

## 2次元非線形有限要素解析による軽量骨材コンクリート梁のせん断耐力の予測

九州大学工学部 学生会員 ○ 三石直哉 九州大学大学院 学生会員 Ha Ngoc Tuan  
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲 太平洋マテリアル(株) 正会員 竹下永造

### 1. はじめに

コンクリート構造物において、地震時の慣性力を低減させる手段の一つとして、コンクリートの軽量化により自重を低減させることが有効である。しかし、軽量骨材コンクリートはせん断耐力の低下が懸念されており、既往の研究<sup>1)</sup>では普通コンクリート、粗骨材のみ軽量骨材を用いた軽量1種コンクリート、細骨材のみ軽量骨材を用いた軽量細骨材コンクリートの3種類のコンクリートに対して、せん断スパン比が2.0、せん断補強筋がないコンクリート梁のせん断試験を行っている。

そこで本研究では、2次元非線形有限要素解析で試験と解析の結果を比較して、剛性、耐力、破壊形状の予測が可能であるか検討した。

### 2. 試験概要と2次元非線形有限要素解析の概要

#### 2.1 試験概要

各種コンクリートの使用材料を表-1 に示す。なお、軽量骨材はプレウエッティングしたものを使用している。供試体の名前を表-2 に示す。

供試体は、主鉄筋 SD345D10 を16本均等配置し、200×200(mm)正方形断面を有し、全長1600(mm)、せん断スパン 344(mm)、有効高さ172(mm)の梁としている。載荷は、供試体と載荷装置の間に金属板をはさみ、左右対称1点載荷で行い、左右均等に力を加えるために両端をピン支持としている。

#### 2.2 2次元非線形有限要素解析の概要

解析のソフトは Final を用いた。図-1 に解析で用いたモデルを示す。せん断スパン比2.0で、せん断補強筋は入っていない。上部と下部の突出部は金属プレートで、上部の中央が載荷点、下部2ヶ所の各中央が支点である。なお、境界条件は一端がピン支持で、他端がローラー支持である。

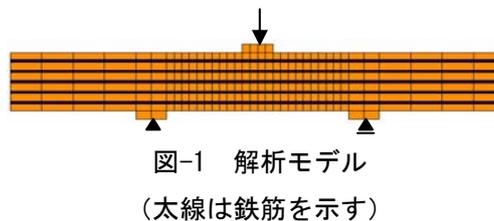


図-1 解析モデル  
(太線は鉄筋を示す)

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	種類	備考
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度 3.16(g/cm <sup>3</sup> )
細骨材	S <sub>N</sub>	普通細骨材 (小笠産陸砂)	表乾密度 2.60(g/cm <sup>3</sup> )
	S <sub>L</sub>	軽量細骨材 (アサノライト)	絶乾密度 1.75(g/cm <sup>3</sup> )
粗骨材	G <sub>N</sub>	普通粗骨材 (岩瀬産碎石)	最大寸法 15mm, 表乾密度 2.63(g/cm <sup>3</sup> )
	G <sub>L</sub>	軽量粗骨材 (アサノライト)	最大寸法 15mm, 絶乾密度 1.25(g/cm <sup>3</sup> )
混和材	LS	石灰石微粉末	密度 2.70(g/cm <sup>3</sup> )
混和剤	SP	高性能減水剤	レオビルド SP8N (ポゾリス物産)
	AF	消泡剤	マイクロエア 404 (ポゾリス物産)
	VI	増粘剤	90EMP-15000 (松本油脂)

表-2 供試体の名前

		せん断補強筋	
		0.0%	
		せん断スパン比	
		2.0	
コンクリートの種類	普通	配合強度 25	NSNG-25-S
	軽量細骨材		LSNG-25-S
	軽量1種	-	
	普通	配合強度 40	NSNG-40-S
	軽量細骨材		LSNG-40-S
	軽量1種	NSLG-40-S	
普通	配合強度 55	NSNG-55-S	
軽量細骨材		LSNG-55-S	
軽量1種	NSLG-55-S		

