

長崎大学 ○正会員 原田哲夫
九州工業大学 正会員 渡辺 明

1. まえがき

静的破砕剤を用いて岩石破砕やコンクリート構造物の解体工事を行なう際、現場では被破砕体強度とボーリング孔径と間数として、孔間隔が決定できるような実用式が必要となる。このためには破壊時内圧、破壊機構等と十分把握する必要がある。本報は、上記の事項を明らかにするために、1円孔と有するコンクリートおよびモルタル供試体を用い、内圧破壊実験を行なったので、その結果について報告する。

2. 実験概要

破砕剤を用いず内圧と作用させるには、油圧、水圧、ガス圧等が考えられるが、図-1に示すようにコンクリート(モルタル)円筒中心部に金属棒と埋め込み、その両端に圧縮荷重をかけることより内圧を発生させた。これはひびわれ開口後も、強制的に圧力、変形を与え、他の部分にもひびわれが発生、破壊させる破砕剤を用いた場合の破壊性状に近似できるようにためである。以上を「ポアソン効果による破壊」と称する。金属棒にはφ22~φ30mmの軟鋼とアルミニウムを用い、中央表面円周方向に歪ゲージとス枚貼付し、破壊時の歪等測定した。表面および端面には旋盤加工を施し、付着の影響を極力なくするために、グリースと薄く塗布してある。またφ22mmの円孔と有する中空円筒供試体も作製し、破砕剤による試験も行なった。いずれも供試体外径はφ5,10およびφ15cmとし、コンクリート側面円周方向の歪も測定した。

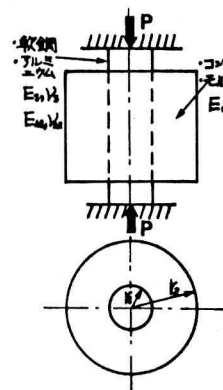


図-1 ポアソン効果載荷略図

3. 実験結果および考察

i) 破壊性状 写真-1 a), b)はそれぞれ破砕剤、ポアソン効果による破壊性状の1例と示したものである。破壊はまず、写真の①に示すようなひびわれが瞬時的に半径方向に入り、しかる後、他の箇所にもひびわれが入る。この場合、両者ともひびわれは全体で3~4方向に生じ、多くは120°を形成する傾向にある。なお、①の様なひびわれが生じた時点で「破壊」とした。

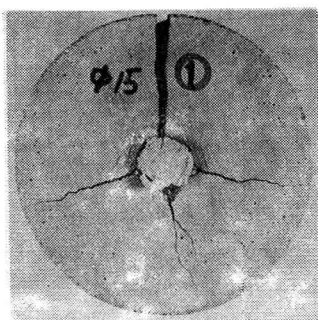
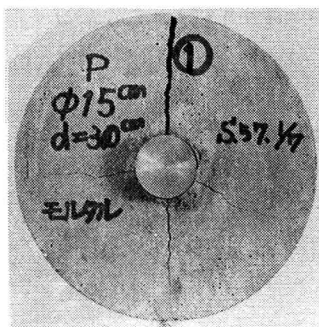


写真-1

a) 破砕剤使用ひびわれ状況



b) ポアソン効果によるひびわれ状況

ii) 破壊時内圧および円周ひずみ

表-1に破砕剤による破壊内圧を示す。これは図-2に示す圧力~拘束度のグラフより求めた値である。表-3はポアソン効果による破壊実験結果である。破壊内圧 P_u は、厚肉円筒理論より

$$P_u = \frac{P}{\pi r^2} \frac{V_s (k_0^2 - 1)}{2[k_0^2 + 1 + 4k_0(1 + \nu_s) + (1 - \nu_s)(k_0^2 - 1)]} \quad \dots (1)$$

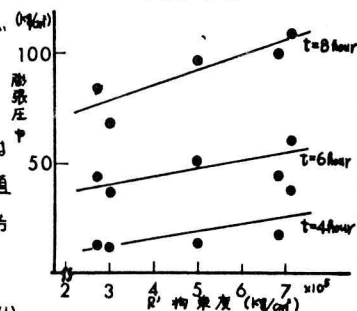


図-2 膨張圧と拘束度の関係

表-1 破砕剤による破壊内圧

	φ7.5	φ10	φ15
I	—	85.0	117.5
II	56.7	77.5	80.0
III	90.0	105.0	120.0

(3~4個の平均値) (kgf/cm²)

として計算した。た

だし、 $n = E_s/E_c$ 、 $k = \frac{r_0}{r_i}$

であり、 $E_s = 2.1 \times 10^4$ (kg/cm²)

$\nu_s = 0.3$; $E_c = 0.7 \times 10^4$ (kg/cm²)

$\nu_c = 0.33$; コンクリート

の諸定数は表-2の

値を用いた。次に、

この p_u と σ_c に描い

たのが図-3である。

一方、佐藤⁽³¹⁾によ

れば、脆性材料の破

壊には2種類の形式

があり、図-3 (I), (II)

