

# 治山用コンクリートの圧縮破壊靱性の決定

林業試験場九州支場 陶山正憲

## 1. 材料強度のパラメータと破壊靱性試験の意義

治山用構造材料としては、現在コンクリートが最も多く使用されている。コンクリートは材質的に空隙や微小き裂のような、き裂または力学的なき裂と等価な潜在性欠陥（不連続部）を含むせいで不均質材料であり、しかもその破壊は“割れ”の形態をとるので、コンクリートの材料強度のパラメータ<sup>1)</sup>としては、平滑材（無き裂材）に対する従来の降伏点（ $\sigma_{ys}$ ）とともに欠陥材（き裂材）に対する新しい破壊靱性（ $K_c$  または  $G_c$ ）も使用する必要がある。

さて、コンクリートのようなぜい性材料の破壊靱性の決定には、ASTMの平面ひずみ破壊靱性試験法<sup>2)</sup>に準拠した曲げによる試験法（例えば文献3）と、筆者らの開発した圧縮による試験法（同じく4）が既に提案されている。これら2つの試験方法には、それぞれに長所と短所があるが、①コンクリートは一般に圧縮材として使用されること、②試験装置が比較的簡便であること、などに注目すれば、圧縮による破壊靱性試験法の方が若干有利であると考えられる。

本報では、圧縮による中央スリット入りコンクリート円板の破壊機構と、コンクリートの圧縮破壊靱性の決定方法について破壊力学的検討を行う。

## 2. 中央スリット入り円板の集中圧縮破壊試験法

試験片の形状は、図-1に示す中央スリット入り円板で、その寸法は直径  $2R=20\text{cm}$ 、板厚  $t=2R/3$ 、スリット長  $2a=4\text{cm}$ 、スリット幅  $1\text{mm}$  を目標に成形した。これとは別に、同一直径、同一板厚の無スリット円板試験片も作製した。

試験の方法は、図-1に示す中央スリット入り円板の中心に集中圧縮荷重する方法である。その際、荷重線と円板スリットの傾斜角  $\beta$  は、 $\beta=0, 30, 45$ 、

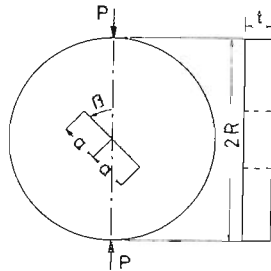


図-1 コンクリート円板の集中圧縮破壊試験の方法

表-1 コンクリートの系列別配合

系列	粗骨材の種類	重量配合比			空気量 (%)	スランブ cm (フロー値)
		セメント	水	細骨材		
I	川砂利	1.0	0.52	2.5	3.5	2.4
II	砕石					2.6
III	(モルタル)	1.0	0.52	2.5	—	1.8 (21.2)

表-2 使用骨材の種類別粒度

骨材種類 (細骨材)	フルイ残留重量比 (%)					FM値	比重
	25 (2.5)	20 (1.2)	15 (0.6)	10 (0.3)	5 (0.15)		
川砂利	0	21	50	82	100	7.03	2.66
砕石	0	0	35	65	100	6.65	2.66
川砂	(13)	(33)	(59)	(90)	(100)	2.95	2.61

(註) セメントの比重は3.15

60、90° に変えて、それぞれの破壊荷重を測定するとともに、き裂発生位置、伝播方向なども詳細に観測した。試験機はアムスラ型耐圧試験機（使用容量25 ton）で、荷重速度はほぼ一定（2 ton / min）に保った。

コンクリートの破壊機構は、使用した骨材の形状や粒径の影響を受けるものと考えられるので、供試コンクリートには川砂利コンクリート、砕石コンクリートならびにモルタルを用いた。なお、細骨材は3系列とも同一粒度の川砂を、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。

これら3系列の供試材の配合と使用骨材の粒度を、それぞれ表-1と表-2に示す。

## 3. スリット傾斜角とき裂発生の方向に関する検討

中央スリット入りコンクリート円板に集中圧縮荷重を負荷し、破壊の開始に至るまで詳細に観察すると、

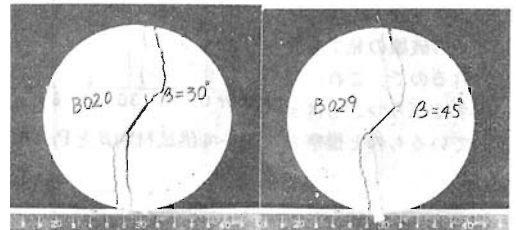


図-2 スリット入りコンクリート円板の破壊様相

図-2のようにスリットの傾斜角別にき裂の発生、進行、伝播などに関する一定の傾向がうかがわれる。

一般に先在するき裂端から発生する新しい割れの角度は、き裂端における最大周方向応力説によって解析解が求められる。最大周方向応力説によれば、オ1, オ2モードの応力拡大係数比  $K_{I1}/K_{II}$  は、

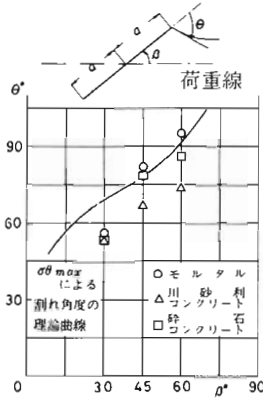


図-3  $\beta$  と  $\theta$  の関係 ( $\alpha_R=0.2$ )

