

低鉄筋コンクリート部材の耐力と変形性状に関する実験的研究

日本大学大学院 学生員 ○今泉 仁史
 日本大学工学部 正員 原 忠勝
 日本大学大学院 学生員 与儀友一郎

1.はじめに： 本研究は、最近都市部のトンネル工法として、脚光を浴びているNATMに着目し、トンネル覆工のような、軸力と曲げモーメントの組合せ荷重下における低鉄筋量の部材について、柱部材（PCA Model）として実験を行ったものである。現場計測において、内空変位から周辺地山の応力を確実に求めるための基礎資料を得ることを目的として、耐力および変形性状を検討した。

2. 実験概要： 試験体は、図-1に示すような変形のコの字型形状のものを作製し、偏心載荷により軸力と曲げモーメントを同時に作用させるようにした。また、試験体の形状の決定にあたり、有限要素解析結果を併用し、最適な試験体形状を決定した。また、一次覆工と二次覆工の打継目の影響を考慮して、断面の圧縮域に吹付コンクリートを配置した合成断面の試験体も同様の形状で作製した。試験区間の断面は、図-2に示すように、主鉄筋・組立鉄筋とも同じ異形鉄筋（SD30 D10）を使用し、鉄筋比は、0.3%の一定量である。尚、実験に使用したコンクリートおよび鉄筋の材料試験結果について、表-1に示す。実験条件は、一次覆工と二次覆工の打継目の有無と、偏心量による部材の耐力性状である。偏心量は、東京電力（株）の世田谷工区のトンネルにおける現場計測結果の軸力と曲げモーメントの組合せを参考にして決定した。載荷装置は、図-3に示す変形制御型高剛性試験機を使用し、塑性領域でも信頼性の高いデータが収録可能となった。

3. 結果および考察： 試験体のひびわれ様相図を、図-4に示す。ひびわれは、吹付コンクリートの有無および偏心距離にかかわらず、同様のひびわれ様相を示した。ひびわれ発生直後、鉄筋ひずみが急激に増加するジャンピング現象¹⁾が見られた。ジャンピング現象による鉄筋ひずみの増加状況は、偏心量が12cmの場合、 100μ - 500μ であり、偏心量が30cmの場合、 100μ - 1000μ であった。これは、偏心量が、小さい場合、軸圧縮の影響が強いため、鉄筋ひずみの急激な増加が抑制されたと思われる。最大ひびわれ幅と平均ひびわれ幅について、図-5に示す。本実験の最大ひびわれ幅は、平均ひびわれ幅の1.1-1.6倍程度で、CEB式²⁾よりも低い値を示した。このことは、低鉄筋部材の場合、ひびわれは、そのほとんどが、最大値に近いひびわれ幅であることを示している。そのため、トンネルなど

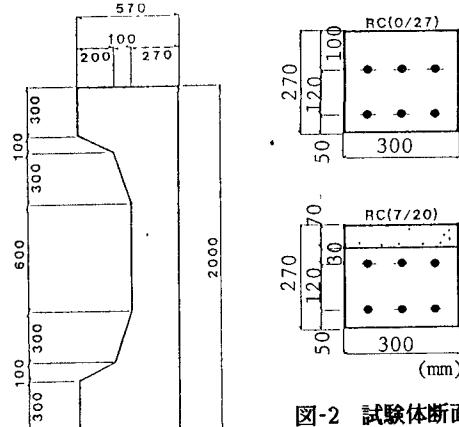


図-2 試験体断面

図-1 試験体形状

表-1 材料試験結果

	Concrete		Shotcrete			Steel	
	Average (kg/cm²)	Standard Error	Average (kg/cm²)	Standard Error		Average (kg/cm²)	Standard Error
f'c	202.743	3.736	339.579	37.735	fsy	3864	1.053
Ec	2.10×10^6	0.73×10^6	2.75×10^6	0.18×10^6	fst	5446	0.680
ft	21.723	2.309	29.249	2.127	Es	1.94×10^6	2.13×10^6

