

# せん断スパン比の異なる RC はりのせん断破壊に関する解析的研究

長崎大学 学生会員 ○ 中原 勇氣 長崎大学大学院 学生会員 板井 達志  
 長崎大学 正会員 松田 浩 長崎大学大学院 学生会員 御舟 研二

## 1. はじめに

せん断破壊は RC 構造物の代表的な破壊形態の一つであるが、破壊に至る耐荷機構は多くの要因に影響され極めて複雑であることから、せん断破壊の解析的な評価は現在においてもかなり困難である。しかしながら、より合理的な設計手法を開発するためには実験的研究が勿論のこと数値解析的研究も必要不可欠であると考えられる。

そこで本研究では RC のせん断破壊挙動を適切に再現可能な解析手法を確立することを目的に、せん断スパン比の異なる RC 梁の曲げ載荷試験を行い、実験結果と有限要素法による解析結果を比較することで解析の妥当性及び問題点を検討した。

## 2. 解析の対象とした実験の概要

図-1 に試験体概要図を示す。試験体はスパン長 1.6 m、有効高さ  $d=210\text{mm}$  とし、鉄筋は曲げ破壊を防止するために D19 を 3 本引張側に配置した。せん断スパン  $a$  を変化させ、せん断スパン比  $a/d=3.26, 2.38, 1.5$  の 3 パターンとし、載荷試験を行った。試験体の材料特性を表-1 に示す。

## 3. 非線形 FEM 解析

### 3.1 解析概要

本研究では汎用解析コード DIANA を用いて 2 次元の非線形 FEM 解析を行った。解析モデルは対称性を考慮し 1/2 モデルとした。コンクリートには 4 節点アイソパラメトリック要素、鉄筋には 2 節点トラス要素を使用し、鉄筋とコンクリートは完全付着とした。なお、要素寸法依存性を調べるために、コンクリートの要素寸法を  $10 \times 10\text{mm}$ 、 $15 \times 15\text{mm}$ 、 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$  の 3 パターンとした。解析モデルを図-2 に示す。

コンクリートの圧縮構成則には山谷ら<sup>1)</sup>が示した構成測を参考に算出し、引張構成則には DIANA に組み込まれている Hordijk モデルを用いた。構成測概要を図-3 に示す。なお、構成測に使用した破壊エネルギーは文献<sup>1)</sup>に引用された式(1), (2)により算出し、要素等価長さ  $Leq=\sqrt{2A}$  (A: 要素面積)とした。

$$G_{fc}=8.77(f_c)^{1/2} \quad \text{N/mm} \quad (1)$$

$$G_{ft}=0.0345(f_c)^{1/2} \quad \text{N/mm} \quad (2)$$

ただし  $f_c$ : 圧縮強度

また、コンクリートのひび割れモデルには回転ひび割れモデルを使用した。鉄筋は降伏強度到達後応力一定となるバイリニアモデルとした。

荷重の載荷は変位制御とし、収束計算には Newton-Raphson 法を使用した。また、収束条件を表-2 に示す。

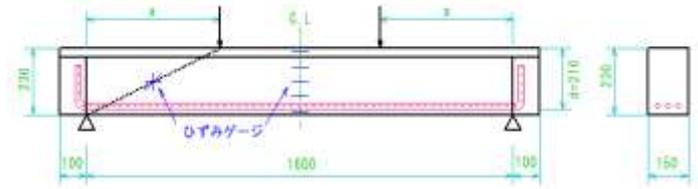


図-1 試験体寸法

表-1 材料試験結果

	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊エネルギー (N/mm)	
				G <sub>ft</sub> (引張)	G <sub>fc</sub> (圧縮)
a/d=3.26	48.8	3.1	30921	0.24	61.2
a/d=2.38	37.2	2.5	34468	0.21	53.4
a/d=1.5	42.8	2.6	41722	0.22	57.3

