

九州大学 工学部 正員 徳光善治
 “ “ 学生員 松下博通

1. まえがき

コンクリートの強度は、一軸圧縮強度を基準として決定されている。この強度基準は、単純応力を受ける部材の設計に対しは妥当であるが、実際の構造物では、単純応力を受ける場合は希であり、その応力状態は複雑となり、この強度基準では不合理である。したがって、組合せ応力を受ける場合の強度基準などのように決定すべきであることを調べるため、圧縮領域における三軸圧縮試験を行なったので、ここにその概要と報告する。

2. 試験概要

試験供試体は $\phi 10 \times 20$ cm 普通コンクリート供試体であり、コンクリートの配合は表-1に示す4種類とした。三軸圧縮試験機は、図-1に示すものであり、主応力表示 ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) における $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ の条件下の破壊試験を行なうことができる。試験は、側圧力 $\pm 50 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ に変化させたときの破壊時の最大応力 σ_1 を測定することにし、軸圧力の載荷速度は $3 \text{ kg/cm}^2/\text{sec}$ とした。試験時のコンクリートの材令は、7日および28日とし、コンクリートの配合の影響のほかに、材令による影響があるかも検討した。

3. 試験結果および考察

試験結果を表-2に示す。側圧力によって、破壊時の軸方向圧力は著しく増大し、その増加割合はコンクリートの配合強度や試験材令に關係なく、コンクリートの一軸圧縮強度 σ_c に対して、 $\sigma_1/\sigma_c = f(\sigma_3/\sigma_c)$ なる関係が成立するようである。図-2に σ_1/σ_c と σ_3/σ_c の関係とプロットして示した。両者の関係は、直線式よりむしろ曲線式で示すほうがよいようであり、2次放物線式あるいは指数関数式を仮定して、最小2乗法により求めると

表-1 コンクリートの配合およびスランプ値

配合の種類	配合強度 σ_c (kg/cm ²)	スランプの 範囲 (cm)	水・セメント 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				打設時の スランプ (cm)
					セメント C	水 W	細骨材 S	粗骨材 G	
I	450	4±1	41	45	460	189	765	1080	2.2
II	350	4±1	50	45	380	190	796	1118	5.2
III	250	4±1	63	45	300	189	824	1162	2.6
IV	150	4±1	89	45	220	196	845	1192	3.1

表-2 三軸圧縮試験結果

配合の種類	試験材令 (日)	圧 強 度 (kg/cm ²)							
		圧 力 (kg/cm ²)							
		0	25	50	100	150	200	250	300
I	7 28	359 427		628	797 764	797 1030	992 1134		1440
II	28	317		511	693	869	1063	1232	1472
III	28	231		479	629	759	889		
IV	7 28	74 136	123	272 363	390 467	526 623	779		

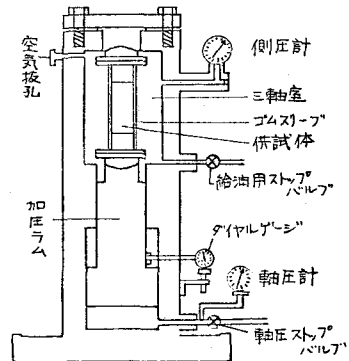


図-1 三軸圧縮試験機

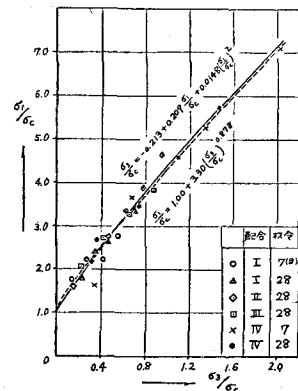


図-2 σ_1/σ_c と σ_3/σ_c の関係

$$\sigma_3/\sigma_c = -0.213 + 0.209 \sigma_1/\sigma_c + 0.0148(\sigma_1/\sigma_c)^2$$

あるいは

$$\sigma_1/\sigma_c = 1.00 + 3.30 (\sigma_3/\sigma_c)^{0.878} \dots (2)$$

この両式の関係を図-2に示したバ、実験結果とよく一致しており、また(1)式と(2)式も近似している。

破壊条件として Mohr の破壊説について検討してみる。Mohr の破壊説は、 σ , τ を、それぞれ考える面に働らく直応力とせん断応力とすると、

$f(\sigma, \tau) = \text{一定}$ で示される。本実験では、 σ_1 と σ_3 が直線関係にはないため、破壊線

である Mohr の包絡線も曲線式で示されるが適当であり、また、 σ_1 と σ_3 の関係が、 σ_c でそれぞれを除くことにより、無次元表示した関係が、実験値とよく一致したことから、実験定数 a , b, c を用いて $\sigma/\sigma_c = a + b(\tau/\sigma_c)^c$ で示さ

