

CA複合体の三軸圧縮特性に関する基礎研究

山口大学 大学院 工学研究科 学生会員 ○佐々木慎吾  
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 上田 満  
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 濱田純夫  
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 村田秀一

1. まえがき

アスファルト乳剤、セメント、骨材の三成分より形成されるセメントアスファルト乳剤複合体(以下CA複合体)に対し一軸、三軸圧縮試験を行いMohrの応力円を描くと、破壊包絡線が右下がり(負)となるものが存在する。この要因を究明するため一軸、三軸圧縮試験および割裂試験、純引張試験を行いCA複合体の基本的性質を求めた。またMuskhelishviliの提案式<sup>1)</sup>を用いて複合体の破壊理論についての検討も行った。

2. 実験概要

普通ポルトランドセメント(比重3.15)、YON乳剤(濃度57.9%)、各種骨材(表1参照)を用い配合はセメント、アスファルト乳剤、骨材の三成分より成る三角座標の各格子点上の配合(10%ピッチ、セメントとアスファルトの配合が0のものを除く)により決定した。供試体寸法はΦ5×10(cm)の円柱形で材令28日のものを用い一軸圧縮試験、割裂試験、三軸圧縮試験を行った。なお側圧は一軸圧縮強度以下および以上に対してそれぞれ三段階ずつ一律にかけた。また一軸圧縮試験供試体に貼り付けたひずみゲージにより縦横ひずみを測定し $\nu$ アソ比を算出した。純引張試験用供試体は図1の型枠で作成し、両端を軸方向に引張して純引張強度を求めた。

3. 実験結果及び考察

3-1  $\nu$ アソ比測定、割裂試験、引張試験

図2にC/Eと $\nu$ アソ比の関係を示す。一般的に、柔らかい材料は $\nu$ アソ比が大きい。図よりC/Eの増加に伴い $\nu$ アソ比が減少していることがわかる。これはC/Eの小さなものはセメントに比べアスファルト乳剤の量が多く柔らかい材料のため横ひずみが大きく、C/Eの大きなものは堅い材料であるからだと考えられる。ほとんどの配合で $\nu$ アソ比が0.2以上であるのでCA複合体はコンクリートより柔らかい材料であると言える。図3にC/Eと割裂強度の関係を示す。図の回帰線より $\sigma_k=0.67+7.67(C/E)$ という式が得られた。図4にC/Eと純引張強度の関係を示す。図の回帰線より $\sigma_t=5.05+5.27(C/E)$ という式が得られた。図5にC/Eと一軸圧縮強度に対する引張強度の割合の相関を示した。この図を見るとC/Eの増加に伴いその割合は減少する傾向がある。一般にコンクリートでは引張強度は一軸圧縮強度の1/10~1/16であるが、CA複合体の引張強度は一軸圧縮強度の4/10~1/10という結果が得られた。

3-2 骨材最大寸法、空隙率増加による影響

骨材の最大寸法を変えた場合、一軸圧縮強度に若干の影響が見られたが、内部摩擦角の正、負の傾向に変化はなかった。これより骨材最大寸法が内部摩擦角に及ぼす影響は少ないという

表1 骨材の比重及び粒径

|      | 比重   | 粒径(mm)  |
|------|------|---------|
| 標準砂  | 2.63 | 0.1~0.3 |
| フィラー | 2.70 | 0.074以下 |
| 砕石   | 2.58 | 0.6~5.0 |

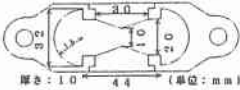


図1 純引張試験用型枠

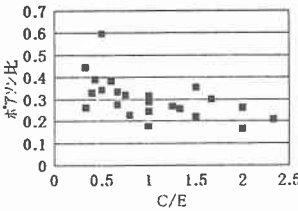


図2 C/E- $\nu$ アソ比

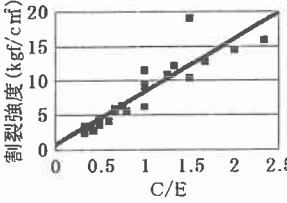


図3 C/E-割裂強度

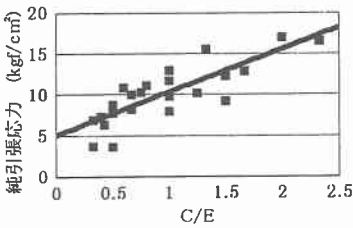


図4 C/E-純引張強度図

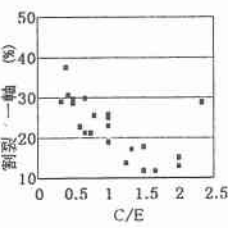


図5 C/Eと一軸/割裂

結果が得られた。代表的な例を図6に示す。これまでの実験より空隙率が大のものは内部摩擦角が大きな負となる。そこで空隙に見立てた球状のガスを混入し10%程度空隙率を増加させて実験を行ったが内部摩擦角の傾向に大きな変化は見られなかった。

