

岐阜大学 正会員 ○岩瀬 裕之

〃 六郷 恵哲

〃 小柳 浩

1. まえがき

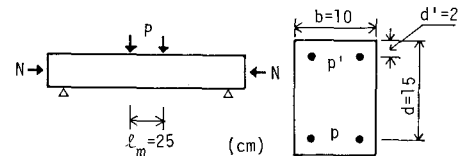
筆者等は曲げ荷重を受けるRCはり部材の破壊過程における消散エネルギーおよびR点（はり上縁ひずみが増加し曲率・たわみが増加しても引張鉄筋ひずみが増加から減少に転じる点、この点以後はりの耐力は急激に低下する）についての解析を報告した¹⁾。本報告はR点までの消散エネルギーにおよぼす引張鉄筋比、圧縮鉄筋比、および軸力の各要因の影響について詳細に検討したものである。

2. 解析の概略¹⁾

図1に示すようなRCはりを考える。はりが曲げ破壊を生ずる場合には、はり全体で消散するエネルギー W_{it} の大部分はモーメントスパン l_m に集中すると仮定すると、はり全体で消散するエネルギー W_{it} は引張鉄筋で消散するエネルギー W_{ist} 、圧縮鉄筋で消散するエネルギー W_{isc} 、およびコンクリートで消散するエネルギー W_{ic} の和であり、次式で与えられる、

$$\begin{aligned} W_{it} &= W_{ist} + W_{isc} + W_{ic} \\ &= pbd l_m \sigma_{sy} (\epsilon_s - \epsilon_{sy}) + p'bd l_m \sigma_{sy}' (\epsilon_s' - \epsilon_{sy}') + \left\{ \int_0^{\epsilon_c} \{ S(\epsilon) - \sigma(\epsilon)/2 E_c \} d\epsilon \right\} bd l_m / (\epsilon_s + \epsilon_c) \\ &= S(\epsilon_c) bd l_m (\epsilon_s - \epsilon_{sy}) / (\epsilon_s + \epsilon_c) + p'bd l_m \sigma_{sy}' (\epsilon_s - \epsilon_{sy}) - N l_m (\epsilon_s - \epsilon_{sy}) + p'bd l_m \sigma_{sy}' (\epsilon_s' - \epsilon_{sy}') \\ &\quad + \left\{ \int_0^{\epsilon_c} \{ S(\epsilon) - \sigma(\epsilon)/2 E_c \} d\epsilon \right\} bd l_m / (\epsilon_s + \epsilon_c) \quad (1) \end{aligned}$$

ここで、 b ははりの幅、 d は有効高さ、 l_m はモーメントスパン、 p ・ p' は引張および圧縮鉄筋比、 σ_{sy} ・ σ_{sy}' は引張および圧縮鉄筋降伏点強度、 N は軸力、 ϵ_c ・ ϵ_s ・ ϵ_s' ははり上縁ひずみ、引張および圧縮鉄筋ひずみ、 E_c はコンクリート初期弾性係数、 N は軸力、をそれぞれ表す。



R点におけるはり上縁ひずみ ϵ_{cr} および鉄筋ひずみ ϵ_{sr} は次のよう

図1 はりの形状寸法

に求められる。はり上縁応力が0となる前、すなわちはり上縁ひずみ ϵ_c が ϵ_{cu} （コンクリートの圧縮能力ひずみ曲線において応力が0となるひずみ）に達する前に圧縮鉄筋が降伏する場合には、コンクリートの圧縮能力ひずみ曲線の下降域において、応力が $p\sigma_{sy} - p'\sigma_{sy}' + N/bd$ に等しくなる点のひずみがR点におけるはり上縁ひずみ ϵ_{cr} となり、引張鉄筋ひずみは次式で与えられる。

$$\epsilon_{sr} = S(\epsilon_{cr}) / (p\sigma_{sy} - p'\sigma_{sy}' + N/bd) - \epsilon_{cr} \quad (2)$$

