

日本大学 理工学部 正員 柳 沼 善 明
 “ “ “ 関 慎 吾
 “ “ “ 北 田 勇 輔

1. は じ め に

たわみの計算において、曲げ剛性に関する評価は重要である。一般にはり断面にひびわれが発生すると、はりの断面二次モーメントが減少し、また、コンクリートの弾性係数は圧縮応力と圧縮ひずみの関係が曲線であるので、作用荷重の増加にともないコンクリートの割れ係数が減少してくる。その結果、断面二次モーメント I と割れ係数 E_c との積で表わされる曲げ剛性 $K (= I \cdot E_c)$ は荷重の増加にともない減少することになる。

現行のたわみ計算は、断面二次モーメントの変化に着目し有効断面二次モーメントを用いてなされている。しかし、本研究は、材料（コンクリート、PC鋼材、組立鉄筋）のもつ応力とひずみとの関係からモーメント、曲率、曲げ剛性、たわみを計算する方法を提案するものである。この提案は、載荷荷重の初期から、はりの終局にいたるまで同一の計算式による計算が可能である。

2. 計 算 方 法

計算方法は、鉄筋コンクリートばりの断面に軸力と曲げが作用したものとして、プレストレストコンクリートばり（以下PCばりと略す）における計算を行なった。

計算の仮定は次の通りである。① 平面保持が成立。② コンクリートの圧縮応力の分布形状は二次式と直線との組み合わせとする。③ コンクリートの引張抵抗を考慮する。④ コンクリートは圧縮の終局ひずみ E_{cu} で破壊する。⑤ コンクリートは引張の終局ひずみ E_{tu} でひびわれが発生するものとする。

PCばりにモーメント M が作用する場合のひずみ分布と応力分布を図-1に示した。PC鋼材の引張ひずみ E_{pt} は、グラウトの有無によりPC鋼材とシースとのマサツの影響などを Baker¹⁾ の提案による係数 f に考慮し、

$$E_{pt} = E_{pe} + f \cdot (E_p + E_{pc}) \quad \dots (1)$$

ここに、 E_{pe} は有効プレストレスによるPC鋼材ひずみ、 E_{pc} は有効プレストレスによるPC鋼材位置でのコンクリートのひずみである。係数 f は、グラウトのあるPCばりは $f = 1.0$ であり、グラウトのないPCばり、すなわちアンボンドPCばりについては f を減少させて計算すれば良い。材料の応力とひずみ

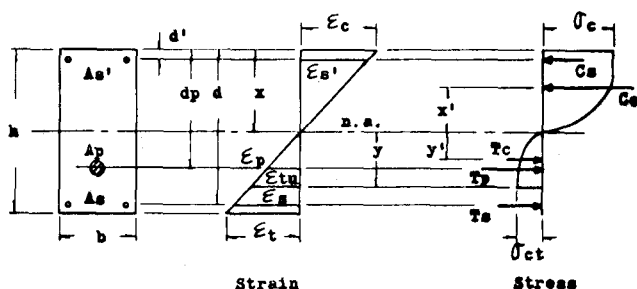


図-1 Strain and Stress Conditions

との関係を、PC鋼材について $\sigma = f_p(\epsilon)$ 、組立鉄筋について $\sigma = f_s(\epsilon)$ 、コンクリートについては、圧縮のとき $\sigma = g_c(\epsilon)$ 、引張のとき $\sigma = g_t(\epsilon)$ とする。図-1から、力は次式で計算される。

$$\begin{aligned} T_p &= A_p \cdot f_p(E_{pt}) & T_s &= A_s \cdot f_s(\epsilon_s) & T_c &= b \cdot y \cdot g_t(E_{tu}) \\ C_c &= b \cdot x \cdot g_c(\epsilon_c) & C_s &= A_s' \cdot f_s(\epsilon_s') \end{aligned}$$

ここに、 A_p はPC鋼材の断面積、 A_s 、 A_s' は組立鉄筋の断面積である。

中立軸までの距離 x は、力のつりあいから
で求められる。この時のモーメント M は、

$$T_p + T_s + T_c = C_c + C_s \quad \cdots \cdots (2)$$

$$M = T_p \cdot (d_p - x) + T_c \cdot y' + T_s \cdot (d - x) + C_c \cdot x' + C_s \cdot (x - d') \quad \cdots \cdots (3)$$

となる。また、曲率 φ 、曲げ剛性 K は、

$$\varphi = \varphi_p + \frac{E_c}{x} \quad \cdots \cdots (4), \quad K = \frac{M}{\varphi} \quad \cdots \cdots (5)$$

