

神戸大学 正真 藤井 学
大成建設(株) 鍋野 幹夫

1. まえがき

局部支圧を受けるコンクリートに割裂補強筋を入れると、一般にひびわれ荷重および破壊荷重は増大するが、補強筋効果の定量的評価についてはまだ充分明らかになっていない。割裂補強筋としてラセン筋を用いた場合、支圧強度に対する補強効果(α =無筋コンクリートに対する補強コンクリートの破壊荷重の比)は、既報^{1), 2), 3)}のように近似的に次式で表わすことができる。

$$\alpha = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot \frac{p}{\gamma_2} \quad (\gamma_1 \cong p) \quad (1)$$

$$\alpha = 1 + k_1 \frac{E_s E_{to}}{\sigma_{to}} \cdot \frac{s}{\gamma_2} \quad (k_1 \cong 0.3) \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{p}{\gamma_2} + k_2 \frac{\sigma_{sy}}{\sigma_{to}} \cdot \frac{s}{\gamma_2} \quad (k_2 \cong 0.9) \quad (3)$$

ここに、 k_1, k_2 はコンクリートの最終ひずみ E_{to} および破壊におよぼす種々の要因と実験的に考慮した補正係数であり、(2)式では $E_{to}=150 \times 10^{-6}$ と仮定した。 σ_{sy}, E_s はそれぞれ、ラセン筋の降伏応力、弾性係数である。 σ_{to} はコンクリートの引張強度である。 γ_1, γ_2, p, s : 図-1参照。

本研究は上式についてさらに実験的な検討を加え、実用式として簡便でしかも比較的精度が高いと考えられる支圧強度に対する補強効果算定の計算式を提案しようとするものである。

2. 実験概要

表-1に示すようなラセン鉄筋をそう入した $\phi 20 \times 40$ cmの円柱コンクリート供試体を用い、直径 $2\gamma_1=5, 7.5, 10$ cmの3種類の支圧板を用いて同心円載荷を行なった。補強方法は次の2種類(A, B type)とした。

A type 補強: 建築学会PC規程によった。すなわち、許容支圧応力 $\sigma_{ua} = 0.4 \sigma_{ck} \sqrt{A_c/A_1}$ を用い、所定の支圧面積に載荷しうる最大の荷重を求め、これに対してラセン鉄筋量を決定した。ここに、 A_c, A_1 は支承面積、支圧面積、 σ_{ck} は設計基準強度で、ここでは $\sigma_{ck} = 300 \text{ kg/cm}^2, 400 \text{ kg/cm}^2$ の2種類とした。

B type 補強: A type 補強に対して求められたラセン筋の配置範囲を供試体上端(支圧板設置面)まで延長したものであり、巻き径($2p$)、ピッチ(t)はA type 補強と同じである。

3. 実験結果と計算値との比較

表-1 実験計画

実験シリーズ	補強方法	圧縮強度 σ_{ck} (kg/cm ²)	支圧板寸法 $2\gamma_1$ (cm)	補強筋巻き数	配置範囲 (供試体上端からの距離) (cm)	ピッチ t (cm)
A-300	A type	300	5	5	3.0-16.5	3.4
			7.5	6	3.5-15.5	2.4
			10	6	4.0-15.0	2.2
A-400	A "	400	5	6	3.0-16.5	2.7
			7.5	7	3.5-15.5	2.0
			10	8	4.0-15.0	1.6
B-300	B "	300	5	6	0-17.0	3.4
			7.5	8	0-17.5	2.4
			10	8	0-15.5	2.2
B-400	B "	400	5	8	0-19.0	2.7
			7.5	9	0-16.0	2.0
			10	10	0-14.0	1.6

注1: 補強筋径はすべて4.2 mm。
注2: 巻き径 $2p$ は8.5, 11.5, 14.0, 17.0 cmの4種。
注3: 無筋供試体数は各支圧板に対して3本とした。

