

V-444

P C 角形鋼管合成梁の曲げ試験と考察

ドーピー建設工業 正会員 大平 雅司

ドーピー建設工業 倉持 春夫

パーズ・アイ 兎沢 民也

1、まえがき

コンクリート充填鋼管部材のコンクリートに軸方向の圧縮力を作用させると、鋼管の拘束効果により、高じん性、高耐力を有する部材が得られ [1]、部材の断面を小さくすることが可能となる。このようなことから、コンクリート充填鋼管部材が多くの構造物に採用されている。ところで、角形鋼管を用いた場合は、円形鋼管ほどではないが、かなりの拘束効果はある [2]。また、その施工性を考慮し、P C 角形鋼管合成部材を橋梁上部工の曲げ部材として適用することを想定した。

本研究では、充填コンクリートにプレストレスを与えた角形鋼管梁の曲げ耐力の検討を行い、結果を報告するものである。

2、実験概要

実験で用いた供試体の形状およびゲージの配置位置と種類を図-1に示し、使用した材料および材料の特性値は、表-1に示す。その他、支圧板および鋼管とコンクリートを付着させないための分離材として、二硫化モリブデン入りのグリースを鋼管内面と支圧板に

塗布し、ポリエステルを被覆した直径32mmのアンボンドP C 鋼棒を断面内に2本配置した。支圧板を用いて、P C 鋼棒を緊張した後に、ナットにより定着を行った。載荷荷重の増分は、2kNとした。たわみの測定は、ダイヤルゲージを用い、鋼管のひずみの測定は、鋼管の外面に三軸のひずみゲージを貼り付けて行った。測定点は、図-1に示すように、いずれも支間の6等分点とした。

3、実験結果および考察

本供試体のコンクリートは、プレストレスが導入され、さらに鋼管によって拘束されている。このようなコンクリートは、強度とひずみ能力の増加が見込まれる。ここでは、CEB [2]の式(1)～(4)を適用して、二次放物線と直線とから成る応力-ひずみ曲線を仮定した。図-2の各記号の値は、表-2に示す。また、点線Ⅰについては、 $n=4$ と仮定し、拘束効果を低減した値、点線Ⅱは、 $n=\infty$ （完全拘束）とした時の値、Ⅲの実線は、コンクリートが拘束されていない場合の値である。

尚、Ⅲとしては、土木学会コンクリート標準示方書による応力-ひずみ曲線を適用した。

$$f_{cf} = f_{ck} (1.000 + 5.00 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{for } \sigma_2 \leq 0.05 f_{ck} \quad (1)$$

$$f_{cf} = f_{ck} (1.125 + 2.50 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{for } \sigma_2 > 0.05 f_{ck} \quad (2)$$

$$\epsilon_{ccf} = 2.0 \cdot 10^{-3} (f_{cf} / f_{ck})^2 \quad (3)$$

$$\epsilon_{cuf} = 3.5 \cdot 10^{-3} + 0.2 \sigma_2 / f_{ck} \quad (4)$$

但し、 f_{cf} ：拘束コンクリートの圧縮強度、 f_{ck} ：角柱コンクリート供試体圧縮強度（表-1に示す

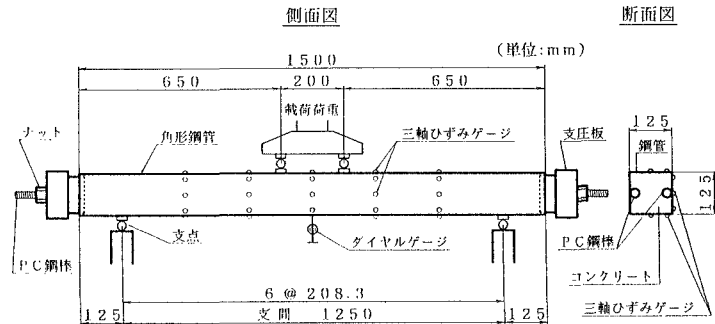


図-1 曲げ試験用供試体

表-1 材料の特性値

供試体 記号	長さ (mm)	鋼管 肉厚 (mm)	コンクリ ートの強 度(MPa)	コンクリ ートの弾性係 数(GPa)	鋼管の 弾性係 数(GPa)	鋼管の降 伏点応力 度(MPa)
BP1	1500	3.09	67.7	34.3	201	265

