

ファイバーモデルによる RC 柱部材の曲げ解析

学生氏名 横山 真人

指導教員 栗原 哲彦 吉川 弘道

1. はじめに

世界有数の地震大国である日本において、RC 柱の耐震性能に及ぼす影響を把握することは、脆性的な破壊を回避する上で重要である。そこで、本研究ではファイバーモデルを用いて無補強の供試体及び各補強材 (DFRCC, ポリマーセメントモルタル, SFRC) を母材に上下面増厚補強した場合の供試体の荷重 - 変位関係を算出し、それらの挙動を解析的に比較・検討した。

2. 解析概要

2.1 荷重 - 変位関係算出手法

部材の非線形特性を評価するにあたり、荷重 - 変位関係を求めるためファイバーモデルと弾性荷重法を用いた。

図 - 1(a) に示すように鉄筋コンクリート断面を中立軸に平行な層 (ファイバー) に分割し、柱頭水平荷重 (P) を与え、圧縮縁ひずみ (ϵ'_c) を増加させていき、中立軸位置 (x) を仮定した。そして、仮定した圧縮縁ひずみと中立軸位置より、コンクリート及び鉄筋のひずみ分布を層状に算出し (図 - 1(b) 参照)、そのひずみ分布と応力 - ひずみ関係にあるコンクリート及び鉄筋の構成則から応力分布を算出した (図 - 1(c) 参照)。

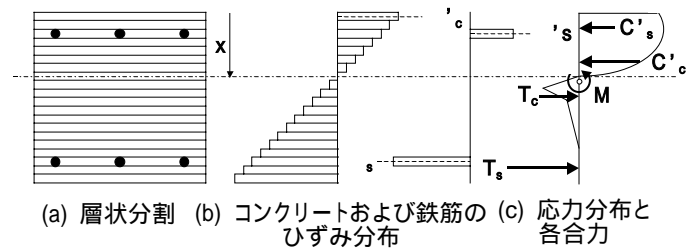


図 - 1 ファイバーモデル

ここで、補強材を用いた場合は、その補強材の実験データから構成則をモデル化し、ひずみ分布及び応力分布を算出した。

算出した応力分布から、コンクリートの圧縮合力 (C'_c), 引張合力 (T_c), 鉄筋の圧縮合力 (C'_s), 引張合力 (T_s) を求め、 $C'_c + C'_s$ と $T_c + T_s$ の釣合いを計算した。ここで、釣合わない場合は仮定した中立軸位置は適切でないため、再び中立軸位置を仮定し合力が釣合うまで収束計算を行う。

前述より、図心まわりの曲げモーメント (M), 曲率 ($\kappa = \epsilon'_c / x$) を求め、曲げモーメント - 曲率関係を算出した。

次に供試体を片持ち梁として考え、弾性荷重法よりファイバーモデルから求めた曲率分布を上下反転させ、その共役梁に分布荷重として与え曲げモーメント図を算出した。

よって算出した曲げモーメント分布図の最大値 (M_{max}) が柱頭水平変位 () となり、それと柱頭水平荷重を用いて、荷重 - 変位関係を算出した。

2.2 各種パラメータ

無補強の柱供試体を想定しパラメータを変化させた A シリーズ、上下面増厚補強した柱供試体を想定しパラメータを変化させた B シリーズの 2 種類を解析対象とした。詳細を表 - 1, 表 - 2 に示した。

3. 解析結果および考察

3.1 無補強の柱供試体 (A シリーズ)

図 - 2(a) より、主鉄筋比をパラメータ

表 - 1 A シリーズのパラメータ一覧表

Aシリーズ	主鉄筋比 (%)	コンクリートの圧縮強度 (N/mm ²)	解析供試体寸法 高さ×幅×スパン (mm)
A-1	1.00	34.2	150×150×600
A-2	1.50		
A-3	2.00		
A-4	2.50		
A-5	2.00	34.2	200×200×600
A-6			250×250×600
A-7			300×300×600

表 - 2 B シリーズのパラメータ一覧表

Bシリーズ	母材コンクリート			種類	補強材	
	主鉄筋比 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	母材コンクリートの寸法 高さ×幅×スパン (mm)		増厚厚さ (片面) (mm)	全体の寸法 高さ×幅×スパン (mm)
B-1	2.00	34.2	150×170×600	DFRCC	10.0	170×170×600
B-2			150×180×600		15.0	180×180×600
B-3			150×190×600		20.0	190×190×600
B-4			150×200×600		25.0	200×200×600
B-5			150×210×600		30.0	210×210×600
B-6	2.00	34.2	300×380×1200	DFRCC	40.0	380×380×1200
B-7			600×760×2400		80.0	760×760×2400
B-8	2.00	30.0	150×190×600	DFRCC	20.0	190×190×600
B-9		60.0				
B-10		90.0				
B-11	2.00	34.2	150×150×600	DFRCC	20.0	190×150×600
B-12				ポリマーセメントモルタル		
B-13				SFRC		

にとつた結果、主鉄筋比が 1.00% から 2.00% までは主鉄筋量の増加に伴い変位量が減少した。変位量が減少する原因として、供試体内の主鉄筋量の増加に伴い曲げ耐力が大きくなるのに対し、コンクリートの終局ひずみは一定であるため主鉄筋降伏後に早い段階で圧壊を迎えたためだと考えられる¹⁾。また、主鉄筋比が 2.50% 以上になると、曲げ耐力は増加し変位量は若干減少したが、主鉄筋が降伏する前に終局に至った。この原因として挙げられるのは、過鉄筋の影響で引張鉄筋が降伏する前にコンクリートが圧壊したためだと考えられる²⁾。

