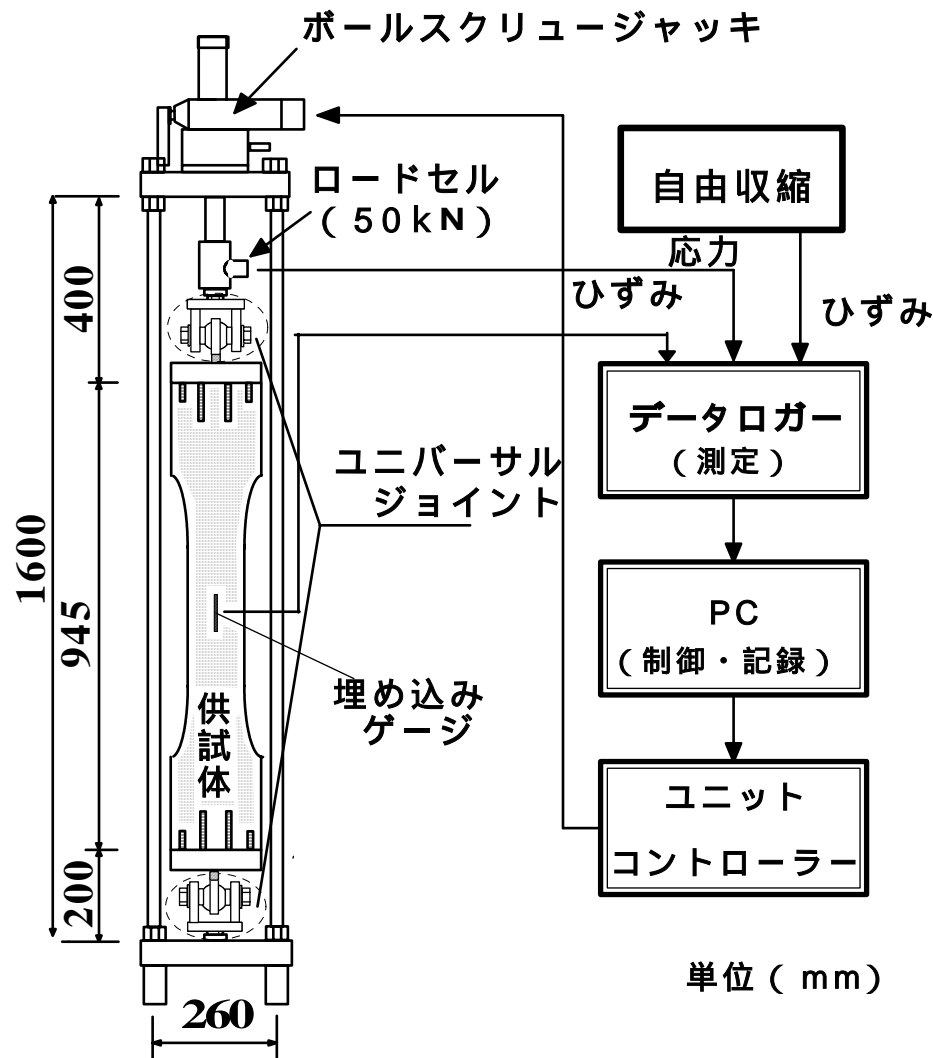
ひび割れ発生条件の検討

引張応力が引張強度を越える
引張応力が引張強度の一定割合に達する
引張ひずみが伸び能力を超える
破壊力学に基づくひび割れ進展条件



「応力-ひずみ」曲線

拘束試験装置



- ・応力を直接測定, 制御可能
- ・ひずみを自動で制御
- ・拘束率を自由に設定



$$\text{拘束率(\%)} = \frac{\text{自由収縮ひずみ}(\times 10^{-6}) - \text{拘束供試体のひずみ}(\times 10^{-6})}{\text{自由収縮ひずみ}(\times 10^{-6})} \times 100$$

実験項目

実験内容	供試体寸法 (mm)	供試体数 (体)		試験材齢 (日)
		シリーズ		
乾燥収縮 ひび割れ試験	JIS A 1151 に準ずる	シリーズ	2	—
		シリーズ	3	
		シリーズ	2	
自由収縮ひずみ		3		
直接引張強度試験	100 × 100 × 600	3		7, 28
圧縮強度試験	100 × 200	3		7, 28

乾燥収縮ひび割れ試験内容

	呼び強度	乾燥開始材齢 (日)	拘束率 (%)
拘束率の影響	24	7	100, 60, 40
乾燥開始材齢の影響	24	3, 7, 28	100, 80
調合の影響	24, 30, 36	7	100, 80, 60

コンクリートの調合および使用材料

シリーズ	W/C (%)	s/a (%)	単位質量(kg/m ³)					
			W	C	S	G1	G2	Ad
	54.9	47.7	184	336	818	461	461	3.36
	53.5	46.7	183	342	806	660	282	3.42
	54.9	47.7	184	336	818	461	461	3.36
	47.6	45.7	185	389	764	466	466	3.89
	42.1	43.5	188	447	702	469	469	4.47

	使用材料
C:セメント	普通ポルトランドセメント:密度3.16g/cm ³
S:細骨材	山砂:表乾密度2.58 ~ 2.60g/cm ³ , 吸水率2.49 ~ 2.80%
G1:粗骨材	碎石:表乾密度2.64 ~ 2.66g/cm ³ , 吸水率0.55 ~ 0.86%
G2:粗骨材	碎石:表乾密度2.64 ~ 2.66g/cm ³ , 吸水率1.02 ~ 1.29%
Ad:混和剤	AE減水剤標準形 種