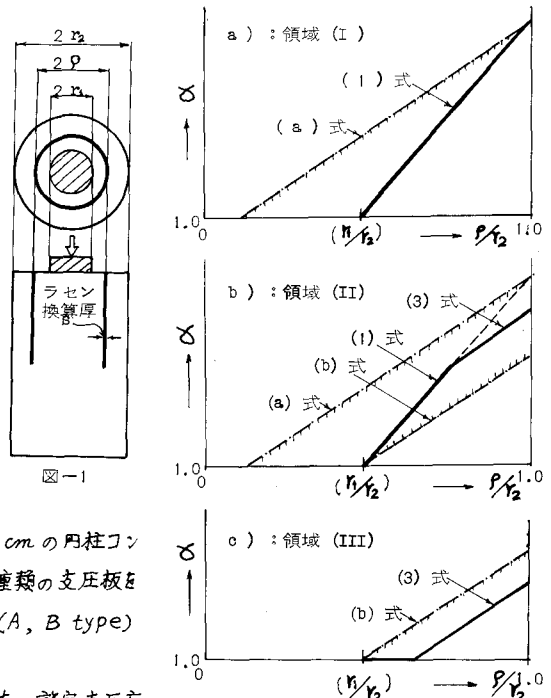


図-2 計算式の適用範囲

3.1 計算式: その1

(1) ~ (3)式と実験値との比較検討の結果、 $(\frac{\sigma_{sy}}{\sigma_{to}} \cdot \frac{s}{l_2})$ および (l_2/r_1) の値によって各式の適用領域が定まることが明らかとなった。ここでは(3)式を基準とし、 $\beta = (\frac{\sigma_{sy}}{\sigma_{to}} \cdot \frac{s}{l_2})$ の大きさによって次の3つの領域に分類した。

領域(I): $\beta \geq \frac{1}{0.9}(\frac{r_1}{l_2} - 1)$ の場合、 $\alpha = \frac{r_1}{l_2} \cdot \frac{p}{l_2}$ (図2a)

領域(II): $\frac{1}{0.9}(1 - \frac{r_1}{l_2}) \leq \beta \leq \frac{1}{0.9}(\frac{r_1}{l_2} - 1)$ の場合、

$\alpha = \frac{r_1}{l_2} \cdot \frac{p}{l_2}$ 、 $\alpha = \frac{p}{l_2} + 0.9\beta$ のうち小さい方 (図2b)

領域(III): $\beta \leq \frac{1}{0.9}(1 - \frac{r_1}{l_2})$ の場合、 $\alpha = \frac{p}{l_2} + 0.9\beta$ 、ただし $\alpha < 1$ のときは $\alpha = 1$ (図2c)

以上のうち、領域(III)で、 $\alpha = \frac{p}{l_2} + 0.9\beta$ で計算された理論値が $\alpha < 1$ のときは、適用式は(2)式が妥当であるが、ラセン筋量の少ない(あるいは β が小さい)場合は補強効果があり期待できないので、実用上 $\alpha = 1$ とした。

3.2 計算式: その2

CEB/FIP 国際指針によると設計用支圧力 (N^*) は次式で規定されている⁴⁾

$$N^* = A_1 R_b^* \sqrt{A_c/A_1} \leq 3.3 A_1 R_b^* \quad (4)$$

すなわち、 $\sqrt{A_c/A_1} = l_2/r_1 \leq 3.3$ である。従って、 $l_2/r_1 \leq 4$

($2r_1 = 5\text{cm}$) を除けば、本実験結果では $l_2/r_1 = 2.67$

($2r_1 = 7.5\text{cm}$) および $l_2/r_1 = 2.0$ ($2r_1 = 10\text{cm}$) について

では、実験値はほぼ(3)式で近似できる。(3)式

だけを適用式として採用する場合には、 l_2 値の特徴をよりに検討しておかなければならない。(3)式で、 $\alpha = \alpha_{\text{test}}$ (実験値)として l_2 を求めたものを表-2に示す。これによると、 p/l_2 (すなわち巻き径) の大きさによる影響はほとんど認められないが、 l_2/r_1 (すなわち支圧板) の大きさにより多少変化している。 $l_2/r_1 = 2.67$ および 2.0 について l_2 値を平均すると、それぞれ、 $l_2 = 1.15$ および 0.78 となり、A型およびB型補強についての平均値を求めると、それぞれ、 $l_2 = 0.87$ および 1.10 となり、前者を平均すると $l_2 = 0.99$ となる。しかるに計算式はおもにB型補強に対するものであるが、A型補強への適用も考慮して、ここでは $l_2 = 0.9$ を用いると簡便な計算式として次式が提案される。

$$\alpha = \frac{p}{l_2} + 0.9\beta \quad (5 \leq r_1, l_2/r_1 < 4, p/r_1 > 1) \quad (5)$$