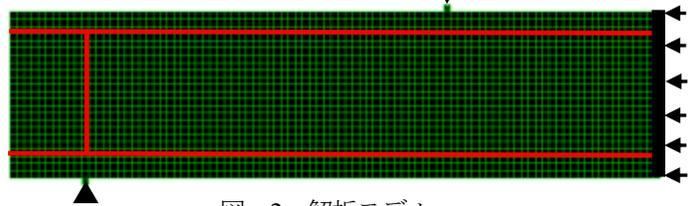
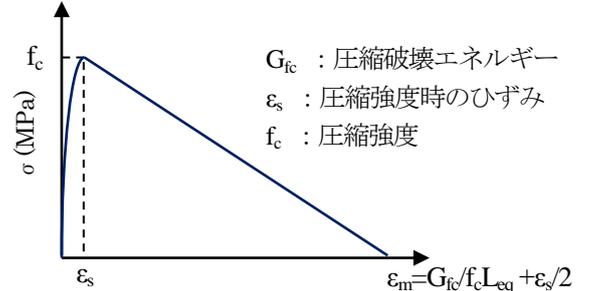
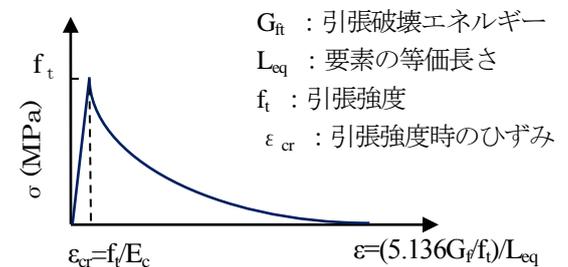


図-2 解析モデル



(a) 圧縮構成則



(b) 引張構成則

図-3 コンクリート構成則概要図

表-2 収束条件

最大収束計算回数	200
収束基準	エネルギー
収束許容値	0.001
発散判定値	10000
未収束の場合終了	

#### 4. 解析結果

$a/d=3.26$  において、試験終了時の破壊状況及び最大荷重時の最大主ひずみ分布図を図-4に示す。図-4(a)より要素が小さくなるほど斜めひび割れ発生位置は支点側へと変化し、実験の破壊形態に近づいていることがわかる。

解析により得られた荷重-変位曲線を図-5~8にそれぞれ示す。こちらの解析結果の要素寸法はすべて $10\times 10\text{mm}$ である。 $a/d=3.26$ については変位、最大荷重がやや低いが、実験結果に近い挙動が得られた。

$a/d=2.38$ については解析結果のほうが最大荷重は約30kN高いという結果であったが、ひび割れ発生位置や、荷重の増加傾向などは実験結果と似通った挙動を示した。

$a/d=1.5$ の場合は解ききれずに解析が途中で終了してしまっ。しかし、図-7より解析と実験は同じような挙動を示しており、最大主ひずみ分布図からもひび割れ図と同じような位置にひずみの集中がみられることから、せん断スパン比の変化による破壊挙動の違いは概ね再現できたと考えられる。しかし、最大荷重においては実験と解析の誤差があり、 $a/d=1.5$ については十分に再現することができなかつた。

図-8より解析結果は最大荷重にばらつきがあるが各せん断スパン比ごとの荷重増加挙動は概ね再現できていると考えられる。

#### 5. まとめ

最大主ひずみ分布図より要素寸法については、小さくなるほど実際の破壊形態を再現することが出来る。また、変位と荷重についてはせん断スパン比毎に再現度に差があるため、更なる検討の余地があると思われる。

#### 参考文献

- 1) 山谷敦, 中村光, 檜垣勇: 回転ひび割れモデルによる RC はりのせん断挙動解析, 土木学会論文集, No.620/V-43, pp187-pp199, 1999.5

