

日本大学大学院 学生員 ○井戸川 伸
日本大学工学部 正 員 原 忠勝

1. はじめに： 近年、吹付けコンクリートを用いたトンネル覆工において、吹付けコンクリートの充填性を改善するために鉄筋支保工を用いる試みがなされている。本研究の目的は、これら鉄筋支保工を用いたトンネル覆工について検討することにある。既報[1] においては、覆工に生ずる断面力を条件として、ラティス筋を配置した鉄筋支保部材に関する実験結果を報告した。その結果、ラティス筋がある場合、最大耐力は、曲げ破壊に対する断面耐力の約1.4 倍程度大きく、耐力に及ぼす影響が認められた。しかし、NATMにおける設計・施工では、地山の持つ支保能力を巧妙に引き出すために、耐力ばかりでなく、変形状を知る必要がある。したがって本報告は、ラティス筋を用いた低鉄筋コンクリート部材の任意荷重下における性状を知ることを目的として、コンクリートの引張剛性を考慮した非線形解析を行い、実験結果との比較を述べたものである。

2. ラティス筋を有する低鉄筋RC部材の実験結果[1]

解析の対象とした試験体は、主鉄筋量約0.2-0.4%の低鉄筋コンクリート部材で、曲げモーメントとせん断力を作用させたa/d が 2.5のはり部材と、軸力と曲げモーメントを作用させた偏心軸方向荷重(e=15cm)を受ける柱部材である。そして、ラティス筋を平面（2次元モデル）と、ピラミッドのように立体的（3次元モデル）に配置した2種類のラティスガーダーである。試験体の数は、はり部材が3体、柱部材が4体の計7体で、断面諸元は、表-1,2に示すような複鉄筋長方形断面である。

ひびわれ様相は、図-1に示すように、鉛直なひびわれが圧縮側コンクリートまで伸びており、そして、主鉄筋の降伏後に圧縮側コンクリートが圧壊を生ずる典型的な曲げ破壊の様相を呈している。ひびわれは、ほぼラティスガーダーの格点付近より発生しているが、その後は、ラティス筋を横切ったり、ラティス筋に沿って斜めに伸展している。このうち、これら曲げひびわれがラティス筋を横切る場合、ラティス筋は引張力を分担するものと考えられるので、本解析においても、これらの影響を考慮することとした。

3. ラティス筋を有する低鉄筋RC部材の性状

ラティス筋を有する低鉄筋コンクリート部材の任意荷重下における軸方向筋と、圧縮側コンクリートのひずみ性状について、コンクリートの引張剛性の影響をラティス筋のないはり試験体の結果と比較したものを図-2に示す。図に示すように、引張剛性を考慮する方法が任意の荷重下における低鉄筋コンクリート部材の

表-1 断面諸元とコンクリートの材料強度

	Specimen No.	幅 b (cm)	全 高 h (cm)	有効高さ d (cm)	コンクリートの 諸性質
はり 試験 体	LG86-M/S(+)-20(0)	9.9	30.4	26.3	(a)圧縮強度 257.4(kg/cm ²) (b)引張強度 27.1(kg/cm ²) (c)弾性係数 1.824×10 ⁵ (kg/cm ²)
	LG86-M/S(-)-20	9.9	30.6	25.8	
	LG86-M/S(+)-30	14.9	24.9	20.2	
柱 試験 体	LG86-M/N(+)-20	10.1	29.8	23.7	(a)圧縮強度 257.4(kg/cm ²) (b)引張強度 27.1(kg/cm ²) (c)弾性係数 1.824×10 ⁵ (kg/cm ²)
	LG86-M/N(-)-20	10.2	30.3	24.2	
	LG86-M/N(+)-30	15.0	25.8	20.7	
	LG86-M/N(-)-30	15.1	25.8	19.8	

表-2 使用鋼材の材料強度

鋼材		降伏強度 fy (kgf/cm ²)	降伏ひずみ εy (μ)	引張強度 fu (kgf/cm ²)	弾性係数 Es ($\times 10^4$ kgf/cm ²)
20-Lattice Girder	φ9	3310	1593	4701	2.084
	010	3458	1822	5491	1.897
	013	3670	1922	5420	1.911
30-Lattice Girder	φ6	3251	1699	4671	1.914
	010	3762	2136	5341	1.761

