

補剛箱形変断面鋼製橋脚の変断面部で座屈しない条件に関する一検討

名城大学大学院 学生会員 中村佳昭
名城大学 正会員 葛 漢彬

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震で生じた鋼製橋脚の被害のうち、変断面構造であることに起因して生じた被害がいくつか確認されたこともあり、兵庫県南部地震以降はより耐震性を考慮した等断面橋脚が主に用いられている。しかし、変断面橋脚が等断面橋脚に対して持つ経済性や軽量化といった優位性に加え、設計条件次第では変断面橋脚が等断面橋脚と同等の耐震性能を有することが確保できる¹⁾と考えられるため、変断面橋脚の耐震設計に関する研究の意義は大きいと考える。本研究では、変断面橋脚モデルに対してPushover解析および準静的解析を行い、等断面橋脚に比べ経済的で、かつ同等の耐震性能を有する変断面鋼製橋脚モデルの最適な設計条件および変断面部で座屈しない条件の提案に関して検討することを目的とする。

2. 研究の考え方と流れ

本研究の考え方として、変断面橋脚において基部よりも薄肉である断面変化部周辺で局部座屈が生じると耐震性能が低下すると考えられるため、基部で局部座屈が生じるように設計し、かつその範囲内で断面変化部周辺の板厚を薄くし、経済性を高めることが良い設計であると考え。ただ、変断面橋脚モデルにおいてPushover解析を用いた損傷度評価による座屈発生箇所の検証が正確にはできないことから、準静的解析を用いて座屈発生箇所の検証を行い、その結果をもとにPushover解析のみで座屈発生箇所が検証できるような条件式を提案する。以上を踏まえた本研究の流れを図-1に示す。はじめに、基部および断面変化部に適用されている構造パラメータより一次設計を行い、解析に用いる変断面橋脚モデルの寸法等を決定し(プロセス1)、一次設計の結果をもとに、はり要素を用いて変断面橋脚モデルを作成し、Pushover解析の結果より各有効破壊長領域の損傷度を算出する(プロセス2)。次に、シェル要素を用いて作成した変断面橋脚モデルに対して準静的解析を行い(プロセス3)、準静的解析より変断面モデルの座屈発生箇所を検証し(プロセス4)、座屈発生箇所が基部から断面変化部になる直前の断面変化部周辺の板厚が決定するまで板厚 t_2 を0.1mmずつ増減させてプロセス1～4を繰り返す。座屈発生箇所が変わる t_2 が決定した場合は、それらの結果をもとに提案式を導く(プロセス5)。

3. 解析概要

解析の対象となるのは、図-2(a)に示す変断面橋脚である。本研究の一例として、モデル基部に適用する主な構造パラメータのうち、幅厚比パラメータの変動範囲を0.5～0.3、細長比パラメータを0.5、板厚を20mm、軸力比を0.1程度としたときのケースを考える。鋼材はSM490とし、構成則はバイリニア型応力-ひずみ関係に移動硬化則を適用したものとしている。Pushover解析に際しては、図-2(b)に示すように局部座屈が考慮される基部と断面変化部周辺に有効破壊長領域を定めて解析を行い、損傷度を算出する。また、準静的解析

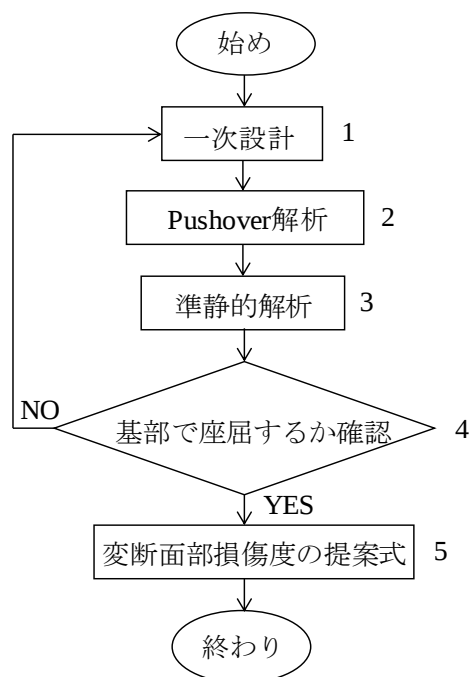


図-1 研究の流れ

に際しては、図-2(c)に示すように局部座屈が考慮される部分にシェル要素を用いて解析を行う。

4. 解析結果

表-1に準静的解析より得られた解析結果およびPushover解析より得られた基部の損傷度 D_1 (=平均圧縮ひずみと終局ひずみとの比、即ち、 $\varepsilon_{ave,1}/\varepsilon_{u,1}$)が1.0 となったときの断面変化部周辺の損傷度 $D_2(=\varepsilon_{ave,2}/\varepsilon_{u,2})$ を示す。ここで、表-1 中の t_2 は変断面モデルが変断面部で座屈せず基部のみの座屈となるときの最も薄い断面変化部の板厚である。同表より、変断面モデルにおけるPushover解析を用いた損傷度評価は断面変化部の損傷度を過小もしくは過大に評価しており、座屈発生箇所の検証が正確にはできないことがわかる。以上より、準静的解析の結果をもとに断面変化部の損傷度 D_2 の算出式を提案し、簡易的に座屈発生箇所の検証ができるよう次節で検討する。