表-3 材料試験結果

名前	f <sub>c</sub>	f <sub>t</sub>	E <sub>c</sub>
NSNG-25-S	24.88	2.27	27.28
NSNG-40-S	42.72	2.91	31.08
NSNG-55-S	59.57	3.43	32.31
LSNG-25-S	23.71	2.49	26.23
LSNG-40-S	37.92	3.12	25.13
LSNG-55-S	53.65	3.66	24.39
NSLG-40-S	42.38	2.30	20.30
NSLG-55-S	55.90	3.37	23.03

f<sub>c</sub> : 一軸圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

f<sub>t</sub> : 一軸引張強度(N/mm<sup>2</sup>)

E<sub>c</sub> : ヤング係数(kN/mm<sup>2</sup>)

コンクリート、鉄筋全ての要素を四辺形要素でモデル化した。コンクリートのひび割れは回転分布モデルを利用した。表-3 にコンクリートの材料試験結果を示す。一軸圧縮強度、一軸引張強度、ヤング係数は、材料試験結果を用いた。コンクリートの材料モデルは以下のように定めた。テンションスティフニング特性(図-2(a)):出雲モデル<sup>2)</sup>(係数c=0.4), 圧縮強度点までの応力-ひずみ曲線(図-2(b)):修正Ahmadモデル<sup>2)</sup>, 破壊基準:Kupfer-Gerstleの提案<sup>2)</sup>, ひずみ軟化域:修正Ahmadモデル<sup>2)</sup>, せん断伝達特性(図-2(c)):Al-Mahaidiモデル<sup>2)</sup>, ひび割れ後の軟化域特性:Corrnlossenらの実験式<sup>2)</sup>を用いた。鉄筋の降伏点応力は材料試験で得た値を使用し、金属プレートは剛体としている。

解析は2段階解析とし、最大耐力付近まで荷重増分法で行い、それ以降は強制変位法で行った。

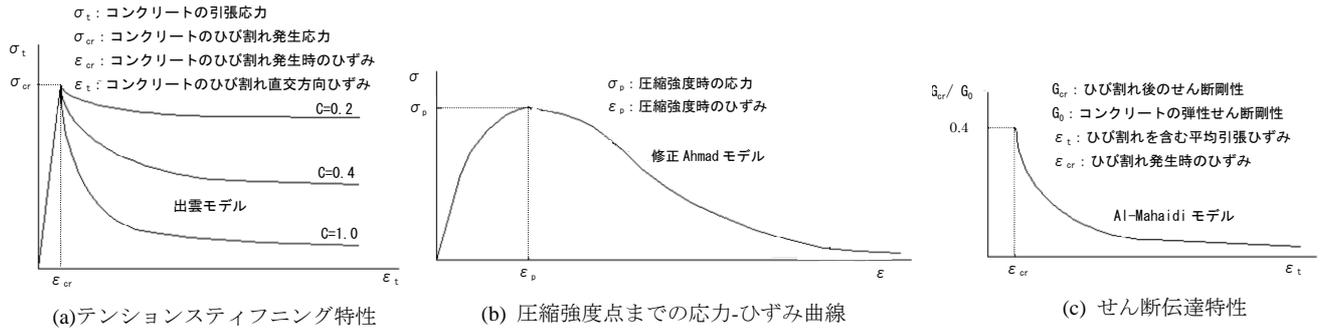


図-2 コンクリートの材料モデル

3. 試験と解析の結果

図-3~10 に試験値と解析値で表した中央荷重-中央変位関係を示す。

高強度普通コンクリート(図-6)の試験値のみ曲げ破壊で、残りの供試体は試験値、解析値ともにせん断破壊となった。

低強度の普通コンクリート(図-3)、軽量細骨材コンクリート(図-4)と、高強度の軽量細骨材コンクリート(図-8)、軽量1種コンクリート(図-9)は、試験、解析の両方でせん断破壊が起こり、最大耐力が非常に近いことがわかる。