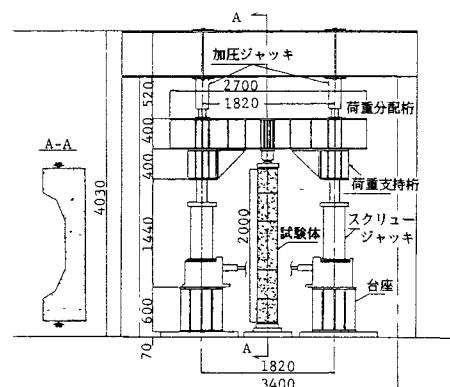


図-3 載荷装置

の地下構造物では漏水などの原因になると思われる。

荷重一変形関係は、図-6に示すように、偏心距離が短い場合($e=12\text{cm}$)、初期剛性が高い。また、合成断面と一体断面を比較した場合、吹付けコンクリートと普通コンクリートの圧縮強度の差によって、最大耐力に違いが見られた。合成断面は、最大耐力以降、急激にたわみが進行して破壊した。ひびわれ発生荷重と最大耐力の実験値、および計算結果を表-2、表-3および表-4に示す。表-2のひびわれ発生荷重の計算は、神山の計算方法に準じたもので、実験値と計算値の比が、0.6~1.6程度でややばらつきが見られた。これは、塑性深さ0.7hが、本実験結果とは異なっていたためと思われる。表-3の最大耐力の計算は終局時の力の合成より求める塑性中心の方法³⁾を用いて解析した。計算1は、塑性中心の方法を用いて全断面有効と見なした計算である。計算2は、同様の計算を有効高さまでを考えたものである。表に示すように、計算1に比べて、計算2の方が、比較的整合性の良い値を得た。これは、計算1の場合は、計算2に比べて塑性中心位置がより引張側に位置するので、下側鉄筋の曲げモーメントが過小に計算されたためと考えられる。また、表-4に示すように、等価応力ブロックを用いた終局耐力⁴⁾の計算値は、塑性中心による方法に比べ、比較的実験値と一致しており、平均値(exp./cal.)は、1.06であった。

4.まとめ：トンネル覆工のように、低鉄筋のRC部材の場合、一般のRC部材と大差ない結果が得られた。しかし、ひびわれ発生直後に、鉄筋ひずみが急激に増大するため、使用限界におけるひびわれ制御に注意する必要がある。また、本実験の場合、覆工の打継目による耐力への影響は見られなかった。

(参考文献)

1)六車・渡辺・佐藤”低引張鉄筋比PRC梁の曲げひびわれ幅に対する研究”，第6回コンクリート工学年次講演会論文集, pp.465~468, 1984.

2)関ら抄訳”CEBマニュアル ひびわれ”，コンクリート工学, vol.21, No.11, pp.79~92, Nov.1983.

3)後藤・尾坂・三浦”コンクリート工学(II)設計”, 彦国社, pp.186~191, 新訂第1版 第3刷, 1982.

4)Hognestad,E.”A Study of Combined Bending and Axial Load in Reinforced Concrete Members”, Bulletin Series No.399, University of Illinois, Urbana, June 1951.

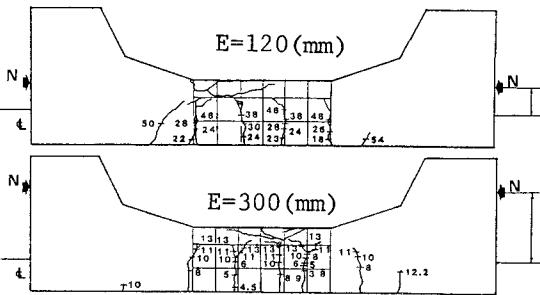


図-4 ひびわれ様相

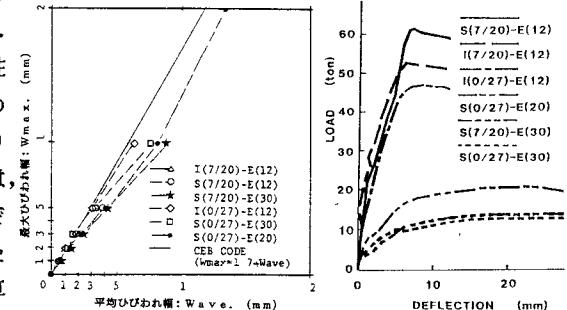


図-5 最大ひびわれー
平均ひびわれ関係

図-6 荷重一変形関係

表-2 ひびわれ発生荷重の計算結果

Specimen No	実験 値 Ncr (ton)	計算 値 (ton)	
		cal	exp/cal
PCAB6-I(0/27)-E(12)	12.5	12.5	1.000
〃 S(0/27)-E(20)	6.8	7.4	0.920
〃 S(0/27)-E(30)	3.2	5.0	0.634
PCA86-I(7/20)-E(12)	19.5	12.8	1.577
〃 S(7/20)-E(12)	18.0	12.8	1.405
〃 S(7/20)-E(20)	4.5	5.1	0.888

表-3 塑性中心による最大耐力計算結果

Specimen No	exp (ton)		計算1 (ton)		計算2 (ton)	
	Ncr	Nmax	Nc1	exp/cal	Nc2	exp/cal
PCAB6-I(0/27)-E(12)	12.5	42.0	47.0	23.5	2.00	32.0
〃 S(0/27)-E(20)	6.8	16.6	20.4	13.5	1.51	19.0
〃 S(0/27)-E(30)	3.2	9.8	13.0	9.0	1.44	11.0
PCA86-I(7/20)-E(12)	19.1	43.0	54.0	33.0	1.64	49.0
〃 S(7/20)-E(12)	18.0	57.0	61.4	33.0	1.86	49.0
〃 S(7/20)-E(30)	4.5	10.6	13.1	11.0	1.19	14.0

表-4 等価応力ブロックによる最大耐力計算結果

Specimen No	exp Nmax (ton)	cal		
		Nc3 (ton)	exp/cal	x (cm)
PCA86-I(0/27)-E(12)	47.0	40.14	1.17	13.80
〃 S(0/27)-E(20)	20.4	18.34	1.11	8.58
〃 S(0/27)-E(30)	13.0	11.28	1.15	6.77
PCA86-I(7/20)-E(12)	54.0	59.07	0.91	11.57
〃 S(7/20)-E(12)	61.4	61.35	1.00	11.31
〃 S(7/20)-E(30)	13.1	12.86	1.01	4.26