ϵ_c が ϵ_{cu} に達した後に圧縮鉄筋が降伏する場合には、R点は圧縮鉄筋が降伏する点と一致し、次の二式から求められる。

$$\epsilon_s = \epsilon_c (d - d') / d' - \epsilon_{sy}' d / d' \quad (3)$$

$$\epsilon_s = S(\epsilon_c) / (p\sigma_{sy} - p'\sigma_{sy}' + N/bd) \quad (4)$$

これらの式より求めたR点時のひずみ ϵ_{cr} ・ ϵ_{sr} を(1)式に代入するとR点ま

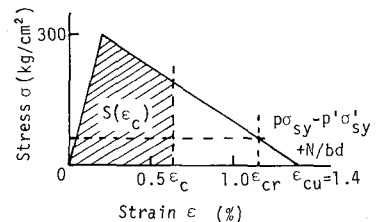


図2 コンクリートの圧縮能力ひずみ曲線

での消散エネルギー W_{it} が求まる。ただし引張鉄筋ひずみ ϵ_{sr} が鉄筋の破断時の平均ひずみ ϵ_{sf} を越える場合には、R点が生ずる前に引張鉄筋が破断する。

3. モデル計算による検討

(a)条件：引張鉄筋比 p を1%、2%、4%とし、引張鉄筋比 p に対する圧縮鉄筋比 p' の比率 p'/p を0.0、1、1.0とした。軸圧縮力 N は0.1、1、6 tonfとした。コンクリートの圧縮能力ひずみ曲線の形状は計算を簡便にするため図2に示すような三角形とした。鉄筋の降伏点強度は36.0 kg/mm²とし、鉄筋の平均破断ひずみ ϵ_{sf} を12%とした。

(b)計算結果と考察：図3(a)~(c)は、軸力を0とし引張鉄筋比 p を3種類にかえた場合について引張鉄筋比 p に対する圧縮鉄筋比 p' の比率 p'/p とR点までの消散エネルギー W_{it} 、 W_{ist} との関係を示している。 p'/p の比率が高くなるにつれて W_{it} は増加する。 $p'/p=0.5$ 以下の場合、 p が低いほど W_{it} は大きくなり、また W_{it} 中に占める W_{ist} の割合も高くなる。 $p'/p=0.6\sim0.9$ では各引張鉄筋比に対応する W_{it} の値はほぼ等しくなる。すなわち p'/p が大きい場合には、引張鉄筋比 p が高くなるにつれて耐力は増加するが、逆に降伏点からR点までの変位は減少して引張鉄筋比の高低にかかわらず消散エネルギーは一定であることを表わしている。ただし $p=1\%$ で $p'/p=0.6$ 以上の場合や $p=2\%$ で $p'/p=0.8$ 以上の場合にはR点が生ずる前に引張鉄筋ひずみ12%を越え引張鉄筋が破断する。図4(a)~(c)には3種類の鉄筋比について軸力 N と W_{it} との関係を示している。軸力 N が増加すると W_{it} は著しく減少する。 $p=4\%$ で $p'/p=0$ の場合、軸力が4tonf以上になると引張鉄筋は降伏しない。 $p'/p=1.0$ の場合、軸力が小さくなると引張鉄筋がR点以前に破断する。図5は3種類の鉄筋比について $p\sigma_{sy}-p'\sigma_{sy}+N/bd$ の値とR点における W_{it} との関係を示している。 $p\sigma_{sy}-p'\sigma_{sy}+N/bd$ の値が増加するにつれて W_{it} は減少し、引張鉄筋比が一定ならば軸力の大きさに影響されることがなく W_{it} と $p\sigma_{sy}-p'\sigma_{sy}+N/bd$ の関係は一つの曲線でほぼ表わすことができる。 $p\sigma_{sy}-p'\sigma_{sy}+N/bd$ の値が同じであれば対応するR点での鉄筋ひずみ ϵ_R も同じ値になる。ここで、 W_{it} の大部分を占める W_{ist} は鉄筋比 p に比例するため(式(1))、 W_{it} も鉄筋比 p にほぼ比例する。いずれの鉄筋比および軸力においても $p\sigma_{sy}-p'\sigma_{sy}+N/bd$ の値が15 kg/cm²以下になればR点が生ずる前に引張鉄筋が破断し、170 kg/cm²以上になると引張鉄筋は降伏しなくなる。以上述べたよう本報告においてはRCはりの消散エネルギーにおよぼす鉄筋比、軸力の影響をあきらかにした。