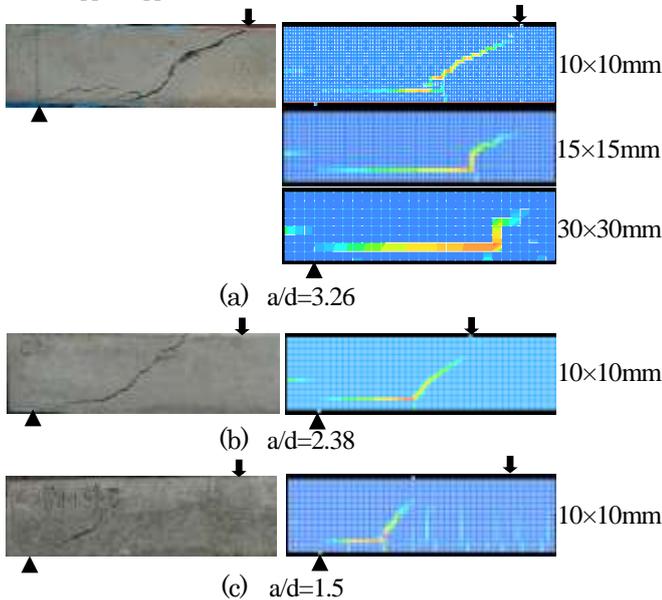


図-4 破壊状況及び最大主ひずみ分布図

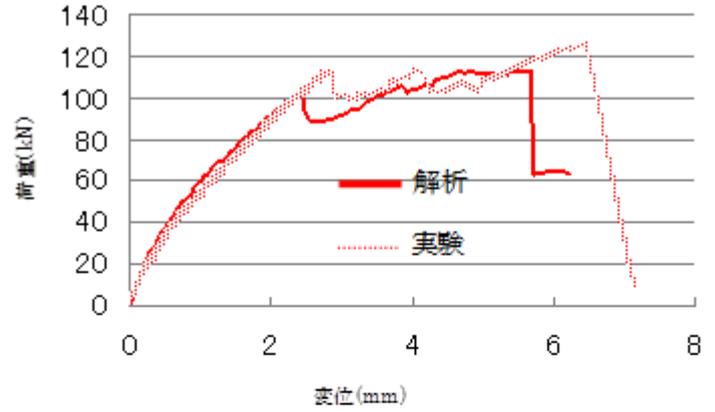


図-5 荷重-変位曲線( $a/d=3.26$ )

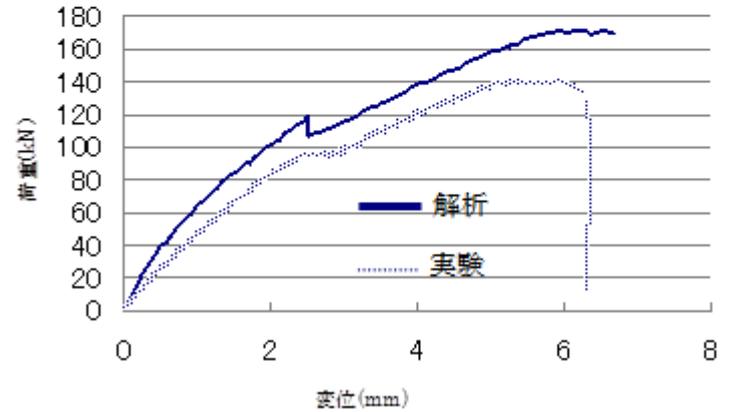


図-6 荷重-変位曲線( $a/d=2.38$ )

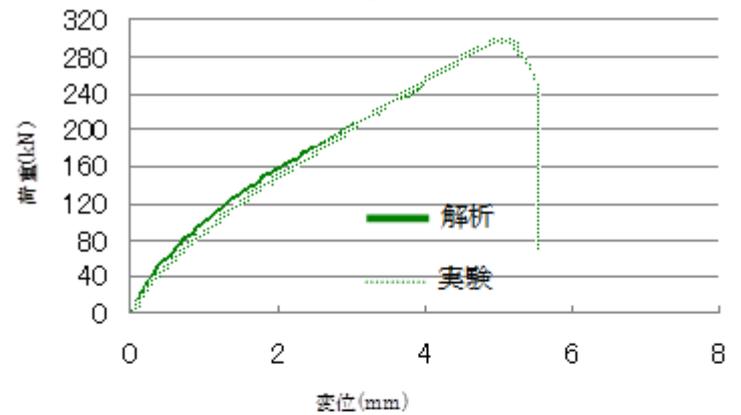


図-7 荷重-変位曲線( $a/d=1.5$ )

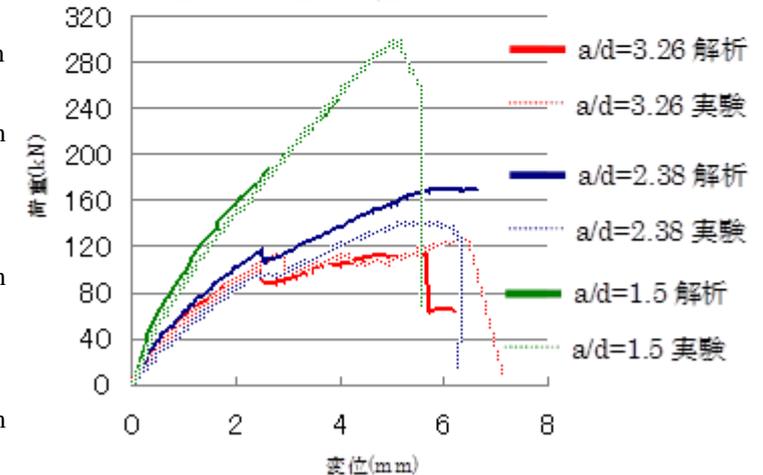


図-8 荷重-変位曲線