

大阪大学工学部 正員 前田幸雄

東京大学工学部 正員 ○伊藤 学

北海道開発局 正員 安崎 裕

1. 緒 言

構造物の塑性設計法が話題にのぼってからかなりの時を経たが、海外における一部の建築構造物を除いてはまだ本格的に実用化されてはいない。筆者らは昨年、建築・土木両分野の有志と日本溶接協会塑性設計研究委員会(委員長 倉田正嗣博士)において「鋼構造物塑性設計規草案」を作成したので、それにもとづいて歩道橋の塑性設計を検討した。設計は数種の構造形式について、上記委員会員の数人の協力者の助力のもとに行われたが、その全般的結果については別に発表の機会を俟たいと思う。ここではその一例として、単径間門形ラーメンの設計と、それに関連した二、三の問題について考察する。

歩道橋は活荷重に衝撃効果を考慮しなくてよいことから、土木構造物の中では塑性設計の対象としてまずとりあげやすい構造物であり、既にいくつかの実施例もある。慣用の許容応力度設計にもいくつかの矛盾はあり、また塑性設計法を含めた極限設計法の長所も認められてはいるが、まだ未解決の点も残されている。筆者らとしてはそちらが解決されて、この設計法が一般の構造物にも適用できるよう努めたいと思う。

2. 設計規準

前述の規草案では、現在のところこの適用範囲をSS(SM)41鋼より成るH形または箱形断面の主構造部材で、しかも構造形式を連続はりまたは一、二層ラーメンに限っている。したがって横構などの二次部材は慣用の許容応力度設計法により断面を定めることになる。許容応力度設計における安全率は応力度について考えているのに対し、塑性設計における安全率は荷重に対して定めるのが根本的な相異点であるが、この荷重係数は上記規草案では歩道橋に対して次のように定められている。

主荷重 : $1.2D + 2.1L$ および $1.4(D+L)$, D : 死荷重, L : 活荷重

風荷重 : $1.2 \times (\text{主荷重}) + 1.7 \times (\text{風荷重})$

地震荷重 : $1.0 \times (\text{主荷重}) + 1.5 \times (\text{地震荷重})$

しかし後述のように、荷重係数を変えた場合の影響などについても検討を行なった。歩道橋に対する若干の計算例からみれば、活荷重に対する荷重係数を2.4とし、風荷重および地震荷重に対する値も上記より少し増したほうがよいように思われるが、通常歩道橋では塑性設計による場合も断面は主荷重によってきまる。

3. 単径間2ヒンジ門形ラーメンの設計

(1) 設計条件 スパン 17.5mまたは22.0m, 幅員 1.5m, けた下高 4.7m

床版はRCプレキャスト床版、主げはH形鋼の場合と溶接I形断面の場合とを考へ、塑性設計適用範囲外の事項は日本道路協会 横断歩道橋設計指針によった。

(2) 所要全塑性モーメントの決定

この場合に支配的な崩壊形式はいずれもはり形式で、柱とはりの所要全塑性モーメントは等しい。

(3) 断面の設計 所要の全塑性モーメント M_p を与え、しかも細長比制限、板厚制限を満足する断面について、せん断力および軸力の M_p に対する影響、はりの横座屈防止のための横げね間隔などを確かめる。せん断力の影響は通常無視しうし、ラーメンの柱でもこの程度の構造であれば、軸力も M_p の低下を考慮しなればならないほどの値にはならない。

(4) 部材接合部の設計 塑性設計によるラーメンでは図-1のようなハウチなしの構造がよいと思われるが、隅角部パネルのウェブ厚は不足なので、所要の断面積をもつ斜め補剛材を入れた。

(5) 現場接合 現場接合は W $\frac{3}{8}$ (M22) 高カボルトによる摩擦接合とし、溶接箇所は塑性ヒンジ生成点をはずし、添接は許容応力度設計による。

(6) たわみ、応力度の照査 これらは作用荷重に対して計算する。たわみは許容値 $l/400$ を超えなかったが、スパン l が大きい場合たわみ制限によって断面が左右されることもありえよう。応力度の値はどの程度まで許容すべきか問題である。降伏点応力以下であるべきことはもちろんであるが、温度応力も含めた主荷重応力度は材料の比例限界を超えないようにすべきであると考える。

塑性設計 (PD) の結果と許容応力度設計 (ED) との比較と表-1 に示す。

4. 荷重係数の変化による影響

活荷重に対する荷重係数を 2.0 から 2.7 まで変化させた場合の所要全塑性モーメントの値その他を表-2 に示す。設計結果の死荷重比から考えて 2.4 ぐらいの値が適当と思われる、この場合には作用荷重のもとにおける応力度も許容しう程度に収めうるものと思われる。

5. たわみ制限の検討

現存の歩道橋についても有感振動が問題となることが多い。塑性設計の結果たわみは制限値に近づくことが考えられるが、塑性設計の対象とするのは不静定構造物であることとを考へ、計算の一例を図-2 に示す。人体に感じやすい振動数が 4 cps 前後といわれていることも考慮すればたわみの値でいちがいに論ずることはできず、たわみ制限の規定そのものを他の要因を含めて再考すべきであると考える。

なお実際の施工から隅角部ラーメンのほうが適当とも考えられるので、それについても検討を行な

断面	スパン (m)	方法	最大応力 (kg/cm ²)	たわみ (mm/1m)	重量比 (PD/ED)
H 形鋼	17.5	ED	1119	1/907	0.69
		PD	2341	1/414	
	22.0	ED	1220	1/921	0.76
		PD	2018	1/410	
溶接工形断面	17.5	ED	1220	1/983	0.80
		PD	2230	1/407	
	22.0	ED	1244	1/921	0.75
		PD	2100	1/424	

表-1 設計結果の比較
(単径間2セルH形ラーメン)

っている。

荷重係数 F_u	M_p 比 (F _u =2.1を基準)	最大応力度 (kg/cm ²)
2.0	0.976	2040
2.1	1.000	↓
2.2	1.037	1768
2.3	1.062	↓
2.4	1.088	↓
2.5	1.118	
2.6	1.143	
2.7	1.168	

(スパン 17.5m の場合)

表-2 荷重係数の影響

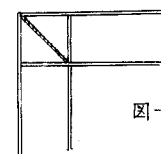


図-1 隅角部

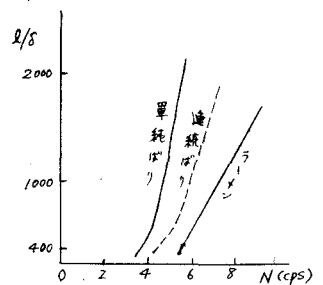


図-2 たわみと振動数 ($l=22m$)