

東京大学 学生員 野村 卓史

1. まえがき

本報告は、せん断破壊のメカニズムを理解するための1つのステップとして、コンクリート構造の非線型な挙動のうち、コンクリートの応力 = ひずみ関係、主応力によるひびわれにともなう応力再分配および剛性の変化を考慮した有限要素法プログラムを用いて、せん断を受ける腹鉄筋のない鉄筋コンクリートばりの解析を行なった。

2. 解析の対象、方法、仮定

今回の計算では、図1に示す寸法をもった、矩形断面で、せん断スパンと有効高さの比が4.5の鉄筋コンクリートばりを対象とした。このばりの設計終局曲げ耐力は8.45 t-m (荷重8.54 t), 腹部補強をしない場合の設計斜めひび割れ荷重は、ACI規準318-71によれば5.91 t, 土木学会コンクリート標準示方書によれば4.58 tである。

計算に用いたプログラムは、平面応力問題が解ける、荷重増分式の有限要素法¹⁾である。解析用モデルの要素分割は図2に示す。ここで、対称軸での境界条件は、x方向自由度固定、y方向自由度自由とした。主鉄筋は図1のばりと同じ鉄筋断面積を有する三角形要素とした。載荷板および支承は、現実の実験に用いる支圧板を表わすための形状寸法をもち、細かく要素分割して、伝達される荷重の分散に留意した。

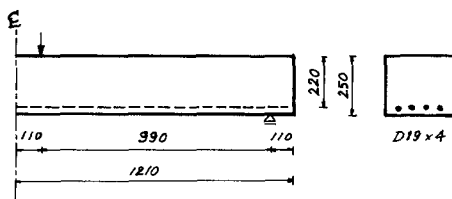


図1.

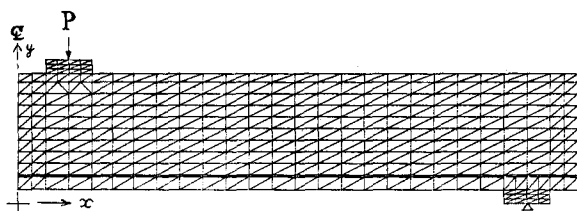


図2. 2次元モデルの要素分割

コンクリート要素の剛性は、一軸応力 = ひずみ曲線が図3の放物線となるよう要素の応力状態に応じて変化させた。ここでは圧縮強度270 kg/cm², ポアソン比0.15とした。この時引張強度24.35 kg/cm², 初期接線剛性 2.7×10^5 kg/cm² となる。コンクリート要素のひびわれの取扱いは以下の通り。要素の最大主引張応力が引張強度を越えた時、その主引張応力を解放し、また、その主応力方向の剛性をゼロとする。ただしこの時に、ひびわれが起った後も要素のせん断剛性については変化させず、ひびわれを介してせん断力が完全に伝達されると仮定した。鋼要素は、主鉄筋、支圧板ともに弾性係数 2.04×10^6 kg/cm², ポアソン比0.3, 降伏応力4,000 kg/cm²とした。

3. 結果と考察

計算は1ステップにつき1トンの刻みで8ステップ、8トンまで載荷をして行なった。図4は代表的な荷重段階における主応力と、ひびわれの生じた要素およびその角度の図である。また、図5は各荷重段階における主鉄筋の要素の軸方向応力の分布図である。いずれも、応力値は要素圆心

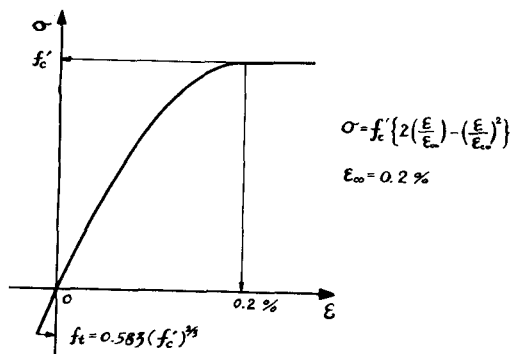


図3. コンクリートの応力 = ひずみ曲線

位置にプロットした。

これらの図から認められたことからを以下に列挙する。

① 4トンでは、載荷点から、有効高さの2.5倍ほどの長さの範囲にわたってひびわれが生じた。これらのひびわれの特徴は、いずれもひびわれの方向が部材軸とほぼ直角の方向を向いているということ、このひびわれは定性的に曲げひびわれとみなし得ると考えられる。

