

局部荷重を受けるコンクリートの支圧強度に関する研究

六 車 熙*
岡 本 伸**

1. まえがき

ポストテンション材のプレストレス力は、緊張材定着装置により直接コンクリート面に伝達されるので、定着部近傍のコンクリートはきわめて大きな局部的圧縮力を受けることになる。このような定着部断面を設計する場合には、加力方向と直角方向に生ずる割裂応力に対する補強とともに、その支圧強度をどのようにとるかが問題となる。従来の実験によれば、コンクリートの支承面が局部的に荷重を受ける場合には、支承面全体に荷重を受ける場合より支圧強度は大きくなる。局部荷重および全面荷重の場合の支圧強度を K' および K とすれば、

$$K' = nK \quad n \geq 1 \dots\dots\dots (1)$$

となり、この n の値は、支承面積 A と局部載荷面積 A' との比、すなわち A/A' の関数となることが知られている。しかし、従来の実験結果より得られた支圧強度実験は、実験者により相異がいちじるしく、また支圧強度を A/A' の値により一義的に与えうるかどうかなど疑問の点が多く、諸規定における許容支圧応力度もまちまちである。

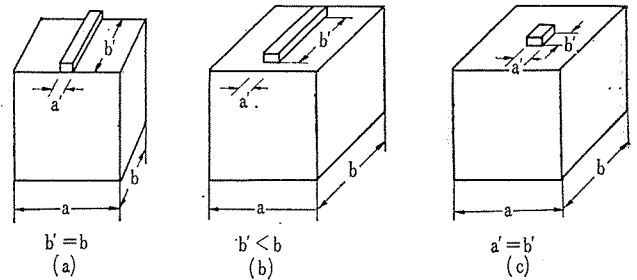
本報告では、部材寸法、コンクリート配合および局部載荷状態がコンクリートの支圧強度に与える影響を明らかにし、従来の実験結果にもとづく現行諸規定における許容支圧応力度の検討を行なった。

2. 従来の実験

支承面が局部的に荷重を受ける場合の支圧強度に関する実験としては、古くは Bauschinger, Bach および Graf 等の報告があるが、前二者は、砂岩についての実験であり、Graf の実験も支承面全体に荷重を受けた場合の圧縮強度が 64 kg/cm^2 という非常に弱いコンクリートに関するもので一般性にとぼしい。児玉武三¹⁾等はモルタルの円柱供試体に関して局部荷重を受ける場合の支圧強度より全面荷重の場合の圧縮強度を推定する実験式を導いている。比較的広範囲なコンクリートの支圧強度に関する実験としては、一木保夫²⁾、伊藤茂富³⁾、H.P.

Spieth⁴⁾ および W. Shelson⁵⁾ などのものがある。次にこれらの実験結果を簡単に述べる。なお、以下において2次元載荷とは図-1(a)に示すように局部荷重の作用

図-1



範囲が支承面の一方向一杯に分布している場合をいい、これに対して図-1(b)(c)のようにその作用範囲が常に支承面の両辺より小さい場合を3次元載荷という。また3次元載荷のうち、局部荷重の作用範囲が正方形のものを点載荷(図-1(c))、長方形のものを帯載荷という。また以下において用いる記号を一括して示すと次のとおりである。

- A : 支承面の面積
- A' : 載荷された局部面積
- K : 支承面全体に荷重を受けた場合の支圧強度
- K' : 局部的に荷重を受けた場合の支圧強度
- σ_c : コンクリートのシリンダー圧縮強度
- σ_{ca} : コンクリートの許容圧縮応力度
- σ_{ca}' : コンクリートの許容支圧応力度
- a, b, h, a', b' : 図-1 のとおり

(1) 一木氏の実験

$a \times b \times h = 30 \times 30 \times 36 \text{ cm}$ のコンクリート ブロック供試体を用いて、2次元載荷試験 ($\sigma_{28} = 280 \text{ kg/cm}^2$) および3次元点載荷試験 ($\sigma_{28} = 156 \text{ kg/cm}^2$) を行なった結果次のような実験式を導いている。

2次元載荷の場合

$$K' = 0.90 K \sqrt[2.16]{A/A'} = 1.28 \sigma_c \sqrt[2.16]{A/A'} \dots (2)$$

3次元点載荷の場合

$$K' = 0.86 K \sqrt[1.73]{A/A'} = 1.39 \sigma_c \sqrt[1.73]{A/A'} \dots (3)$$

また、許容支圧応力度を次のように提案している。

2次元載荷の場合 $\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \sqrt[2.2]{A/A'} \dots\dots (4)$

* 京都大学助教授 工博 正会員

** 京都大学院学生(博士課程) 正会員

$$\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \sqrt[1.8]{A/A'} \dots\dots(5)$$

ただし、上式の適用限界は $A/A' = 30$ までである。

また、上記許容応力度式の簡易式として $A/A' \leq 2 \sim 10$ の範囲では次の式を提案している。

2次元载荷の場合 $\sigma_{ca} = 0.9 \sqrt{A/A'}$

3次元点载荷の場合 $\sigma_{ca} = 1.1 \sqrt{A/A'}$

(2) 伊藤氏の実験

コンクリートの固有強度および供試体の高さの影響を考慮するため、28日シリンダー圧縮強度 $\sigma_{28} = 315, 382$ および 447 kg/cm^2 のコンクリートについて、 $a \times b \times h = 25 \times 25 \times 25 \text{ cm}$ および $25 \times 25 \times 20 \text{ cm}$ のコンクリートブロック供試体を用いて2次元载荷および点载荷試験を行なった結果、コンクリートの固有強度および供試体の高さの影響は無視しうるとの結論を得、次のような実験式を導いている。

