

コンクリートのクリープ限度についての一考察

岡山大学 正員 阪田 憲次

1. まえがき

静的強度付近の高持続応力下における材料の破壊をクリープ破壊といい、コンクリートにおいてもこの種の破壊現象がみとめられている。このような現象は、繰返し荷重下における破壊と同様、一種の疲労による破壊と理解できる。

低持続応力下におけるコンクリートのクリープについては、従来より内外の数多くの研究者によって種々の面より検討されているが、そのうは変形の問題が主で、破壊現象は問題にならなかった。また内部状態の面から考えても、低持続応力下のクリープと高持続応力下におけるそれとは同一に論じることばできない。すなわち、静的破壊強度の80~90%程度の高持続応力を受けるコンクリートにおいては、すでになんらかの形で破壊に結びつき得るような重大な内部損傷が始まっていると考えるべきであろう。従って、この種高持続応力下におけるクリープの問題を論じる場合には、変形特性のみならず、材料の破壊特性との関連において論じなければならない。

著者は、破壊の面から見たコンクリートのクリープ特性を把握することを主眼とし、普通および軽量コンクリートの高持続応力下における圧縮クリープ試験を実施し、コンクリートのクリープ破壊特性に関するいくつかの知見を得、すでに報告した。その概要については次節で若干ふれることにする。

一方、コンクリートの耐久限度については、古くより議論のわかれるところである。一般に、繰返し荷重に対する耐久限度（疲労限）は存在しないといわれており、コンクリートにおいては疲労限を用いずに、あらかじめ定められた繰返し回数（200万回）に対する時間強度を用い、疲労強度という言葉でその特性を表わしている。ところが、持続荷重に対する耐久限度（クリープ限）は存在するといわれており、従来の研究によれば、コンクリートのクリープ限は静的強度の75~90%程度であるが、いかなる方法によって決定されたものであるかは、必ずしも明らかでない。

本報告は、コンクリートのクリープ限がどの程度であるかということを確率論的に論じたものである。

2. コンクリートのクリープ破壊特性について

コンクリートのクリープ破壊の問題は、一種の確率過程の問題として取扱うべきであるとの観念より行なった実験の結果得られた主な点を述べるとつぎの通りである。

コンクリートのクリープ破壊曲線は、遷移クリープ、定常クリープおよび加速クリープの三部分に分けられ、定常クリープ速度（図-1の直線部の傾き）と破壊までの時間（ T ）までとの間には密接な関係がある。すなわち、両者は指数関数で表わされ、定常クリープ速度が小さくなれば T は大きくなる。このことからクリープ限が存在することがかがわれる。

コンクリートのクリープ破壊現象は、時間とともに低下する推移確率を有する確率過程の問題として取扱うことができる。また、破壊までの時間 T は、同一の応力下においても著しくばらつき、その分布は対数正規分布する。このような傾向は、コンクリートの疲労破壊における疲労寿命の分布においても観察される。

クリープ試験におけるポアソン比を観察した結果によれば、応力の大きさによりその時間的な変化は著しく異

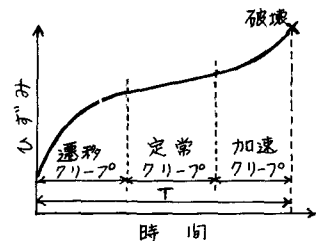


図-1 クリープ破壊曲線

なる。すなわち、低持続応力下におけるクリープポアソン比は、静的載荷試験におけるそれとほぼ同程度か、若干小さくなるといわれているが、高持続応力下におけるポアソン比は、時間とともに増大し、破壊近くになれば普通コンクリートにおいては、0.9程度まで増大する。このことから、前述のごとく、持続応力の大きさによりそのクリープの生成機構が異なることがうかがわれる。

3. コンクリートのクリープ限度

図-2は、同一応力比における破壊までの時間が対数正規分布することより求めたTの平均値と応力比Sとの関係を示したもので、疲労試験におけるS-N線図に相当するものである。図-2に実線で示すようにクリープ限を有するのか、点線で示すようにクリープ限がないのかが問題になる。上述のように、本研究の結果、クリープ限が存在することが予想されるので、それを確率的に決定する。

同一の持続応力を受ける個々の供試体のクリープ限は一定でなく、クリープ破壊するかどうかは、まったく確率的であると考えられる。いま、表-1に示すように、適当に選んだ応力比の範囲における供試体の数と破壊しなかった供試体の数とその生存確率を求める。この生存確率と応力比との関係を正規確率紙上にプロットすると、図-3のようになる。図上で得られた直線と確率50%の横軸との交点における応力比が平均クリープ限である。このような手法で得られる平均クリープ限は、普通および軽量コンクリートで、それぞれ、静的強度の84.5%および83.8%となる。なお、軽量コンクリートの場合、図-3において2点より直線を決定している。このようなことが可能かどうか確かめておく必要がある。同図は軽量コンクリートの各応力比における10分および20分における生存確率を求めて図示した。いずれの場合も生存確率と応力比の間には直線関係が成立する。従って、平均クリープ限を求める直線は、 $t=\infty$ の場合とみなすことができるから、たとえ2点からであっても直線で近似することが可能である。

ヨーロッパコンクリート委員会の「終局強度理論による鉄筋コンクリート設計施工基準」では、クリープ限として載荷時法令28日のコンクリートで82%、法令1年のもので76%を与えており、本研究の結果と大差はない。

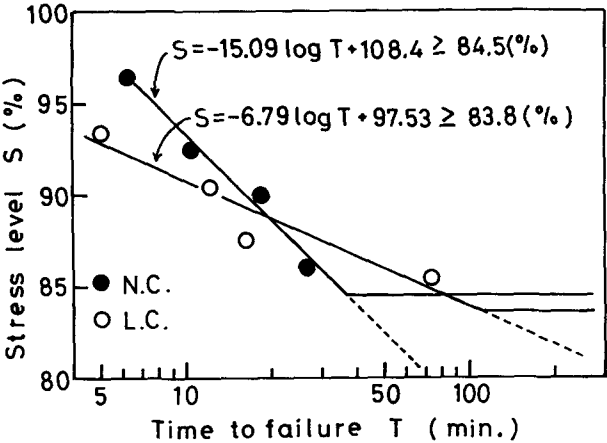


図-2 応力比と平均破壊時間との関係

表-1 平均クリープ限の決定

	応力比(%)	供試体数	破壊供試体数	生存確率
N.C.	90~93	19	1	5.26 %
	85~87	14	4	28.57 %
	82~84	9	6	66.67 %
	79~81	15	13	86.67 %
L.C.	85~86	11	1	9.09 %
	82~83	13	11	84.61 %

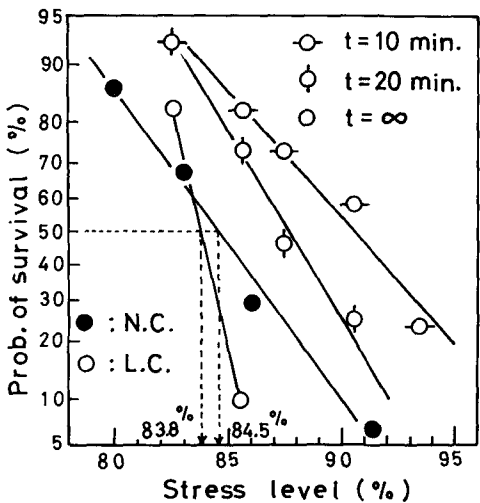


図-3 平均クリープ限の決定

< 文献省略 >