

東北大学工学部 正会員 民坂芳夫
東北大学工学部 正会員 鈴木基行
東北大学大学院 学生員 原 隆一

— まえがき —

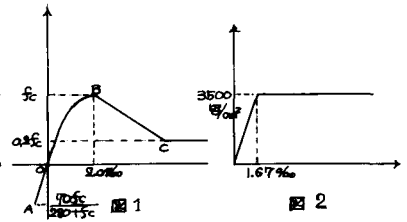
従来、用いられて来た弾性理論に基づく許容応力度設計法では、安全率を用いることで安全性が保障されて来た。しかしその安全率も理論的な根拠に乏しい経験的な量である。同様に、公称荷重などもあいまいな量である。

そこで、近來重要視されて来たのが、荷重・耐力などをすべて確率量であると考えて安全性を検証する方法である。この方法では、公称荷重、公称強度、その他の係数など設計上必要な量に確率論的背景を与え、なおかつ最終的には、これらが変わって破壊確率を与えることで安全性の検証を行なうことを目的としている。

この論文は、RCラーム型構造物の荷重と変位の非線形変換を求め、それよりその構造物の破壊確率を計算し、実際上必要となる変換曲線の線形性を検討したものである。

— 応力・歪曲線の仮定 —

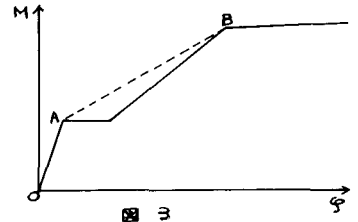
コンクリートとスチールの応力・歪曲線は図1、図2のように仮定するものとする。特にコンクリートの応力・歪曲線に関しては、コンクリートの引張歪をも考慮し、直線BCの下り勾配は、スターラップ量及びスターラップ間隔に関して定まるものとする。



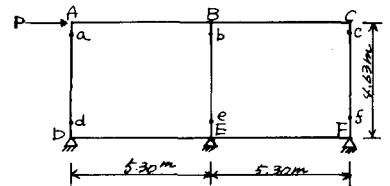
— M-φ図の作製及び剛性Eの決定 —

次に上で定められたコンクリート、スチールの応力・歪曲線とベルヌーイの平面保持の仮定を基礎として曲げモーメント(M)-曲率(φ)の関係を設定する。

軸力Nと曲率φが与えられた時、コンクリートとスチールの合力がNに釣り合うような歪分布を求めれば、そのような歪分布の時の曲げモーメントが求まるものである。そのようにして求めたのが図3の実線と示してある。



次に剛性の決定を計算上の簡単化として図3の実線のよう、A(ひび割れ発生時)とB(鉄筋降伏時)とを結んで、M-φ図をtrilinearと考え、3段階の剛性で仮定した。



— 構造解析 —

解析の対象となる構造物は、図4に示すような2層間のRCラーム型構造物で、各部材の断面を図5に示した。又A～Fの6ヶ所の結節点はその部材より非常に大きな剛性をもつと考えられるので剛域と考え、予め高い剛性を与えておき、変位させないものとした。

解析は有限要素法を基本として、それに上記の曲げ剛性決定プログラムを導入したもので、そのフローチャートを図6に示したので参照されたい。

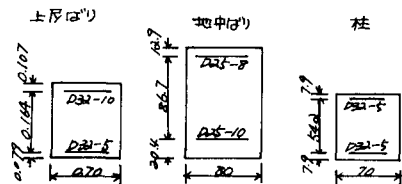


図 5

以上のようにして得られ下結果を示したのが図7のOAなる曲線である。点Aは、図4のa-hfまでの部分の鉄筋が降伏して塑性ヒンジができて、構造物が不安定になるときのP、δを示すもので、図7のOA間の構造物の耐力と考えることができる。