2次元载荷の場合 $K' = K \sqrt[2.74]{A/A'} \dots\dots(6)$

3次元点载荷の場合 $K' = K \sqrt[2.24]{A/A'} \dots\dots(7)$

また、許容支圧応力度を次のように提案している。

2次元载荷の場合 $\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \sqrt[3]{A/A'} \dots\dots(8)$

3次元点载荷の場合 $\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \sqrt[2.5]{A/A'} \dots\dots(9)$

ただし、上式の適用限界は $A/A' = 25$ までとし、(8)式の場合には、 $\sigma_{ca}' \leq 0.75 \sigma_{28}$ 、(9)式の場合には $\sigma_{ca}' \leq \sigma_{28}$ としている。

(3) H.P. Spieth 氏の実験

直径 50 cm、高さ 100 cm のコンクリートシリンダーを用いて、円形集中荷重の作用する場合の実験を行ない、次のような結論を得ている。

(a) $A/A' = 100$ の場合、4週立方体圧縮強度 W_{28} に対するシリンダーの支圧強度 K' の比は、 W_{28} が増すにしたがってわずかに減少し、 $W_{28} = 200 \sim 800 \text{ kg/cm}^2$ の間では、ほぼ直線関係となる ($W_{28} = 201$ および 763 kg/cm^2 に対してそれぞれ $K'/W_{28} = 9.70$ および 7.73)。

(b) $W_{28} = 300 \text{ kg/cm}^2$ の場合、 K'/σ_W と A/A' との間には次の実験式が成立する。

$$K' = \sigma_W \sqrt{A/A'}, \sigma_W : \text{立方体圧縮強度} \dots\dots(10)$$

(c) シリンダーをスパイラルで補強した場合には、補強スパイラルの径が小さいほど支圧強度は上昇し、 $A/A' = 100$ の場合に、スパイラル径が 11.8, 19.6 および 41.5 cm の場合、支圧強度は、それぞれ 46.5, 22.4 および 11.35% 上昇した。

(4) W. Shelson 氏の実験

$a \times b \times h = 20 \times 20 \times 20 \text{ cm}$ のコンクリートブロック供試体を用いて、3次元点载荷試験を行ない、他の実験結果を整理検討した結果、許容支圧応力度として次式を提案している。

$$\sigma_{ca}' = 0.25 \sigma_c (A/A')^{0.3} \dots\dots(11)$$

さらに、供試体の高さとの比が支圧強度に影響を与えること、および、 K'/σ_c の値が、 $A/A' = 30$ 以上ではほぼ一定となることなどを指摘している。

3. 諸規定における許容支圧応力度

日本建築学会：P C 構造設計規準および日本材料試験協会編：鋼棒を用いた P C 設計施工指針には、局部荷重を受けるコンクリートの許容支圧応力度として

$$\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \sqrt{A/A'} \dots\dots(12)$$

が示されている。ただし、 $\sigma_{ca}' \leq 2 \sigma_{ca}$ または、 $\sigma_{ca}' \leq F_{ci}$ でなければならぬことになっている。ここに F_{ci} は、プレストレス導入時のコンクリート圧縮強度である。

土木学会 P C 設計施工指針では、

$$\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \sqrt[3]{A/A'} \dots\dots(13)$$

を採用している。ただし、この場合、材令 28 日コンクリート圧縮強度 $F_{28} = 400 \text{ kg/cm}^2$ のときは $\sigma_{ca} = 110 \text{ kg/cm}^2$ 、 $F_{28} = 500 \text{ kg/cm}^2$ の時は $\sigma_{ca} = 130 \text{ kg/cm}^2$ とする。また、 $\sigma_{ca}' \leq 1.7 \sigma_{ca}$ でなければならぬとしている。

アメリカ公道局 P C 橋指針によれば

$$\sigma_{ca}' = 0.4 F_{28} \sqrt[3]{A/A'} \dots\dots(14)$$

となっている。また ACI, ASCE 共同委員会制定 P C 指針によれば、

$$\sigma_{ca}' = 0.6 F_{ci} \sqrt[3]{A/A'}, \sigma_{ca}' \leq F_{ci} \dots\dots(15)$$

となっているが、 $0.6 F_{ci} \doteq 0.4 F_{28} \doteq \sigma_{ca}$ と考えられるから、(14) および (15) 式はいずれも (13) 式とほぼ同じ値を与えるものと考えられる。

フランスの B.A. 45 の名称で知られている P C 規準では

$$\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} (4 - 5 \sqrt{A'/A} + 2 A'/A) \dots\dots(16)$$

を用いるが、これは $A/A' \leq 4$ の範囲では、ほぼ (12) 式と同じ値を与える。

以上のごとく許容支圧応力度に関してはまだ定説がないが、(12) および (13) 式は、これらの諸規定の上限および下限を与えるものと思われる。

4. 著者の実験結果

(1) 実験の目的

局部荷重を受けるコンクリートの支圧強度に関する実験結果は、前述のように実験者による相異がいちじるしく、これらの実験結果にもとづく現行の諸規定における許容支圧応力度が、いかなる場合にも妥当な安全率を与えるかどうかは疑わしい。例えば、従来の支圧強度実験式および現行の諸規定における許容支圧応力度式においては K'/σ_c , σ_{ca}'/σ_{ca} , あるいは K'/K などの値は、 A/A' の値により一義的に定められるとしている。しかし、局

