

セメントアスファルト乳剤複合体の物理特性及び
直前圧縮が三軸圧縮強度特性に与える影響

山口大学 大学院 理工学研究科 学生会員 ○原田竜也
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 上田 満
島根県庁 非会員 佐々木慎吾
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 村田秀一

1. はじめに

セメント、アスファルト乳剤、砂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 複合体と称す）に対し、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）となるものが存在した。本研究では、このような CA 複合体の引張強度や弾性係数等の力学的特性を求めた。また、直前圧縮を施した後に三軸圧縮試験を行った場合の、CA 複合体の破壊特性に与える影響を検討した。

2. 実験概要

使用材料は、普通ポルトランドセメント（比重 3.15）、ノニオン系セメント混合用乳剤（濃度 57.9%）、豊浦標準砂（比重 2.63）の三成分で、配合は図-1 に示す三角座標の格子点上 24 配合とした。供試体寸法は $\Phi 5 \times 10(\text{cm})$ の円柱供試体で材令 28 日にて行い、ひずみ速度一定（3mm/min）のもと、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及び以上に対して、それぞれ三種変化させて行った。純引張試験は図-2 のような型枠で供試体を作成し、両端を軸方向に引張して強度を求めた。細孔径分布測定は、無試験及び三軸圧縮試験終了後の供試体に対しポアサイザ 9320 システムを用いて、試料中の細孔径（空隙）別の容積分布を測定した。

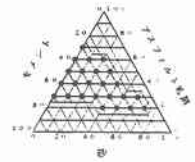


図-1 三角座標による
配合分布

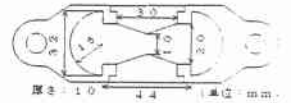


図-2 純引張試験用型枠

3. CA 複合体の力学特性

図-3 に C/E（セメントとアスファルト乳剤の質量比）と一軸圧縮強度の関係を示す。この図より、C/E と一軸圧縮強度は正の相関があると言える。昨年度の試験により、純引張強度の方が割裂強度より大となった配合の CA 複合体に対して、割裂試験と純引張試験の補足実験の結果を図-4 示す。今回の純引張試験は実験の条件を割裂試験に近づけて行ったが、この結果は前回のデータと同様の傾向を示しており、応力の作用速度が強度の差異の原因ではなく、供試体の作成方法の違いによる空隙率の差が原因であると思われる。本研究では、一

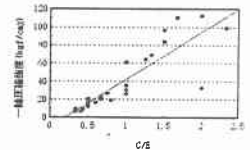


図-3 C/E と一軸圧縮強度の
関係

軸、三軸圧縮試験と同じ円柱供試体で求めた割裂強度を CA 複合体の引張強度とする。図-5 に、過去 3 年間における実験値を用いた、同配合による空隙率と引張、一軸圧縮強度の関係を示す。この図より、空隙率の増加に伴い、引張、一軸圧縮強度共に減少する傾向にあることが伺える。次に、図-6、図-7 に C/E と引張強度（割裂強度）、弾性係数の関係を示す。この図より、一軸圧縮強度同様、引張強度と弾性係数も C/E と正の相関があることがわかる。

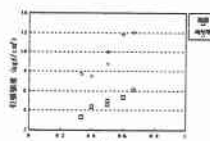


図-4 C/E と純引張、割裂
強度の関係（6 配合）

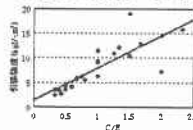


図-6 C/E と引張強度の関係

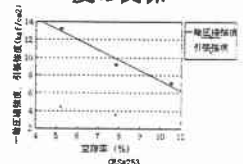


図-5 空隙率と引張、
一軸圧縮強度の関係

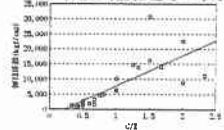


図-7 C/E と弾性係数の関係

4. CA 複合体の三軸圧縮特性

4.1 Mohr の応力円群

一軸、三軸圧縮試験より描いた Mohr の応力円群を図-8 に示す。一軸圧縮強度以下の側圧の場合の内部摩擦角を ϕ_1 、粘着力を C_1 とし、一軸圧縮強度以上の側圧の場合を同様に ϕ_2 、 C_2 と定義した。Mohr の応力円群は図のように破壊包絡線の傾きが正のものと、側圧が一軸圧縮強度内では負で強度外では正のものと 2 種存在する。前者は、一般によく見られる土、セメントコンクリート等と同じ破壊現象であり、一軸圧縮強度内外の側圧による Mohr の応力円群に連続性がみられる。しかし、後者は一軸圧縮強度を境にそれ以下と以上の側圧に対する Mohr の応力円群に連続性がみられない。