実験結果

強度試験結果

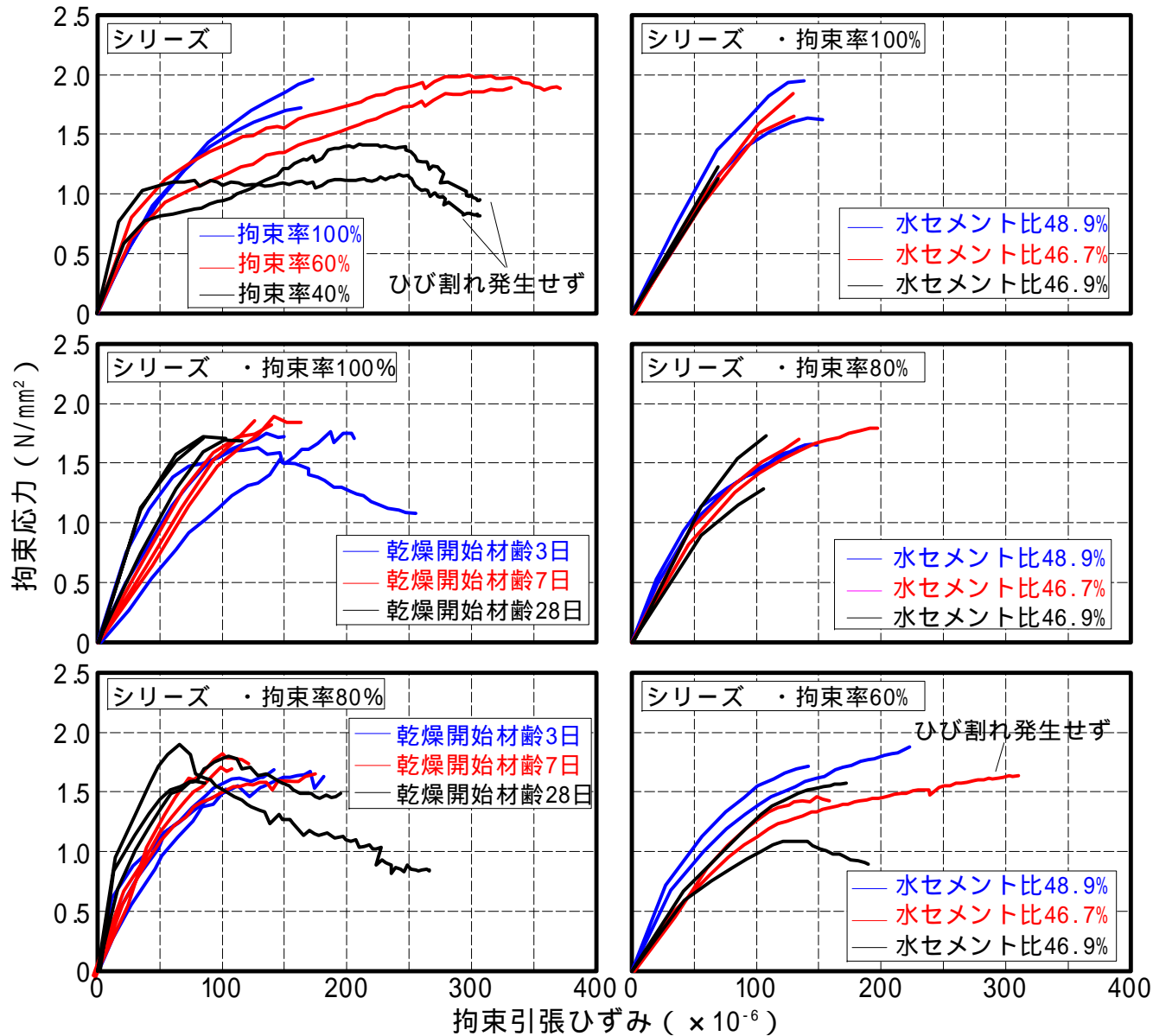
No.	W/C	引張強度 (N/mm ²)		圧縮強度 (N/mm ²)	
		材齡7日	材齡28日	材齡7日	材齡28日
	54.9	2.41	3.24	18.7	26.9
	53.5	2.66	3.32	-	30.2
	53.5	2.72	3.15	-	32.9
	54.9	2.57	3.01	21.4	35.1
	47.6	2.95	3.58	29.8	37.7
	42.1	3.12	3.60	34.5	37.4

