

軸力，曲げ及びねじりを同時に受ける RC 部材の剛性低下率の定式化

九州大学大学院 正会員 ○山崎智彦 九州大学大学院 フェロー 大塚久哲
九州大学大学院 学生会員 宇山友理 九州大学工学部 学生会員 秦 逸平

1. はじめに

橋梁の動的耐震設計において動的解析を行う場合，一般的にねじり剛性を初期剛性の 1/10～1/20 程度に設定して解析する．しかし，ねじり剛性低下率の設定が断面設計を左右することになり，RC 部材のねじり剛性低下の適切な考慮が必要である．本編は，軸力，曲げおよびねじりの複合荷重を受ける RC 部材の実験結果¹⁾に基づき，軸応力とコンクリート圧縮強度の比，帯鉄筋比，曲げとねじりの載荷比率をパラメータとして剛性低下率を定式化し，橋の非線形動的解析の基礎資料を提供するものである．

2. 実験概要

2.1 供試体概要 実験供試体の外形寸法を図 1 に，設置状況を図 2 示す．正方形断面 400×400mm の RC 柱とし，両端はフーチングとした．コンクリートは設計基準強度 40N/mm² で配合し，鉄筋は SD295 を使用した．

2.2 検討ケース 検討ケースは，軸応力，帯鉄筋間隔，曲げとねじりの載荷比率の影響に着目した．表 1 に各供試体の軸応力，載荷パターンを示す．初期軸応力欄の「%」は，供試体の配合強度（40N/mm²）に対する載荷軸応力の百分率である．帯鉄筋間隔は，帯鉄筋を十分に配置した場合と不十分な場合を想定し，それぞれ 30mm(No.1～15) と 60mm(No.16～30) とした．

3. 定式化におけるパラメータ

定式化する際に用いる各パラメータ値を，材料試験結果および実験結果をもとに供試体毎に算出した結果を表 2 に示す．各パラメータの算出方法は以下の通りである．

軸応力に関するパラメータは，供試体に作用する軸応力とコンクリートの実圧縮強度との比率とする．

帯鉄筋比は，道路橋示方書²⁾に記載される横拘束筋の体積比 ρ_s をパラメータとして用いる．

曲げとねじりの載荷比率は，角度 (rad) で表したものをパラメータとして用いる．図 3 に算出概念図を示すが，複合載荷時の降伏耐力を純荷重時の降伏耐力で除した値より，以下の式で定義する．なお，降伏の定義として，ねじり降伏は荷重 - 変位曲線において剛性が大きく低下した点として，曲げ降伏は主鉄筋が降伏した点として，それぞれ実験結果より求めた．

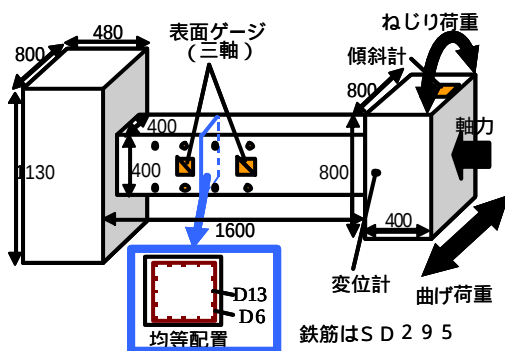


図 1 供試体概要 (単位: mm)

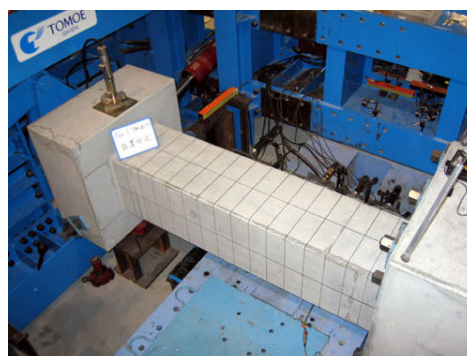


図 2 設置状況

表 1 検討ケース

No.	初期軸応力		載荷パターン
	(N/mm ²)	(%)	
1,16	0.0	0	純ねじり
2,17			ねじり卓越
3,18			中間型
4,19			曲げ卓越
5,20			純曲げ
6,21	2.0	5	純ねじり
7,22			ねじり卓越
8,23			中間型
9,24			曲げ卓越
10,25			純曲げ
11,26	4.0	10	純ねじり
12,27			ねじり卓越
13,28			中間型
14,29			曲げ卓越
15,30			純曲げ