れよう。Mohr の応力円の式より、両辺を σ_c で除し、 σ_1/σ_c と σ_3/σ_c で偏微分し、 σ/σ_c で示すことにより、図-3の σ/σ_c が導かれる。同様にして、 τ/σ_c , $\tan \phi$ の式も導き、図-3に示す。

σ/σ_c と τ/σ_c の関係は、 σ_1/σ_c と σ_3/σ_c の関係が求まるまでので、その関係式は求められるものであるが、非常に面倒な式となるので、 σ_1/σ_c を 0.5 ~ 7.0 まで 0.5 ずつ変化させたときの σ_3/σ_c と、また $\tan \phi$ の値をそれぞれ(1)式を用いて算出し、その値より最小2乗法によって、両者の関係式を求めた。求めた Mohr の包絡線の実験式は次式の通りである。(図-4)

$\sigma/\sigma_c = -0.203 + 1.266 (\tau/\sigma_c)^{1.27}$

また、摩擦角 ϕ あるいは摩擦係数 $\tan \phi$ は、(1)式を用いて、図-3中の $\tan \phi$ の式によって算出される。側圧力によって、破壊時の軸方向圧力が増大するが、この軸方向圧力と一軸圧縮強度との比と摩擦角、 ϕ と $\tan \phi$ と縦軸によって両者の関係を図-5に示す。包絡線の接線角が減少していく傾向が明らである。

(終りに、本実験に際し、九州大学工学部土木実験室の方々ならびに生産科学研究所の方々に援助と受けました。御礼申し上げます。)

参考文献 B. Brestler and K.S. Pieter: "Failure of Plain Concrete under Combined Stresses" Proc. of ASCE Vol. 81

伊藤茂彦, 他: "鋼筋コンクリートにおけるコンクリートの強度について" 建設省土木研究所報告 100号(昭和33年8月)

図-3 Mohr の破壊説の式より導かれる関係式

図-4 Mohr の破壊包絡線の実験式

図-5 σ_1/σ_c の変化による ϕ と $\tan \phi$ の変化

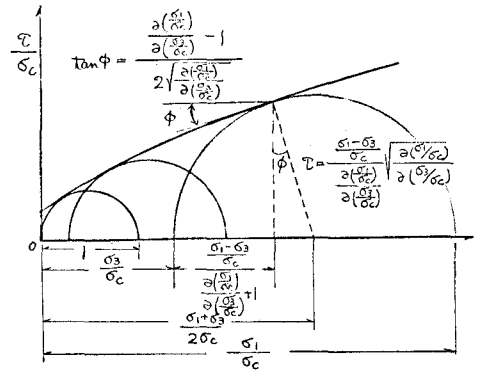


図-3

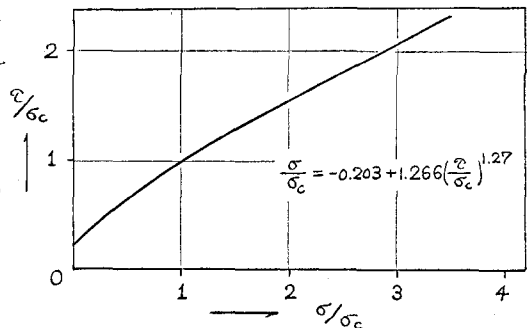


図-4. Mohr の破壊包絡線の実験式

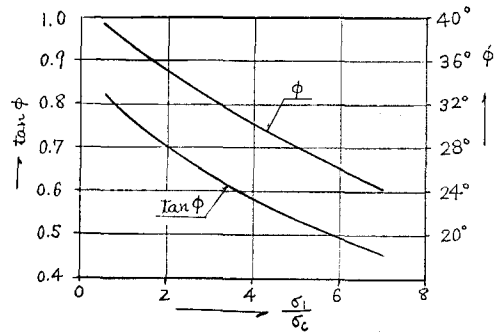


図-5 σ_1/σ_c の変化による ϕ と $\tan \phi$ の変化

また、摩擦角 ϕ あるいは摩擦係数 $\tan \phi$ は、(1)式を用いて、図-3中の $\tan \phi$ の式によって算出される。側圧力によって、破壊時の軸方向圧力が増大するが、この軸方向圧力と一軸圧縮強度との比と摩擦角、 ϕ と $\tan \phi$ と縦軸によって両者の関係を図-5に示す。包絡線の接線角が減少していく傾向が明らである。(終りに、本実験に際し、九州大学工学部土木実験室の方々ならびに生産科学研究所の方々に援助と受けました。御礼申し上げます。)

参考文献 B. Brestler and K.S. Pieter: "Failure of Plain Concrete under Combined Stresses" Proc. of ASCE Vol. 81

伊藤茂彦, 他: "鋼筋コンクリートにおけるコンクリートの強度について" 建設省土木研究所報告 100号(昭和33年8月)