

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

高炉スラグ碎石コンクリートの変形特異点に関する考察によれば、天然骨材コンクリートに比し初期ひびわれが発生しにくいことがわかった¹⁾。本報告では 初期ひびわれとして付着ひびわれを想定し、構成成分要素の物理常数を用いて圧縮応力場における骨材まわりの応力解析を行ない、前述の発生しにくい理由を理論的に明らかにした。

2. 骨材まわりの応力分布

球体が弾性マトリクス中にある場合の界面まわりの応力を求める式は、Goodier²⁾, Hansen³⁾ らによって表わされているが、前者は球径を考慮しておらず、後者は球体の剛度がマトリクスに比し十分大きい場合以外には一般性がない。加藤⁴⁾ は骨材を球体とし、無限マトリクス中で圧縮応力を受けた場合、骨材界面に生ずる半径方向応力度を図-1のようにとると(1)式で与えられるとした。いま前報⁵⁾で得られた ち密質・やや多孔質・多孔質なスラグ粗骨材の物理常数の諸元をおおの(1)式に代入し、両極点を含む平面で切断した大円上に骨材まわりの半径方向応力度 σ_{rr} の分布をそれぞれ示せば図-2のようになる。

$$(\sigma_{rr})_{\theta, r=d} / (-T) = K = \frac{0.5(k+1)}{(7-5\nu_M)k + (8-10\nu_M)} \times \frac{2(1-2\nu_A)(6-5\nu_M)k + (3+19\nu_A-20\nu_M\nu_A)}{2(1-2\nu_A)k + (1+\nu_A)} \\ - \frac{\{(1-\nu_M)\frac{1+\nu_A}{1+\nu_M} - \nu_A\} - (1-2\nu_A)k}{2(1-2\nu_A)k + (1+\nu_A)k} + \frac{0.5(k-1)\{(-6+5\nu_M) - (7-5\nu_M)\cos\ell c/d\}}{(7-5\nu_M)k + (8-10\nu_M)} \quad (1)$$

ここに、

$(\sigma_{rr})_{\theta, r=d}$: 図-1に示す半径 $r=d$ の球体上に作用する
OZから θ の傾きをもつ点の半径方向応力度。

$(-T)$: マトリクスに作用する圧縮応力度。

ℓc : 球体介在物周囲に生じる付着ひびわれ長さ。

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

3. 付着ひびわれ発生応力レベル

いま、(1)式で得られた $(\sigma_{rr})_{\theta=90^\circ}$ の半径方向の引張応力が付着応力で平衡を保つものと仮定すると、図-3に示すように ℓc まで付着ひびわれが生ずることとなる。(1)式中で $d \rightarrow \infty$ とすれば $\cos\ell c/d \rightarrow 1$ となり、粒径効果を無視したきわめて微小な付着ひびわれが生じる応力比が求まる。ブリケットモールドを利用した高炉スラグ碎石粒子の見掛けの付着は、モルタルの単純引張強度に対して平均約60%であり、表-1に示した骨材の弾性係数、ポアソン比の諸元を用いると付着ひびわれ発生応力レベルは $(-T)/\sigma_{CB} = 0.19 \sim 0.41$ となり、天然骨材の場合より高い応力比で付着ひびわれが生ずる結果となる。ここで、 σ_{CB} はコンクリートの圧縮強度を示し、 $E_M = 216 \text{ tf/cm}^2$, $\nu_M = 0.5$ の値を用いた。さらに、粒径を考慮し長さ ℓc の付着ひびわれを生じさせるために必要な圧縮応力比と粒径との関係を図-4に示した。

