

合成桁中間支点部の曲げ強度評価に関する一考察

大日本コンサルタント(株) 正会員 ○平山 博 新日本技研(株) 正会員 徳力 健
 長岡技術科学大学大学院 正会員 長井 正嗣 埼玉大学大学院 正会員 奥井 義昭

1. はじめに

近年、建設コスト縮減の要求が強く求められている状況の下、(社)日本鋼構造協会鋼橋性能・信頼性向上研究委員会合理化構造・設計法部会では、より合理的な鋼系橋梁の設計を目的に種々の研究を行っている。

本文では、連続合成桁の設計を合理化するための基礎データを得る目的で、中間支点部における鋼 I 形断面の終局曲げ強度を種々の方法により試算比較した結果について報告する。

2. 中間支点部鋼 I 形断面の曲げ強度の算出方法

連続合成桁の中間支点部の抵抗断面は、架設系では鋼桁のみであるのに対して、完成状態ではコンクリートが完全ひびわれ状態となるため[鋼桁+鉄筋]断面となる。本文では、中間支点部の鋼 I 形断面の終局曲げ強度を、三上¹⁾の方法を基本に抵抗断面の変化を考慮した方法(以下、方法①)と抵抗断面の変化を無視した方法(以下、方法②)、有効断面法²⁾の3種類の方法を用いて算出する。これら3方法の概要を以下に示す。

(1) 方法①

図-1に示すように、まず鋼桁状態での腹板の応力度 σ_0 を決定する。このとき荷重係数 γ を設定する必要があるが、本文では道路橋示方書³⁾に準じて $\gamma=1.3$ とする。次に、[鋼桁+鉄筋]断面としての応力度 σ_1 を増加させながら加算し、合計した圧縮応力度を σ_2 とする。この過程で、応力勾配を用いて腹板の弾性座屈応力度 $\sigma_{w,e}$ を計算し σ_2 と比較して、両者の値が一致した状態で図-1中の中立軸Gを固定する。

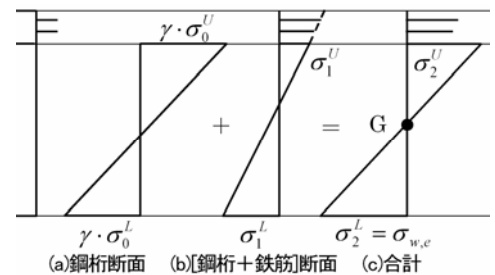


図-1 応力度の重ね合わせ

圧縮下フランジの終局強度 $\sigma_{ult,f}$ は、本検討では、下フランジが降伏するまで横ねじり座屈や局部座屈を生じないものと仮定し、降伏応力度とする。また、腹板の終局強度 $\sigma_{ult,w}$ は次式⁴⁾により計算する。

$$\frac{\sigma_{ult,w}}{\sigma_{wy}} = \begin{cases} 1.0 & \lambda_w \leq 1.0 \\ (1.0/\lambda_w)^{0.72} & \lambda_w > 1.0 \end{cases} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 σ_{wy} は腹板の降伏応力度であり、 λ_w は次式により求める。

$$\lambda_w = \sqrt{\frac{\sigma_{wy}}{\sigma_{w,e}}} \quad \text{式(2)}$$

終局時の応力状態を図-2に示す。上フランジの終局時応力度 σ_f は、軸力の釣り合い条件(Σ 軸力=0)より計算する。この応力状態での中立軸回りの曲げモーメントを終局曲げ強度 M_{ult} とする。

(2) 方法②

本方法は、前述の方法①に対して抵抗断面の変化を無視することにより、終局曲げ強度の計算を簡略化した方法である。すなわち、中立軸Gの位置は[鋼桁+鉄筋]断面で固定し、方法①と同様に腹板およびフランジの終局強度を設定したうえで、終局曲げ強度 M_{ult} を計算する。本方法における終局時の応力状態を図-3に示す。

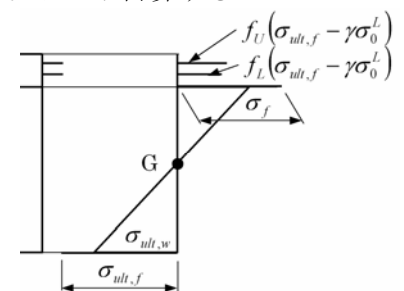


図-2 方法①の終局時の応力状態

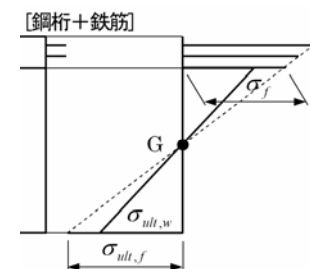


図-3 方法②の終局時の応力状態

キーワード 連続合成桁, 鋼 I 形断面, 終局強度, 曲げ強度, 限界状態設計法, 有効断面法

連絡先 〒343-0851 埼玉県越谷市七左町 5-1 TEL.048-988-8113, FAX.048-988-8134

(3) 有効断面法

本方法は、腹板の局部座屈による有効幅を考慮した有効断面（図-4 参照）を用いて算出する方法である。
まず、[鋼桁+鉄筋]断面に対する弾性座屈応力度を算出し、腹板の有効幅 h_e を次式²⁾により計算する。