実験結果

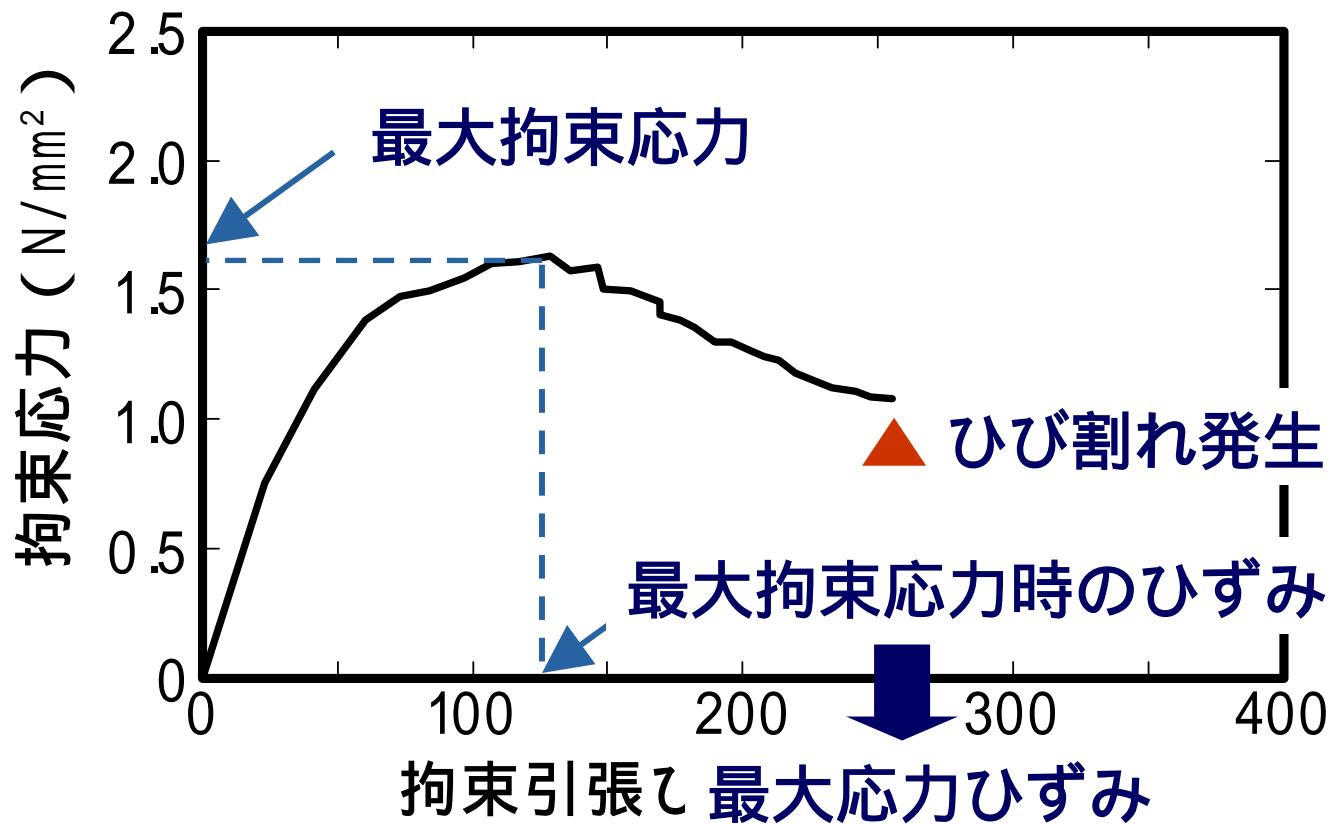
水セメント比の算出

No.	調合上 (%)	圧縮強度(Fc) (N/mm ²)	計算式	計算上 (%)
	54.9	26.9	$26.28 / (Fc + 18.62) \times 100$	57.7
	53.5	30.2	$26.30 / (Fc + 18.20) \times 100$	54.3
	53.5	32.9	$26.30 / (Fc + 18.20) \times 100$	51.5
	54.9	35.1	$26.28 / (Fc + 18.62) \times 100$	48.9
	47.6	37.7	$26.28 / (Fc + 18.62) \times 100$	46.7
	42.1	37.4	$26.28 / (Fc + 18.62) \times 100$	46.9