② 6トンでは、上記と同じタイプのひびわれの範囲が鉄筋に沿って支点の方へ伸びると同時に、中立軸付近で斜めひびわれが発生している。後者のタイプのひびわれの最初のものは5トンで発生しており、先の設計荷重にも近いため、このひびわれは、いわゆる斜めひびわれとみなし得ると考えられる。

③ 8トンでは、さらに多くの斜めひびわれが発生し、また、支点近くの鉄筋周辺のひびわれも、部材軸に対し傾く傾向がある。また、この荷重レベルでは載荷点直下のひびわれが顕著になる。

④ 図5では、鉄筋の応力の増加量が、荷重3トンあるいは4トンで最も多い。これはこの荷重レベルで曲げひびわれの発達が悪しかったことを意味している。

現実に実験などでは、 $a/d = 4.5$ 程度のはりでは、せん断補強筋を配さない場合、斜めひびわれが生じると急速に破壊に致るとされているが、この解析では、斜めひびわれ発生後も荷重の増加が続いている。この違いはおそらく、ひびわれが生じた後の要素のせん断剛性を変えなかったために、はりが実際より過大なせん断耐力を持つことになったからだと考えられる。

4. あとがき

鉄筋コンクリートはりを有限要素法で解析した結果、このプログラムが、曲げひびわれ、斜めひびわれなどの現象を表現しうる手段であることが分り、より普遍的な解析に適用する可能性が認められる。今後引続いて検討していきたい。

1) 図分、山田; Composite III ユーザーズ・マニュアル, '77-3

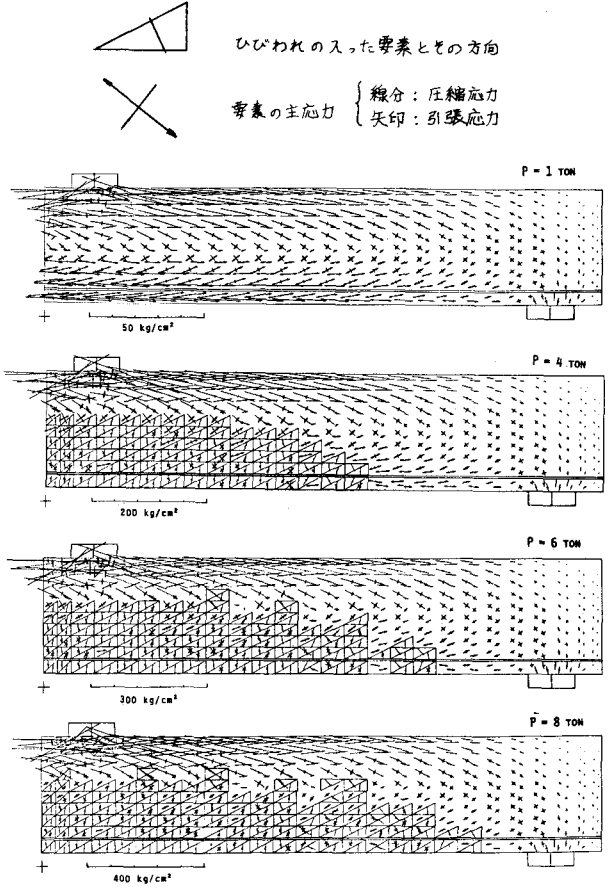


図4 コンクリートの応力とひびわれ

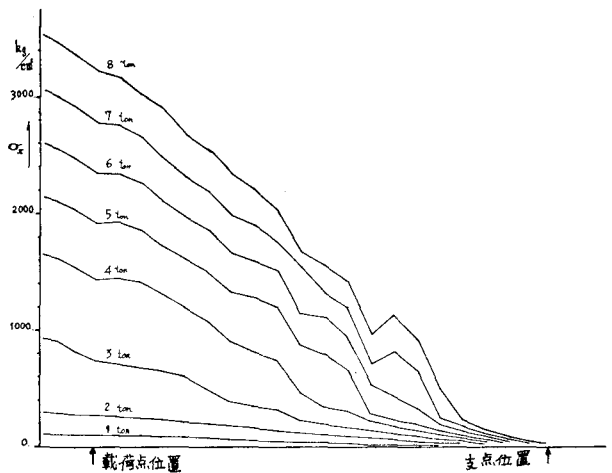


図5 主鉄筋の応力分布