

損傷を受けた梁の曲げ応力・耐力の概略判定方法について

(株) 建設プロジェクトセンター 正員 ○筒井 光男
九州産業大学 フェロー 水田 洋司
福岡大学 正員 坂田 力

1. はじめに

橋梁の点検が進められている。点検時に曲げ応力増加や曲げ耐力減少量を知ることができれば、耐荷力に関わる調査も同時に行うことができ効率が良い。筆者らは、断面減少がある鋼桁、および鉄筋や引張鋼材の断面減少や剥離露出があるRCおよびPC梁の曲げ応力増加や曲げ耐力減少を概略判定する方法をまとめたので報告する。

2. 断面欠損による応力と耐荷力

2.1 方針

各種断面の曲げ応力や曲げ耐力計算方法より、断面減少に伴う応力増加および曲げ耐力減少の概略値を求める。

2.2 鋼桁

鋼桁・鋼箱桁の応力増加率を求める。図-1の鋼桁を例にとると、曲げモーメント M が作用するときの、曲げ応力度 σ は $B_1=B_2$ 、 $t_1=t_2$ の場合、次式となる。

$$\sigma = \frac{M}{I} y_1 = \frac{M}{2 \left(\frac{h+t_1}{2} \right)^2 \cdot B_1 \cdot t_1 + \frac{t_3 \cdot h^3}{12}} \left(\frac{h}{2} + t_1 \right) \quad (1)$$

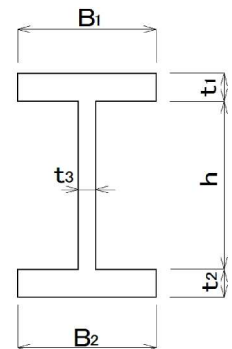


図-1 鋼桁断面

ここで、 I は断面2次モーメント、 y_1 は中立軸から下フランジ外縁までの距離を示す。フランジ幅を上下ともに同じ量小さくすると、(1)式右辺分子 I の第1項は減少するが、 $t_3 \cdot h^3/12$ があるために、減少量はフランジ面積の比より少ない。次に、下フランジ幅のみ減少させると、 I の減少量は上下とも減った場合の約1/2となる。一方、 y_1 は大きくなる。 y_1 の増加量は断面1次モーメントを全断面積で割った値であるから、減少面積と全面積との比にほぼ等しい。これらより、近似的に、下フランジが断面減少した場合を、上下フランジとも減った場合と同じと見なすことが出来る。つまり、応力増加比は下フランジの面積比(当初/減少後)を超えないと見なす。ただし、減少量が多いときは、誤差が増えるので断面計算で確認するのが良い。

2.3 RC梁

RC梁はウェブに相当する部材が無いいため、引張鉄筋の応力増加は、ほぼ鉄筋の面積比(当初/減少後)となる。ただし、鉄筋の両側の付着が健全であるという条件が付く。

2.4 PC梁

PC梁の曲げ応力度は、導入張力に影響される。点検・診断時には導入張力が不明なことが多い。したがって、次の曲げ耐力式¹⁾を用いる方法を提案する。

$$M_u = A_s \cdot \sigma_y (d - k_x) \quad (2)$$

ここで、 M_u は破壊抵抗モーメント、 σ_y は引張材の降伏点、 A_s は引張材の全面積、 d は部材断面の有効高、 k_x は圧縮縁からコンクリートの圧縮応力度の合力 C の作用点までの距離。この式を見ると、 M_u は A_s に比例することが判る。このために、PC梁の曲げ耐力は引張材の断面積に比例して減少すると考えてよい、ただし、ケーブル定着が健全という条件がつく。

3. 剥離鉄筋露出

3.1 RC梁

RC梁が剥離鉄筋露出の損傷を受けると、鉄筋とコンクリートの付着力が減少する。全周露出鉄筋の両側で

キーワード：損傷梁、断面減少、剥離鉄筋露出、曲げ耐力

連絡先：〒869-1234 (株) 建設プロジェクトセンター 熊本県菊池郡大津町引水 215-1 TEL096-293-4400

付着が確保されている場合は、外ケーブルを張ったような状態になる(図-2)。露出前の応力を、露出した区間で平均したものが露出鉄筋の応力となる。単純梁に等分布荷重が作用しているとする、曲げモーメントは放物線であり、平均応力は $2/3$ となる。一方、集中荷重の場合、三角形となり平均は $1/2$ となる。死荷重は等分布に近いが、活荷重は支間が小さい場合など、集中荷重の影響が大きいため、安全側の $1/2$ を採用する。たとえば、図-2の場合は、鉄筋が 5.5 本になると見なす。端部で付着が確保されていない場合は、鉄筋は無いと考える。