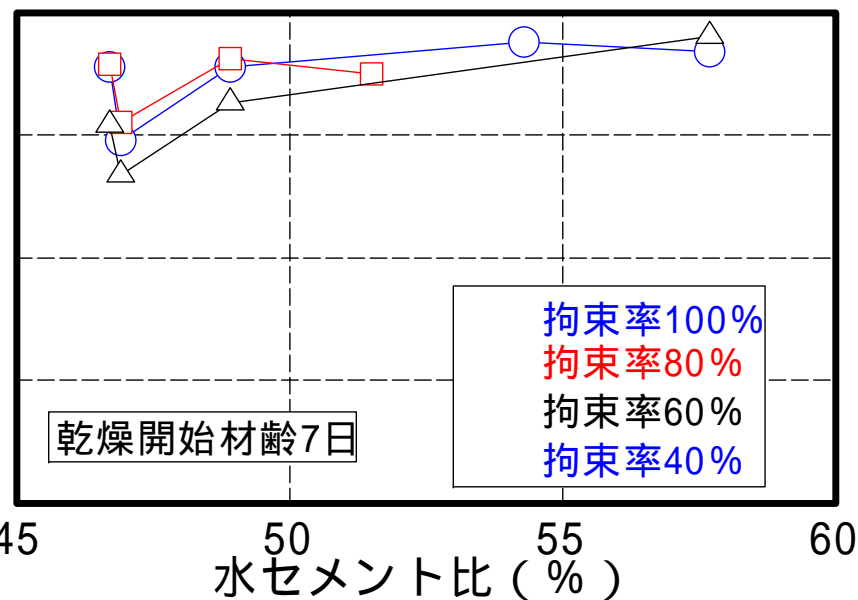
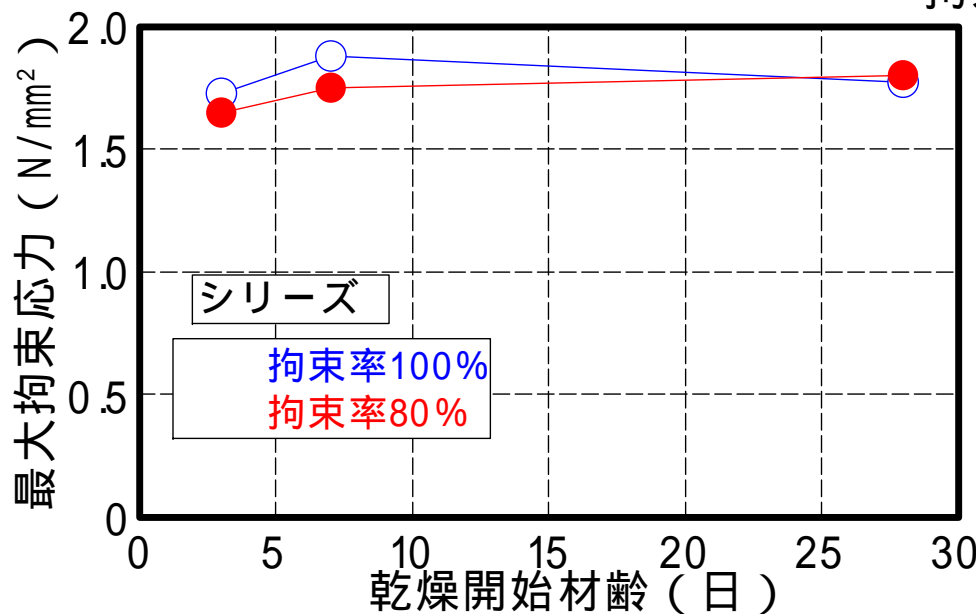
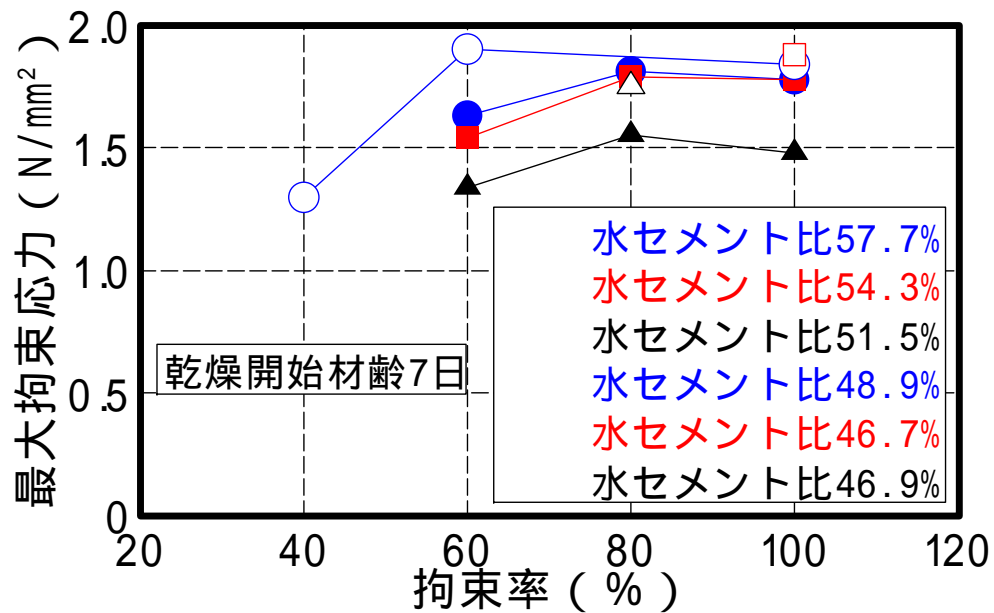
実験結果 「応力-ひずみ」曲線