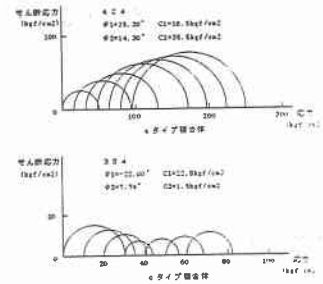


図-8 Mohr の応力円群

4.2 直前圧縮による影響

地中等でこの CA 複合体を使用する場合を配慮すれば、打ち込み直後よりの拘束圧を受けることによる径時変化を検討することが必要となる。径時変化については今後の検討課題とし、今回は破壊包絡線の傾きが負の供試体に対して、材令 28 日で約 2 時間の直前圧縮（等方圧縮）を側圧一定（一軸圧縮強度の 1/4、3/4、1、3/2 倍）のもとで行った後、その側圧を維持したまま軸荷重をかけ三軸圧縮試験を行った。この結果の一例を図-9 に示す。これより、破壊包絡線の傾きが、直前圧縮を施していない場合の内部摩擦角 ϕ_1 に比べ、正の値に近づいていることが確認でき、直前圧縮の効果が確実に現れていると思われる。このことは、直前圧縮を施したときの内部摩擦角 ϕ' と ϕ_1 との差（ $\phi' - \phi_1$ ）と C/E の関係を示した図-10 から確認できる。また、一軸圧縮強度以上の圧力においては、一軸圧縮強度の 1.5 倍の応力円より、正の勾配に変化することが推測できる。

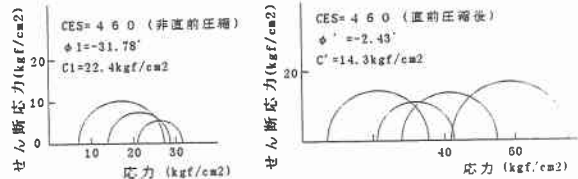


図-9 直前圧縮の影響

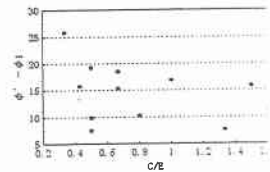


図-10 直前圧縮による ϕ の変化量

4.3 細孔径分布

無試験の供試体と三軸圧縮試験（側圧：一軸圧縮強度の 1/3 倍と 2 倍）終了後の供試体の細孔直径と累積細孔容積の関係を内部摩擦角が正と負の場合について図-11、図-12 にそれぞれ示す。負のものは、T.P.V.（全細孔容積）の大小関係が側圧最大＜側圧最小＜無試験となっており、細孔直径が $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^3 (\text{\AA})$ あたりで多量に変化しているのがわかる。正のものは、全細孔直径で均等に变化している。このことが、内部摩擦角が負となる要因の一つであると思われる。また、正のものは、無試験＜側圧最小となっているが、これは破壊により供試体内部に細孔が多数発生したためと思われる。

5. 結論

- 1) 一軸圧縮強度、引張強度及び弾性係数は配合の C/E による影響が大きい。
- 2) 同配合において、空隙率の大きいものほど引張、一軸圧縮強度は小さく、空隙率の半減により一軸強度は倍増する。
- 3) 負の破壊包絡線を有する CA 複合体に直前圧縮を施すと、破壊包絡線は正に近づき、一軸圧縮強度以上の圧力で直前圧縮を受けると傾きは正になる。
- 4) 細孔径分布の結果から、空隙の高いことが内部摩擦角を正と負に分ける要因の一つであると推測できる。

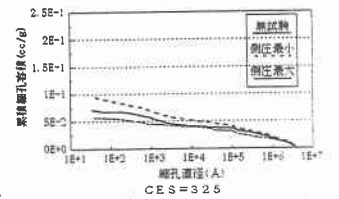


図-11 細孔径分布測定結果（正）

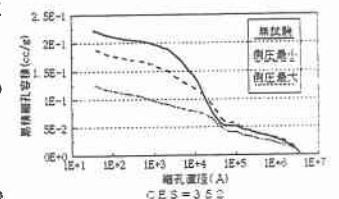


図-12 細孔径分布測定結果（負）