$$f = \tan^{-1} \left\{ \frac{\left(\frac{M_{by}}{M_{ty0}} \right)}{\left(\frac{M_{by}}{M_{by0}} \right)} \right\}$$

φ : 載荷比率 (rad)

M_{ty0} : 純ねじり時の降伏耐力 (kNm)

M_{ty} : 複合載荷時の降伏ねじり耐力 (kNm)

M_{by0} : 純曲げ時の降伏耐力 (kNm)

M_{by} : 複合載荷時の降伏曲げ耐力 (kNm)

キーワード ねじり，剛性低下率，RC 部材，軸応力比，載荷比率

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 092-802-3374

表2 各パラメータ値

No.	軸応力		載荷比率			帯鉄筋 $\rho_s(\%)$	No.	軸応力		載荷比率			帯鉄筋 $\rho_s(\%)$
	圧縮強度 (N/mm ²)	軸応力比	降伏耐力(kNm) ねじり	曲げ	ϕ rad			圧縮強度 (N/mm ²)	軸応力比	降伏耐力(kNm) ねじり	曲げ	ϕ rad	
1	33.4	0	63.6	0.0	1.57	1.12	16	34.1	0	62.8	0.0	1.57	0.56
2	47.6	0	77.3	7.3	1.44		17	53.3	0	68.7	18.6	1.44	
3	51.1	0	57.5	19.4	1.12		18	57.8	0	66.7	37.7	1.29	
4	43.2	0	25.1	39.9	0.41		19	56.6	0	42.9	86.2	0.78	
5	32.8	0	0.0	43.9	0.00		20	52.6	0	0.0	124.2	0.00	
6	31.9	0.063	85.6	0.0	1.57		21	34.8	0.057	81.0	0.0	1.57	
7	50.6	0.040	77.5	18.4	1.26		22	48.0	0.042	76.3	18.1	1.28	
8	45.4	0.044	69.9	21.2	1.18		23	47.9	0.042	71.8	21.8	1.20	
9	54.0	0.037	48.8	53.3	0.59		24	41.5	0.048	61.3	52.8	0.74	
10	51.6	0.039	0.0	62.9	0.00		25	46.5	0.043	0.0	64.0	0.00	
11	35.3	0.113	98.5	0.0	1.57		26	45.7	0.088	103.8	0.0	1.57	
12	49.3	0.081	113.0	15.9	1.38		27	60.4	0.066	103.6	20.7	1.30	
13	50.4	0.079	90.2	32.9	1.11		28	35.2	0.114	91.0	29.8	1.14	
14	47.5	0.084	62.7	70.7	0.58		29	51.6	0.078	58.0	69.9	0.54	
15	40.6	0.099	0.0	72.0	0.00		30	41.1	0.097	0.0	74.3	0.00	

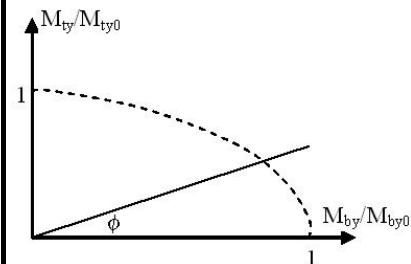


図3 載荷比率概念図

4. 剛性低下率の定式化

ねじりの剛性低下率の推移を、初期軸応力比 0%, 5%, 10% について図4に示す。定式化するにあたり、実験結果の傾向を鑑み、それぞれ以下の近似式で表現することとした。

$$(\text{剛性低下率}) \quad \frac{GK}{GK_0} = a \left(\frac{q}{q_y} \right)^b \quad \begin{cases} a = \{(3000r_s + 50) \times N_0^2 + 1\} \times (0.14f^3 + 0.3f) \\ b = 35r_s - 1.4 \end{cases}$$