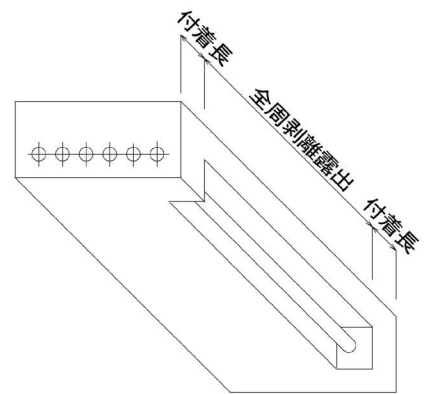


図-2 RC梁剥離鉄筋露出図

3.2 PC梁

ポステン梁の場合、PC鋼材は曲線であることが多く、長区間剥離全周露出すると、曲率の内側へ変位し、張力が抜ける恐れがある。したがって、以下の剥離露出による耐力の検討は、鋼線が直線のプレテン梁に限ることとする。露出前の応力を、露出した区間で平均したものが鋼線の応力となることはRCと同様である。PC橋では鋼線に張力が導入されているので、剥離露出後の平均応力比はRCより高くなるが、安全側の値を採用して、RCと同様と考える。つまり、鋼線が直線で両側の定着が確保されている条件のもとで、支間全長で剥離露出した場合は、鋼線本数が $1/2$ になると見なす。

4. 検証

4.1 鈑桁断面減少

1) 図-3の鈑桁で上下フランジ幅 370mm が 350mm に減少すると、上下フランジの面積比は 0.946 である。計算すると、応力度は 4.7% 増加となる、この値はフランジ面積比の逆数から求めた値 5.7% より小さい。次に下フランジ幅だけを 350mm とするときの曲げ応力増加は 4.1% となり、やはり下フランジ面積比の逆数から求めた 5.7% より小さい。

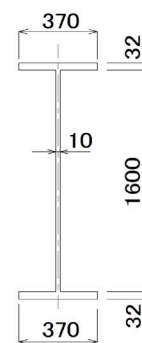


図-3 鈑桁断面(単位 mm)

4.2 RC 梁剥離鉄筋露出

単純支持RC梁が鉄筋露出した場合の、応力増加を簡易的に確認するために、図-4のトラスモデルを用いた。梁の圧縮を受ける部分を上弦材とし、露出していない引張鉄筋は下弦材、露出した鉄筋は両支点を直接結ぶ部材(タイと呼ぶ)としている。図-2の場合、下弦材面積は鉄筋 5 本分、タイは 1 本分の面積となる。健全部材の下弦材面積を鉄筋 6 本分として比較した。荷重は支間中央に集中荷重(図-4)および全長に等分布荷重を作用させた。計算の結果、露出していない鉄筋の張力増加は、それぞれ 9.8% と 6.5% となり、3.1 節による概略値 $6/5.5 = 1.091$ (9.1% 増) および $6/(5+2/3) = 1.059$ (5.9% 増) とほぼ一致することが判った。

5. 判定方法まとめ

鈑桁・鋼箱桁下フランジが損傷を受け、断面減少している場合、下フランジの応力増加比は、下フランジの面積比(当初/減少後)を超えないとみなすことが出来る。RC梁の引張鉄筋が損傷を受けた場合は、近似的に引張鉄筋の面積比で応力は増加するとみなすことが出来る。PC梁は、引張材の面積に比例して曲げ耐力は減少する。RC梁・PC梁の剥離鉄筋(あるいは鋼線)露出については、露出区間の両側の付着あるいは定着が確保されている場合、露出した区間の鉄筋(あるいは鋼線)応力が平均化される。仮に、RC単純梁の鉄筋が支点部での定着が確保され、支間部の全長が剥離露出している場合、その鉄筋は近似的に本数が半分になるとみなすことが出来る。

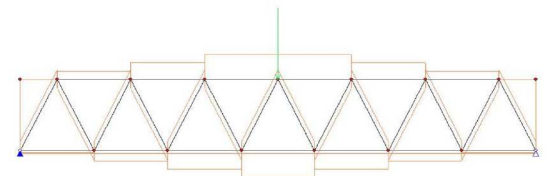


図-4 トラスモデル集中荷重と軸力

6. おわりに

本文は、断面減少がある鈑桁、および鉄筋や引張鋼材の断面減少や剥離露出があるRC・PC梁の曲げ応力や曲げ耐力を概略判定する方法を提案整理したものである。橋梁の維持管理の効率化に役立てば幸いである。