参考文献 1) 小柳・大郷・岩瀬・内田「複鉄筋コンクリートはりの靱性評価」第5回コンクリート工学年次講演会

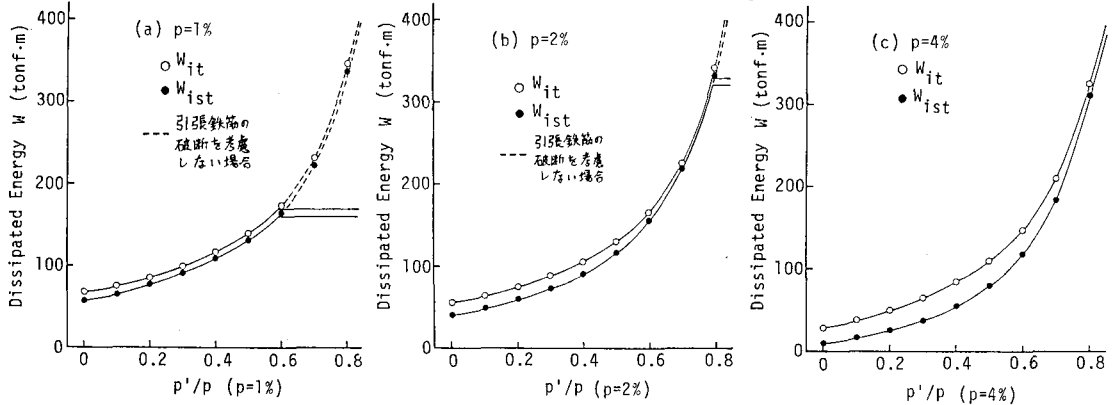


図3 p'/p と 消散エネルギー W_{it} , W_{ist} との関係

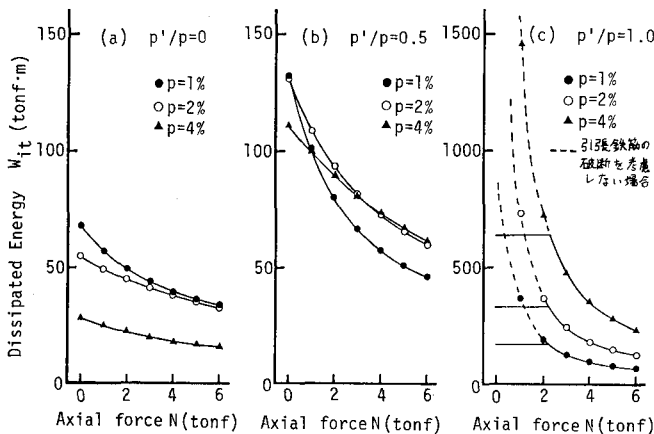


図4 軸力と W_{it} との関係

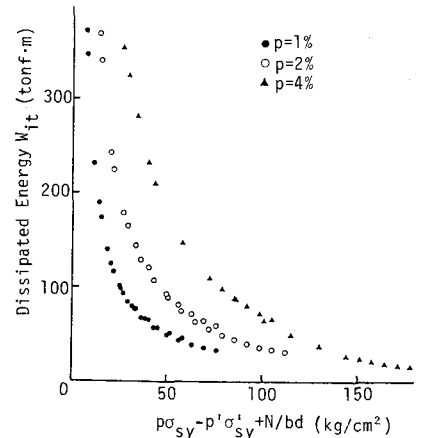


図5 $p\sigma_{sy}-p'\sigma_{sy}+N/bd$ と W_{it} との関係