

コンクリートの曲げ強度に及ぼす供試体寸法ならびに断面形状の影響

岐阜大学工学部 正 小柳 治 正 六郷恵哲
 正 内田裕市 学 瀬古繁喜
 学○加藤英徳 岸谷克則

1. はじめに

断面の寸法および形状（正方形と円形）を変えた無筋コンクリートはりの3等分点曲げ試験を行い、最大耐力より得られる曲げ強度および荷重-変位曲線を計測し、強度に及ぼす寸法効果・形状効果、および最大耐力以後の変形状態について、破壊力学的手法による解析を併用し、検討した。

2. 実験方法および解析方法

供試体の形状および寸法を表-1に示す。載荷方法は、3等分点載荷（載荷スパンは、供試体のはり高さの3倍）とし、供試体断面の寸法（一辺の長さまたは直径）を5cmから40cmまで変化させた。ただし、円形断面の供試体については、型枠の都合上、直径40cmのものは作製しなかった。コンクリートの配合、最大粗骨材寸法、養生方法はすべて同一とした。養生方法は、湿布養生とした（試験時に、供試体は湿潤状態）。最大粗骨材粒径は、15mmとした。円形断面の供試体についても正方形断面の場合と同様に、型枠を水平に置いてコンクリートを打設し、打設方向に直角に載荷試験を行った。支点における拘束は耐力および変形に影響を与えられ考えられるので、支点をローラー支持とした。荷重-変位曲線の計測には、ロードセルおよび高感度変位計を用い、支点沈下も含め、データロガにより自動計測した。また、最大耐力以後は急激な破壊を避けるために、載荷、除荷を繰り返しながら載荷した。

一方、解析には引張軟化特性を考慮した有限要素法を用いた。仮想ひびわれモデルを用い供試体中央の要素節点を切り離すことによってひびわれをモデル化した。等モーメント区間でひびわれの起こらない非破壊領域におけるエネルギー吸収を考慮するため弾性係数を等モーメント区間のみ低下させて解析した。解析に用いるデータとして、強度試験により得た圧縮強度 $\sigma_c = 336(\text{kgf/cm}^2)$ 、引張強度 $f_t = 28.5(\text{kgf/cm}^2)$ 、弾性係数 $E_c = 2.8 \times 10^5(\text{kgf/cm}^2)$ （ただし、等モーメント区間は $1.9 \times 10^5(\text{kgf/cm}^2)$ ）、破壊エネルギー $G_r = 0.132(\text{kgf/cm})$ を用いた。

表-1 供試体の寸法および形状

正方形断面 <cm> 断面×スパン	本数	円形断面 <cm> 直径×スパン	本数
5×5×15	8	φ5×15	8
10×10×30	8	φ10×30	6
20×20×60	5	φ20×60	5
30×30×90	4	φ30×90	4
40×40×120	4	-	-

3. 実験および解析結果

表-2に各シリーズの実験により得た曲げ最大耐力および曲げ強度と解析より得た曲げ強度を示す。曲げ強度は、最大曲げモーメントMを断面係数Wで除して求めた。表-2の()内の曲げ強度は、

表-2 寸法および形状が異なる供試体から求めた曲げ強度

断面形状 一辺 or 直径 (cm)	正方形			円形		
	実験値	解析値	解析値	実験値	解析値	解析値
	最大耐力 (tonf)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	最大耐力 (tonf)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)
5	0.38	44.2 (44.4)	45.8	0.28	56.8 (56.9)	56.8
10	1.34	41.1 (41.2)	40.2	0.79	40.0 (40.2)	49.5
20	5.09	37.0 (37.3)	34.4	3.02	39.3 (39.7)	42.7
30	10.7	34.9 (35.3)	31.4	6.30	36.8 (37.4)	39.2
40	17.8	32.9 (33.6)	30.1	-	-	-

自重を考慮して補正した値である。断面形状が正方形のものについては、曲げ強度は実験値および解析値とも比較的よく一致し、寸法の増大に伴い、減少している。円形断面の供試体も寸法の増大にともない曲げ強度が減少する傾向がみられた。

一方、形状効果については、解析では円形断面の曲げ強度の方が、正方形断面の曲げ強度よりも25%程度大きくなったが、実験では曲げ強度に及ぼす断面形状の影響は明確とはならなかった。