4. あとがき

本研究を行なうにあたり、森島修院生ほか、柿沼宏行、丸山晴久、岩本直登、増田隆一、沢山重樹学部学生諸氏の助力を受けた。付記して謝意を表する。

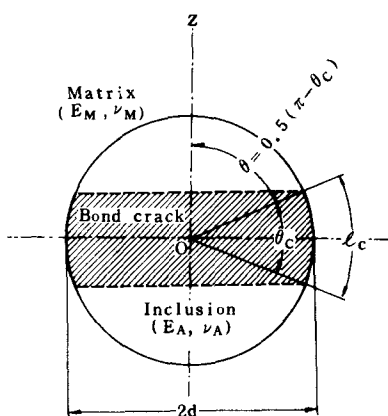
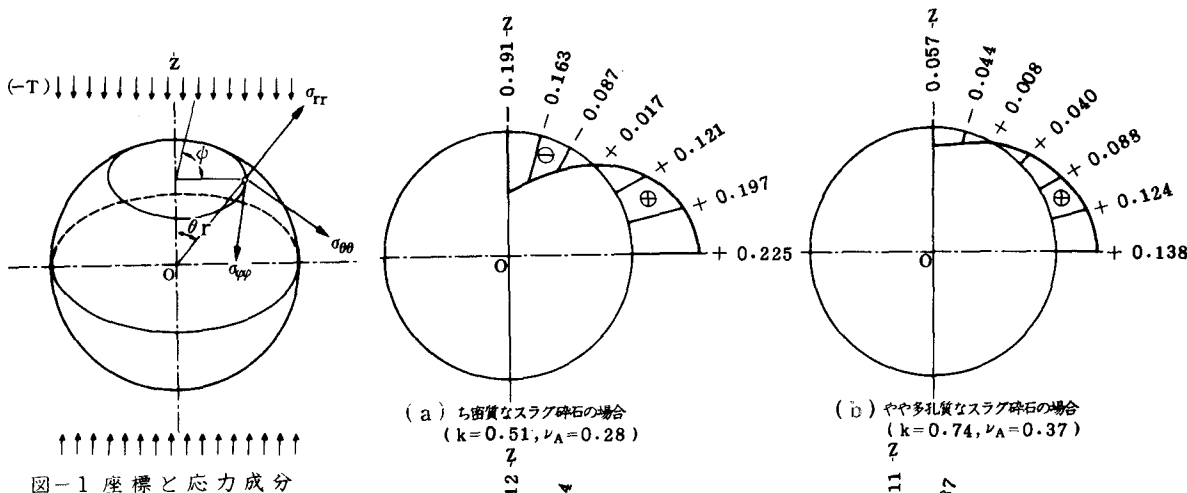


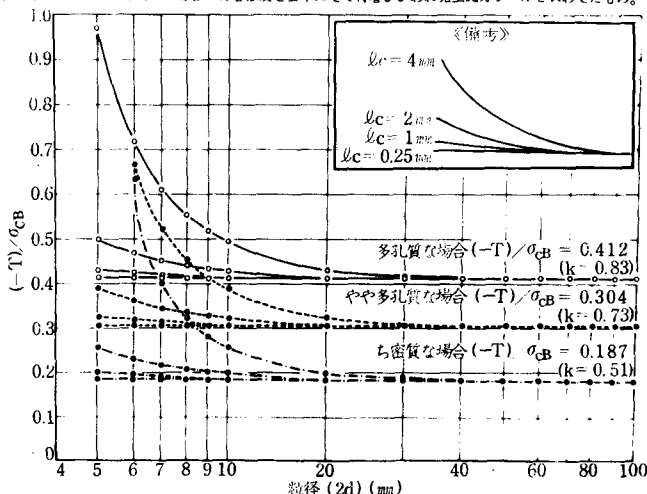
図-3 付着ひびわれ長さ l_c と中心角 θ_c

図-2 (a) ~ (d) 半径方向応力 $\sigma_{rr}/(-T)$ の分布の一例
($E_M = 216 \text{ tf/cm}^2, \nu_M = 0.5, k = E_M/E_A$)

表-1 付着ひびわれを生じさせるために必要な圧縮応力比

	E_A (tf/cm^2)	ν_A	$k = \frac{E_M}{E_A}$	$K = \frac{\sigma_{rr}}{(-T)}$	加圧の値 (天然) $-T = 0.05 \sigma_{cm}$	加圧の値 (天然) $-T = 0.05 \sigma_{cm}$	本実験値*	本実験値*
天然骨材 (加藤 4)	380	0.20	0.57	0.237	0.210 σ_{cm}	0.148	—	—
高炉 スラグ 碎石								
ち密質	420	0.28	0.51	0.225	0.222 σ_{cm}	0.156	0.267 σ_{cm}	0.187
やや 多孔質	294	0.37	0.73	0.138	0.362 σ_{cm}	0.254	0.435 σ_{cm}	0.304
多孔質	260	0.40	0.83	0.102	0.490 σ_{cm}	0.343	0.588 σ_{cm}	0.412

* 高炉スラグ碎石を用いた場合の付着強度を基準にして付着ひびわれ発生応力レベルを求めたもの。



5. 参考文献

- 1) 大内・綾・加藤：高炉スラグ碎石を用いた高強度コンクリートの圧縮強度特性に関する基礎的実験研究，土木学会第35回年講，昭和55年9月，pp.217~218.
- 2) Goodier, J.N.: Concentration of Stress Around Spherical Inclusions and Flaws, J.A.M., V. 55, 1933, pp.39~44.
- 3) Hansen, T.C.: Cracking and Fracture of Concrete and Cement Paste, ACI Publication SP-20, 1968.
- 4) 加藤清志：プレーンコンクリートの付着ひびわれ発生機構に関する基礎的研究，土論 235, 1975.3, pp.99~109.
- 5) 森島・大内・綾・加藤：減圧処理された高炉スラグ碎石コンクリートの引張および曲げ強度特性に関する実験研究，第34回セメ技大会，1980.5, pp.90~91.