#### 4. 破壊包絡線と破壊形態の検証

破壊包絡線が負になる配合の例を図7に示す。Uriel romero等<sup>2)</sup>はMuskhelishviliの式から材料中の空隙が破壊包絡線の傾きに影響を与えている。図8の様に空隙を楕円孔とし、載荷軸方向壁③、載荷軸直角方向壁④に作用する最大接線応力を $\sigma_{\theta 3}$ 、 $\sigma_{\theta 4}$ とすると式(1)、(2)で表される。

$$\sigma_{\theta 3} = (2b/a)\sigma_3 - (\sigma_1 - \sigma_3) \quad (1) \quad \sigma_{\theta 4} = (2a/b)\sigma_3 + (2a/b+1)(\sigma_1 - \sigma_3) \quad (2)$$

楕円孔周辺の引張強度を-T、圧縮強度をKとし楕円孔周辺壁が破壊する条件を検討すると③で $\sigma_{\theta 3} = -T$ となる破壊(A)、③で $\sigma_{\theta 3} = K$ となる破壊(B)、④で $\sigma_{\theta 4} = K$ となる破壊(C)の3パターンが考えられる。Uriel romero等は(A)を脆性破壊、(C)を塑性破壊と定義している。破壊(B)の定義はされていないのでここでは塑性流動破壊と称す。

$$(A): \tau = \frac{b/a\sigma + T/2}{\sqrt{2b/a+1}} \quad (3) \quad (B): \tau = \frac{b/a\sigma - K/2}{\sqrt{2b/a+1}} \quad (4) \quad (C): \tau = \frac{-a/b\sigma + K/2}{\sqrt{2a/b+1}} \quad (5)$$

ここでは一軸圧縮強度以下の側圧で負となる配合550についてその破壊形態の検証を行う。一軸圧縮強度以下の側圧においては式(5)が適用でき、(C)の塑性破壊であると考えられる。K1は式(5)より、T1は一軸圧縮強度と割裂強度の比より $T=K/10$ として求めた。図9より実際に、 $\sigma_{\theta 4}$ が先にK1に

達しているのが確認できる。一軸圧縮強度以上の側圧においては式(4)が適用され、(B)の塑性流動破壊であると考えられる。図10より、側圧がかかった時点で周辺壁③、④において $\sigma_{\theta 3}$ 、 $\sigma_{\theta 4}$ 共にK2を越えている。どちらが先にK2に達したかは不明であるがこの場合③にて圧縮で破壊したと考えられる。

#### 5. 結論

- 1) 粘性領域24配合において $\phi$ アツ比は0.2以上になる。
- 2) C/Eと割裂強度、純引張強度は正比例の関係にある。
- 3) 引張強度は一軸圧縮強度の4/10~1/10である。
- 4) 骨材の最大寸法が内部摩擦角に及ぼす影響は少ない。
- 5) CA複合体の破壊包絡線と破壊形態はMuskhelishviliの式により説明できる。

#### ※参考文献

- 1) Savin G. N. : Stress Concentration Around Holes
- 2) Uriel Romero, B. Bravo Gomez : Brittle and Plastic Failure of Rocks

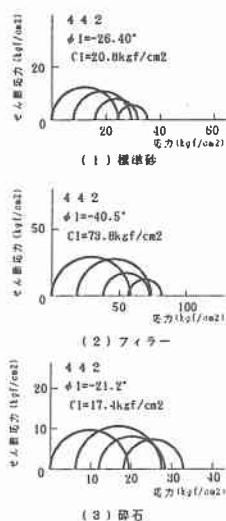


図6 骨材別 Mohr円

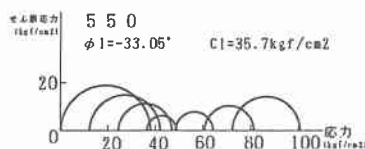


図7 CES-550のMohrの応力円群

図8 応力発生分類

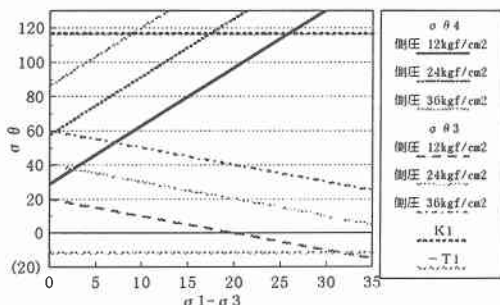
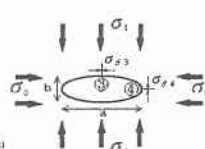


図9 一軸圧縮強度以下の側圧の軸差応力- $\sigma_{\theta 4}$

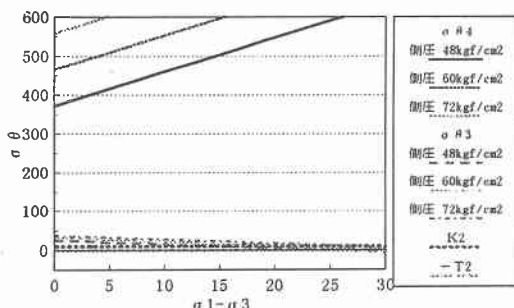


図10 一軸圧縮強度以上の側圧の軸差応力- $\sigma_{\theta 3}$