

鉄筋コンクリート桁の短期たわみ性状に関する研究

宮崎大学工学部 正員 中沢 隆雄

1. 予えがき 従来の弾性理論に基づく許容応力度設計法により、設計された鉄筋コンクリート部材では、変形の検討を行う必要はほとんど皆無であったといえる。しかし、最近のコンクリートならびに鉄筋の高強度化に加えて、終局強度理論などの設計理念の発展により、部材断面を小さくすることが可能となり、これに伴って変形の検討を加えなければならぬ場合が増加する傾向にある。そこで、鉄筋コンクリート部材のたわみには荷重の種類、コンクリートならびに鉄筋の力学特性、ひびわれ発生状況に加えて、長期的にはコンクリートの乾燥収縮、クリープなどの種々の要因が複雑に関連し合って影響を及ぼすやえ、理論的に変形性状を解明することは容易ではない。そこで本研究は、はり理論を基礎とした解析手法により、鉄筋コンクリート桁の短期たわみを平易かつ実用的に算定することを目的としており、コンクリートの力学特性、引張および圧縮鉄筋比、断面形状、せん断スパン比など、桁の変形性状に影響を及ぼすと考えらるる要因について、検討を加えたものである。

2. 解析ならびに実験結果およびその考察

2-1. 実験供試体 対象とした断面形状は、図-1に示すように、長方形、T形および工形の単鉄筋および複鉄筋断面である。また載荷法としては、図-2に示すとおり2点集中荷重による単純桁載荷法を用いた。各桁の寸法諸元を表-1に示す。また、使用したコンクリートの応力-ひずみ曲線を、図-3に示すように折線近似したが、このときの特性値を表-2に示す。なお、解析手法の詳細は、紙面の都合上ここでは省略する(文献1)参照。

2-2. 引張鉄筋比の影響 引張鉄筋比の相違がたわみ及び影響を、単鉄筋長方形断面桁を例にして、図-4(a)~(d)に示す。これらの図において、ひびわれ発生以前では、せん断スパン比 a/d の相違に目がかからず、引張鉄筋比 ρ_t が異なっても、たわみにはほとんど差を認められない。しかし、ひびわれ発生後では、引張鉄筋比が小さくなるほど剛性低下が大きくなり、たわみの増加が著しくなることが、理論的にも実験的にも確認された。

2-3. 圧縮鉄筋の影響 各断面形状の単鉄筋および複鉄筋桁のたわみを、それぞれ図-5(a)~(f)に示す。これらの図から明らかなように、圧縮鉄筋を用いても、桁の剛性を高める効果は、ほとんどないといえる。

2-4. せん断変形の影響 せん断スパン比 a/d が1.0以下の小さなティープーーム的な桁においては、せん断力の影響が支配的となり、せん断変形を無視できないと考えられる。コンクリートエネルギー法によれば、図-6に示した荷重状態の桁中央点の

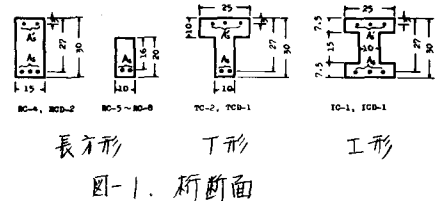


図-1. 断面形状

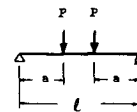


図-2. 2点集中荷重による単純桁載荷

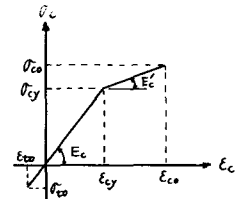


図-3. コンクリートの応力-ひずみ曲線(折線近似)

表-1. 各桁の寸法諸元

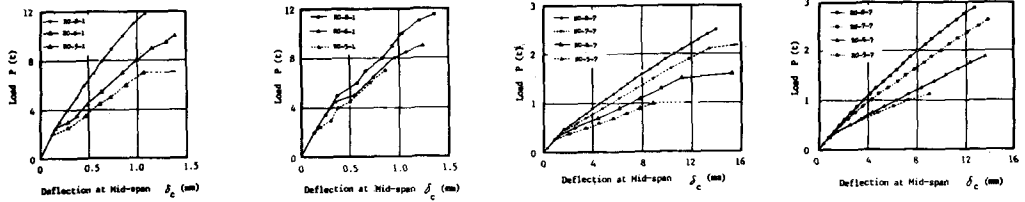
	a (mm)	d (mm)	b (mm)	b/d	P_u (N)	P_u (kg)
RC-4-1	27	27	101.2	1.0	1.91	0
RC-4-7	108	27	263.2	4.0	1.91	0
RC-5-1	16	16	79.2	1.0	1.78	0
RC-5-7	112	16	271.2	7.0	1.78	0
RC-6-1	16	16	79.2	1.0	2.48	0
RC-6-7	112	16	271.2	7.0	2.48	0
RC-7-7	112	16	271.2	7.0	3.58	0
RC-8-1	16	16	79.2	1.0	4.08	0
RC-8-7	112	16	271.2	7.0	4.08	0
RC2-2-1	27	27	101.2	1.0	1.47	0.98
RC2-2-4	108	27	263.2	4.0	1.47	0.98
RC2-2-1	27	27	101.2	1.0	1.15	0
RC2-2-7	108	27	263.2	4.0	1.15	0
RC2-1-1	27	27	101.2	1.0	1.15	0.98
RC2-1-7	108	27	263.2	4.0	1.15	0.98
TC-1-1	27	27	101.2	1.0	1.72	0
TC-1-7	108	27	263.2	4.0	1.72	0
TC2-1-1	27	27	101.2	1.0	1.72	0.98
TC2-1-7	108	27	263.2	4.0	1.72	0.98

