

北海道大学工学部

正員の高田宣之

" 佐伯 昇

" 藤田 嘉夫

1. まえがき 硬化したセメントペースト中には多数の気泡、未水和セメント粒子が存在し、ペースト中の応力集中の場となり、一つの重要な欠陥と考えられる。本研究ではこれら球状欠陥による破壊機構¹⁾を検討するため、硬化したペーストを薄く切断し研磨した試料を作成し、光学的に観察して、球状欠陥の粒径、最小間隔を突刺し、これらより粒径に対する、粒子相互の最小中心間隔の比すなわち pitch ratio の分布を算定した。またこれらを基に平面的に並ぶ2円孔を有するペーストの構造モデルも考え、pitch ratio と荷重が一定の場合での円孔表面の引張応力集中の度合を解析²⁾し、実際の破壊パターンも考慮して、引張応力の極値を求め、2軸応力状態での破壊曲線と pitch ratio をパラメーターとして数値解析を行なった。さらにペースト円柱状試体の単軸引張および圧縮試験も行ない pitch ratio をパラメーターとする破壊曲線の適用性について検討した。

2. 材料、供試体および実験方法 普通ポルトランドセメントを用い、w/c = 0.35, 0.4 および 0.5 とし、これら各々にAE剤(ヴァインソル)も0, 0.03, 0.06%を配合した9種につき、 $\phi 5 \times 100$ mm円柱供試体を作成し、材令3週間後単軸引張、圧縮試験を各々本行なった。また同種供試体もダイヤモンドカッターで 2×3 cm, 厚さ0.5~1cmの細片に切り出し、3000番の研磨材(カーボランダム)で仕上げた厚さ10~20 μ mのプレパラートを作成し、これをベローズまたは顕微鏡を用い透過光により撮影した15, 35, 100倍の写真にし、球状欠陥の分布の測定を行なった。

3. 実験結果および考察 (1) 球状欠陥の粒径および pitch ratio 写真1, 2, 3, 4 および5におおのw/c 0.35, 0.4, 0.5 および w/c 0.35でヴァインソル 0.03%, 0.06%を含むペースト中の球状欠陥の分布を示す。これら欠陥の中には気泡の外、未水和セメント粒子部等の強度の低い部分が研磨中に脱落したものも含まれると考えられるが、ここではこれらを含めて球状欠陥と統括した。1図にこれら球状欠陥の粒径の分布の一例を示す。ヴァインソル量が多くなるにつれて10~20 μ mの粒径のものが減少し、20~50 μ mのものが増大する傾向を示す。また1000 μ m以上のものはAE剤を配合したものには表われなかった。この傾向はw/c 0.4, 0.5のものにも共通している。2図に pitch ratio の分布を示す、これは最小中心間隔Sも、その2つの粒径の平均径 $D = (D_1 + D_2)/2$ で割った値にS/Dの値である。w/c 0.35ではヴァインソル量が0.03, 0.06%と増加するにつれて、それぞれS/D 1.2~1.6, 1.4~1.6のものが多少増加するが全体の分布としては大差は認められなかった。w/c 0.4ではヴァインソル量の増加とともに分布幅も広がり0%のとき1.6~1.8が卓越しているのに対し、

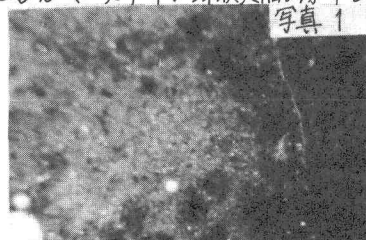


写真1

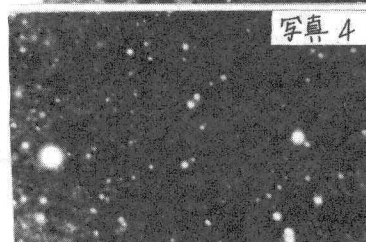


写真4

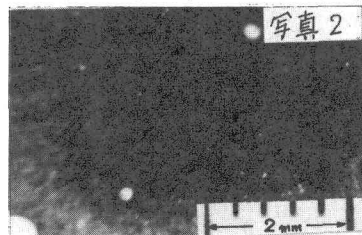


写真2

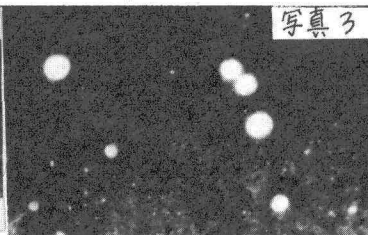


写真3

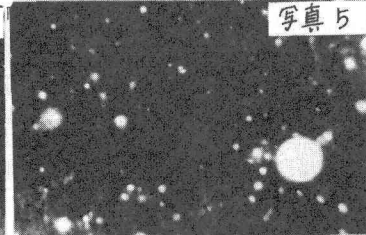
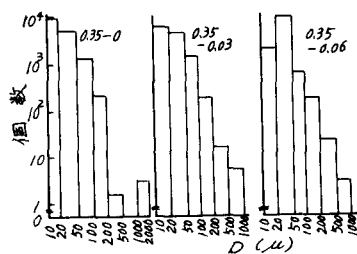
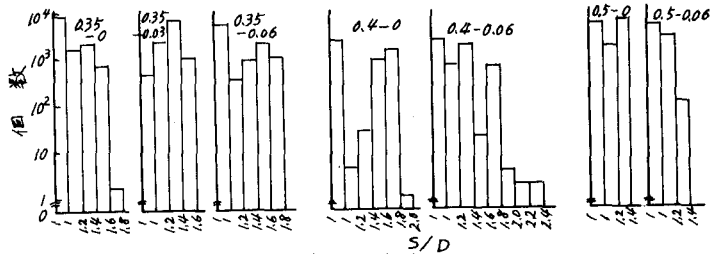


