

セメントモルタルの引張を含む破壊条件について.

京都大学工学部 正員 丹羽義次
 京都大学工学部 正員 小林昭一
 京都大学大学院 学生員 半島健一

1. まえがき.

引張を含む多軸応力状態での脆性材料, 特にモルタル・コンクリート等の破壊に関する研究は最近幾つか発表されている。しかし, まだ信頼できる実験は甚少でなく, また破壊強度に関して, 一致した見解はないようである。本研究は, 円柱供試体を用いる一軸引張, 二軸圧縮破壊試験方法の可能性について考察し, それに基づく若干の予備試験結果を示したものである。

2. 若干の理論的背景

破壊条件は巨視的のみにて微視的の立場に立って考究されている。巨視的条件は考えている物体の崩壊に関する条件と与えるが, 物理的意味には乏しい。一方, 微視的の条件は, 材料内に散在する微小欠陥周辺の応力(歪)集中に基づく最大引張応力(歪)が, 理想的引張強度(歪)に達した時に破壊が発生するという Griffith の概念⁽¹⁾に基づいたものである。

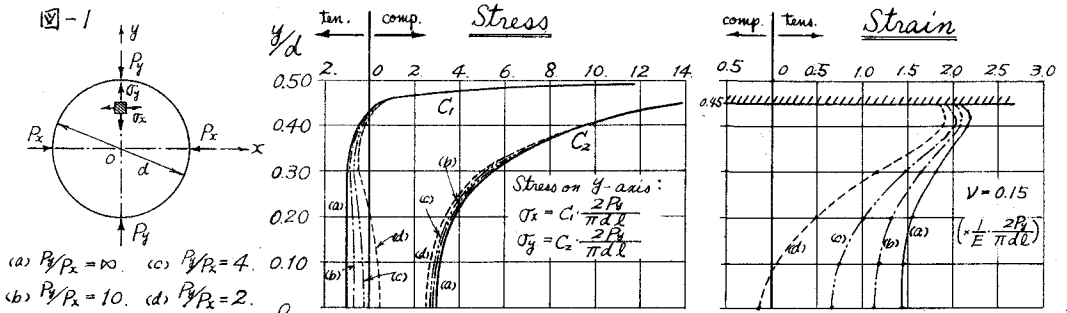
引張応力を含む多軸応力状態においては, 破壊の発生が⁽²⁾系全体の崩壊に到ると考えられるから Griffith の二次元破壊説⁽²⁾あるいは, Sack の解析に基づいて三次元に拡張した Griffith 説が, 明確な物理的意味を有すると考えられる。例えは二次元 Griffith 説⁽¹⁾

$$a) \quad 3\sigma_1 + \sigma_2 \geq 0 \text{ のとき} \quad \sigma_1 = K \quad (1)$$

$$b) \quad 3\sigma_1 + \sigma_2 \leq 0 \text{ のとき} \quad (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + 8K(\sigma_1 + \sigma_2) = 0 \quad (2)$$

で表わされる。(図-2参照) K : 一軸引張強度, σ_1, σ_2 : 主応力 ($\sigma_1 \geq \sigma_2$)。

一方, 完全弾性体と仮定して, 側面に直交する二方向線荷重を受け円柱供試体の応力分布および歪分布を求めると図-1となる。この応力状態に Griffith の概念を適用すると, 破壊は円柱中心軸からほぼ $0.3d \sim 0.4d$ (d : 直径)離れた部分に発生する。この場合の圧縮応力は $3K$ よりも大きく, したがって, この方法による引張応力は真の引張強度より若干小さくなることになる。しかし, 現在までに数多く得られている割裂試験は, これとは逆の結果を与えている。このことは, 実験より求められた一軸引張強度が小さくおぼえてゐるか, あるいは, 円柱供試体の弾性解析に基づく最大引張応力破壊仮説が正しくないかの



ずれかを示唆している。また、最大引張を破壊仮説を考えると、図-1がわかるように破壊は、供試体中心軸から約 $0.4d \sim 0.45d$ の部分に発生することになる。

これらのうち、どの破壊仮説が妥当であるかは、慎重な実験によってはじめて検証されるものである。

3. 実験材料と方法

供試体として、セメントモルタル ($w:c:s = 0.6:1.0:2.0$)、中 $7.5\text{cm} \times 15\text{cm}$ 円柱供試体を製作した。供試体は打設後1日経て脱型し、19日間恒温水中養生 ($20 \pm 1^\circ\text{C}$)、試験前日に水槽より取り出し恒温室 ($20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 60%) 内に放置した。なお、以後の実験は材料 28 日の供試体について行なう予定である。

4. 実験結果と考察

実験結果を図-2に示した。この試験方法では、一軸引張を含む二軸なソレ三軸応力状態が生じらば、この図には最大圧縮応力と引張応力のみの関係でプロットしたものである。

なお、破断面の状態を詳細に調べると、次のような特徴が認められた。

i) 一側方荷重が作用する、いわゆる割裂試験においては、破壊は、

供試体の端面に近く、円形断面の減摩剤・silicon+rubber, ○ silicon+teflon (kg/cm^2)
中央部なソレ中央から約 $0.3d$ の部分から発生する。

ii) 一側方荷重と共に軸方向荷重が作用する場合には、破壊は、供試体の一方の端面から数cm内部の円形断面中央部から発生している。これは端面拘束に基づくものと思われる。

iii) 両者を通じて、強度の高いものほど破断面は粗くっており、破壊発生の方が不明瞭である。

引張応力を生じる場合には、破壊発生から直ちに崩壊に到ると考えられるから、破壊発生源は崩壊条件の重要な手掛になるものと思われる。

5. おわりに、

ここで述べた方法自体は比較的簡単であるが、操作は十分慎重に行なわれなければならない。このような間接方法による破壊の推定には、線型弾性体とソレ仮定が用いられているが、実際の実験材料はこの仮定を満足しない。したがって、計算値の適否は検討を要する。なお、詳細な試験方法および結果の検討は当日行なう予定である。

文献

1) A.A. Griffith: "The Phenomena of Rupture and Flow in Solids"

Phil. Trans. Roy. Soc. London, A 221 (1921) pp.163~198

;"The Theory of Rupture"

First Inter. Congr. Appl. Mech. (1924) pp 55~63.

2) R.A. Sack: "Extension of Griffith's Theory of Rupture to Three Dimensions"

Proc. Phys. Soc. London, vol.58 (1946) pp.729~736