報 告

部荷重を受ける場合のコンクリートの破壊は、支圧面直下のコンクリートの局所的な圧壊、支圧面直下の横方向の変形が阻止されるためにコンクリートのすべり面に沿って生ずるせん断破壊、あるいは、加力方向と直角方向に生ずる引張応力による引張破壊などが複合して生ずるものであり、部材寸法、コンクリート配合、載荷状態などは、当然このような場合の破壊に影響を与えるものと思われる。しかし、従来の実験においては、これら諸要因に関する検討が十分なされていない。そこで著者は、

- 1) 部材寸法 (特に部材の高さと巾の比)
- 2) コンクリート配合
- 3) 載荷状態

などにより、局部荷重を受けるコンクリートの支圧強度がどのような影響を受けるかを確かめ、許容支圧応力度に関する現行の諸規定に検討を加えるため、以下のような実験を行なった。

(2) 実験計画

実験は、支圧強度に影響を与えると思われる諸要因、すなわち、部材寸法、コンクリート配合および載荷状態などを考慮して表-1に示すような各 Series に分けて行なった。各 Series において、 A/A' の値を 8 種類かえて試験を行ない、支圧強度と A/A' の間に成立する実

験式を求めようとするものである。

a) 2次元載荷試験 供試体寸法の影響を調べるために、 $h/a=2.0, 1.0$ および 0.6 の 3 種類のコンクリートブロックを用い、さらにコンクリート配合の影響を調べるため、実験 I ($h/a=2.0$) では 4 種類、実験 II ($h/a=1.0$) および III ($h/a=0.6$) では 2 種類のコンクリート配合について試験を行なった。

b) 3次元載荷の場合 2次元載荷の場合と比較して載荷状態の影響を調べるため、実験 IV では、長方形載荷板による帯載荷試験、また実験 V では、正方形載荷板による点載荷試験を行なった。また、実験 VI では、 A/A' を一定にして、載荷板の形状を変えて試験を行なった。

(3) 供試体の製作

供試体の製作には、試験の際の載荷面と支持面とが、平行かつ滑らかに仕上がるよう鉄製の仕切り板および底板よりなる仮わくを用いた。コンクリートは実験室用小型ドラムミキサーで練り混ぜ、ハンドバイブレーターで仮わくに振動づめした。同一 Series の供試体はすべて一度に打設した。打設後 24 時間で脱型し、さらに 24 時間湿布養生したのち、養生室に搬入し、試験日まで大気中養生した。各 Series のコンクリート品質は表-2のとおりである。砂は木津川産、最大粒径 5 mm、粗粒

表-1 実験計画一覧

	実験番号	実験 Series	コンクリート配合	供試体個数	部材寸法	使用載荷板
					$a \times b \times h$ (cm)	$b' \times a'$ (cm)
2次元載荷試験	I	I ₂₀₀	200	3×8=24	25×15×50	15.0×1.0
		I ₃₀₀	300	3×8=24		2.5
		I ₄₀₀	400	3×8=24		5.0
		I ₅₀₀	500	3×8=24		7.5
	II	II ₂₀₀	200	3×8=24	25×15×25	10.0
		II ₄₀₀	400	3×8=24		15.0
	III	III ₂₀₀	200	3×8=24	25×15×15	20.0
		III ₄₀₀	400	3×8=24		25.0
	3次元載荷試験	帯載荷試験	IV	IV ₄₀₀	400	20×20×20
点載荷試験		V	V ₄₀₀	400	20×20×20	1×1, 2×2, 2.5×2.5, 5×5, 7.5×7.5, 15×15, 20×20
$A/A' = \text{const}$		VI	VI ₄₀₀	3×3=9	20×20×20	5×20, 7.5×13, 10×10

表-2 コンクリート品質

配合記号	重量配合比 (C:S:G)	水セメント比 %	スランプ (cm)	実験時シリンダー強度											
				圧縮 (kg/cm ²)						引張 (kg/cm ²)					
200	1:2.4:3.18	67	20	229	294	268	—	—	—	20.9	27.1	26.0	—	—	—
300	1:1.76:2.74	51	15~10	387	—	—	—	—	—	29.1	—	—	—	—	—
400	1:1.38:2.29	37.5	10~5	426	415	392	445	444	444	37.4	35.7	36.7	33.1	37.1	37.4
500	1:1.06:1.96	32	5~2.5	462	—	—	—	—	—	35.7	—	—	—	—	—
実験番号				I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI

率 2.9 のものを、また砂利は野州川産、最大粒径 25 mm、粗粒率 7.12 のものを用いた。セメントは、宇部普通ポルトランドセメントで、強度は材令 28 日で、圧縮 39.6 kg/cm²、曲げ 71.1 kg/cm² であった。

(4) 実験方法

供試体は、材令 27~28 日で試験を行なった。使用した試験機は、アムスラー型 200 t 圧縮試験機である。

供試体は、製作時鉄製仕切り板に面した側面を上下面として、その下部を試験機下部伝達面におき、供試体の上部と試験機上部伝達面との間に、厚さ 20 mm の仕上げ鋼板よりなる載荷板を置いて、載荷面積を変えて試験