ここに、 φ_p は有効プレストレスによる曲率、 E_c はコンクリートのひずみである。

たわみの計算は、はりの全断面に曲げ剛性が一定でないものとして求めた。

3. 計算結果

用いた供試体は幅 30 cm 高さ 60 cm スパン 600 cm の PC ばりで、PC 鋼材は Bar, SEEE, Freyssinet の三種類を用いて、それぞれグラウトの行なったはりで行なわないはりを作製して、二点載荷により静的に曲げ破壊させた。図-2 にモーメントとたわみとの関係、図-3 に曲げ剛性とモーメントとの関係、図-4 にモーメントと PC ばり上下面のコンクリートのひずみとの関係を示した。それぞれの計算値と実測値とは良く一致している。また、提案式によるひびわれ発生モーメント、終局モーメントの計算値と実測値との比較を表-1 に示した。計算値はグラウトの有無にかかわらず良く一致していると思われる。

以上により、提案式による計算で、PC ばりの終局にいたるまでの各モーメント、曲率、曲げ剛性、たわみの計算が可能であると思われる。

表-1 計算値と実測値との比較

Type	Beam No.	Mcr (t·m)			Mu (t·m)		
		test.	calc.	calc. test.	test.	calc.	calc. test.
Grouted Beam	GB-1	25.63	26.16	1.021	65.73	69.02	1.050
	GS-1	24.33	25.20	1.036	57.93	57.38	0.991
	GF-1	24.23	28.12	1.161	72.73	65.17	0.896
	GB-3	24.33	23.68	0.973	66.73	68.41	1.025
	GF-3	27.58	25.87	0.938	62.73	61.58	0.982
	GS-4	23.23	24.59	1.059	59.73	59.76	1.001
	Average			1.031	Average		0.991
Non-Grouted Beam	NB-1	27.33	25.84	0.945	61.13	64.98	1.063
	NS-1	23.53	24.88	1.057	53.43	51.48	0.964
	NF-1	24.23	25.55	1.054	62.73	61.12	0.974
	NB-3	22.73	22.07	0.971	56.13	59.72	1.064
	NF-3	25.23	24.49	0.971	63.73	60.74	0.953
	NS-4	25.23	23.79	0.943	47.73	52.92	1.109
	Average			0.990	Average		1.021

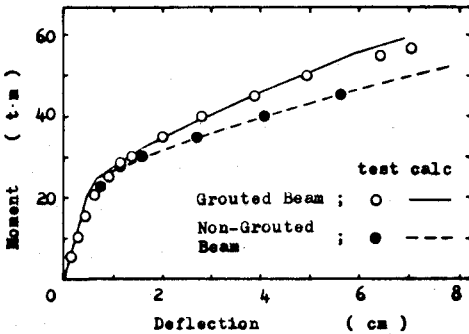


図-2 Moment - Deflection

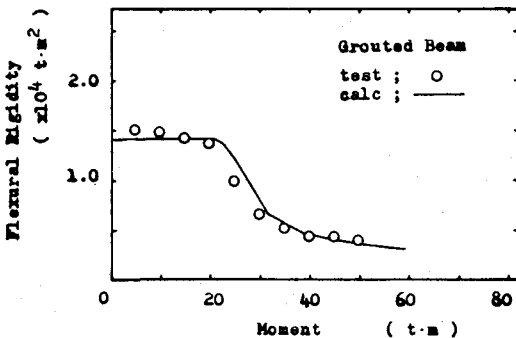


図-3 Flexural Rigidity - Moment

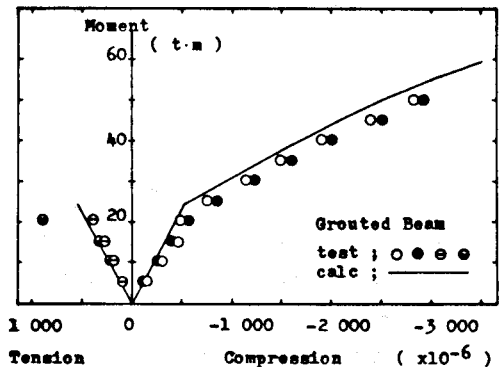


図-4 Moment - Concrete Strain

参考文献 1) 宮本征夫, 岩崎宏雄; 「アンボンド PC 部材の静的曲げ強度」 鉄道技術研究所報告, No. 836, 1973