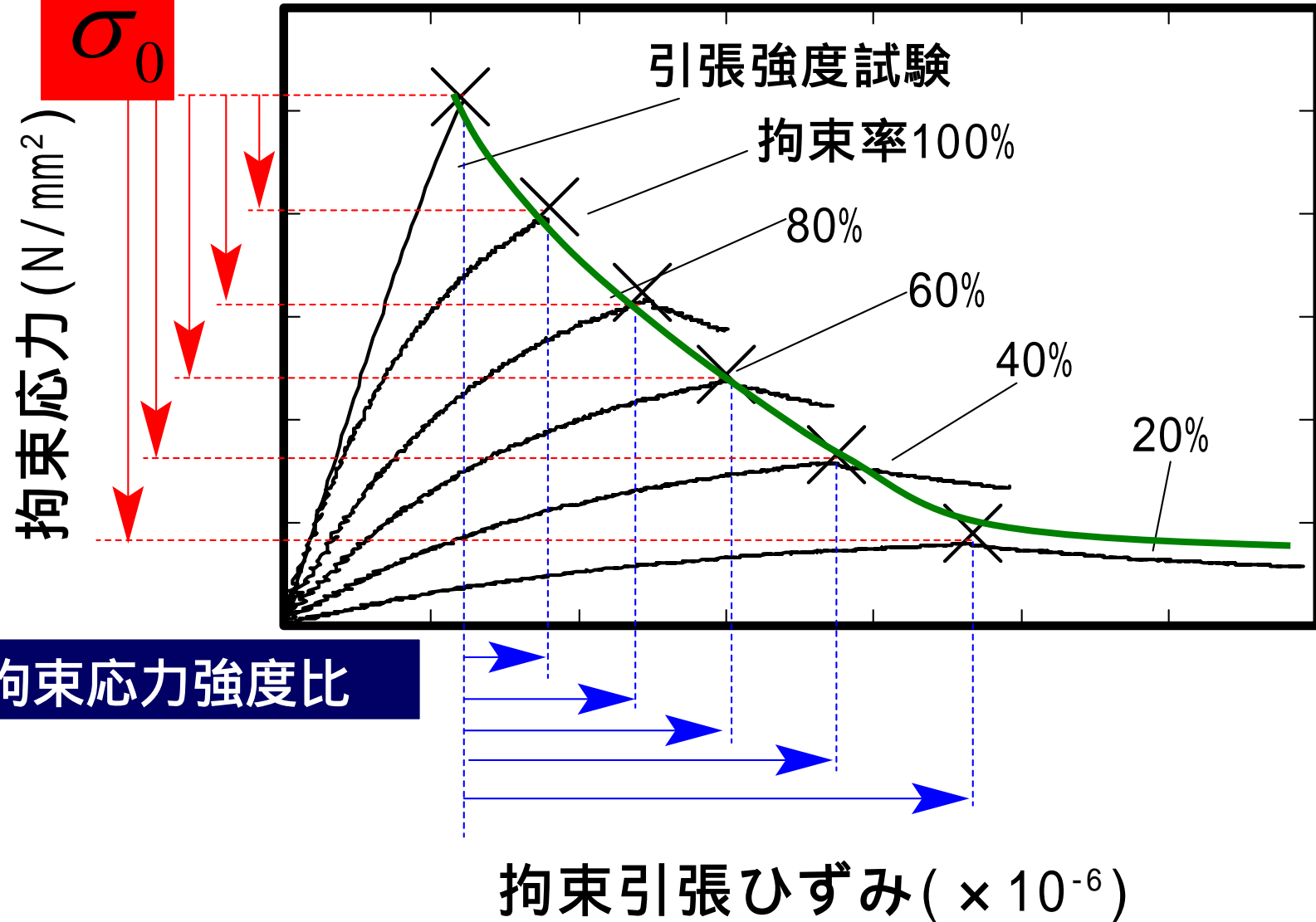
実験結果 「応力-ひずみ」曲線の一例



実験結果 最大拘束応力



ひび割れ発生条件の検討



最大拘束応力強度比

拘束引張ひずみ (× 10⁻⁶)

ひび割れ発生条件の検討 最大拘束応力

$$\sigma_{\max} = \alpha \cdot \sigma_0$$

σ_{\max} : 最大拘束応力(N/mm²)