$$h_e / h_c = (1.0 / \lambda_w)^{0.80} \quad \text{式(3)}$$

ここで、 h_e および h_c は図-4 に示す。

次に、腹板の有効幅から有効断面を設定して、圧縮フランジでの断面係数 W_{eff} を求め、終局曲げ強度 M_{ult} を次式により計算する。

$$M_{ult} = \sigma_{fy} \cdot W_{eff} \quad \text{式(4)}$$

ここで、 σ_{fy} は圧縮フランジの降伏応力度である。

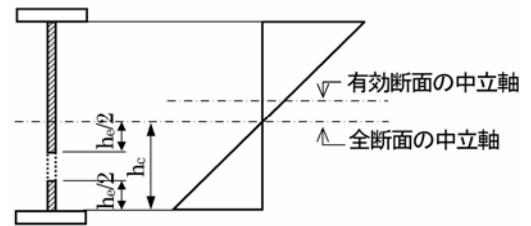


図-4 腹板の有効断面

3. 試設計断面条件と終局曲げ強度の算出結果

対象とした 10 ケースの中間支点部鋼 I 形断面の諸元と 3 方法による終局曲げ強度の算出結果を表-1 に示す。
ここで、Case-1 の断面は文献 5) に示された断面であり、Case-2～10 の断面は試設計結果である。

表-1 試設計断面の条件と終局曲げ強度の一覧表

検討ケース		Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5	Case-6	Case-7	Case-8	Case-9	Case-10
支間長		3×50m	51m+5×60m+	40m+50m+40m				50m+60m+50m			
桁高		3.00m	2.95m	2.50m		2.95m		2.50m		2.95m	
材質(中間支点上断面)		SM490Y	SM570	SM490Y	SM570	SM490Y	SM570	SM490Y	SM570	SM490Y	SM570
断面構成	床版 B×H	4203×300	4071×240	4061×300	4061×300	4006×300	4006×300	4317×300	4317×300	4247×300	4247×300
	U-Flg	750×29	520×57	550×55	550×39	450×54	450×33	600×82	600×59	450×89	450×63
	Web	2921×20	2843×17	2445×18	2461×15	2896×15	2917×16	2418×22	2441×19	2861×19	2887×16
	L-Flg	800×50	820×50	750×62	750×48	650×65	650×47	850×81	850×60	800×72	800×53
降伏応力度 σ_y (N/mm ²)		355	450	355	450	355	450	355	450	355	450
作用曲げモーメント (kN・m)	前死荷重:Ms	-13,404	-19,830	-13,701	-13,093	-13,650	-13,087	-21,625	-20,510	-21,510	-20,455
	後死荷重:Mvd	-1,587	-3,358	-1,200	-1,161	-1,188	-1,148	-1,802	-1,721	-1,773	-1,700
	活荷重:Mvl	-8,176	-9,661	-7,181	-6,893	-7,153	-6,851	-10,006	-9,469	-9,817	-9,349
	クリープ:Mcp	-284	-271	-86	-86	-94	-95	-135	-143	-148	-151
	乾燥収縮:Mse	-2,718	-1,685	-2,151	-2,047	-2,489	-2,399	-2,473	-2,355	-2,839	-2,694
終局曲げモーメント M_{ult} (kN・m)	方法①	51,108	61,338	48,033	46,045	49,653	47,012	70,446	65,849	68,479	62,815
	方法②	53,920	65,616	50,245	49,078	52,582	51,138	72,866	69,022	71,496	67,010
	有効断面法	52,996	64,409	48,995	48,079	51,315	50,265	70,528	67,361	69,678	65,699
終局曲げモーメント比率	方法②/方法①	1.06	1.07	1.05	1.07	1.06	1.09	1.03	1.05	1.04	1.07
	有効/方法①	1.04	1.05	1.02	1.04	1.03	1.07	1.00	1.02	1.02	1.05

4. 終局曲げ強度の比較および考察

表-1 より、終局曲げ強度の値は、全断面において、方法①、有効断面法、方法②の順で大きくなっているが、3 方法による値の差は 10%以内に収まっていることがわかる。

ここで、方法①は、抵抗断面の変化を考慮しているため、終局曲げ強度の値が作用応力度や荷重係数 γ などの荷重条件の違いによる影響を受ける。一方、方法②や有効断面法は、抵抗断面として[鋼桁+鉄筋]断面のみを考慮しているため、終局曲げ強度を過大に評価していることになるが、終局曲げ強度が荷重条件の影響を受けず、計算手順も方法①に比べて容易である。

以上より、連続合成桁の中間支点部における鋼 I 形断面の終局曲げ強度は、実務上の簡便さと安全側の判断から、方法②または有効断面法によって算出した値に 0.9 倍した値を用いることを提案する。

【参考文献】

- 1) 三上市蔵, 木村泰三, 山里靖: 設計のためのプレートガーダーの終局強度の算定法, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.35A, pp.511-522, 1989.3.
- 2) 土木学会鋼構造委員会: 鋼構造物設計指針, PART-A 一般構造物, 鋼構造シリーズ 9A, 1997.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 平成 14 年 3 月.
- 4) 西村宣男, 秋山寿行, 堀田毅: 合理化鋼桁橋に向けての強度面からの検討, 第 1 回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集, 土木学会鋼構造委員会, PP.1-14, 1998.
- 5) 日本橋梁建設協会: 連続合成 2 主桁橋の設計例と解説, 平成 17 年 8 月.