各係数は実験定数であり、実験結果より N_0 : 軸応力比, ϕ : 載荷比率 (rad), ρ_s : 帯鉄筋の体積比で表現した。

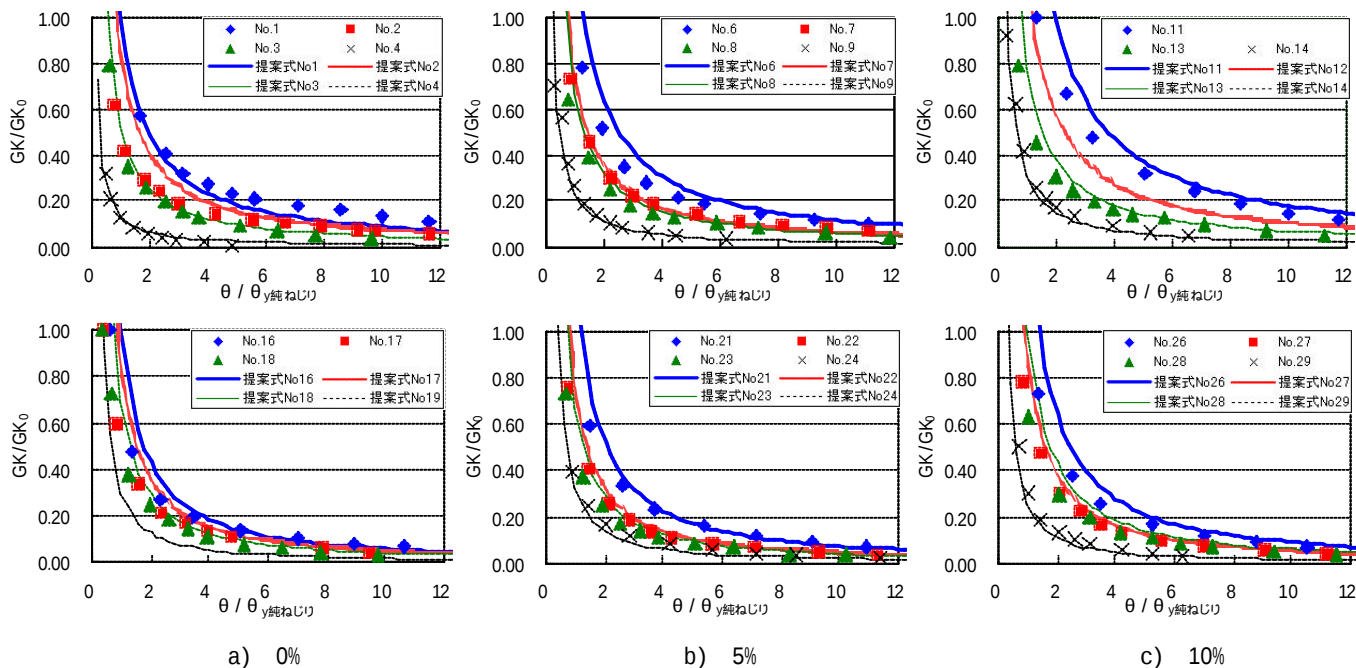


図4 剛性低下率

5. まとめ

提案式は、実験結果で見られる軸応力比、帯鉄筋間隔、載荷比率による傾向をおおむね表現することができており、ねじりの剛性低下率を表現することが可能である。今後は、等価減衰定数の定式化を行い橋梁の動的解析に適用していく予定である。

参考文献

- 1) 浦川, 大塚, 竹下: 軸力, 曲げおよびねじりを同時にうける RC 部材の非線形挙動に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.51A, pp.885~892, 2005.3
- 2) (社) 日本道路協会: 道路橋示方書・解説, 耐震設計編, 2002.3