

関東学院大学 学生員○大内千彦
 関東学院大学 正会員 綾 亀一
 防衛大学校 正会員 加藤清志

1. まえがき

圧縮載荷された高炉スラグ碎石コンクリートの場合、付着ひびわれが天然骨材コンクリートに比し発生しにくいことをすでに報告した¹⁾。付着ひびわれが発生する圧縮応力比を算出すれば、ち密質な高炉スラグ碎石の場合で約28%、多孔質な場合には約40%にも達する。しかし、顕微鏡観察によれば、多孔質な高炉スラグ碎石において、載荷方向の骨材ひびわれは圧縮応力比24%以下ですでに確認されている²⁾。本報告では完全球体とみなした高炉スラグ碎石の骨材ひびわれ発生についてGoodier式³⁾に基づき考察したものである。

2. 骨材の極点に作用する応力度

図-1に示した(-T)なる圧縮応力場で、球体介在物の極点に生じる応力度は一般に(1)式で示される^{3),4)}。

$$(\sigma_{\theta\theta})_{\theta=0, r=d} / (-T) = \frac{1}{4} \frac{k-1}{(7-5\nu_M)k + (8-10\nu_M)} \\ \times \frac{2(13+25\nu_M)(1-2\nu_A)k + (16+20\nu_M+40\nu_M\nu_A)}{2(1-2\nu_A)k + (1+\nu_A)} + \frac{1}{2} \frac{\left\{ (1-\nu_M) \frac{1+\nu_A}{1+\nu_M} - \nu_A \right\} - (1-2\nu_A)k}{2(1-2\nu_A)k + (1+\nu_A)} \quad \cdots (1)$$

ここに、 $(\sigma_{\theta\theta})_{\theta=0, r=d}$: 球体介在物の極点に生じる応力度。

$(-T)$: マトリクスに作用する圧縮応力度。

E_M, ν_M : マトリクスの弾性係数およびポアソン比。

E_A, ν_A : 骨材の弾性係数およびポアソン比。

k : E_M/E_A

種々な骨材の物性値を(1)式に代入すれば表-1のようになり、高炉スラグ碎石の場合、極点には圧縮応力が生じる結果となった。骨材ひびわれがおもに引張変形によって生じるとすれば、表-1の物性を持つ高炉スラグの場合、骨材ひびわれは生じないこととなる。いま、極点とその個所のマトリクスに同時に引張ひびわれが生じるとすれば、微小ひびわれの塑性領域ではポアソン比を $\nu_M = \nu_A = 0.5$ と考えてよいから⁴⁾、(1)式は

$$(\sigma_{\theta\theta})_{\theta=0, r=d, \nu_M = \nu_A = 0.5} / (-T) = \frac{4(k-1)}{3k+2} \quad \cdots \cdots (2)$$

となり、極点に生じる応力度と k との関係を図-2に示した。 $k < 1$ の場合、球体と仮定した骨材の極点には圧縮応力が作用し、引張変形による骨材ひびわれは発生しないことになる。

3. 骨材ひびわれ発生応力レベル

(2)式は図-1で示した極点における半径方向応力度 $(\sigma_{rr})^{1)}$ の2倍となり、極点に骨材ひびわれが生じる最小応力度 (T_C^*) は

$$T_C^* = 0.042 \sigma_{CB} / \left(\frac{1}{2} \right) K_C^* \quad \cdots \cdots (3)$$

ここに、 $K_C^* : (\sigma_{\theta\theta})_{\theta=0, r=d, \nu_M = \nu_A = 0.5} / (-T)$

で与えられる。 T_C^*/σ_{CB} と k との関係を図-3に示す。多孔質な高炉スラグ碎石の弾性係数の範囲は、表-2に示すとおり130~260 tf/cm²と低い値であり、モルタルの弾性係数を216 tf/cm²とすれば k は0.831~1.662の範囲となる。したがって、極点に引張ひびわれが生じる k の範囲は $1.112 \leq k \leq 1.662$ となり、この場合の T_C^*/σ_{CB} の範囲は $0.222 \leq T_C^*/\sigma_{CB} \leq 1$ となる。

4. まとめ

天然骨材をインクルージョンとした場合、 k の値は1以下となり引張変形による骨材ひびわれは発生せず、

付着ひびわれが比較的低応力レベルで発生する。人工軽量骨材の場合は、 k の値が1.6にまで達し、明らかに骨材ひびわれが発生する。骨材ひびわれが発生すれば見掛けのポアソン比が増大し、付着ひびわれは生じにくくなる⁴⁾。一方、高炉スラグ碎石コンクリートの場合、ち密質なスラグ碎石は天然骨材とほぼ同様なひびわれ発生機構を示すが、多孔質なスラグ碎石の場合 その物性値は人工軽量骨材と天然骨材との中間的な値を示し、骨材ひびわれの発生頻度が高い。モルタルの弾性係数を 216tf/cm^2 とすれば、骨材の弾性係数が 194tf/cm^2 以下のスラグ碎石では極点に骨材ひびわれが発生し、弾性係数の小さいものでは圧縮応力比22%で骨材ひびわれが発生する結果となったが、これは実験的な観察²⁾による応力比約20%とよく一致している。

