

剛体パネ要素法によるRCはりの終局強度解析

大阪市立大学工学部 正 会 員 園田恵一郎
 大阪市立大学工学部 正 会 員 鬼頭 宏明
 大阪市立大学大学院 学生会員 ○奥谷 知明

1. はじめに RC構造物は終局状態において、コンクリートのひびわれ、圧壊、せん断、鉄筋の降伏など不連続性の卓越した現象の組合せにより、構造物としての強度を失う。一方、構造物の終局状態での挙動を巨視的に評価しようと開発された数値解析法に剛体パネ要素法¹⁾がある。この手法は、実験的事実に基づき、構造物を幾つかの剛体要素とそれらを連結するパネによりモデル化し、非線形性の顕著な塑性現象や不連続性の卓越した現象を取り扱おうとしたものである。本研究ではこのような剛体パネ要素法の特性に着目し、この手法のRCはりの終局強度解析への適用性を、既往の実験公式との比較を通して検討するものである。

2. 材料構成モデル 二次元平面問題として取り扱い、図1に示すように重心において3自由度 $u_g: \{u, v, \omega\}$ を有する剛体要素が、各要素間に存在する垂直およびせん断パネにより互いに連結され、このパネに面積力によるエネルギーが集中して蓄えられると考え、コンクリートのひびわれ、せん断すべり、圧壊、鉄筋の降伏等の現象をこのパネに直接導入する。

(1) コンクリートの直応力-ひずみ関係 図2に示すように、圧縮領域では、一軸圧縮強度 σ_{co} で規定されるバイリニア関係とし、圧縮限界ひずみ ϵ_{cu} ⁵⁾ に達した時、圧壊に至ったとみなし応力を解放する。一方、引張領域では、応力が引張強度 σ_{to} に達しひびわれが発生した後も、テンションスティフネス効果を考慮して、ひずみ軟化領域を与える。(図2参照)

(2) コンクリートのせん断特性 コンクリートのせん断すべり開始条件として、図3に示すモール・クーロン型の降伏曲面を採用する。また、ひびわれ面でのせん断伝達特性は図4に示すCedline²⁾のせん断剛性低下率により評価した。

(3) 鉄筋の応力-ひずみ関係 鉄筋の応力-ひずみ関係は垂直成分、せん断成分ともに、その降伏点により規定されるバイリニア関係で表わし、両者間での相関作用は無視できるものとする。

3. 解析モデル 解析対象は2点荷重を受けるスラップを有さない単鉄筋単純RCはりである。解析モデルは、図5に示すように曲げ破壊形式とせん断破壊形式を考慮して、可能な限り数少ない自由度を有するように要素分割を行った。鉄筋比($p = A_s/bd$)は図5にて $A_s = h_s b$, $d = t_c + h_s/2$ として表わされる。

4. 解析結果 解析に用いた諸定数を表1に示す。RCはりの終局強度に影響を及ぼすパラメータとしては、せん断スパン高

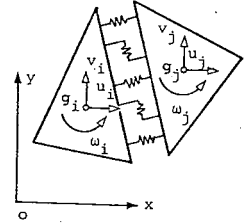


図1 剛体パネモデル

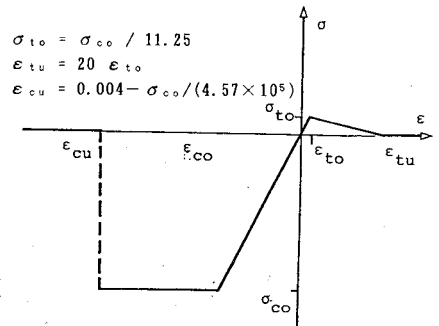


図2 コンクリートの直応力-ひずみ関係

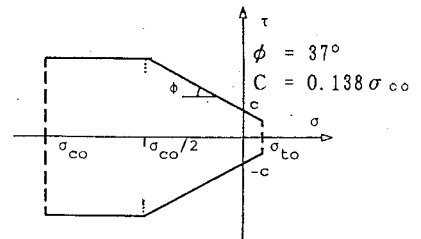


図3 コンクリートの降伏曲面

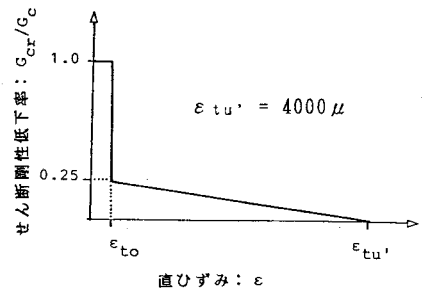


図4 ひびわれ面でのせん断剛性低下率

さ比(a/d), 主鉄筋比(p), コンクリートの圧縮強度 (σ_{co}), 鉄筋の降伏点(σ_y)を取り上げ, 表中[]で示した値を基準値としてパラメトリック解析を行った。

