

バイケーブル工法を適用した角形鋼管ばりの耐荷力特性

東北学院大学工学部 正員 ○中沢正利
バイケーブル研究会 本間邦夫
東北学院大学大学院 学生員 吉田昌平

1. まえがき

日本の橋梁の80%(54万橋)は支間15m以下の小規模橋梁に分類され、これら小規模橋梁の老朽化に伴う補修、更新が懸案事項となっている。更新の場合には低コスト化、工期短縮、長寿命化などを実現する技術開発が望まれる。例えば低コストな市販品の角形鋼管を用いた床版橋¹⁾の例として、角形鋼管を敷きつめて横方向に鋼管パイプで連結し、格点部にコンクリートを部分充填することで一体化を図る簡素化継手が提案されている。

バイケーブル工法では、PC鋼棒やケーブルを緊張してはり部材内に圧縮応力を生じさせ、部材と部材を圧着させることにより継手構造を簡素化する。部材断面の上下にPC鋼棒やケーブルを配置することによって安定した接合強度を得ることができ、継手部に耐久性の面で問題となるボルトや溶接を必要としない現場架設が可能となる。この工法の例として「洞合橋」²⁾、「立川橋」などのプレストレス木橋がある。

本研究ではこのバイケーブル工法を角形鋼管ばりに適用した場合の曲げ耐荷力特性を明らかにする。これまでの研究³⁾を踏まえて、鋼管が圧縮を受けるために発生する局部座屈の防止対策など、実験的研究より得られた成果について報告する。

2. PC鋼棒によるプレストレスト力を考慮した角形鋼管の曲げ理論

角形鋼管の中心軸から上下に偏心量 e だけ離してPC鋼棒を配置した場合の曲げ応力分布を求める。図-1に示すように、下側に2本配置したPC鋼棒の初期引張プレストレス力を $P_1(1)$ 、上側に配置したPC鋼棒の軸力を $P_2(1)$ とすると、角形鋼管の曲げ応力分布は

$$\sigma_c(y, 1) = - \left(\frac{2P_1(1) + P_2(1)}{A_c} \right) + \left(\frac{P_2(1) - 2P_1(1)}{I_c} \right) ey \quad (1)$$

と表される。ここで A_c および I_c は鋼管自体の断面積および断面二次モーメントである。鋼管上端で隙間が空かない条件 $(\sigma_c(-\frac{H}{2}, 1) = 0)$ より

$$e_0 = \frac{2P_1(1) + P_2(1)}{2P_1(1) - P_2(1)} \frac{2I_c}{A_c H}, \text{ かつ } e_0 < \frac{H}{2} \quad (2)$$

の位置にPC鋼棒を配置すればよいが、この位置に必ず置けるとは限らないので、 e のままで話を進める。このはりの中

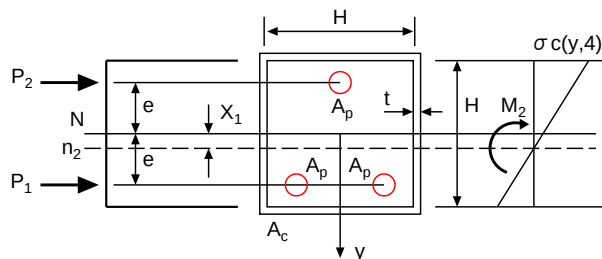
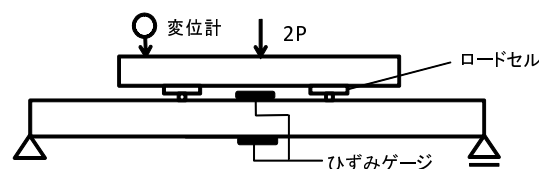
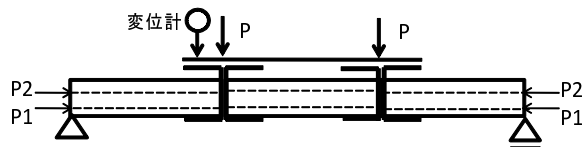