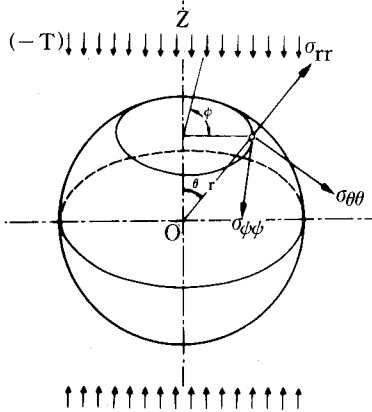


図-1 座標と応力成分

表-2 高炉スラグ碎石の見掛けの比例限度における特性値

	高炉スラグ碎石 2505B (絶乾比重 2.40, 表乾比重 2.50)		
	多孔質	やや多孔質	ち密質
表乾比重	2.22	2.39	2.63
圧縮強度(kgf/cm ²)	270~340	300~600	670~820
弾性係数(tf/cm ²)	130~260	290~430	400~534
ポアソン比	0.40~0.60	0.30~0.60	0.20~0.40

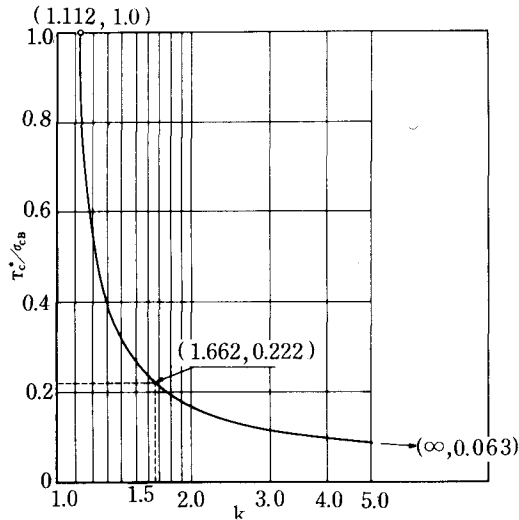


図-3 多孔質なスラグ骨材の極点に生じる引張りひびわれ発生応力レベル

表-1 種々な骨材の極点に生じる応力比

	天然骨材の場合	人工軽量骨材の場合	高炉スラグ碎石の場合		
			ち密質	やや多孔質	多孔質
E_A (tf/cm ²)	380	135	420	294	260
ν_A	0.20	0.44	0.28	0.37	0.40
k	0.57	1.60	0.51	0.74	0.83
$(\sigma_{\theta\theta})_{\theta=0, r=d} / (-T)$	-0.52	0.32	-0.59	-0.29	-0.18

※： E_M, ν_M をそれぞれ $216\text{tf/cm}^2, 0.5$ として算出した。

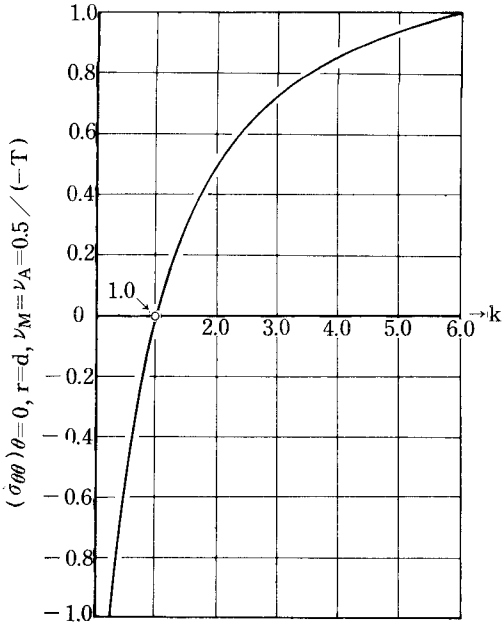


図-2 極点に生じる応力度とkとの関係
($\nu_M = \nu_A = 0.5$ の場合)

5. 謝辞 本研究には、本学 森島修院生ほか御園生条雄君、衛藤裕次君の助力を受けた。付記して謝意を表する。

6. 参考文献 1) 大内・綾・加藤：8回関支年研, s.56.1, pp.199~200. 2) 森島・大内・綾・加藤：36回セメ技要旨, s.56.5. 3) Goodier, J.N : J.A.M., V.55, 1933, pp.39~44. 4) 加藤清志：土論 235, 1975.3, pp.99~109.