α : 最大拘束応力強度比

σ_0 : 乾燥開始時の引張強度(N/mm²)

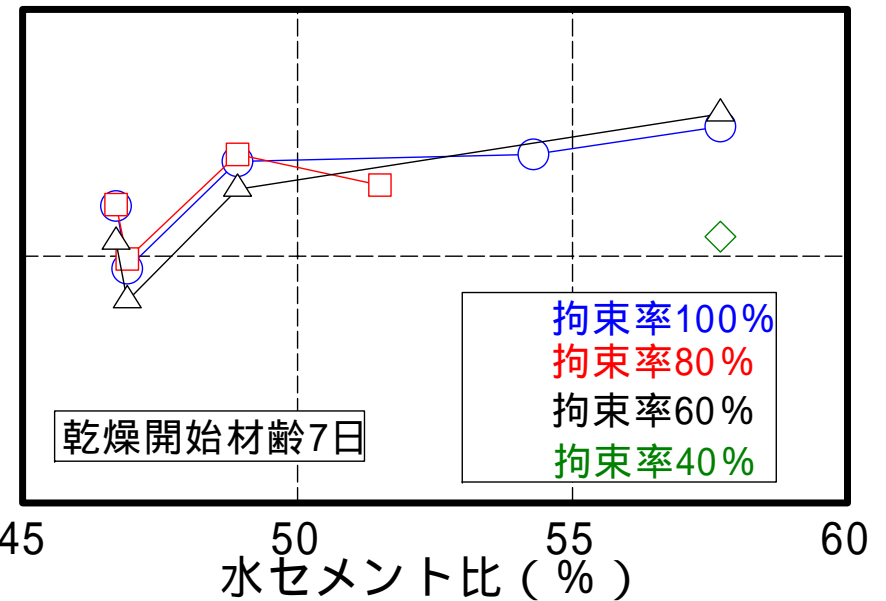
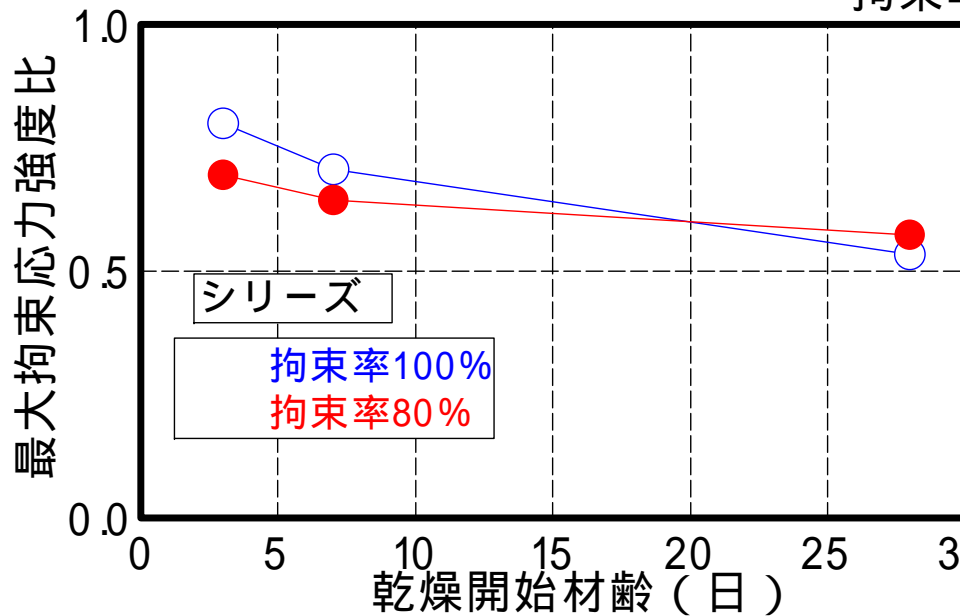
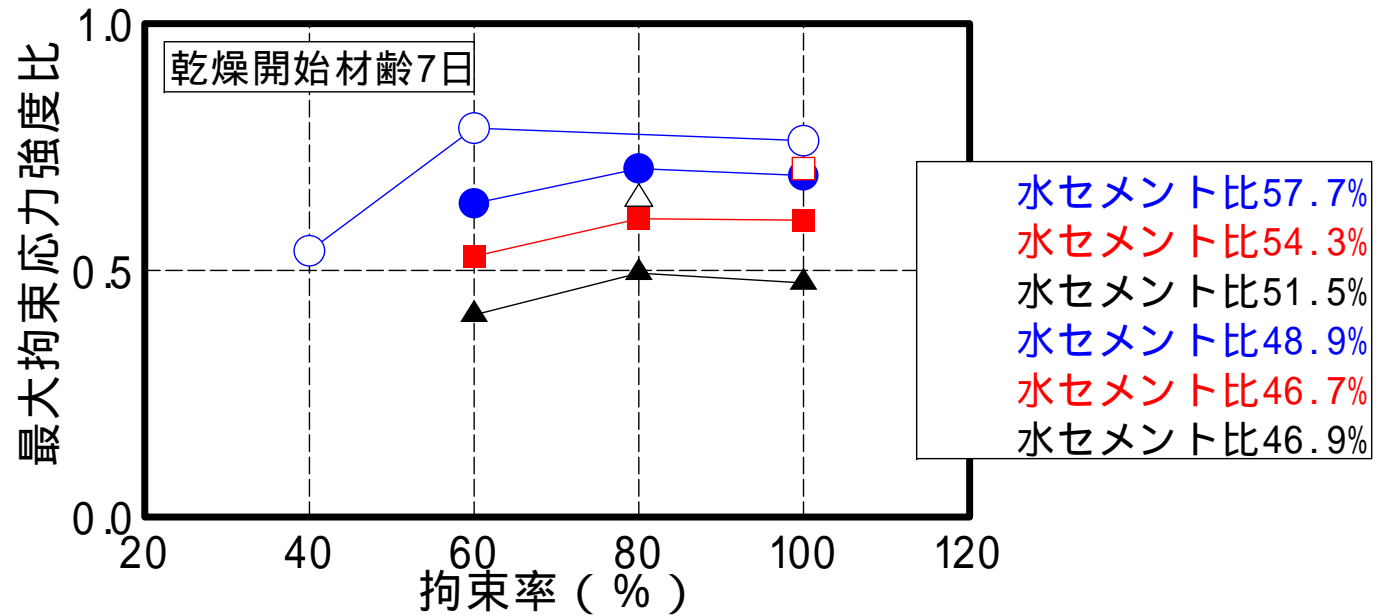
$$\alpha = f_1(x) \cdot f_2(K) \cdot f_3(t_0)$$

