

剛体ばねモデルを用いた極限解析法による RC はりの斜引張破壊の解析

佐賀大学大学院 学生員 奥 一朗
佐賀大学 正会員 石橋 孝治

1、はじめに

コンクリート構造物の設計において、十分な説明がなされていない応答に関しては、安全となるような対応を示方書等で示して、これに対処している。このため、実際の応答が設計時の予測を安全側に大きく上回る場合もある。

本研究では、塑性変形や破壊の本質はすべりにあるとして開発された剛体ばねモデル(RBSM)を力学モデルとして用いた。このモデルは要素自身を剛体と仮定し、要素境界面上の体積変化とせん断変形に抵抗するバネを設け、要素内の仕事の代わりに要素境界面上に集中化された表面力の仕事を用いてエネルギーを評価する方法である。

そこで、本研究ではRC はりの斜引張破壊に注目し、その破壊過程のトレースを試みた。

2、載荷実験

(1)供試体の概要

解析結果と比較するために、RC はり供試体を各2体作成した。供試体はせん断補強筋を有しない単鉄筋はりで、斜引張破壊を呈するようにせん断スパン比を 1.9、3.4 に設定した。各供試体の寸法については表-1、図-1 に示す。コンクリートの材料強度は表-2 に示す。使用した鉄筋は SD345 規格の D25 異形鉄筋である。

表-1 寸法諸元

	a/d	a(mm)	d(mm)	h(mm)	
S series	1.875	375	200	250	
W series	3.375	675	200	250	
	b(mm)	r(mm)	l(mm)	L(mm)	p(%)
	100	250	1000	1200	0.0253
	150	250	1600	1800	0.0337

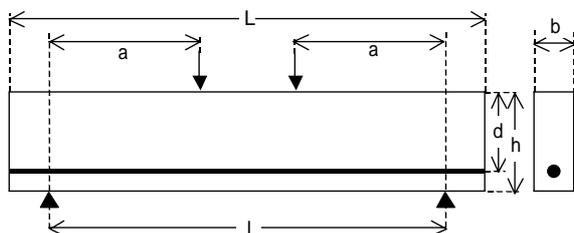


図-1 RC はり供試体

表-2 コンクリートの材料強度

28日強度			
圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
31.2	2.8	5.20	25.2

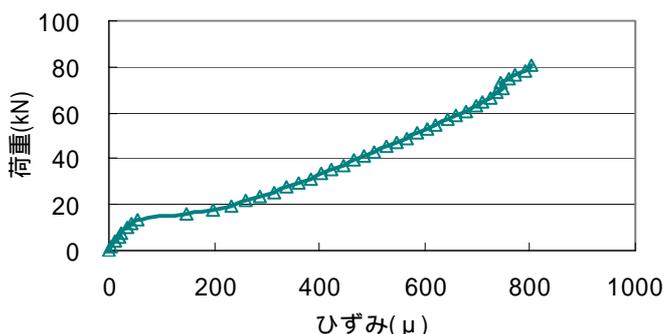


図-2 荷重 ひずみ曲線

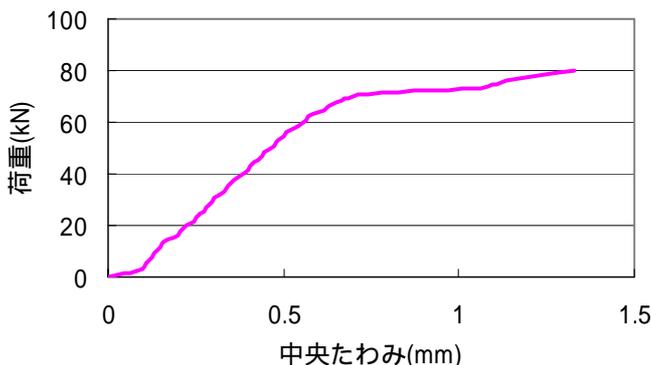


図-3 荷重 たわみ曲線

(2)載荷実験と実験結果

載荷試験は2点載荷により行い、測定項目として、供試体中央のたわみ・供試体中央の鉄筋ひずみ・供試体側面のひずみ(中立軸位置、中央を左右各2点)・供試体上縁および下縁のひずみとした。載荷実験結果として全ての供試体で、せん断付着破壊となった。

図-2 に示す荷重-鉄筋ひずみの関係からわかるように、鉄筋の降伏は見られなかった。また図-3 に荷重供試体中央の鉛直変位の関係を示す。変位 1.3 mm 付近までは緩やかに変位が伸びており、その後付着の破壊により急激に耐力をなくしている。本実験では破壊形式がせん断付着破壊であることからわかるように、鉄筋とコンクリートの付着が十分でなく、そのため変