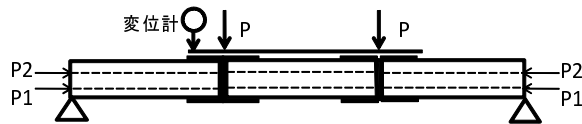
図-1 供試体断面図



(a) L=1500mm, 一本桁



(b) L=500mm x 3, 仕切板(拘束なし)



(c) L=500mm x 3, 仕切板(拘束あり)

図-2 実験供試体

立軸 n_2 に曲げモーメント M_2 を作用させると

$$\sigma_c(y, 2) = \sigma_c(y, 1) + \frac{M_2}{I_{n2}}(y - X_2) \quad (3)$$

となる。はりの終局状態を曲げ圧縮での降伏とすると、 $\sigma_c(-\frac{H}{2}, 2) = -\sigma_Y$ より

$$M_2 = \frac{I_{n2}}{(\frac{H}{2} + X_2)} \left\{ \left(\frac{2P_1(1) + P_2(1)}{A_c} \right) + \left(\frac{P_2(1) - 2P_1(1)}{I_c} \right) \frac{eH}{2} + \sigma_Y \right\} \quad (4)$$

と求められる。因みに角形鋼管のみの降伏曲げモーメント M_Y は $2I_c\sigma_Y/H$ である。PC 鋼棒の軸力は M_2 によって変化し、

$$P_1(2) = P_1(1) + \frac{M_2 A_p}{I_{n2}}(e - X_2),$$

$$P_2(2) = P_2(1) + \frac{M_2 A_p}{I_{n2}}(-e - X_2)$$

と計算できる。

3. 実験概要

図-2に実験で用いた供試体の一覧を示す。(a)は耐荷力を比較するための $L = 1500\text{mm}$ の一本桁である。4点曲げ試験を行うために上部にH形鋼を配し、 $L/3$ 荷重点にロードセルをはさむことにより荷重値を測定した。また、変位計をH形鋼に設置し、PC 鋼棒の軸部およびスパン中央のより上下端にひずみゲージを貼り付けた。

図-2(b),(c)は、よりを3分割して溝形の仕切板を挿入し、接合した後にプレストレスを導入した供試体である。仕切板として、接合部上部での局部座屈を拘束しない場合(b)と拘束効果を期待する場合(c)を比較した。PC 鋼棒の位置は e_0 にほぼ近い $e = 16.7\text{mm}$ としたが、ボルト締めを手動で行ったため、理論上の要求プレストレス力までは導入できず、その値の約60%程度の値に留まった。よって、よりの終局時には角形鋼管下端でわずかに隙間が生じた可能性がある。PC 鋼棒に導入されるプレストレス力は鋼棒に貼付したひずみゲージによりモニターした。

4. 実験結果

得られた実験結果の荷重-変位曲線をまとめ、鋼管の板厚 $t=1.6\text{mm}$ については図-3に、 $t=2.3\text{mm}$ については図-4に示す。プレストレスを導入しない一本桁が降伏モーメントに至る荷重 P_Y は $t=1.6\text{mm}$ で $P_Y=3.74\text{kN}$ 、 $t=2.3\text{mm}$ で $P_Y=5.38\text{kN}$ であった。

図-3を見ると、降伏荷重 $P_Y=3.74\text{kN}$ まではどの供試体もほぼ同じ安定挙動を示すが、局部座屈の発生により耐荷力が決定されている。 $L=1500\text{mm}$ の一本桁で局部座屈が発生していないケースは、荷重載荷点にあて板を挿入して荷重分散を行った結果である。