を行なった。載荷板の面積は表-1 に示したとおりである。各 Series とも、一様の載荷板について、3 個の供試体の試験を行なった。

(5) 実験結果と考察

a) 2次元載荷の場合

① 破壊荷重およびひびわれ荷重：各 Series において同一載荷面積で試験を行なった 3 個の供試体の破壊荷重および、ひびわれ荷重の平均値をとり、これを P として、表-3 に一括して示す。表-3 より、 P/A および P/A' を求め、これと A'/A との関係を図示すると、図-2, 3 のようである。

表-3 2次元載荷実験結果

実験 Series	載荷板巾 a' (cm)	$\frac{A}{A'}$	荷 重 P (t)		実験 Series	載荷板巾 a' (cm)	$\frac{A}{A'}$	荷 重 P (t)	
			ひびわれ	破 壊				ひびわれ	破 壊
I ₂₀₀	1	25	16.3	17.0	I ₃₀₀	1	25	17.5	21.3
	2.5	10	20.5	20.9		2.5	10	26.3	27.9
	5	5	29.5	30.5		5	5	40.5	43.7
	7.5	3.33	35.3	37.3		7.5	3.33	48.1	54.1
	10	2.5	40.8	46.9		10	2.5	52.8	58.8
	15	1.665	58.3	66.4		15	1.665	71.3	89.2
	20	1.25	78.0	82.3		20	1.25	90.7	115.0
	25	1.0	90.8	95.5	25	1.0	116.5	125.5	
I ₄₀₀	1	25	26.7	28.1	I ₅₀₀	1	25	30.4	30.4
	2.5	10	32.0	35.1		2.5	10	34.5	36.1
	5	5	46.5	52.0		5	5	45.0	55.0
	7.5	3.33	48.7	61.3		7.5	3.33	50.0	66.5
	10	2.5	59.0	71.1		10	2.5	68.5	77.7
	15	1.665	83.5	91.7		15	1.665	85.0	87.3
	20	1.25	115.0	119.3		20	1.25	108.3	114.0
	25	1.00	140.3	142.2	25	1.00	137.5	139.7	
II ₂₀₀	1	25	16.8	17.2	II ₄₀₀	1	25	20.0	27.6
	2.5	10	22.7	24.0		2.5	10	27.7	37.6
	5	5	24.0	27.7		5	5	41.7	57.6
	7.5	3.33	40.0	49.2		7.5	3.33	52.7	70.7
	10	2.5	42.7	53.1		10	2.5	62.7	85.5
	15	1.665	53.0	68.4		15	1.665	67.7	105.1
	20	1.25	69.0	76.4		20	1.25	93.7	129.2
	25	1.00	89.3	95.0	25	1.00	126.3	146.7	
III ₂₀₀	1	25	11.3	17.4	III ₄₀₀	1	25	22.5	28.5
	2.5	10	18.7	29.2		2.5	10	33.2	42.9
	5	5	38.0	47.6		5	5	51.3	72.2
	7.5	3.33	57.3	62.9		7.5	3.33	72.3	91.6
	10	2.5	58.7	71.1		10	2.5	67.7	108.7
	15	1.665	71.0	91.5		15	1.665	95.3	147.7
	20	1.25	86.2	104.8		20	1.25	111.7	182.0
	25	1.00	114.0	128.0	25	1.00	139.0	195.0	

② 実験式の誘導：図-2, 3 における破壊荷重について、全面載荷の場合の支圧強度 $K=P/A$ 、および局部載荷の場合の支圧強度 $K'=P/A'$ を求め、 K'/K と A/A'

との関係を対数方眼紙上に図示すると、図-4, 5 のようである。図-4, 5 における K'/K と A/A' の関係はほぼ、直線と考えることができるから、両者の間には一