一辺の寸法が20cm~40cmの正方形断面の荷重-変位曲線の実験結果および解析結果を図-1~3に示す。実験により計測した荷重-変位曲線の結果にはバラツキがあるので全供試体の曲線群を包絡した範囲で示した。なお、図-4には供試体断面が正方形で寸法が40cmの荷重-変位曲線の計測データを示した。等モーメント区間の弾性係数を下げることによって解析により求めた荷重-変位曲線の初期勾配は実験値とほぼ一致した。正方形断面の供試体の場合には、解析による最大耐力は、実験より得た最大耐力の平均値よりも少し低めの値になった。供試体寸法が増大するにつれて、実験で計測した最大耐力以後の荷重-変位曲線にはスナップバック現象が現れた。

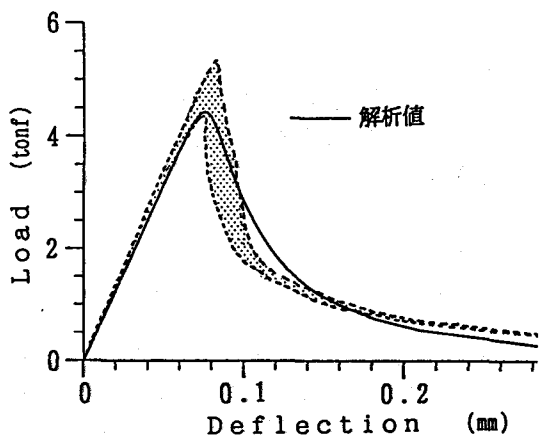


図-1 荷重-変位曲線 (正方形断面、一辺20cm)

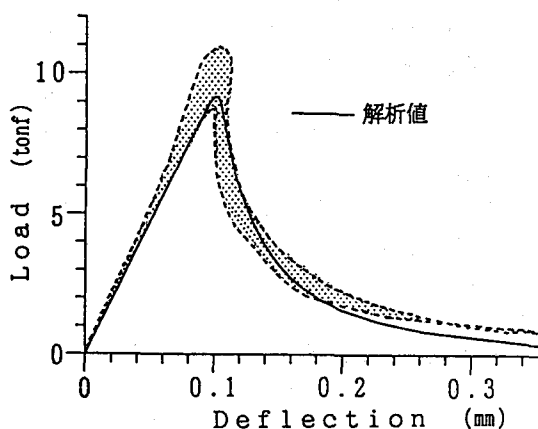


図-2 荷重-変位曲線 (正方形断面、一辺30cm)

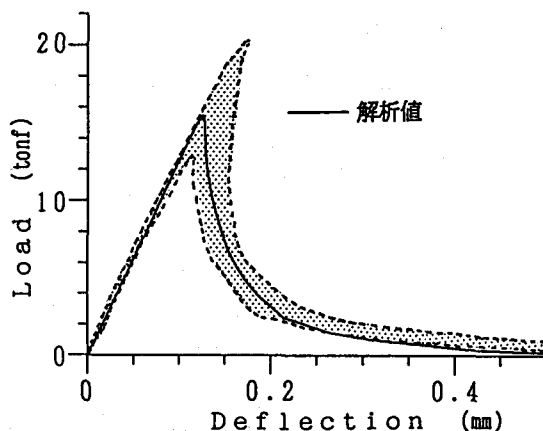


図-3 荷重-変位曲線 (正方形断面、一辺40cm)

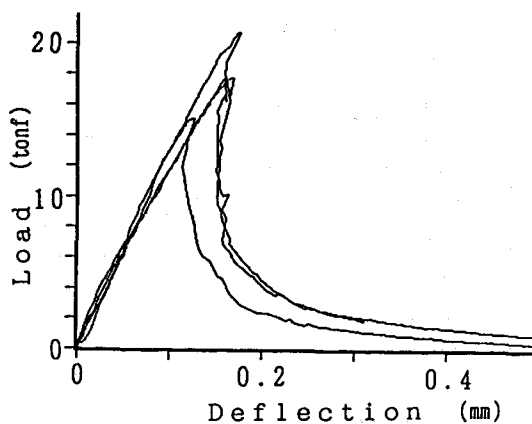


図-4 荷重-変位曲線 (正方形断面、一辺40cm)

4. まとめ

無筋コンクリートはりの3等分点曲げ試験を行い、曲げ強度に及ぼす寸法効果および形状効果について検討した結果、正方形断面については、円形断面に比べて実験的にも解析的にもより明確な寸法効果が認められた。形状効果については、解析的には認められるが、実験からは明確には認められなかった。