$f_1(x)$: 調合(水セメント比)の影響(%)

$f_2(K)$: 拘束率の影響(%)

$f_3(t_0)$: 乾燥開始材齢の影響(日)

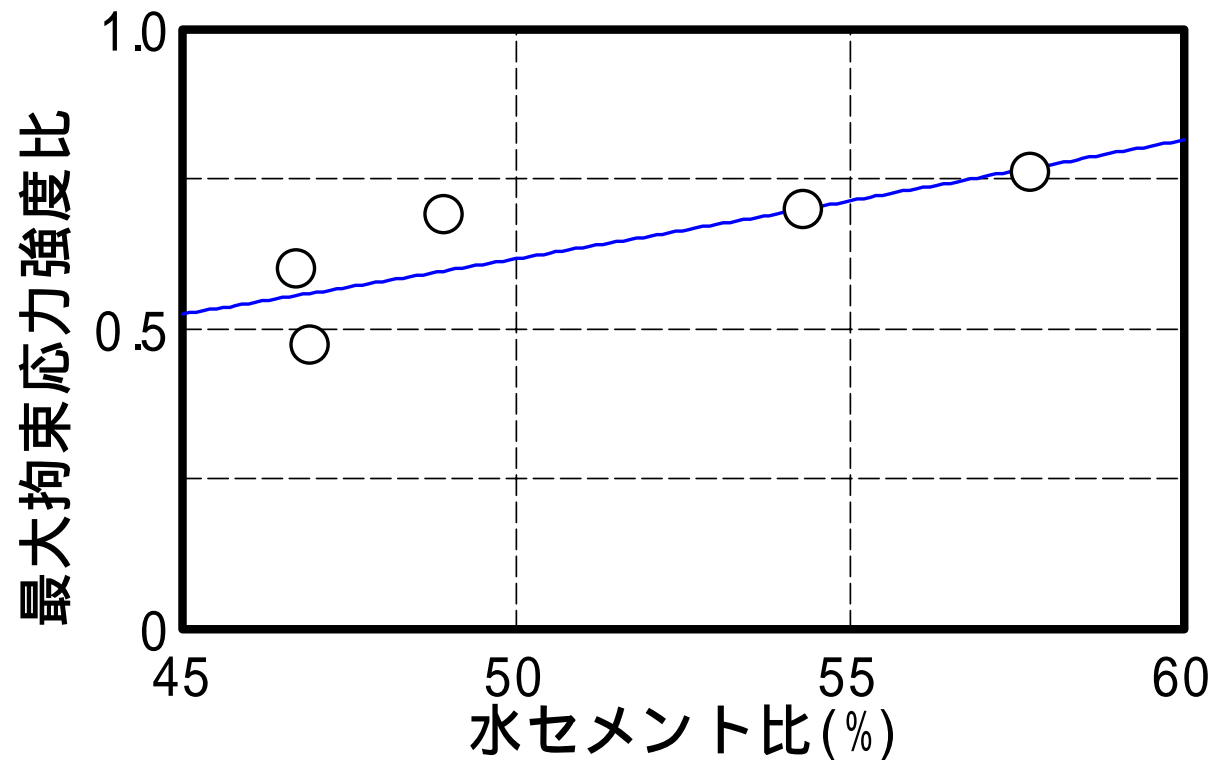
実験結果 最大拘束応力強度比



ひび割れ発生条件の検討

最大拘束応力強度比 水セメント比の影響

拘束率100%・乾燥開始材齢7日



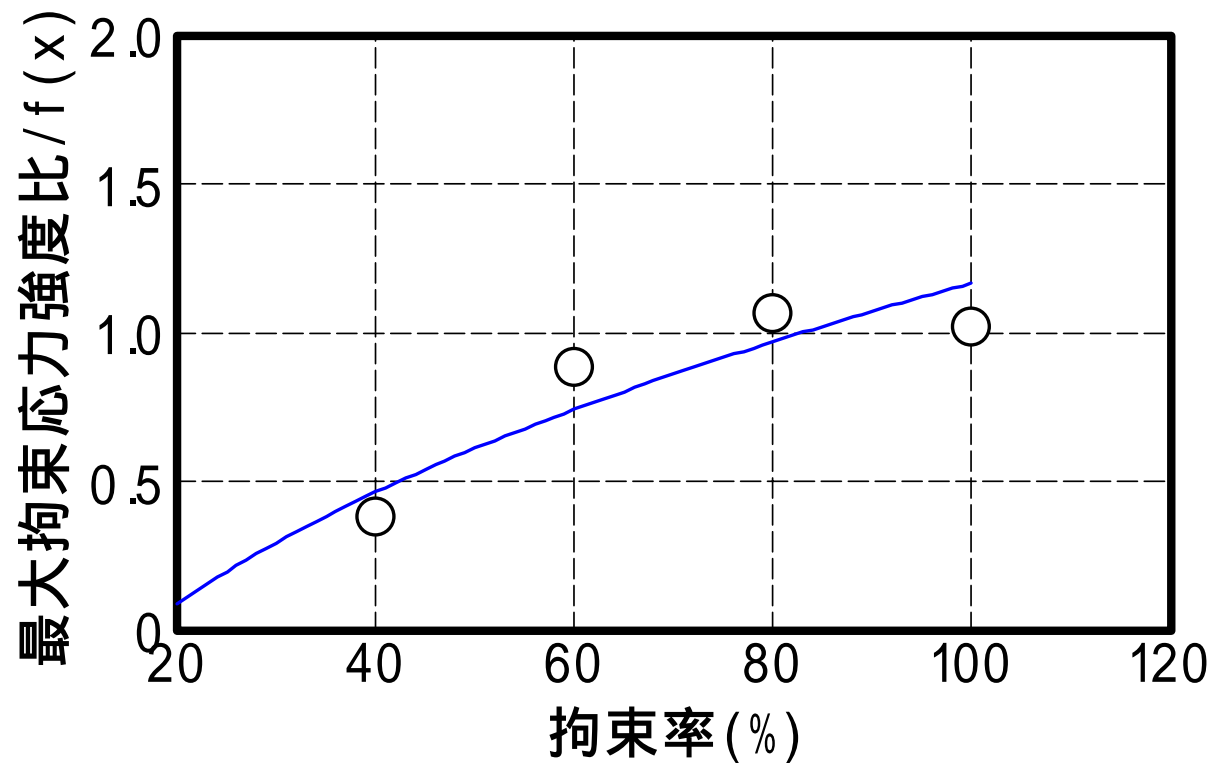
$$f_1(x) = 1.35 \times 10^{-3} \cdot x^{1.57}$$

x : 水セメント比 (%)