図-2

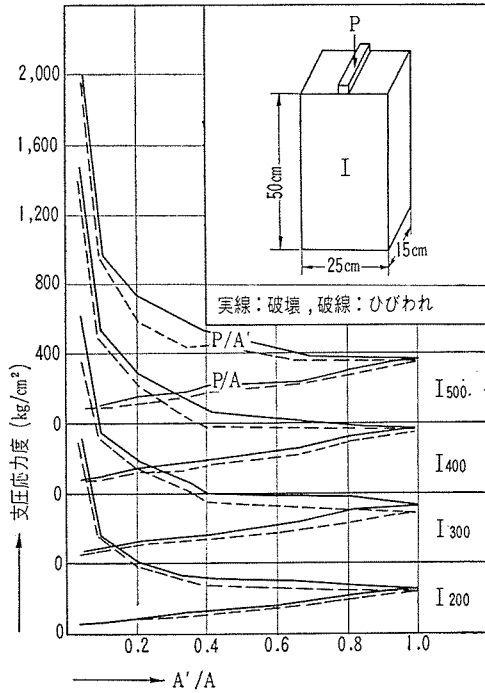


図-3

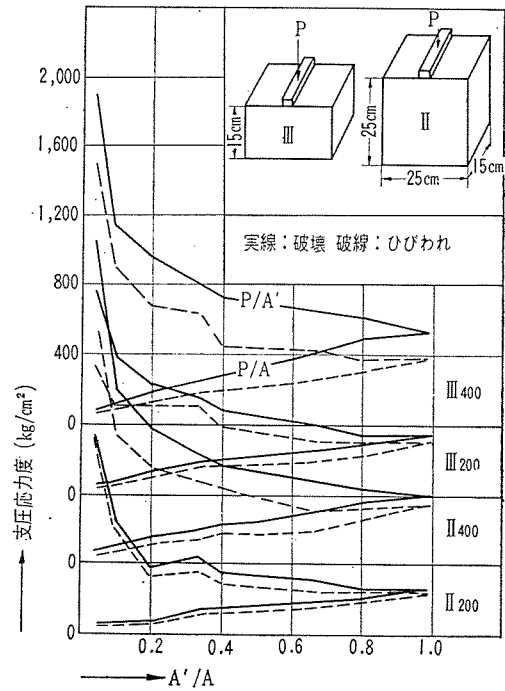


図-4

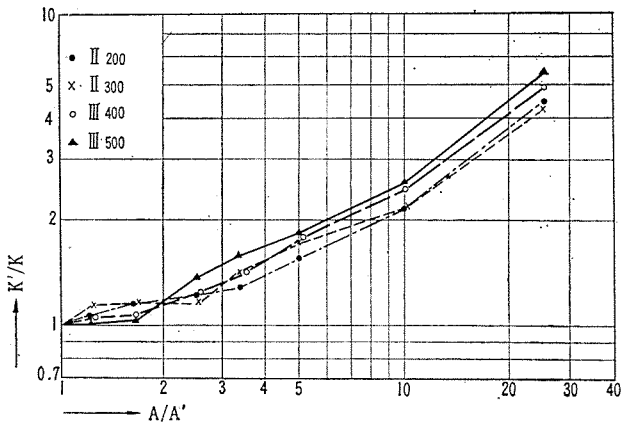
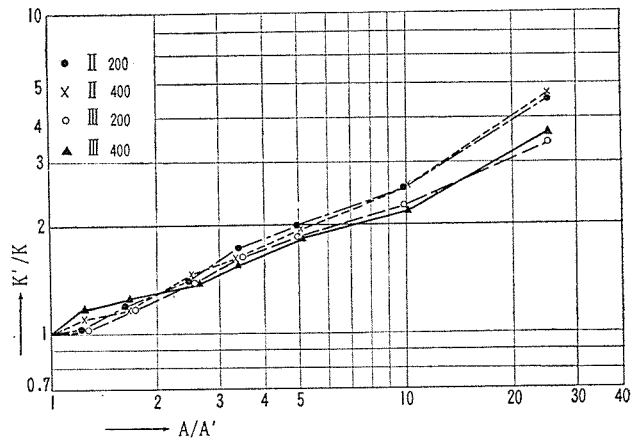


図-5



般に次式が成立する。

$$K'/K = \beta \sqrt{A/A'} \quad \dots\dots\dots (17)$$

また、全面載荷の場合の支圧強度 K は、シリンダー圧縮強度 σ_c により次式で与えられる。

$$K = \alpha \sigma_c \quad \dots\dots\dots (18)$$

したがって、(17) 式は次のようになる。

$$K' = \beta K \sqrt{A/A'} = \alpha \beta \sigma_c \sqrt{A/A'} \quad \dots\dots\dots (19)$$

ところが、(19) 式は $A/A'=1$ のとき $K'/K=1$ という条件を満足しない。そこで (17) 式の代りに、

$$K'/K = \sqrt[n]{A/A'} \quad \dots\dots\dots (20)$$

が考えられる。しかし、図-4, 5 の実験値の分布から考えて、 $A/A'=1$ のときに $K'/K=1$ とならぬ不都合はあるが、実験式としては (19) 式を採用するのがよいと思われる。そこで実験結果より、各 Series について最小自乗法により、 n, β を、また表-2 に示したシリンダー圧縮強度を用いて α を求めると、表-4 のようになる。

表-4 には、前述の一木および伊藤氏の実験結果より導いた値も記した。

③ コンクリート強度の影響：配合 200 の Series を基準にとり、 K'/K の値について、他の Series の基準 Series に対する比を求めると、図-6 のようになる。これより、 K'/K は、コンクリート配合により、かなりばらつくことがわかる。しかし、 K'/K とコンクリート配合の間には、一定の法則は見出せない。そこでコンクリート配合に関係なく実験式を求めると、次のようになる。

$$\text{実験 I} \quad K' = 0.89 K \sqrt[2.13]{A/A'} = 0.82 \sigma_c \sqrt[2.13]{A/A'} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$\text{実験 II} \quad K' = 0.95 K \sqrt[2.14]{A/A'} = 0.86 \sigma_c \sqrt[2.14]{A/A'} \quad \dots\dots\dots (21)$$

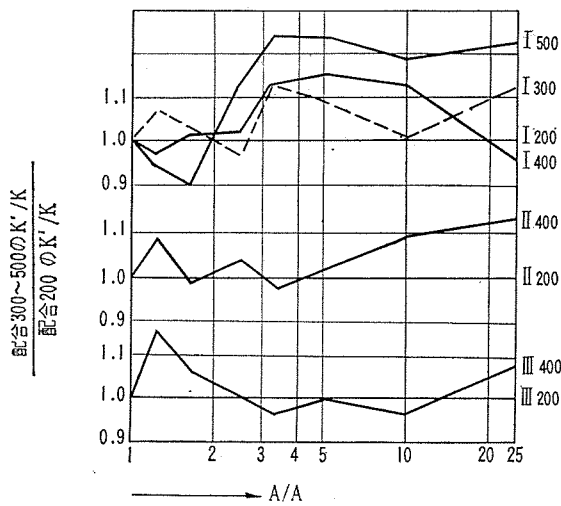
$$\text{実験 III} \quad K' = 1.00 K \sqrt[2.63]{A/A'} = 1.30 \sigma_c \sqrt[2.63]{A/A'} \quad \dots\dots\dots (22)$$