図 - 2(b)より、断面寸法をパラメータとしたところ、曲げ耐力は向上したが、変位量は減少した。断面を大きくすることで、供試体の曲げ耐力は増加するが、コンクリートの終局ひずみが一定であるため主鉄筋降伏後に早い段階で圧壊を迎え変位量が減少したためだと考えられる。

3.2 上下面補強された柱供試体(B シリーズ)

図 - 2(c)より、増厚厚さをパラメータにとつた結果、増厚厚さが厚くなるにつれ、断面寸法が大きくなり、曲げ耐力が向上した。変位量については、増厚厚さが 10mm から 20mm までは、大きな減少は見られなかったが 25mm 以上になると急激に減少した。この原因は、増厚厚さが厚くなるにつれ断面寸法が大きくなることから図 - 2(b)と同様に、コンクリートの終局ひずみが一定であるため主鉄筋降伏後に早い段階で圧壊を迎え変位量が減少したためと考えられる。

図 - 2(d)より、同じ比率で断面、スパン、増厚厚さを大きくしていくと、曲げ耐力、変形量ともに寸法に比例して大きくなり減少した。この原因は、終局領域が局所化され耐力が低下したためだと考えられる³⁾。

図 - 2(e)より、母材コンクリートの圧縮強度をパラメータにとつた結果、すべてに対してほぼ同じ挙動を示した。また、無補強のプログラムでもほぼ同様の結果が得られた。よって、母材コンクリートの圧縮強度は供試体の曲げ耐力に依存しないものと考えられる。

図 - 2(f)より、補強材をパラメータにとつた結果、ポリマーセメントモルタルはひび割れ発生後、曲げ耐力がプレーンコンクリートに近づく挙動を示した。これは、ひび割れが発生したことによりポリマーセメントモルタル内の繊維の機能が失われ、プレーンコンクリートのようにコンクリートと鉄筋のみで荷重を支える状態となったためだと考えられる。SFRC は、どの補強材よりもひび割れ発生までの曲げ耐力は高かった。しかし、ひび割れ発生後、著しい向上は見られなかった。これは、鋼繊維がひび割れに対する抵抗力の向上を目的としているためだと考えられる⁴⁾。また、DFRCC はどの補強材よりも靱性を持っていることが確認できた。この原因として DFRCC に混入した繊維は、ポリマーセメントモルタルに混入した繊維に対し、ひび割れ発生後に靱性を持たせることを目的としているためと考えられる。

4. まとめ

柱供試体の場合、主鉄筋量、断面寸法を変化させると曲げ耐力、変形量もそれに伴い変化した。

上下面増厚補強した柱供試体の場合、供試体寸法を大きくすると、寸法効果による強度低下が確認できた。母材のコンクリートの圧縮強度は無補強プログラム、上下面増厚補強プログラムともに曲げ耐力に依存しなかった。

補強材をパラメータにとつた結果、各補強材ともそれぞれの目的にあった挙動を示した。

【参考文献】

- 1) 「塑性域の繰り返し劣化性状」に関するシンポジウム, 日本コンクリート工学協会, 平成 10 年 8 月
- 2) 吉川弘道: 鉄筋コンクリートの設計 限界状態設計法と許容応力度設計法, 丸善株式会社, 平成 12 年 11 月
- 3) 野田誠: 高じん性セメント複合材料(DFRCC)の構造利用に関する基礎的研究, 平成 14 年度修士学位論文
- 4) 高橋禎文: 鋼繊維補強コンクリートを上面増厚した RC はりの曲げ破壊性状, 平成 13 年度卒業論文

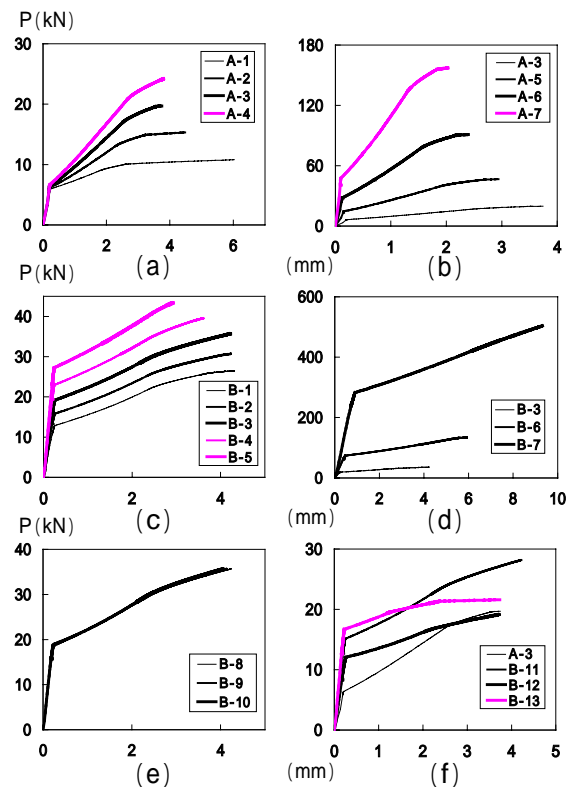


図 - 2 解析結果(荷重 - 変位曲線)