67.7 MPa を使用）、 ε_{ccf} ：拘束コンクリートの最大圧縮応力度に対するひずみ、 σ_2 ：拘束による側圧、 ε_{cuf} ：拘束コンクリートの終局ひずみ、 $\sigma_2/f_{ck}=0.5\alpha\omega_{wd}$ 、 $\alpha=\alpha_n\cdot\alpha_s$ ：スターラップ及びそれらと結合された縦方向筋等による拘束効果、 α_n ：拘束されるコンクリートの断面方向の有効面積を表す低減係数、 $\alpha_n=1-8/(3n)$ 、 n ：スターラップで拘束されている縦方向筋の総数、 α_s ：拘束されるコンクリートの縦方向の有効面積を表す低減係数、 $\alpha_s=(1-S/(2b_0))^2$ 、 S ：スターラップ等の縦方向の間隔（ $S=0\text{ mm}$ ）、 b_0 ：スターラップ等の横方向幅（ $b_0=125\text{ mm}$ ）、 $\omega_{wd}=4b_0\cdot A_s\cdot f_{sy}/(b_0^2\cdot S'\cdot f_{ck})$ ：拘束鉄筋（鋼管）の降伏引張耐力によるコンクリートの平均拘束応力比、 f_{sy} ：鉄筋（鋼管）の降伏点応力度、 S' ：スターラップ等では S と同じ（鋼管の場合は、縦方向の単位幅）、 A_s ：スターラップ等の断面積（鋼管の場合は、縦方向の単位幅あたりの断面積）

尚、CEBの式では、これを曲げに適用する場合は、中立軸を完全拘束面とみなすことにしている。これによれば、係数 α_n と中立軸位置とが従属関係にあるため、収束計算が必要であり、この場合 n が約5.4に収束する。この方法は、実用上計算が繁雑である。ところで、角形鋼管によって有効に拘束が働く部分が隅角部であり[3]、隅角部の数が4である。このことから、拘束度に関する係数 n を4とした。

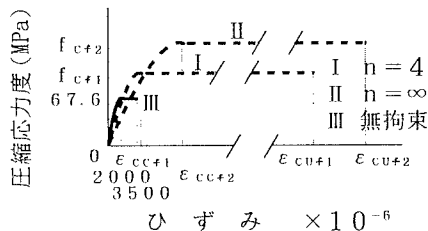


図-2 コンクリートの応力-ひずみ曲線

表-2 拘束コンクリートの圧縮応力度とひずみ

供試体 記号	① $n=4$ の場合			② $n=\infty$ の場合		
	f_{c+1} (MPa)	ε_{cc+1} ($\times 10^{-6}$)	ε_{cu+1} ($\times 10^{-6}$)	f_{c+2} (MPa)	ε_{cc+2} ($\times 10^{-6}$)	ε_{cu+2} ($\times 10^{-6}$)
BP1	87.0	3310	16400	109.0	5180	42300

また、曲げ耐力の検討を行うに当たっては、PC（アンボンドPC）と鋼管を重ね梁とみなし、PCと鋼管のそれぞれが分担する荷重と変位の関係を求める。図-3に支間中央位置での荷重とたわみの関係を示す。③の実線は、実測値を示し、①の点線は、 $n=4$ と仮定した場合の値、①-Sの点線は、①の場合について鋼管が分担する分である。また、②の点線は、 $n=\infty$ と仮定した場合の値である。ここで実測値は、鋼管の支間中央位置での上縁が座屈したときの値を最終値とし、計算値は、コンクリート断面の上縁が終局ひずみに達したときを最終値とした。曲げモーメントの最大値を求めると、 $n=\infty$ の場合では、42.0 kN・m、 $n=4$ の場合で36.8 kN・mおよびPC単独（無拘束）+鋼管単独（全塑性）の場合で32.5 kN・mとなり、実測値は、38.6 kN・mである。図-3および最大曲げモーメントの値を比較すると、 $n=4$ の場合は、実測値に近く、かつ安全側の値となっていることから、本供試体については、拘束度に関する係数 n を4とすることが、実用的であることがわかった。

4、まとめ

本供試体の荷重とたわみの関係では、CEBの式を適用するにあたり、拘束度に関する係数 n を4とすることによって、実測値に近い値が得られた。

5、参考文献

- [1] (社)土木学会：鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン、1989.3
- [2] CEB：CEB-FIP Model Code 1990, pp.101-107, 1993
- [3] 大平雅司ほか：PC鋼管合成梁の曲げ性状に関する実験的研究、土木学会北海道支部論文報告集第52号(A)、V-31, pp.654-657, 1996.2

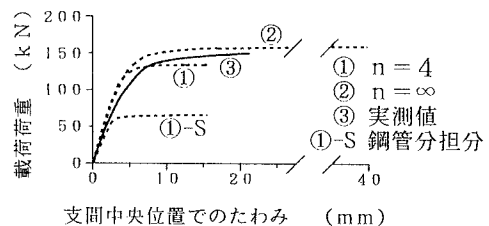


図-3 荷重-たわみ曲線