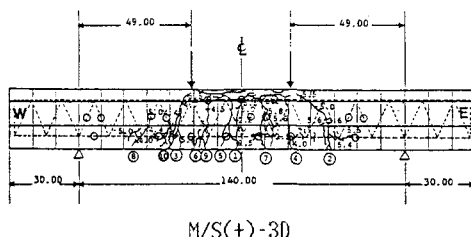


図-1(a) はり試験体のひびわれ様相

性状を良く表現できることがわかる。

これら鉄筋コンクリート部材における引張剛性を考慮する方法には、種々の方法[2]が提案されている。ここでは、比較的簡便な方法として、コンクリートのひずみ軟化を考慮した引張応力-ひずみ関係を用いることとし、Vecchio とCollins[3]の実験結果を下限値で修正した次式を用いた。

$$\sigma = E_c \cdot \varepsilon$$

$$\sigma / f_t = [1 / (1 + \sqrt{200(\varepsilon - \varepsilon_t)})] - 0.5$$

ただし、 $\sigma \geq f_t$

また、コンクリートの圧縮応力-ひずみ関係には、ACI基準による2次式を実験データに基づいて修正したものを用いた。鉄筋の応力-ひずみ関係も同様に、引張試験結果に基づき、ひずみ硬化域を考慮したバイリニア型とした。

また図-3には、曲げひびわれがラティス筋を横切り、その結果、ラティス筋が引張に抵抗できると仮定したものを示した。計算には引張に抵抗するラティス筋の本数を 0, 1, 3本としたものである。はり試験体の場合、図中(a)に示すように、載荷重の増加に伴って、引張に抵抗するラティス筋の本数は多くなることがわかる。しかし、偏心荷重を受ける柱試験体では、はり部材ほど顕著な影響は見られない結果となった。これは、軸力と曲げモーメントが作用する断面におけるラティス筋の効果は、曲げひびわれが横切れば引張力を分担するような単純な機構ではなく、骨組としてのラティスガーダーの機構を考慮する必要があるように思われる。

4. まとめ： 低鉄筋コンクリート部材の場合、はり部材のような曲げ荷重作用下においては、コンクリートの引張応力-ひずみ関係を考慮することによって、鉄筋の降伏荷重付近まで比較的精度よく求めることができる。この場合、ラティス筋の影響は若干認められるが、実用上無視しても良いように思われる。しかし、軸力の影響がある場合、本解析法では、ひびわれ発生荷重や、最大荷重などの耐力算定には有用であるが、変形を精度よく推定するためには、骨組としてのラティスガーダーの機構を検討する必要があると考えられる。

参考文献：[1]井戸川・原、土木学会東北支部、東北支部技術研究発表会、March, 1987
[2]角田、土木学会論文集、第384号、V-7, pp.21-32, Aug. 1987
[3]Vecchio, F. and Collins, M. P., Pub. No. 82-03, Univ. of Toronto, 1982.

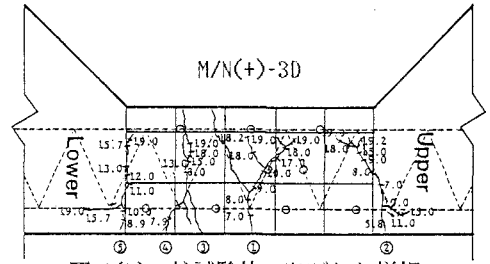


図-1(h) 柱試験体のひびわれ様相

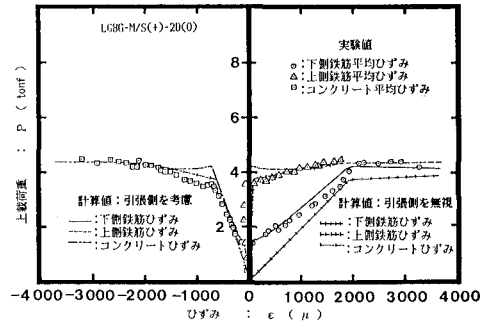
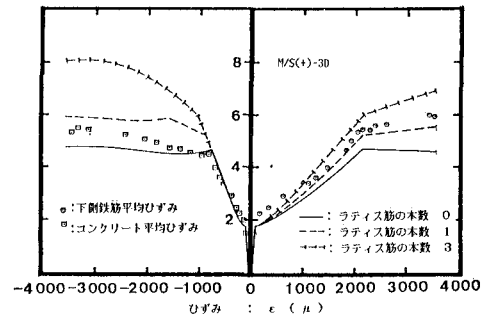
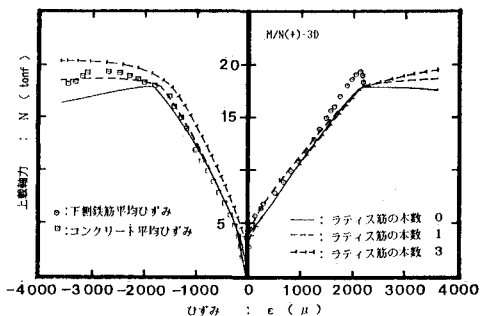


図-2 ラティス筋のないはり試験体の計算結果



(a) はり試験体: M/S(+)-3D



(b) 柱試験体: M/N(+)-3D

図-3 ラティス筋の影響を考慮した計算結果