中強度の普通コンクリート(図-5)は、最大耐力に差が見られた。

中強度の軽量細骨材コンクリート(図-7)と軽量1種コンクリート(図-9)の最大耐力は近いが、剛性に差がでた。

4. まとめ

せん断スパン比が 2.0 のせん断補強筋がないコンクリート梁において、2次元非線形解析を用いると、せん断試験のばらつきを考慮しても、最大せん断耐力は精度良く予測することが可能であることが言えた。ただし、いくつかの供試体において、剛性と破壊形状で実験と解析で差がみられた。今後の課題として、軽量コンクリートに適した材料モデルを定義する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 竹下永造, 大塚久哲, Ha Ngoc TUAN, 杉山彰徳: 軽量細骨材を用いた RC 梁部材のせん断耐力に関する研究, コンクリート工学年次論文集, 第 29 巻, 第 2 号, pp.1543-1548, 2007
- 2) Final Version 9.9 のヘルプ, (株)大林組技術研究所

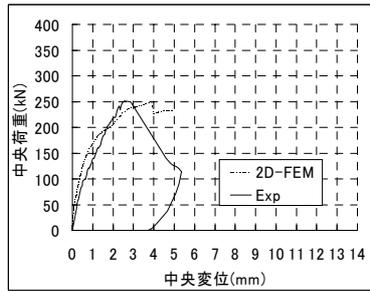


図-3 中央荷重-中央変位関係 (NSNG-25-S)

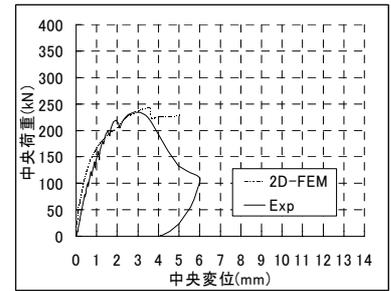


図-4 中央荷重-中央変位関係 (LSNG-25-S)

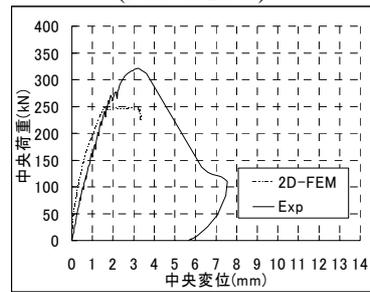


図-5 中央荷重-中央変位関係 (NSNG-40-S)

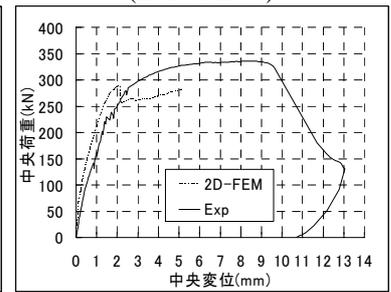


図-6 中央荷重-中央変位関係 (LSNG-25-S)

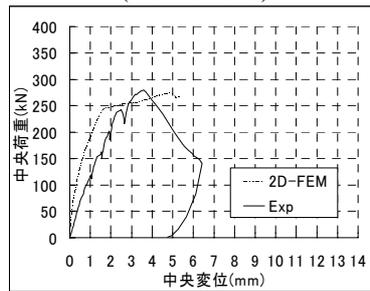


図-7 中央荷重-中央変位関係 (LSNG-40-S)

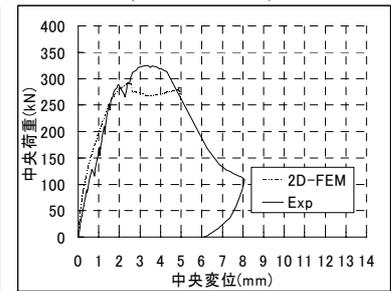


図-8 中央荷重-中央変位関係 (NSNG-55-S)

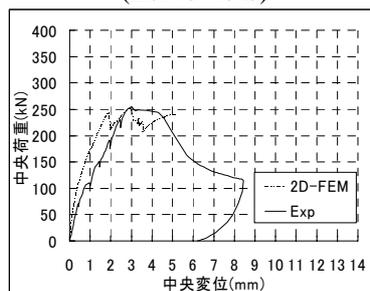


図-9 中央荷重-中央変位関係 (NSLG-40-S)

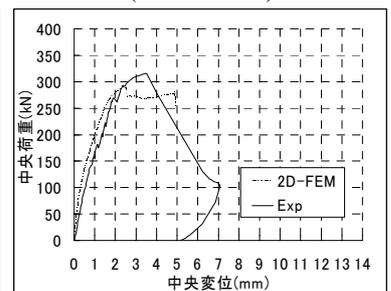


図-10 中央荷重-中央変位関係 (NSLG-55-S)