

低サイクル負荷によるモルタルの破壊について

京都大学・正員・工博・丹羽義次

京都大学・正員・工修・小林昭一

鳥取大学・正員・工博・木山英郎

1. 緒言

岩質材料の強度特性を明らかにするための一つの基礎研究として、筆者らは繰返し荷重下のモルタルの破壊について検討することにした。岩質材料は金属材料と異なり、内部に多くの空隙や欠陥が存在しせい性に富むから、 $S-N$ 曲線も上限応力と繰返し数のみで一意的に定まらず、繰返し速度や応力振巾等の影響を受けるものと思われる。そこで金属の疲労試験に比べて極めて低速の繰返し試験を行なってこれらの点を詳しく調べることにした。

2. 試験装置

本装置は既設の3軸試験機(200, 100, 100^t)の1軸に脈動発生装置を付設したもので、油圧回路中の圧力セルからの荷重信号でガルバノメーターを振らせ、このスケール面に置いた2個のフォトセルで荷重振巾を設定し(試験機の計力機と直結して荷重較正できる)。その上限と下限荷重の間で電磁弁を開閉し、油圧シリンダーへの送油回路をポンプに連続したり、タンクへ開放したりして脈動を発生させる。荷重と時間の関係は三角波形を描く。繰返し速度はポンプからの流量を制御弁で調節することにより行なう。最大容量50^t、荷重振巾0~50^t間で任意の上限・下限を設定、繰返し速度0.5~60回/分(cpmと記す)。

3. 試験結果

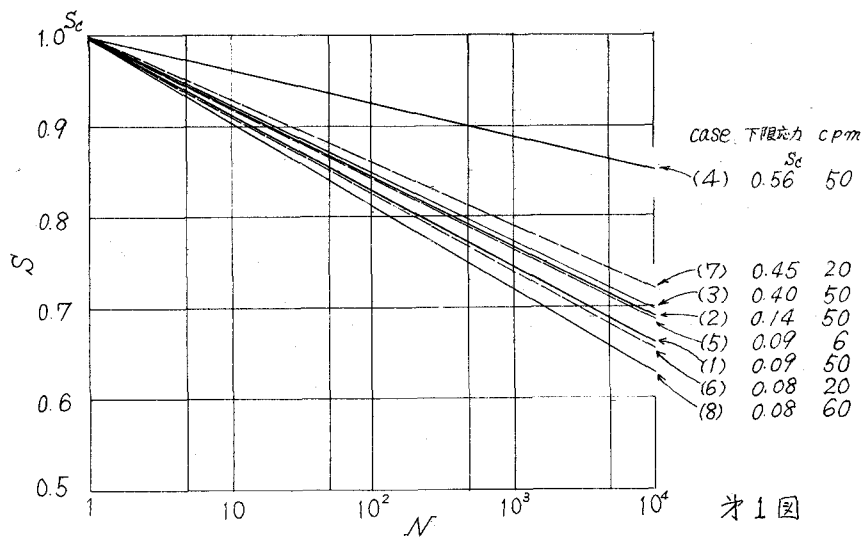
供試体：セメントモルタルの配合比はポルトランドセメント：豊浦標準砂 = 1 : 2 とし水・セメント比は60%，供試体寸法は一辺55mmの立方体で1度に28個を製作し、28日間の水中養生(20℃±2℃)を行なって試験に供した。

試験方法：1 case 28個を4個づつ7組に分け、1組は静的圧縮試験に供し基準となる強度 S_c (これを1.0とする)を求めた。ついで上限応力をその90%，80%，75%，70%，65%，60%に選んでそれぞれ4個づつ計6組を供した。これを下限応力(0.08~0.56 S_c)や繰返し速度(6, 20, 50, 60 cpm)の異なる8 case について行なった。

試験結果：8 case に対する $S-N$ 曲線を図示すると次の図のようである。図で縦軸は各 case における S_c を1.0にとり、それに対する上限応力の比を示してある。横軸は破壊までの繰返し数を対数目盛で示してある。現在のところ限界繰返し数を確かめるところまで至っていないが(果して金属材料のように明確な限界繰返し数が存在するか否かも大きな課題であり現在追試中である)、 $S-N$ 曲線は繰返し数 10^4 回まではほとんど直線であった。この程度の低サイクル荷重では繰返し数 10^4 回を1つの区切と考えて、上限応力で表わした耐久限度に相当する応力として約0.6 S_c と算定できる。

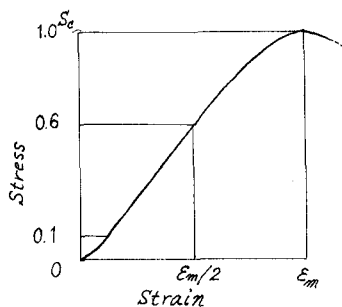
$S-N$ 曲線に対する繰返し速度の影響は、今回試験した6 cpm から60 cpm の範囲ではほとんど認められなかった。

応力振巾の影響は、上限応力は同じでも下限応力が小さいほど（すなわち応力振巾が大きいほど）破壊までの繰返し数は少ない。特に下限応力が $0.5 \sim 0.6 S_c$ 程度になるとその影響が大きくなる傾向が認められた。（現在この事も追試中である。）

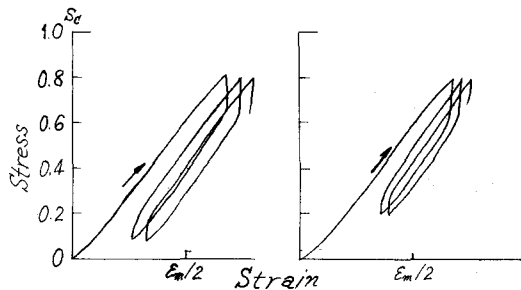


才1図

4. 応力-ひずみ曲線
繰返し荷重下の応力-ひずみ線図は、供試体に埋設したモールドゲージあるいは表面に貼付した電気抵抗線ひずみゲージと油



才2図



才3図

圧回路中の圧力セルの出力をXYレコーダあるいはフォトコーダで、あるいは試験機本体の計力機と差動変圧型変位計の出力をドラム型レコーダで記録する方法等を併用した。

静荷重下の応力-ひずみ曲線の平均的な図を示せば才2図のようである。（圧縮強度の平均 $S_c = 464 \text{ kg/cm}^2$ ，破壊時の最大ひずみ $E_m = 2000 \sim 2400 \times 10^{-6}$ ，Young率の平均 $E = 20.8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ ） $0.6 S_c$ 付近に変曲点があり，この付近で不安定クラックの発生，塑性流動が著しくなるものと思われる。これが $S-N$ 曲線で 10^4 回耐ス限度が $0.6 S_c$ となることと関係あると思われる。

横方向ゲージの測定結果から，破壊繰返し数が 10^4 回に達するものでも数回〜数10回で縦割れが生じること，破壊までの全ひずみ量 E_m が静荷重下のそれの約2倍の $4000 \sim 5000 \times 10^{-6}$ に達する事実，繰返し荷重下の応力-ひずみ曲線の傾斜（Young率）が破壊直前までほぼ一定で，最後の数回で急激に斜る（Young率急激に減少）事実等から，ある程度のクラックが発生（部分的破壊）しても，それが幾何学的に安定である限り供試体全体としての耐圧力を有することを示している。最後に低サイクル荷重下のモルタルの応力-ひずみ曲線は才3図に示すようなループを描き，応力振巾の大小によりループ内の面積に大小があり，また全ひずみの増加にも大小を生じ，応力振巾が大きいほど破壊繰返し数が小さくなることが肯づけられる。