以上の検討結果から、計算値と実験値との関係について $R = \alpha_{\text{theo}}/\alpha_{\text{test}}$ の平均値 \bar{R} および標準偏差 σ を求めると表-3のようになる。表-3より、 l_2/r_1 をある値以下とする場合は、(5)式でもかなりの精度が得られる。

参考文献

- 1) 藤井, 土木学会第26回年次学術講演会, 講演集第5部, 昭46.10, pp73~76
- 2) 藤井, 鍋野, 宮本, 土木学会関西支部講演集, 昭47.5, V-11
- 3) 藤井, 鍋野, 土木学会第27回年次学術講演会, 講演集第5部, 昭47.10, V-15
- 4) CEB-FIP, コンクリート構造物設計施工国際指針, 鹿島出版会, 昭46.4, p118(R45.2 局部支圧)

(注): 図-2において(a)式は(1)式と(b)式とが $p/l_2 = 1$ で等しくなる条件で、また、(b)式は $p/l_2 = r_1/l_2$ で等しくなる条件で求めたものである。

表-2 計算値と実験値との比較

実験シリーズ	r_2/r_1 ($2r_1$, cm)	β	α_{test}	※ l_2 ($\alpha_{\text{test}} = p/l_2$) $(\frac{\sigma_{sy}}{\sigma_{to}} \cdot \frac{s}{l_2})$	α_{theo} ($l_2 = 0.9$)	R
						$(\frac{\alpha_{\text{theo}}}{\alpha_{\text{test}}})$
A-300	2.67 (7.5)	0.43	1.14	1.20	0.90	0.84
		0.58	1.27	1.17	1.11	0.87
		0.70	1.38	1.15	1.23	0.89
		0.85	1.44	1.00	1.38	0.96
A-400	2.0 (10)	0.58	0.98	0.59	1.18	1.20
		0.70	1.18	0.71	1.31	1.11
		0.80	1.29	0.65	1.46	1.16
		0.43	1.00	0.88	1.03	1.03
A-400	2.67 (7.5)	0.58	1.22	0.98	1.19	0.98
		0.70	1.36	1.02	1.29	0.98
		0.80	1.34	0.75	1.44	1.07
		2.0 (10)	0.58	1.09	0.70	1.23
B-300	2.0 (10)	0.58	1.20	0.68	1.35	1.13
		0.70	1.20	0.68	1.35	1.13
		0.80	1.36	0.70	1.50	1.10
		0.43	1.14	1.20	0.96	0.84
B-300	2.67 (7.5)	0.58	1.36	1.32	1.11	0.82
		0.70	1.57	1.47	1.23	0.78
		0.85	1.62	1.31	1.38	0.85
		2.0 (10)	0.58	1.15	0.84	1.18
B-400	2.0 (10)	0.70	1.41	1.04	1.31	0.93
		0.85	1.55	1.03	1.46	0.94
		0.43	1.25	1.26	1.03	0.82
		2.67 (7.5)	0.58	1.38	1.23	1.19
B-400	2.0 (10)	0.70	1.50	1.23	1.29	0.86
		0.85	1.60	1.23	1.44	0.87
		0.58	1.15	0.78	1.23	1.07
		0.70	1.29	0.81	1.35	1.05
B-400	2.0 (10)	0.85	1.41	0.77	1.50	1.06

※: 供試体2本の平均値

表-3 計算式の精度

計算式と補強方法	データの数 (N)*	平均値 (\bar{R})	標準偏差 (σ)
式: その1	Atype 22	1.00	0.106
	B " 22	0.91	0.086
式: その2	A " 14	1.03	0.111
	B " 14	0.91	0.097

(*補強供試体2本の平均値を $N=1$ とした)