

V-318

鉄筋コンクリート部材の寸法効果に関する数値実験

(株)大林組技術研究所 正会員 大内 一

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の強度や靱性には寸法効果のあることが認められている。巨大構造物を対象とした実物大試験は困難であり、コンクリートの破壊エネルギーを考慮した解析が実験の代替として用いられるものと予想される。現在JCI破壊力学の応用研究委員会の企画により「コンクリート構造物の破壊に関する共通解析および実験」が実施中である¹⁾。本研究はこの共通試験体を対象に数値実験を行ない、この主の解析アプローチの寸法効果解釈の可能性を探るものである。

2. 数値解析

4角形平面応力要素による2次元FEM非線形解析を行なう²⁾。分布ひびわれモデルによる破壊の局所化問題への可能性を探る。ひびわれ後の1軸応力-ひずみ関係は σ - W 関係より（破壊エネルギー G_F と f_t より2直線モデル³⁾により仮定）、ひびわれ幅 W を要素幅で割って求めた。但し、斜めひびわれの扱いについてはエネルギー等価となる要素幅を定めて求めた。今回の解析では、最大荷重およびその後の軟化特性まで注目することから、変位制御を基本に載荷した。

3. 無筋コンクリート梁の曲げ破壊（中央2点載荷）

表-1に試験体一覧を示す。本試験体のように破壊の局在化する問題にたいし、解の精度は要素分割に依存することが予想される。図-1は純曲げ区間内の要素分割数をパラメータに、その影響を調べたものである。要素幅が細くなるほど靱性の高い σ - ϵ 関係を仮定することになり、その結果耐力も高くなる。一方軟化域では破壊が局在化するため、一般には一致してくる。これに基づき以下は5分割とした。図-2に#1～#3試験体の荷重-変位関係を示す。ここに荷重は弾性梁理論に基づくひびわれ荷重で、また変位は載荷点変位を半スパンで割って無次元化した。強度および靱性に及ぼす寸法の影響が再現出来ている。図-3には代表的な破壊モードを示すが、純曲げ区間内に曲げひびわれが分散しているものの、破壊の局在化する部分以外のひびわれ幅は1/100mm以下で且つ軟化域では除荷する。鋼繊維コンクリートについての同様な結果を図-4、図-5に示す。同様な寸法効果の再現とともにプレーンコンクリートに比し著しい靱性能向上が認められる。比較的ひびわれの分散がみられるものの、最終的には破壊が特定断面に局在化する。

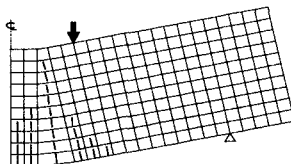


図-3 最終破壊モード(#1試験体)

表-1 無筋コンクリート梁試験体一覧

試験体名	コンクリート種類	梁高さ h (mm)
#1	普通コンクリート	100
#2		200
#3		400
#4	鋼繊維補強コンクリート	100
#5		200
#6		400

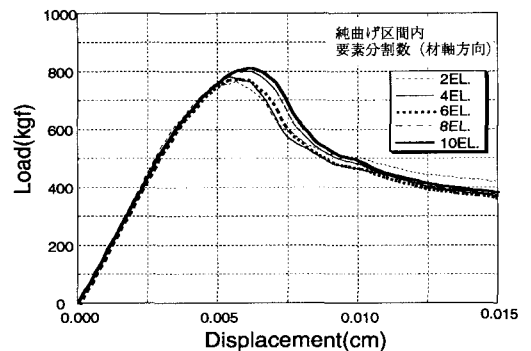
梁幅 $b = h$ 全スパン $= 3h$ 純曲げスパン $= h$ 

図-1 荷重-変位関係（分割数の影響 #1試験体）

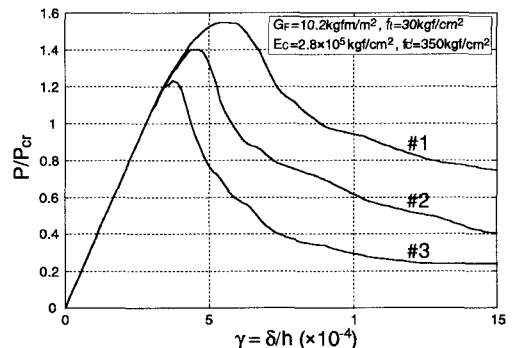


図-2 荷重-変位関係(#1-#3試験体)

4. ディープビームのせん断破壊（中央点2点載荷）

表-2に試験体および実験と併せた結果の一覧を示す。支圧破壊の混在を予測するA3と特に実験強度の高いS10試験体以外は予測は比較的良好である。支圧破壊を伴うものもあるが、いずれも明瞭なウェブの破壊を予測する。図-6、7に代表試験体の荷重-変位と破壊モードを示す。S10～LR0は完全相似試験体でないため、別途にS11をベースに完全相似試験体の数値実験（同要素分割、 $\gamma = \delta/a$ レベルで同変位増分ピッチ）を施した結果が図-8である。要素幅の影響による $\sigma-\epsilon$ の靱性特性が剛性差に反映されるものの、強度の寸法効果はでてこない。支圧破壊の混在とひびわれ面せん断伝達による主軸の回転が計算精度に影響を与える（但し別途に行なったテンションカットオフを仮定した場合全試験体とも完全に一致）。

