

宮崎大学工学部 正 員 中沢 隆雄

久原 中吾

学生員 能津 俊賢

1. まえがき

鉄筋コンクリート部材の力学的挙動を、解析的に研究することは、力学的性状を表わす要因が数多く、複雑に相関し合っているため、極めて困難である。しかしながら、¹⁾ D. Ngo と A. C. Scordelis が鉄筋コンクリートはりを対象に、有限要素法をはじめて適用して以来、この手法による鉄筋コンクリート構造の解析が行われてきている。

ところで、この解析法では、構造物の構成要素の力学的モデル化が重要となってくるが、組み合わせ応力下でのコンクリートの構成関係や破壊条件、コンクリートと鉄筋の付着—すべり関係、鉄筋のたばね作用およびひびわれ面での滑移のかみ合い効果など、力学的特性を十分表現しうる解析モデルを導入することは、極めて困難である。そこで、本研究では、漸増二点集中荷重を受ける鉄筋コンクリート単純はりを対象に、可能な限り簡略化した力学的モデルを用いて、ひびわれおよび鉄筋とコンクリートの付着—すべり関係を考慮した、平面応力状態での非線型解析を試みるものである。

2. 解析例および実験結果

解析手法は、紙面の都合上、ここでは省略する。

すべり鉄筋を、図-1に示すように公称断面積に等しい、長方形断面に置換した上で、はりを単位幅で取り扱うものとする。また、鉄筋とコンクリートの付着—相対すべりを表現するために用いた、仮想要素 Bond Link の鉄筋軸に水平方向のバネ剛性は、既往の研究結果を参照して $3.9 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ とした。鉄筋軸に垂直方向のバネ剛性は、はりの破壊時の鉄筋のたばね作用が著しい場合に重要となってくるが、実験的にその値を決定することが困難なため、鉄筋の軸方向に比較して、垂直方向の相対的変位は極めて微小であるとして、 $1.0 \times 10^7 \text{ kg/cm}^2$ という値を仮定した。なお、ポアソン比は、コンクリートについて、0.17、鉄筋について、0.3 を用いた。また、鉄筋およびコンクリートの一軸引張試験および一軸圧縮試験からえられる応力—ひずみ曲線を、解析に便ならしめるため、図-2に示すように理想化し、それぞれの数値を表-1に示す。なお、用いたコンクリートの配合は、表-2の通りである。はりの破壊実験に際しては、図-3に示す位置に設置したダイヤルゲージおよびストレインゲージによって、はりのたわみおよび鉄筋とコンクリートのひずみを計測した。

以上の各数値を用いて行なった解析の結果と実験結果との比較を以下に示す。なお、

表-1

E_c	E_s	E'_c	E'_s	σ_{cy}	σ_{sy}	E_{cy}	E_{sy}	σ_{co}	E_{co}	σ'_{co}	E'_{co}
(kg/cm^2)	(kg/cm^2)	(kg/cm^2)	(kg/cm^2)	(kg/cm^2)	(kg/cm^2)	($\times 10^{-6}$)	($\times 10^{-6}$)	(kg/cm^2)	($\times 10^{-6}$)	(kg/cm^2)	($\times 10^{-6}$)
1.98×10^5	1.19×10^6	0.90×10^5	8.95×10^3	-158	3407	-800	1900	-230	-1600	23	116

鉄筋 34, Bond Link 32 の計

412 であり、節点総数 232 である。

すべり、図-3に示した、はりの中央断面における各荷重階での、コンクリートのひずみ分布を図-4に示す。この図から、低荷重レベルでは平面保持が保たれてお

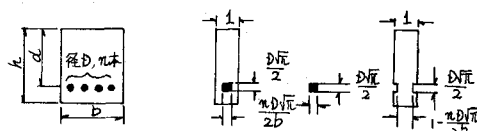


図-1

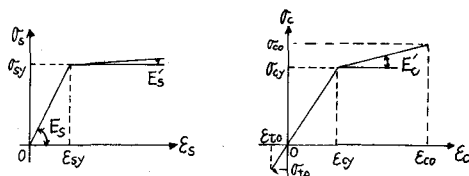


図-2

表-2

超弾性 変形法 寸法 (mm)	スパン (cm)	水セメント 比 w/c (%)	細骨材 率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)			
				水 W	セメント C	細骨材 S	超弾性骨材
40	7.5	50	41	178	356	716	1030