5. 変断面部で座屈しない条件式

図-3 に表-1 の解析結果における各ケースの R_{f1} と D_2 の値をプロットしたものおよびその近似曲線を示す。図-3の近似曲線を変断面モデルが基部のみで座屈が生じる限界値曲線と考え、 D_2 の提案式を示すと以下ようになる。

$$D_2 = \frac{0.002}{(R_f - 0.23)^{2.7}} + 0.65$$

この提案式の D_2 と Pushover 解析より得られた $D_1=1.0$ 時の D_2 の値を比較して、後者の値の方が小さければ、対象の変断面モデルは基部で座屈が生じると考えられる。

6. あとがき

今回解析したケースでは、基部の主な構造パラメータのうち、橋脚の細長比パラメータ、補剛板の縦横比、および作用軸力比などは一定としていたため、今後はそれらのパラメータを変化させて変断面モデルの設計およびより一般的条件式の提案などについても検討する必要がある。

参考文献：1)中村佳昭，葛 漢彬：補剛箱形変断面鋼製橋脚の耐震設計法の開発に関する一検討，第31回土木学会地震工学研究発表会講演論文集，論文番号3-067，2011.11.

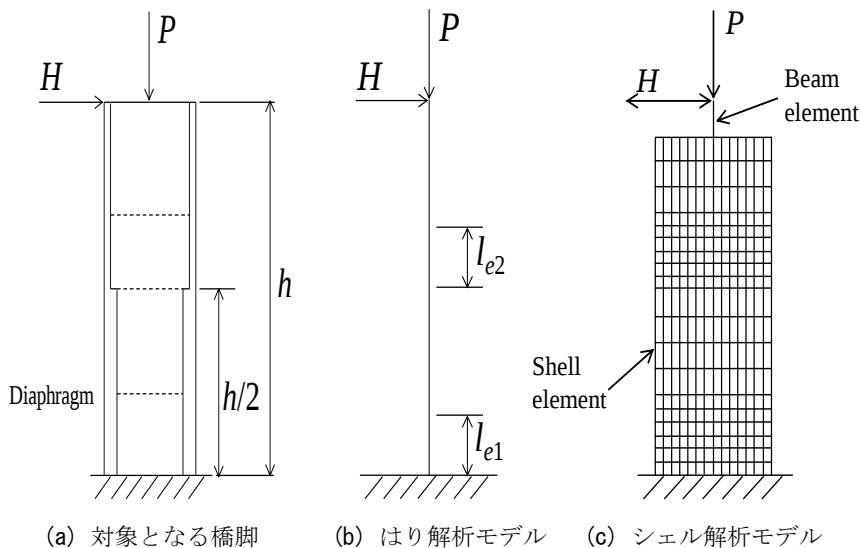


図-2 補剛箱形変断面鋼製橋脚

表-1 解析結果

No.	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
R_{f1}	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
λ_1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
λ_{s1}	0.32	0.29	0.26	0.23	0.2
t_1 (mm)	20	20	20	20	20
P/P_{y1}	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11
R_{f2}	0.82	0.76	0.69	0.6	0.51
λ_{s2}	0.58	0.53	0.47	0.4	0.34
t_2 (mm)	12.3	11.9	11.7	11.7	11.8
D_2 at $D_1=1.0$	0.74	0.83	0.93	1.4	3.47

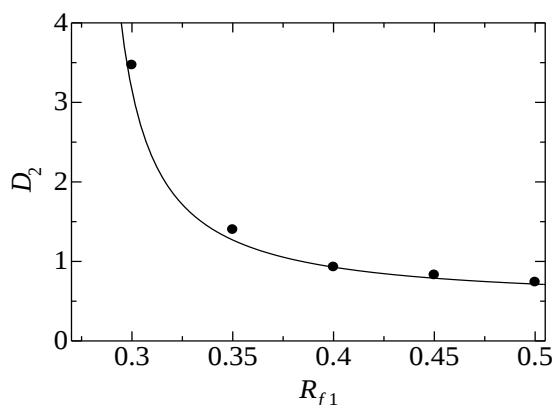


図-3 幅厚比パラメータと損傷度との関係