表-4 2次元載荷の場合の実験式係数

実験 Series	シリンダー圧縮強度 σ_c (kg/cm ²)	全面載荷支圧強度 K (kg/cm ²)	実験式係数				供試体寸法		
			α (K/σ_c)	β	$\alpha\beta$	n	$a \times b \times h$ (cm)	$\frac{h}{a}$	$\frac{b}{a}$
I ₂₀₀	229	255	1.13	0.89	1.01	2.29	25×15×50	2.0	0.6
I ₂₀₀	387	335	0.86	0.93	0.80	2.35			
I ₂₀₀	426	379	0.89	0.86	0.77	2.03			
I ₅₀₀	462	372	0.81	0.87	0.70	1.91			
II ₂₀₀	294	253	0.86	0.94	0.81	2.14	25×15×25	1.0	0.6
II ₄₀₀	415	291	0.94	0.97	0.91	2.15			
III ₂₀₀	268	341	1.27	0.98	1.24	2.60	25×15×15	0.6	0.6
III ₄₀₀	392	520	1.33	1.02	1.36	2.67			
伊藤氏実験	315	327	1.04	1.01	1.05	2.50	25×25×25	1.0	1.0
	382	406	1.06	1.06	1.12	2.97			
	447	479	1.07	1.00	1.07	2.74			
	315	349	1.11	1.03	1.14	2.84			
一木氏実験	280	376	1.43	0.90	1.29	2.16	30×30×36	1.2	1.0

で、 h/a の異なる他の実験番号の Series の基準 Series に対する比を求めると、図-7 のようになる。コンクリート配合に無関係に求めた実験式では、実験 I および II がほぼ同じ式になるのに対して、実験 III はいちじるしく異なる実験式を与える。これは、局部荷重の影響が消滅してほぼ一様な応力分布となる限界が、ほぼ $h/a=1.0$ であることから考えると、妥当な結果であると思われる。したがって、 h/a に無関係に実験式を導くことは不合理であり、少なくとも $h/a \geq 1$ および $a/h \leq 1$ の場合に分けて考えるべきである。このようにして実験式を求めると次のようになる。

図-6



$a/h \geq 1$ の場合

$$K' = 0.89 K^{2.13} / \sqrt{A/A'} = 0.84 \sigma_c^{2.13} / \sqrt{A/A'} \dots (23)$$

$a/h = 0.6$ の場合

$$K' = 1.0 K^{2.64} / \sqrt{A/A'} = 1.30 \sigma_c^{2.64} / \sqrt{A/A'} \dots (24)$$

b) 3次元載荷の場合

① 破壊荷重およびひびわれ荷重：各 Series について、同一載荷面積で試験を行なった3個の供試体の破壊荷重および、ひびわれ荷重の平均値をとり、これを P とし、表-5 に一括して示す。表-5 より、 P/A および P/A' を求め、これと A'/A との関係を図示すると図-8 のようである。また、 $A'/A = \text{const}$ である実験 VI の結果は表-5 に示したとおりである。

図-7

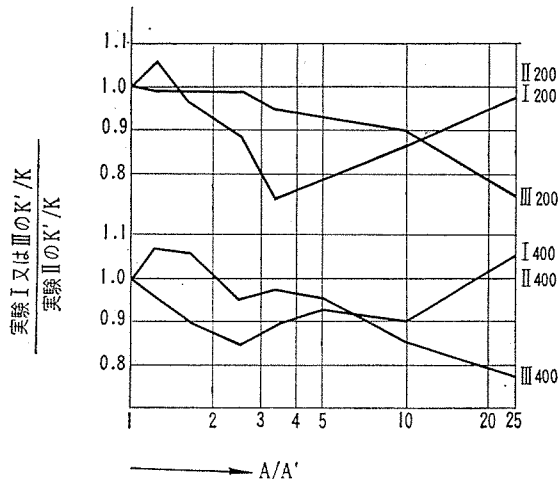
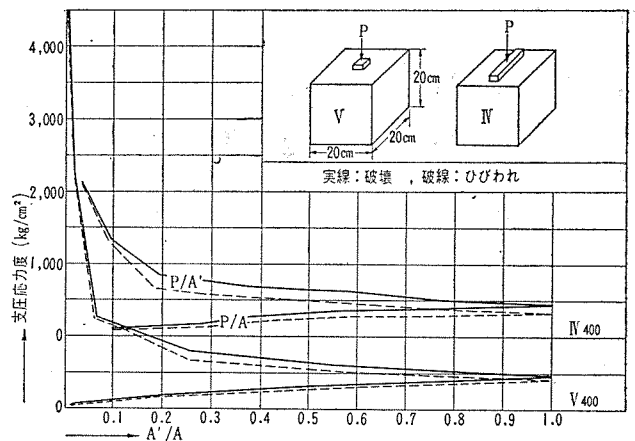