り、実験値と理論はよく一致している。

高荷重レベルでは、ひびわれ発生のため平面保持はくずれ、ひずみ分布は、実験と理論で定性的に合致するが、それらの値には相当の差異が生じている。図-5は、各ゲージ位置での荷重-ひずみ曲線を示す。図-6は、はり中央点での荷重-たわみ曲線を示す。

また、解析の結果えられた、荷重強度 $P=7.125$ t 時の主応力の流れを図-7に示す。

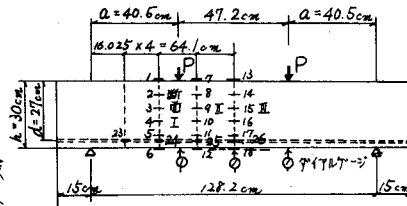


図-3

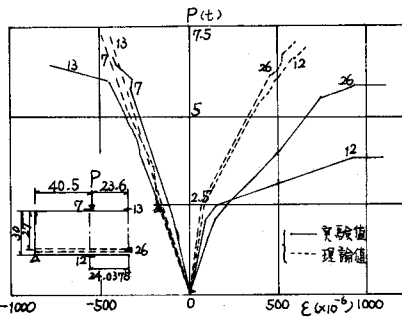


図-5

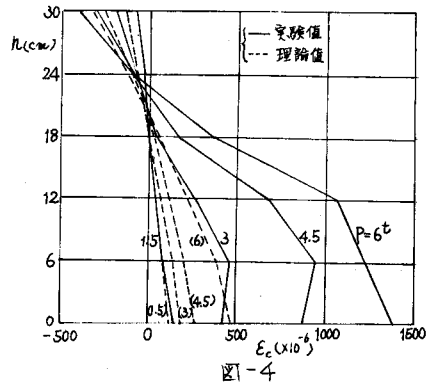


図-4

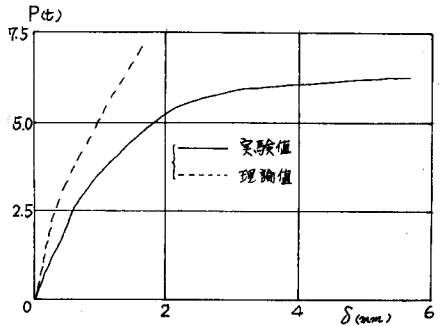


図-6

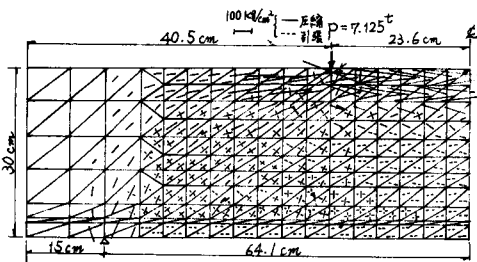


図-7

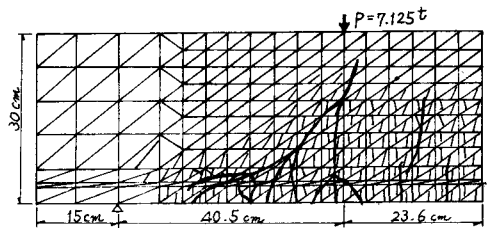


図-8

さらに、理論荷重強度 $P=7.125$ t 時のひびわれ発生要素とひびわれの方向を、実験による破壊時のひびわれ状況と比較して、図-8に示す。

3. 考察 ひずみおよびたわみについて、実験値と理論値を比較したが、定量的に両者が合致しない理由として、各荷重段階での収束計算を行っていないこと、付着に関する応力-相対変位の関係が不明であり、その関係を線型としたこと、正確なひびわれ発生および伝播の解析ができなかったことなどが挙げられるが、現状では、これらすべてを解決するまでに至っていない。

参考文献 1) D'Ng, A.C. Scordelis: Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Beams, ACI/March, 1967, p.152 ~ 163.

2) A.H. Nilsson: Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete by the Finite Element Method, ACI/September, 1968, p.957 ~ 966.

3) 黒正清治・滝口克己: 有限要素法による鉄筋コンクリート部材の二次元非線形解析(その1, 仮定および解析方法), 日本建築学会論文報告集, 第189号, 昭和46年11月, p.51 ~ 57.