写真5

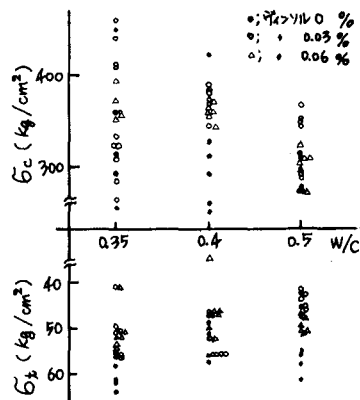


1 図 気泡粒径分布



2 図 S/D の分布

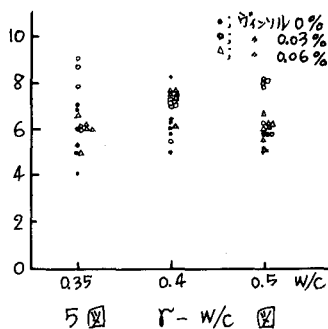
0.06%では1.2~1.4および1.6~1.8のものゝ顯著である。w/c 0.5では大差は認められなかった。3 図に各試体の単軸引張試験および圧縮試験の結果を示す。w/c 0.35において強度のバラツキはヴインシル量が0, 0.03, 0.06%のときそれぞれ250~400, 265~460, 295~395 kg/cm²の値をとり0.06%のときバラツキは減少している。これは1 図で20~50μの粒径のものが一様に分布していることから、応力分布がなだらかなものと考えられる。これらの傾向はw/c 0.4においてヴインシル量0%で250~425 kg/cm²に対して0.06%では345~375 kg/cm²と顯著である。(2) ペーストの破壊機構のモデル解析 実際の破壊面は荷重方向に直角であることから単軸引張荷重下での破壊パターンは等2円孔が荷重方向と直角に並ぶときに起るとする。この時の最大引張応力集中度は2円孔の最近点に生じる。4 図に示すようにこの点の引張応力集中度はpitch ratio S/Dに対してδの値をとる。単軸圧縮荷重下での破壊パターンも荷重方向と等2円孔が平行に並んだ時とし、この時の最大引張応力が生ずる点はS/Dに対して多少変化するが、ほぼ2円孔の最近点に生ずる。δ = $\frac{\sigma}{\sigma_0}$ は単軸引張強度に対する単軸圧縮強度の比を表し、pitch ratio 1.2付近で極値をとるような曲線になる。同様に等しい引張応力が2軸方向に作用している場合の最大引張応力集中度をδ'とするとδ'はδ/δ'で表示される。δおよびδ'を用いてpitch-ratioをパラメータとして破壊曲線が6 図のように求められる。(3) 単軸引張および圧縮試験



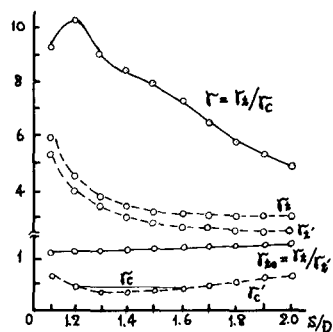
3 図 σ_t, σ_c - w/c 図

時に対するδの比を求めたものが5 図である。ここでのδはδ'である。w/cが0.35でヴインシル量が0, 0.03, 0.06%のものに対してはそれぞれδ/δ' ~ 7.6, 5.9~9.1, 5.0~6.6を示し、w/c 0.4では5.1~8.3, 5.5~7.3, 6.1~7.7, w/c 0.5では5.1~6.8, 5.8~8.2, 5.6~6.7の値を示している。これらのペーストに対応するpitch ratioは4 図でδ近傍で1.7, 6で1.8, 7で1.65であり2 図でδ/δ'を除いた分布とよい対応を示し、ペーストの破壊曲線として6 図が有効であることがわかった。

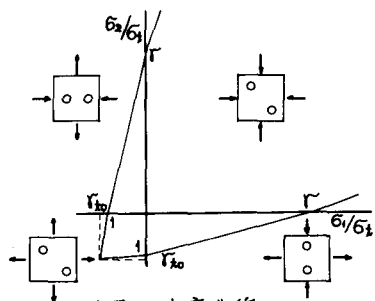
参考文献 1) H.W. Babel, G. Sines "A Biaxial Fracture Criterion for Porous Brittle Materials" Journal of Basic Engineering, Jan 1968
2) 渡辺 忠三 "二つの円孔を有する平板の抗張力に就いて" 九州大工学彙報 6巻, 2号 (1971)



4 図 δ - w/c 図



5 図 応力集中係数



6 図 破壊曲線