図-8



④ 供試体寸法の影響： $h/a=1.0$ である実験 II の Series を基準にとり、 K'/K の値について、これと同一配合

② 実験式の誘導：図-8 における破壊荷重について、全面載荷の場合の支圧強度 $K=P/A$ および局部載荷の場合の支圧強度 $K'=P/A'$ を求め、 K'/K と A'/A との関係を対数方眼紙上に図示すると、図-9 のよう

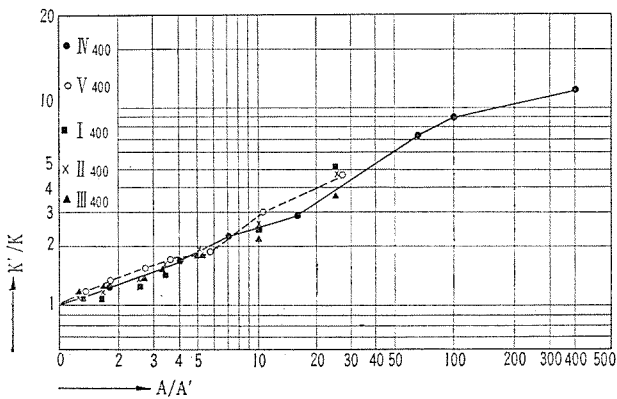
表一5 3次元載荷実験結果 I (実験 IV および実験 V)

実験 Series	載荷板面積 $A'=a' \times b'$	$\frac{A}{A'}$	荷 重 P (t)		実験 Series	載荷板面積 $A'=a' \times b'$	$\frac{A}{A'}$	荷 重 P (t)	
			ひびわれ	破 壊				ひびわれ	破 壊
IV ₄₀₀	15×1	26.67	31.5	31.8	V ₄₀₀	1×1	400	5.2	5.6
	15×2.5	10.67	47.5	49.8		2×2	100	16.3	16.3
	15×5	5.33	48	64.3		2.5×2.5	64	20.9	20.9
	15×7.5	3.56	63	86.1		5×5	16	32.8	33.0
	15×10	2.67	82	105.2		7.5×7.5	7.11	58.7	60.2
	15×15	1.78	107	138.3		10×10	4	67.7	79.5
	15×20	1.33	115.5	158.5		15×15	1.78	114.7	133.7
	20×20	1.00	—	180.3		20×20	1.00	162.0	183.0

表一6 3次元載荷実験結果 II (実験 VI)

A' ($a' \times b'$)	$\frac{A}{A'}$	荷 重 P (t)		$\frac{P}{A}$ (kg/cm ²)		$\frac{P}{A'}$ (kg/cm ²)	
		ひびわれ	破 壊	ひびわれ	破 壊	ひびわれ	破 壊
20×5	4	58	78.4	145	196	580	784
13×7.5	4	64.5	78.2	162	196	645	782
10×10	4	58	77.3	146	193	580	773

図一9



ある。ここでも K'/K と A/A' との関係は、ほぼ直線と見なすことができるから、2次元載荷の場合と同様にして、(19) 式の係数を求めると表一7のとおりである。

③ 載荷状態の影響：3次元載荷の場合には、点載荷の場合も帯載荷の場合もほぼ同じ実験式となる。したがって載荷状態に関係なく実験式を求めると次のようになる。

$$K' = 1.05 K^{2.21} \sqrt{A/A'} = 1.09 \sigma_c^{2.21} \sqrt{A/A'} \quad \dots\dots\dots(25)$$

これを2次元載荷の場合の実験式で $h/a \geq 1.0$ のときの(23)式と比較すると、 α および β の値は少しく異なるが、 n はほぼ同じ値となる。 α の値は、明らかに供試体の形状寸法の影響を受けるが、 β の値も表一3および表一7を通覧すると、供試体の形状寸法の影響がいちじるしい。本実験では、2次元載荷試験の場合と3次元載荷試験の場合では、供試体の支承面の形状 b/a が異なることから考えると、同一供試体の場合であれば、2次元載荷の場合も3次元載荷の場合も、ほぼ等しい支圧強度を与えるのではないかと推察される。 $A/A' = \text{const}$ として載荷板の形状を変えて試験をした実験VIの結果は、このことを確認している。

(6) 許容支圧応力度に対する検討

著者の実験結果より

2次元載荷の場合に対して、

$$b/a = 0.6 \begin{cases} h/a \geq 1 \text{ のとき} \\ K' = 0.89 K^{2.13} \sqrt{A/A'} \\ = 0.84 \sigma_c^{2.13} \sqrt{A/A'} \quad \dots\dots\dots(26) \\ h/a \leq 1 \text{ のとき} \\ K' = 1.0 K^{2.64} \sqrt{A/A'} \\ = 1.30 \sigma_c^{2.64} \sqrt{A/A'} \quad \dots\dots\dots(27) \end{cases}$$