形能が著しく低下したと考えられる。

3、剛体ばねモデルによる解析

(1) 亀裂発生 の判定と処理

破壊基準としては Mohr-coulomb の条件を採用し図-4(a)に示すように亀裂発生前後で異なる応力包絡線を用いる。亀裂のパターンは境界面上の直応力が圧縮の領域で生ずるものと引張の領域で生ずるものとに2分し、前者をせん断亀裂、後者を引張亀裂とした。亀裂発生後、亀裂は発生時に定まるパターンを有し続けるものとする。せん断亀裂が生じた場合には破壊基準の移行に伴う過剰せん断応力 ($\sigma_u - \sigma_r$)のみを、引張亀裂が生じた場合には境界面上の全応力が解放されるものとする。亀裂面を挟む2要素にはこれに伴う解放力を作用させ、ばねの特性を変化させる。これに対応して、材料の応力 ひずみの関係は図-4(b),(c)に示すような折れ線で近似した関係を用いた。

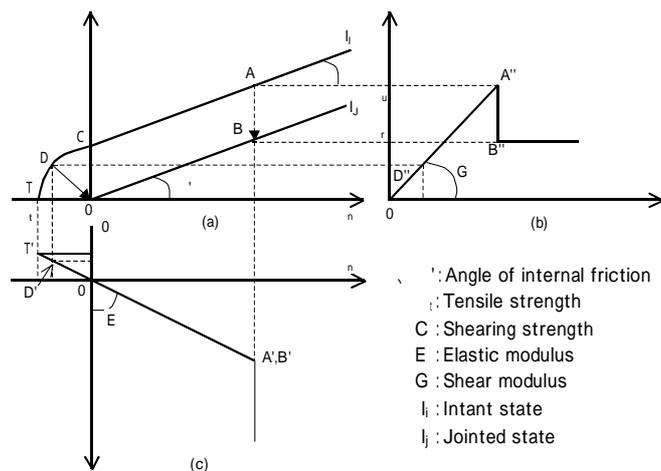


図-4 応力とひずみの関係

(2) 解析モデル

本研究では対象性を考慮して 1/2 スパン領域を解析対象とした。また鉄筋は梁要素により置換した。拘束条件として、支点には鉛直方向を、対象境界上には境界用要素を設け、その要素自身を水平、回転方向について拘束した。コンクリートと鉄筋の付着応力はせん断弾性係数と要素長さにより表現した。

4 . 実験および解析結果の比較と考察

図-5 から図-7 にひび割れの発生状態図を示す。図中の記号は図-8 に示す。実験結果より破壊状況はコンク

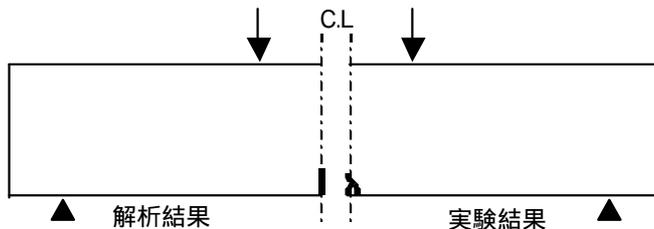


図-5 ひび割れ進展状態図(初期)

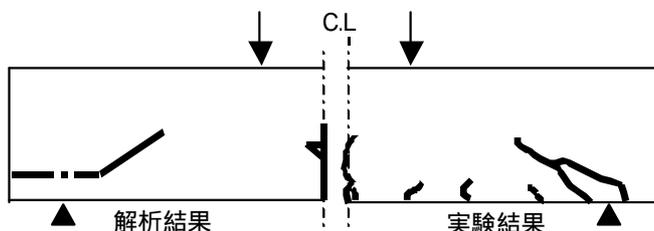


図-6 ひび割れ進展状態図(中間)

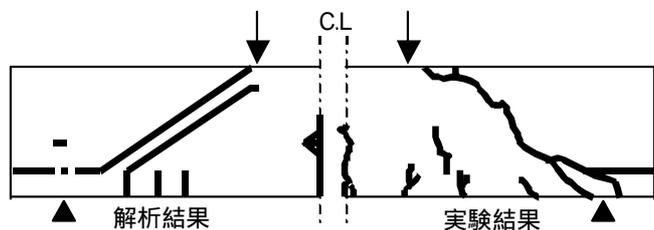


図-7 ひび割れ進展状態図(最終)

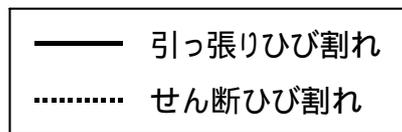


図-8 ひび割れ進展状態図 凡例

リートと鉄筋の付着破壊によるせん断付着破壊であると判断できる。一方、解析では、曲げひび割れがかなり上部まで進展し、その後コンクリートと鉄筋の付着が破壊し、そのまま載荷点に向かう斜めひび割れが発生している。つまりコンクリートと鉄筋の付着破壊によるせん断付着破壊をしており、実験と類似の傾向が得られた。

4、まとめ

本研究では、主筋を梁要素で置換する方法を用いた剛体バネモデルによる極限解析を行い、実験値と比較検討したところ、ひび割れ進展のトレースに関しては良好な結果が得られた。