まず, 鉄筋の降伏点(σ_y)を2400kgf/cm²として, 鉄筋比(p)を変化させたものが図6である。 $p=1.8\%$ を境に支配的な破壊形式が曲げ破壊からせん断破壊へと移行していることが実験公式による終局強度からわかるが, 解析より得られた終局強度もこれに対応している。 解析より得られた破壊時の変形図を図7に示すが, 実験で観察される破壊形式をよく表現できている。

次に, 鉄筋の降伏点(σ_y)を5000kgf/cm²として, せん断破壊が支配的となる領域で, 各パラメータを変化させたものが図8, 図9である。 広範なパラメータに渡ってその終局強度を定量的に評価できている。

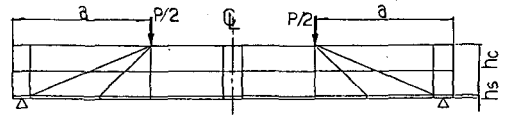


図5 解析モデルの要素分割

表1 R Cはりの諸定数 ([]は基準値)

スパン	l	150	(cm)
幅	b	1	(cm)
有効高さ	d	18	(cm)
せん断スパン高さ比	a/d	[2.5]	
鉄筋比	p	[2.0]	(%)
コンクリート:			
初期ヤング係数	E_c	2.40×10^5	(kgf/cm ²)
ポアソン比	ν_c	1/6	
圧縮強度	σ_{co}	[300]	(kgf/cm ²)
鉄筋:			
初期ヤング係数	E_s	2.10×10^6	(kgf/cm ²)
ポアソン比	ν_s	0.3	
降伏点	σ_y	[5000]	(kgf/cm ²)

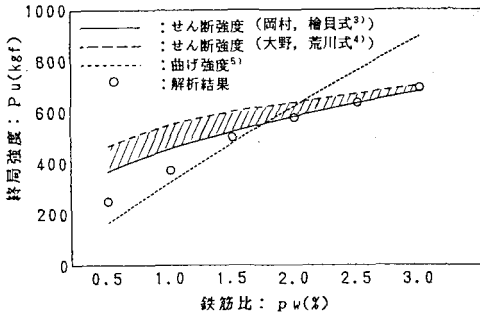


図6 鉄筋比と終局強度 ($\sigma_y=2400\text{kgf/cm}^2$)

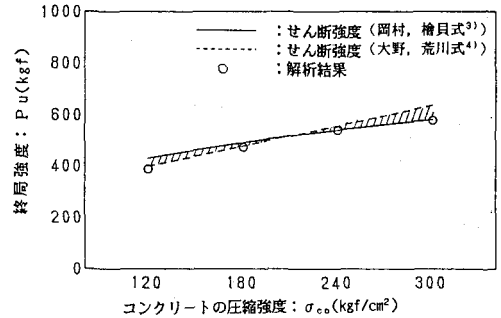


図8 コンクリートの圧縮強度と終局強度

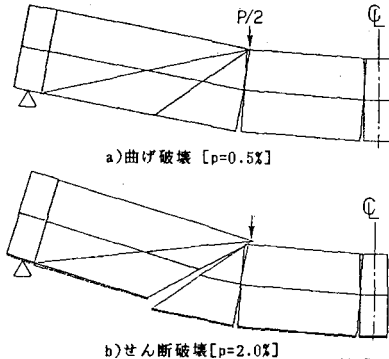


図7 解析より得られた破壊形式

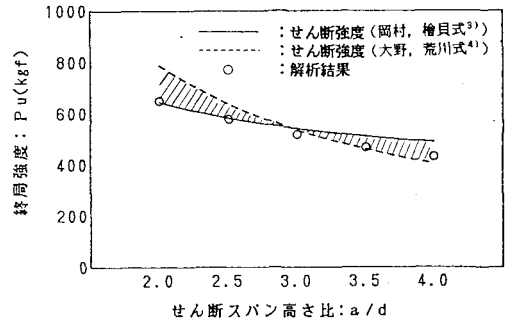


図9 せん断スパン高さ比と終局強度

6. 結論 剛体バネ要素法において, 破壊時に観察される主なひびわれのみを考慮した粗い要素分割を用いて得られた終局強度と破壊形式は, 既往の実験公式との比較を通して, 広範なパラメータにわたり良好な結果を与えることを検証できた。

[参考文献] 1)Kawai, T.: 造船学会論文集, No. 141, 1977. 2)Cedolin, L. et al: Proceedings of ASCE, No. EM3, 1977. 3)Okamura, H. et al: Proceedings of JSCE, No. 300, 1980. 4)大野他: 建築学会論文集 No. 66, 1960. 5)岡田: "鉄筋コンクリート工学", 朝倉書店, 1972.