3次元載荷の場合に対して

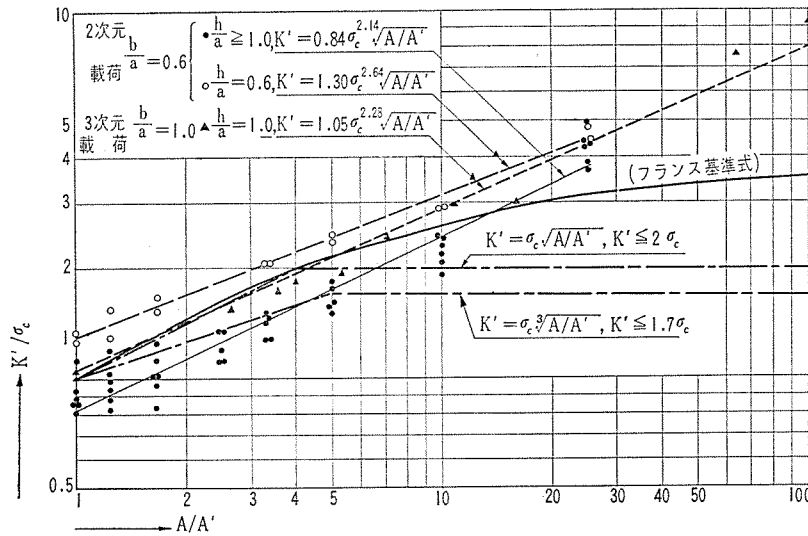
$$b/a = 1.0, h/a = 1.0 \text{ のとき} \\ K' = 1.05 K^{2.21} \sqrt{A/A'} = 1.09 \sigma_c^{2.21} \sqrt{A/A'} \quad \dots\dots\dots(28)$$

なる関係式を得たが、これを諸規定の式と比較すれば 図

表一7 3次元載荷の場合の実験式係数

実験 Series	シリンダー圧縮強度 σ_c (kg/cm ²)	全面載荷支圧強度 K (kg/cm ²)	実験式係数				供試体寸法		
			α (K/σ_c)	β	$\alpha\beta$	n	$a \times b \times h$	$\frac{h}{a}$	$\frac{b}{a}$
IV ₄₀₀	445	451	1.02	1.03	1.05	2.32	20×20×20	1.0	1.0
V ₄₀₀	444	457	1.05	1.07	1.12	2.10		1.0	1.0
伊藤氏実験	342	370	1.13	0.98	1.11	2.23	25×25×25	1.0	1.0
一木氏実験	156	298	1.62	0.86	1.39	1.86	30×30×36	1.2	1.0

図-10



—10 のとおりである。これより、 h/a の値に関係なく許容支圧応力度を定めるのはきわめて不合理であることがわかる。著者は、許容支圧応力度は、載荷状態に関係なく

$$h/a \geq 1 \text{ の場合 } \sigma_{ca'} = \alpha \sigma_{ca} \sqrt[2.5]{A/A'} \dots\dots\dots(29)$$

$$h/a \leq 1 \text{ の場合 } \sigma_{ca'} = \alpha \sigma_{ca} \sqrt[3]{A/A'} \dots\dots\dots(30)$$

が適当であると考え。ただし適用範囲は $A/A' = 20$ までとする。 $\alpha = K/\sigma_c$ の値は、Gonnerman⁶⁾、坂⁷⁾、および Gyengo 氏などによる実験結果をもとにして定めることができる。

5. む す び

局部荷重を受けるコンクリートの支圧強度に関して、

部材寸法、コンクリート配合および載荷状態などの影響を調べるために実験を行った結果、次のようなことが明らかになった。

1) 支圧強度はコンクリート配合によりかなりばらつくが、両者の間に一定の法則は成立しない。

2) 載荷状態は支圧強度に大きな影響は与えない。許容支圧応力度は、載荷状態に関係なく与えることができる。

3) 部材寸法が支圧強度に与える影響はいちじるしく、特に h/a の影響は顕著である。許容支圧応力度を、 h/a に無関係に与えることは不合理であり、著者は、許容支圧応力度は次式により定める

のが適当であると考え。

$$h/a \geq 1 \text{ の場合 } \sigma_{ca'} = \alpha \sigma_{ca} \sqrt[2.5]{A/A'}$$

$$h/a \leq 1 \text{ の場合 } \sigma_{ca'} = \alpha \sigma_{ca} \sqrt[3]{A/A'}$$

ただし、 $\alpha = K/\sigma_c$ 、また、適用の限界は $A/A' = 20$ までとする。

参 考 文 献

- 1) 児玉武三・他一名：セメント技術年報，XII，昭33。
- 2) 一木保夫：土木試験所報告，第60号，昭16.3。
- 3) 伊藤茂富：セメントコンクリート，No. 123，1957.5。
- 4) H.P. Spieth：Beton und Stahlbetonbau，1961，11。
- 5) W. Shelson：Journal of ACI，No. 5，Vol. 54，1957，11。
- 6) H.P. Connerman：Proc. of ASTM，1925。
- 7) 坂 静雄：鉄筋コンクリート学教程，産業図書，昭35。
- 8) T. Gyengo：Journal of ACI，1938。

1963.6.28・受付

「PC 設計施工資料」欄の御利用について

会員各位の御便宜をはかるため協会誌巻末に「PC 設計施工資料」欄を常置し、好評を博しております。より多くのデータを効果的に紹介したいので会社、団体の御利用をお待ちしています。なお、本欄についての御問い合わせは事務局に御願いたします。

1. 対 象：PC 関係の材料、工法、機器
2. 内容・体裁：製品、工法等の特徴、性能、規格、使用法、等を一件あたり会誌2ページ分にまとめて掲載する。用紙は厚紙を用いて切離して利用しうようにする。
3. 内容の検討：提供先において十分検討されたものを編集委員会でチェックし内容の客観性を確保する。