$K_{I1}/K_{II} = |1 - 3 \cos \theta| / \sin \theta \dots\dots (1)$   
 のように割れ発生角  $\theta$  の関数として表わされるので、前報<sup>5)</sup>に従って、 $\alpha_R = 0.2$ のときの各  $\beta$  に対する  $\theta$  の理論曲線を求め、これを実験値とともに図-3に示した。結果として、 $\beta = 45 \sim 60^\circ$  の場合のみモルタルと碎石コンクリートの  $\theta$  はほぼ理論曲線にのるが  $\beta = 30^\circ$  の場合には、3系列とも理論値より小となる傾向がうかがわれる。なお  $\beta = 90^\circ$  の場合には、き裂はほとんどスリット先端以外から発生する事実が確認された。

4. スリット傾斜角と破壊荷重との関係

スリット傾斜角  $\beta$  の変化が破壊荷重  $P_f$  に及ぼす影響をみるため、各  $\beta$  に対する3系列のコンクリート試験片の  $P_f$  値を図-4に示した。なお図-4には、無スリット円板試験片の  $P_f$  値も併記した。結果として、破壊荷重  $P_f$  は  $\beta = 30 \sim 45^\circ$  で最低値になる傾向がうかがわれるが、これについては更に  $\beta$  の種類を増加して検討する必要がある。また、各  $\beta$  に対する  $P_f$  の値にはある程度のばらつきが認められるが、この原因として、荷重の負荷条件やスリット先端の形状などによる影響が考えられる。特に  $\beta = 90^\circ$  の場合には、スリット先端以外からの破壊の発生も見られるので、これに起因するばらつきも含まれているものと推察さ

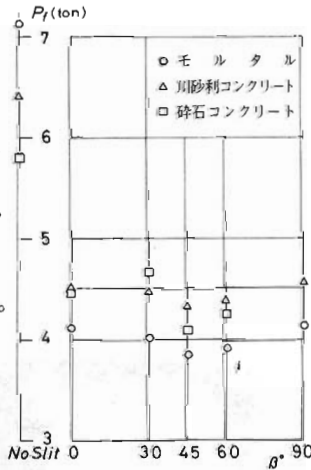


図-4 供試材別  $\beta$  と  $P_f$  の関係

表-3 供試コンクリートとモルタルの材料定数比較

供試材	材料定数		破壊荷重		最大荷重		圧縮強度曲げ強度	
	$K_{I1}/C$	C	$P_f$	C	$P_{max}$	C	$\sigma_c$	$\sigma_t$
モルタル	52.7	6	4120	6	7130	7	396	32.6
川砂利コンクリート	56.5	6	4510	5	6410	5	341	31.2
碎石コンクリート	54.5	7	4340	6	5740	7	316	27.7

単位は  $K_{I1}$ :  $kg/cm^2$ ,  $P_f, P_{max}$ :  $kg$ ,  $\sigma_c, \sigma_t$ :  $kg/cm^2$ , C: %

れる。しかしながら、無スリット円板の  $P_f$  値に比しスリット入り円板の  $P_f$  値の方がばらつきが小さくなる傾向は注目に値する。

5. コンクリートの圧縮破壊靱性に関する検討

中央スリット入り円板がスリット線に沿って集中圧縮荷重を受ける場合 ( $\beta = 0^\circ$ ) には、筆者らが導いた応力拡大係数  $K$  の近似解を用いると、破壊荷重  $P_f$  に対する破壊時の応力拡大係数  $K_{I1}$  が次式から求められる。  
 $K_{I1} = F P_f \sqrt{a/\pi} / R t$  ;  $F = 1.0 + 1.5 (a/R)^2 \dots\dots (2)$

表-3には、中央スリット入り円板試験片による破壊靱性値、破壊荷重ならびに無スリット円板試験片による最大荷重の各平均値とその変動係数を供試材別に整理した。なお同表には、従来の J I S 試験法による材料定数 (圧縮、引張強度) も比較のため併記した。

結果として、 $P_{max}, \sigma_c, \sigma_t$  の値がいずれも、モルタル > コンクリート、となるのに対し、 $K_{II}$  値と  $P_f$  値はともに、コンクリート > モルタル、という逆の傾向を示した。この事実は、き裂材の強度を平滑材の強度から簡単に推定することの困難さを示す貴重な結果のひとつとして注目に値する。また全ての材料定数について、その値が川砂利コンクリート > 碎石コンクリート、の傾向を示したのは、使用した粗骨材とモルタルとの附着力の差より、粗骨材自体の強度の差が大きく影響したものと推察される。

なお、ここで得られた  $K_{II}$  値には若干のばらつき、(変動係数 C) が認められるが、この程度のばらつきの範囲内であれば、き裂材の材料定数としての破壊靱性値の有用性が、実用上十分認められる。

引用文献

- 1) 陶山正憲：日林九支研論，31，275～276，1977
- 2) A S T M Committee：A S T M Standard，E 399-74，1974
- 3) 陶山正憲：新砂防，101，9～16，1976
- 4) 北川英夫，陶山正憲，金相哲：19回材研連講，157～158，1975
- 5) 金 相哲，陶山正憲，北川英夫：土木学会第9回岩盤力学シンボ講，16～20，1975