表-2. コンクリートの力学特性値

	σ_{co}	σ_y	ϵ_{co}	ϵ_y	E_c	E_c
RC-4-1	351	104	49	2.457	0.953	
RC-4-7	348	103	49	2.456	0.945	
RC-5-1	306	205	34	2.702	1.048	
RC-5-7	417	219	58	2.919	1.132	
RC-6-1	306	205	34	2.702	1.048	
RC-6-7	417	219	58	2.919	1.132	
RC-7-7	417	219	58	2.919	1.132	
RC-8-1	306	205	34	2.702	1.048	
RC-8-7	417	219	58	2.919	1.132	
RC2-2-1	307	161	45	2.149	0.933	
RC2-2-4	337	177	47	2.399	0.915	
RC2-2-1	350	184	48	2.450	0.950	
RC2-2-7	311	163	46	2.177	0.884	
RC2-1-1	334	175	47	2.358	0.906	
RC2-1-7	338	177	47	2.366	0.917	
TC-1-1	360	189	50	2.580	0.977	
TC-1-7	393	208	55	2.781	1.057	
TC2-1-1	353	178	47	2.351	0.904	
TC2-1-7	338	177	47	2.366	0.917	

$E_c = 2900 \times 10^6$, $E_g = 750 \times 10^6$,
 $\epsilon_{co} = 200 \times 10^{-6}$

たわみ δ_0 は $\delta_0 = \kappa P a / \beta_s G A$ (κ : せん断補正係数, G : せん断弾性係数, β_s : せん断剛性低下率) のとおり求められる。弾性時では $\beta_s = 1$ であるが、斜めひびわれ発生後では $\beta_s < 1$ である。しかし、 β_s を算出に求めることは困難である。文献(2)によれば、集中加力方式の場合で $\beta_s = 0.32 (T/\sigma_c \times 10)^{-1.78}$ (T : せん断力) で与えられていることから、ここではこれをそのまゝ採用している。単鉄筋の丁形および工形断面の解析結果を実験結果と比較して、図6(a),(b)に示す。なお、 κ については、せん断力からウェブのみ(長方形)が負担するとして、 $\kappa = 1.2$ を用いている。これらの図から、せん断変形を考慮することにより、斜めひびわれ発生後のたわみが実験値とよく合致してくることがわかる。すなわち、 a/d が小さい断面では、せん断変形が曲げ変形とほとんど同じ程度となり、せん断変形を無視できないミッドがよく理解できる。



(a) 理論値 $a/d=1.0$

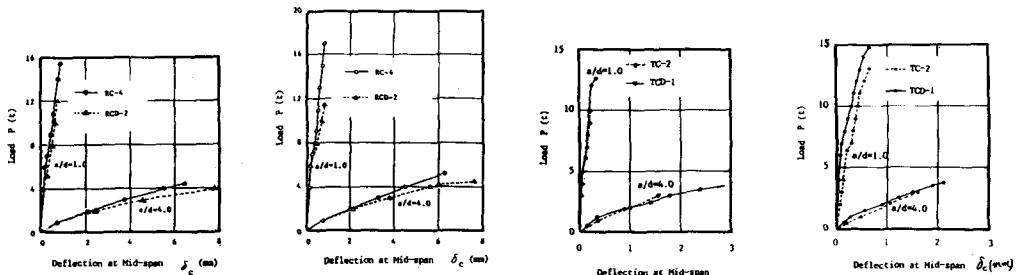
(b) 実験値 $a/d=1.0$

(c) 理論値 $a/d=7.0$

(d) 実験値 $a/d=7.0$

図-4. 引張鉄筋の相違 ($\rho = 1.78 \sim 4.24\%$) による荷重-たわみ曲線

(単鉄筋長方形断面)



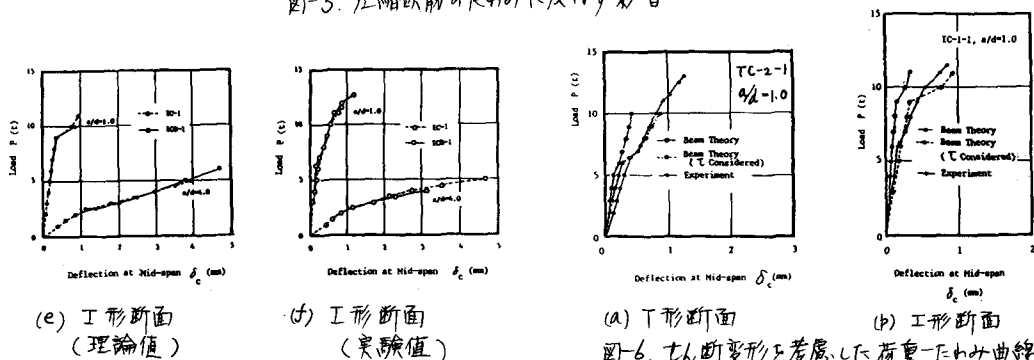
(a) 長方形断面
(理論値)

(b) 長方形断面
(実験値)

(c) 丁形断面
(理論値)

(d) 丁形断面
(実験値)

図-5. 圧縮鉄筋のたわみに及ぼす影響



(e) 工形断面
(理論値)

(f) 工形断面
(実験値)

(a) 丁形断面

(b) 工形断面

図-6. せん断変形を考慮した荷重-たわみ曲線

参考文献 1) 大田俊昭・中沢隆雄: 引張鉄筋および圧縮鉄筋コンクリート梁の弾塑性解析, 土木学会論文報告集, 第276号, 1978年8月, 2) 武藤清: 鉄筋コンクリート構造物の塑性設計, 丸善, 1976年10月。