5. 結び

- 1) 無筋コンクリート梁の曲げ破壊強度および靱性に及ぼす寸法効果を定性的に予測出来たが、今後実験との比較が必要である。
- 2) 今回のモデル化ではディープビームの強度に関する寸法効果は再現できなかった。この種の問題の場合、引張破壊靱性だけでなくひびわれコンクリートの圧縮特性、2軸圧縮特性、ひびわれ面でのせん断伝達特性などについても寸法効果を明らかにする基礎研究が必要である。
- 3) 破壊エネルギーを考慮した今回のような解析は、特に繊維補強コンクリートの挙動予測等に有効と思われる。

表-2 ディープビーム試験体および試験結果一覧

試験体名	a/d	せん断スパン a(mm)	要素幅 b(mm)	$\tau_u = Q_u/bd$ (kgf/cm ²)			$\gamma_u = \delta_u/a$			破壊モード	
				実	計	計/実	実	計	計/実	実	計
A1	0.5	160	100	148	135	0.91	.00595	.00530	0.92	DC	B+DC
A3	1.5	480	100	70	65	0.93	.00612	.00880	1.44	SL	B+DC
S10	0.5	150	150	68	52	0.76	.01086	.00530	0.49	DC	B+DC
S11	0.5	300	150	50	53	1.06	.00416	.00385	0.93	DC	DC
LR0	0.5	450	200	52	52	1.00	.00469	.00365	0.78	DC	DC

DC：明瞭なウェブコンクリートの圧壊を伴うせん断破壊

B：支圧破壊

SL：明瞭なウェブコンクリートの圧壊を伴わないせん断破壊

Pl：3.72%(A1,A3), 1.76%(S10, S11, LR0)

参考文献

- 1) JCI破壊力学の応用研究委員会：コンクリート構造物の破壊に関する共通解析および実験、1993年3月
- 2) 長沼一洋：鉄筋コンクリート壁状構造物の非線形解析手法に関する研究（その1）、日本建築学会構造系論文報告集、No.421,1991年3月, pp.39-48
- 3) 六郷他：各種コンクリートの破壊力学パラメタ、JCI年次論文報告集11-1,1989, pp.247-252

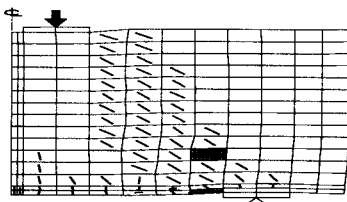


図-7 最終破壊モード(LR0試験体)

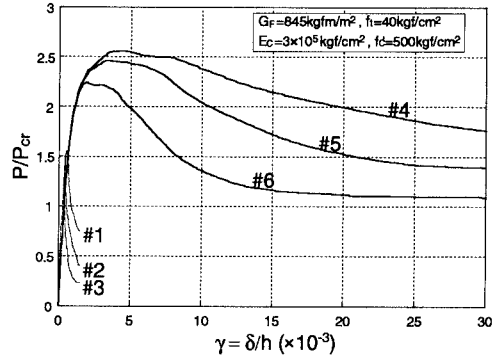


図-4 荷重-変位関係(#4-#6試験体)

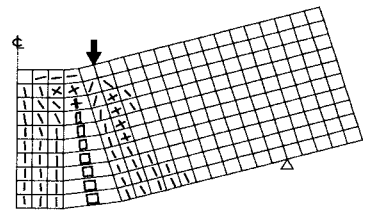


図-5 最終破壊モード(#4試験体)

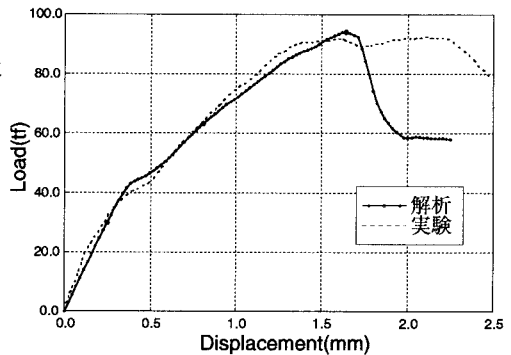


図-6 荷重-変位関係(LR0試験体)

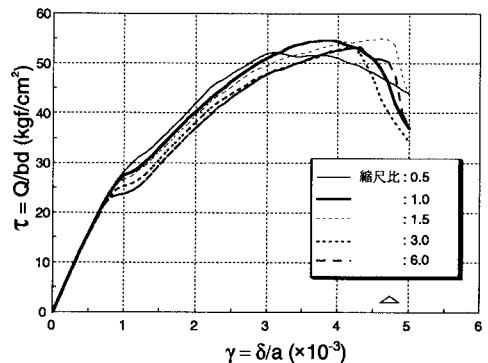


図-8 荷重-変位関係(S11ベース完全相似)