図-4において、 $L=1500\text{mm}$ の一本桁で局部座屈が発生しているのは、ロードセルの突起形状のまま載荷したためである。一方、局部座屈を拘束するための溝形仕切板を採用した場合には、荷重載荷点での継手の全体的な変形を拘束するため、荷重の低下・上昇を繰り返しながらも耐荷力は向上した。また、局部座屈変形はフランジ面に対して凸状と凹状の両者が観測された。

5. まとめ

- (1) 曲げ耐荷力は断面降伏後の局部座屈に強く依存することが再確認された。発生位置は荷重載荷点に限定され、継手構造による局部座屈防止が曲げ耐荷力を向上させる。

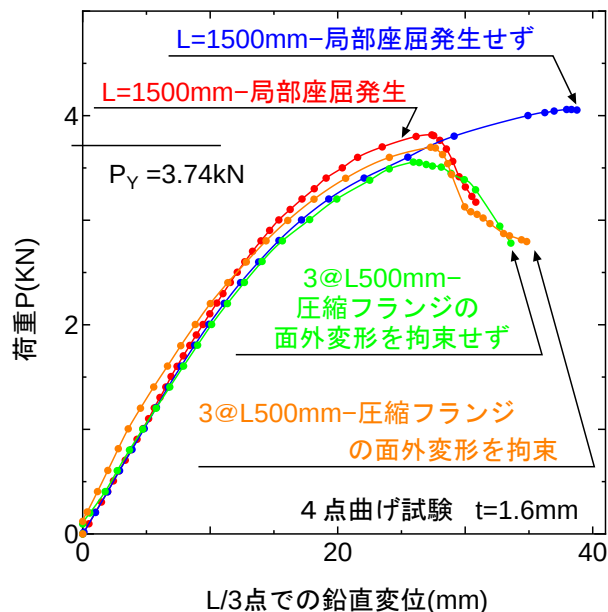


図-3 角形鋼管 $t=1.6\text{mm}$ の場合の荷重-変位曲線の比較

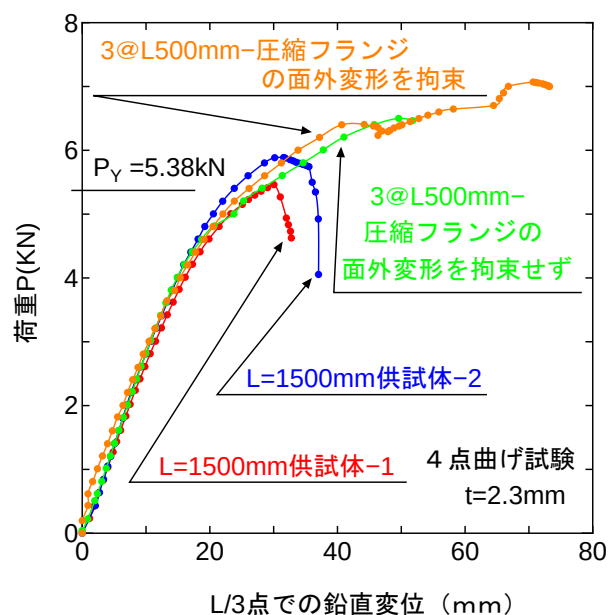


図-4 角形鋼管 $t=2.3\text{mm}$ の場合の荷重-変位曲線の比較

- (2) 初期降伏後の鋼管の局部座屈を拘束するための仕切り板の効果は $t=2.3\text{mm}$ の鋼管の場合に確認された。また、この拘束効果は局部座屈の発生方向とも関連がある。

参考文献

- 1) 本間・後藤・高木：角太橋(角形鋼管を用いた床版橋)の開発、新日鉄技報、第387号、2007年3月。
- 2) 本間邦夫：プレストレス木橋の施工例「洞合橋」、第3回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp.175-178、2004年。
- 3) 荒木・阿部・本間：バイケーブル式鋼桁の力学特性に関する基礎的研究、土木学会第65回学術講演会講演概要集、I-630、2010.9。