はその限界を示える

曲線である。従って

すべての材料の内圧

破壊は、この2曲線

で囲まれる領域内に存在し、

「延性」の影響が大きくなれば曲

線(I)に、より「脆性的」になれば曲線(II)に

近づく。コンクリート

およびモルタルの場合、ほぼ曲線(II)に近づくと考え

られるが、本実験結果では違っている。これは表-3より、

破壊時内周歪は約 400×10^{-6} と、コンクリート内周はすでに

塑性化していると考えられ、式(1)では破壊内圧を過大評価

しているためと思われる。なお、破壊時コンクリート外周

歪と内周歪より歪分布を求めてみると、塑性化領域は内周

の近傍だけと推察される。

iii) 内圧破壊機構 写真-1に示すひびわれ形状からみて、

最初に入るひびわれは内周応力によるものであり、その後120°を形成する様に入るひびわれは、内圧により

生じた曲げモーメントによるものと考えられる。

さて、多くの場合ひびわれは120°方向を形成する傾向にあることの理由については、次の様な事が考えられる。

a) 1方向にひびわれが入った後、120°、240°方向の曲げモーメントが最大となる様な圧力分布に変化するため。

b) 1方向にひびわれが入った時点で、微視的にはすでに方向の定まったひびわれが、特に120°、240°方向に存

在し、内圧により生じる曲げで開口する。

c) 曲げモーメントが作用すれば、 σ_θ 以外に σ_r も存在するが、これらの応力の最大主応力方向である。

実際には、上記以外にも種々の要因が複合的に入ってくる確率論的なものとなる。

4. あとがき

本報では、1円孔の場合の破壊の取扱ったが、もう少し詳しく調べる必要があり、今後、2円孔の破壊機構

と併せて検討してゆくつもりである。最後に、有益な御助言を賜った九州工大 出光 隆 先生をはじめ、実

験に御協力戴いた長崎大 構造工学科学生 佐藤孝博、中嶋義雄両君に深謝致します。

【参考文献】⁽³¹⁾ 佐藤他2名「せい性材料からなる円筒の内圧破壊に及ぼす延性の影響」機械学会論集(A編) 昭54-3

表-2 コンクリートの諸性質

	圧縮強度	引張強度	引張係数	ポアソン比
I	222	14.5	2.45×10^{-5}	0.18
II	342	14.0	2.40×10^{-5}	0.19
III	316	17.9	2.48×10^{-5}	0.22
IV	365	17.6	2.56×10^{-5}	0.20

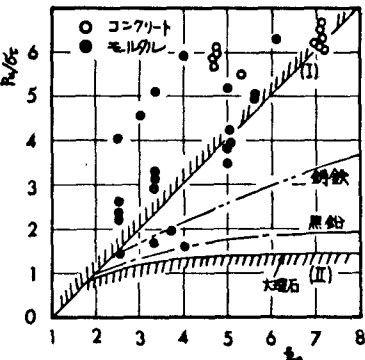


図-3 p_u と内外径比 k の関係

表-3 ポアソン効果 実験結果

			材料 寸法	外径 (f)	高さ (h)	k_0 (r_1/r_2)	破壊時 P (ton)	破壊時 σ_{θ} (kg/cm ²)	$\sigma_{\theta max}$	(ϵ_{θ}) ₁	(ϵ_{θ}) ₂								
コン クリ ート	I	軟 鋼		7	10	7	4.74	11.20	82.8	90.5	—	—							
							4.70	11.33	83.6	91.5	—	—							
							4.85	10.90	76.3	83.1	585	11							
							4.74	11.90	87.9	96.1	439	11							
							4.74	11.70	86.5	94.6	—	—							
							4.74	11.68	86.3	94.3	—	—							
							4.72	11.60	84.9	92.9	416	11							
							4.74	11.60	86.1	94.1	379	23							
							7.14	11.75	91.2	94.8	—	—							
							7.11	12.25	94.2	98.0	—	—							
							7.21	11.10	84.8	88.1	337	13							
							7.11	11.33	88.4	92.0	408	7							
				15	10	7	7.11	12.60	96.9	100.8	—	—							
							7.11	12.35	95.0	98.8	—	—							
							7.11	12.20	93.8	97.6	361	7							
							7.01	11.93	89.5	93.2	396	9							
										7.5	7	10	2.50	19.50	57.3	79.1	—	—	
													2.50	20.00	58.8	81.2	—	130	
													3.00	14.20	65.3	81.6	—	119	
													3.33	21.60	71.4	87.1	—	55	
													3.33	21.90	72.3	88.2	—	—	
													4.00	16.00	83.6	94.7	—	92	
													5.00	20.00	71.7	77.7	—	21	
													6.00	16.80	88.4	93.5	—	29	
5.00	20.55	73.7	79.8	—	—														
				15	7	10							2.50	4.40	39.6	54.7	—	—	
													2.50	5.16	46.5	64.2	391	45	
													2.50	4.60	41.4	57.2	339	—	
							3.33	5.15	51.5	62.8	—	78							
							3.33	5.50	55.0	67.1	335	1							
							3.33	5.89	58.9	71.9	442	45							
							5.00	6.60	70.9	76.8	—	32							
							5.00	5.80	62.3	67.5	441	27							
							5.00	6.35	68.2	73.9	—	8							
											7.5	7	10	2.50	2.60	24.3	33.6	213	35
														3.70	2.62	34.5	39.9	—	29
														3.70	2.60	34.2	39.6	—	—
3.33	2.80	29.1	35.5	160	8														
5.60	6.23	87.0	92.7	533	27														
5.57	6.40	89.4	95.4	—	20														
5.04	6.65	74.5	80.6	241	9														
5.02	7.80	87.2	94.4	—	59														

($\epsilon_{\theta max}$: 内周最大歪力, (ϵ_{θ}): 破壊時内周最大歪, (ϵ_{θ}): 破壊時外周最大歪 ($\times 10^{-6}$))