ひび割れ発生条件の検討

最大拘束応力強度比 拘束率の影響

乾燥開始材齢7日

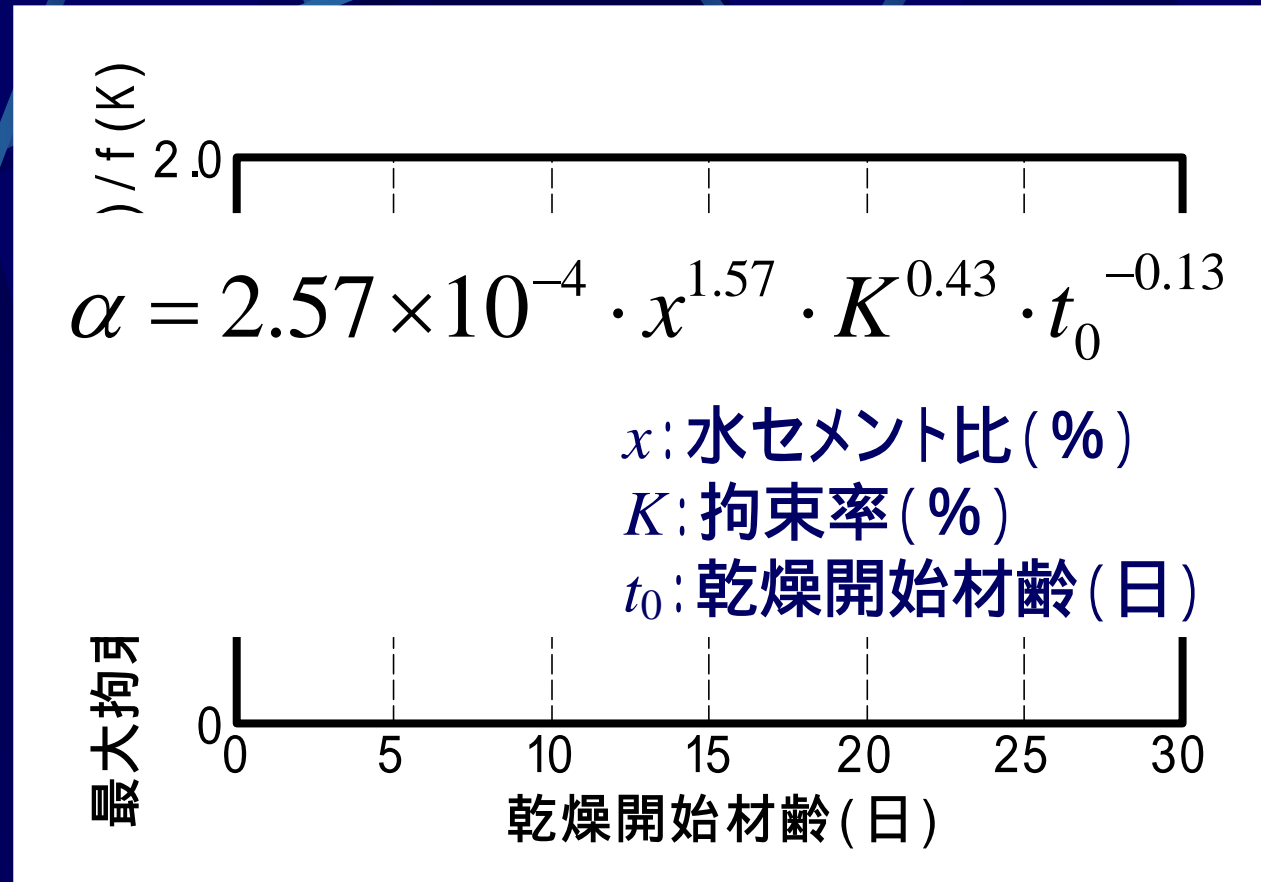


$$f_2(K) = 1.51 \times 10^{-1} K^{0.428}$$

K : 拘束率 (%)

ひび割れ発生条件の検討

最大拘束応力強度比 乾燥開始材齢の影響

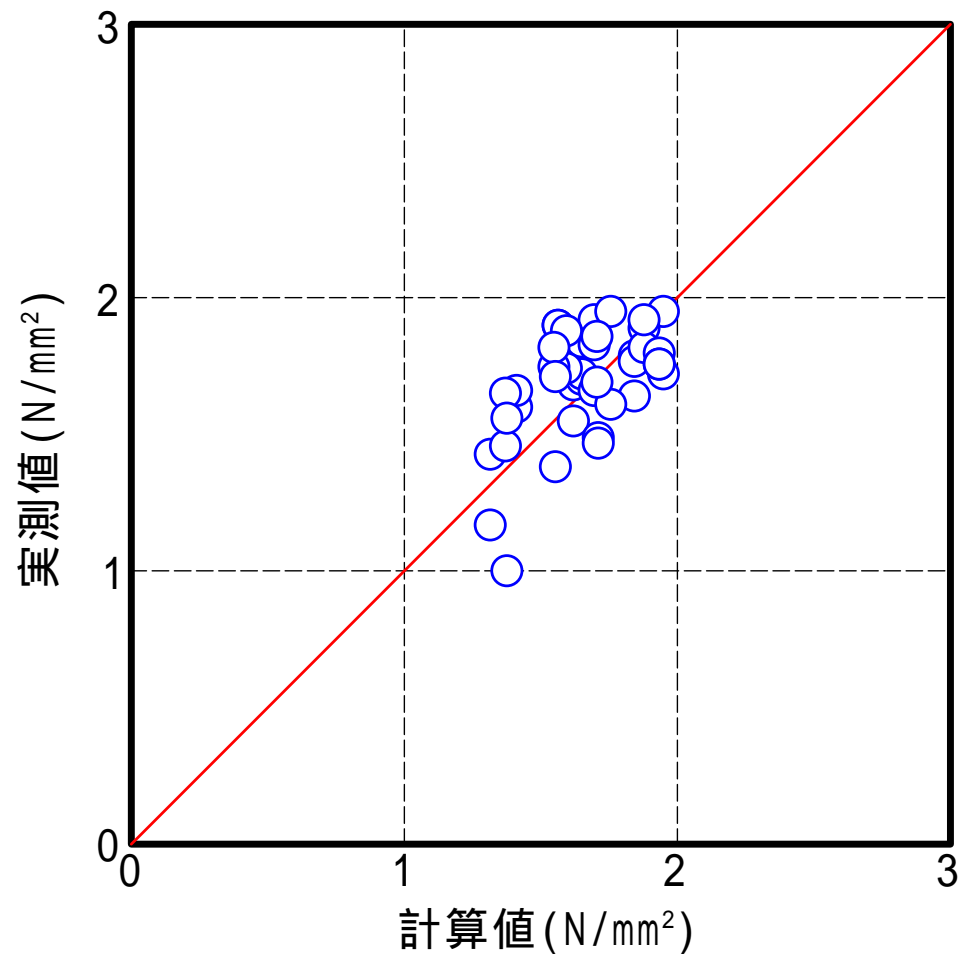


$$f_3(t_0) = 1.26t_0^{-0.134}$$

t_0 : 乾燥開始材齢 (日)

ひび割れ発生条件の検討 実測値と計算値の比較

$$\sigma_{\max} = 2.57 \times 10^{-4} \cdot x^{1.57} \cdot K^{0.43} \cdot t_0^{-0.13} \cdot \sigma_0$$



まとめ

拘束応力に関して以下の
ひび割れ発生条件式を提案した。

$$\sigma_{\max} = 2.57 \times 10^{-4} \cdot x^{1.57} \cdot K^{0.43} \cdot t_0^{-0.13} \cdot \sigma_0$$

今後の課題

拘束引張ひずみに関して
ひび割れ発生条件を検討する。