一破壊確率の算定と稜形にの可能性一

今、荷重・耐力の両者をバラツキをもつ量であるものとし、特耐力(=ニゴは変位δ)は構造解析より求めたOAを平均値とする分布量であるものとする。次に上で求めたOAなる変換曲線より耐力の分布関数を荷重軸に変換し破壊確率を計算するのであるが、OAより大きなところでの変換は点Aで曲線Fにいた接線で代用するものとする。ニゴ破壊確率は次式で計算される。

$$P_F = \int_0^{\infty} (1 - F_S(x)) f_P(x) dx$$

F_S : 荷重の分布関数
 f_P : 耐力の密度関数

上記に従って、耐力を正規分布、荷重を極値分布Type IIとしF時、荷重と耐力の変換係数の9種類の組合せに対して、特性安全率にに対する破壊確率の変化を示したのが図8である。この図よりFが荷重の影響を強くうけることがわかる。ニゴは極値分布を考える場合の傾向のようである。

図9に示したのは、上記の①④⑦の曲線と荷重-変位曲線OAと耐力の5%フラクタイルで稜形にして同様求めたF_{5%}なる曲線である。ニゴより明らかに破壊確率がそのオーダーの問題になる程度のものであるということから考えると、かなり良い近似であると考えることが出来る。又、変換係数が大きくなると誤差が大きくなるということがわかる。

以上の結論は、荷重は極値分布Type II、耐力が正規分布の場合であるが、その他荷重として正規分布、極値分布Type I, II, 耐力として正規分布、極値分布Type I, IIとあり、合計9ケースがある。ニゴに付いては、当日の発表で紹介するものとする。

一参考文献一

J. Ferry Borges and M. Castañeda
; STRUCTURAL SAFETY

A. Faria

; Non-LINEAR BEHAVIOUR
OF FRAMES AND SLABS.

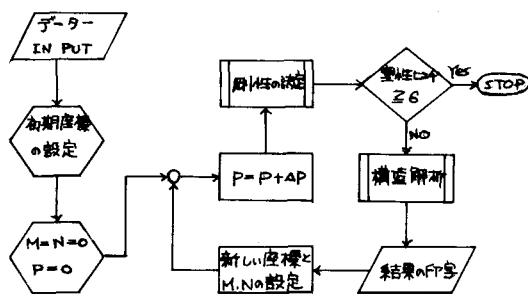


図 6

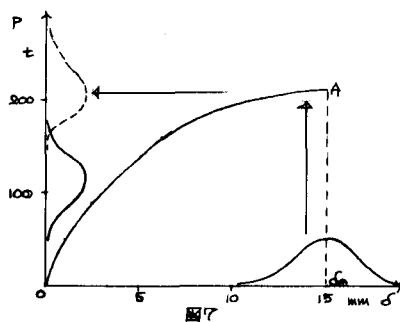


図7

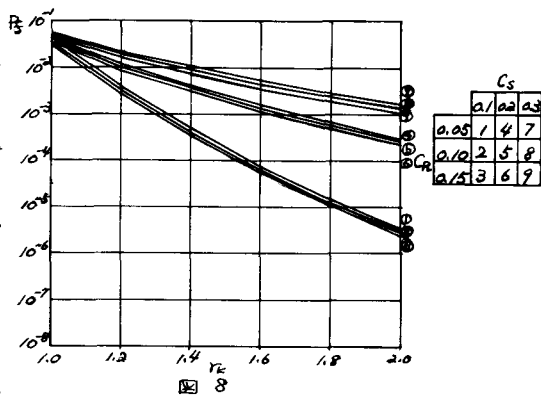


図 8

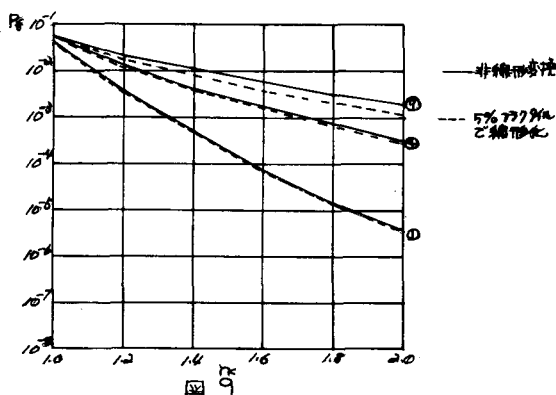


図 9