

ファイバーモデルを用いた鋼製橋脚の耐震性能照査手法に関する一検討

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○橋本 亮 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔
 石川島播磨重工業株式会社 正会員 岡田 誠司 大阪大学大学院工学研究科 正会員 宇井 崇
 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

1. はじめに

道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編において、鋼製橋脚の塑性化を考慮した耐震性能照査は、基本的に動的照査法により行うこととされている。その照査法の1つにファイバーモデルを用いる方法がある。ファイバーモデルを用いた解析では、損傷を受ける柱基部の領域における圧縮側最外縁軸方向ひずみの平均値から変形性能を示す許容変位を算出している¹⁾。このとき、終局の判定に用いられる終局ひずみは算定式より求めるが、これを精度よく定式化するためには、ひずみを抽出する領域の長さ（以下、有効破壊長という）を適切に設定しなければならない。そこで、終局ひずみを定式化する上で重要な有効破壊長についての検討を行った。

2. 解析手法

2.1 有効破壊長

橋脚に大地震が作用すると柱基部に損傷が生じる。そのため終局の判定には柱基部のひずみを用いる。このひずみを抽出する領域の長さを有効破壊長といい、一般に半波の局部座屈モード長を想定して $\min(a, 0.7B)$ (a : 柱基部のダイヤフラム間隔あるいは横方向補剛材間隔, B : フランジ幅) としている¹⁾。

2.2 解析モデル

解析モデルは、大阪大学で行われたコンクリート無充填正方形断面鋼製橋脚の正負交番載荷による弾塑性有限要素解析を対象とした。各構造パラメータの値は以下の通りである。なお、以下の各パラメータの定義は道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編に従っている。

軸力比 $N/N_y = 0.05, 0.15, 0.35, 0.50$

細長比パラメータ $\bar{\lambda} = 0.20, 0.35, 0.50$

幅厚比パラメータ $R_R = 0.30, 0.40, 0.50$

幅厚比パラメータ $R_F = 0.30, 0.40, 0.50$

ファイバーモデルは、ひずみの分布を求めることを考慮して図-1(a)のように軸方向のはり要素の柱基部からフランジ幅相当の高さを10分割とし、断面方向のファイバー要素は図-1(b)のようにモデル化した。

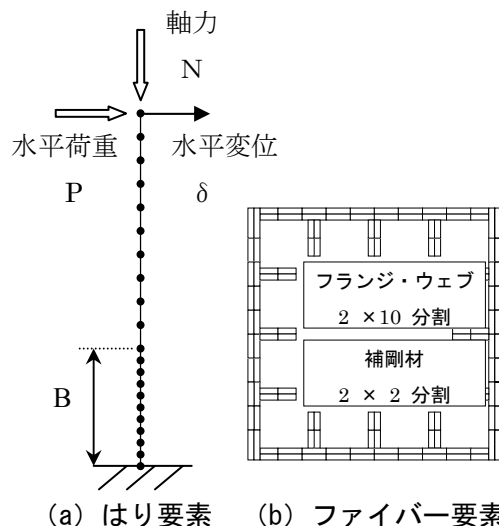


図-1 ファイバーモデル

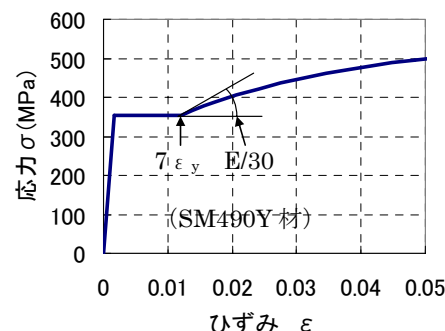


図-2 鋼材の応力-ひずみ関係

鋼材の応力-ひずみ関係は、図-2のような降伏棚がありひずみ硬化を曲線で表現したモデル²⁾とし、地震時に作用する慣性力を想定した一方向単調増大水平荷重を柱頂部に作用させるプッシュオーバー解析を行った。

3. 解析結果

正負交番載荷による弾塑性有限要素解析において、最大水平耐力 P_{max} 時の載荷点水平変位 δ_m を許容変位とした。そして、ファイバーモデルを用いた解析において、載荷点水平変位が δ_m に達したときの圧縮フランジの軸方向ひずみを抽出した。この終局ひずみの分布（一部）を図-3に示す。

キーワード ファイバーモデル, 耐震性能照査法, 有効破壊長, 矩形断面鋼製橋脚

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL06-6879-7598

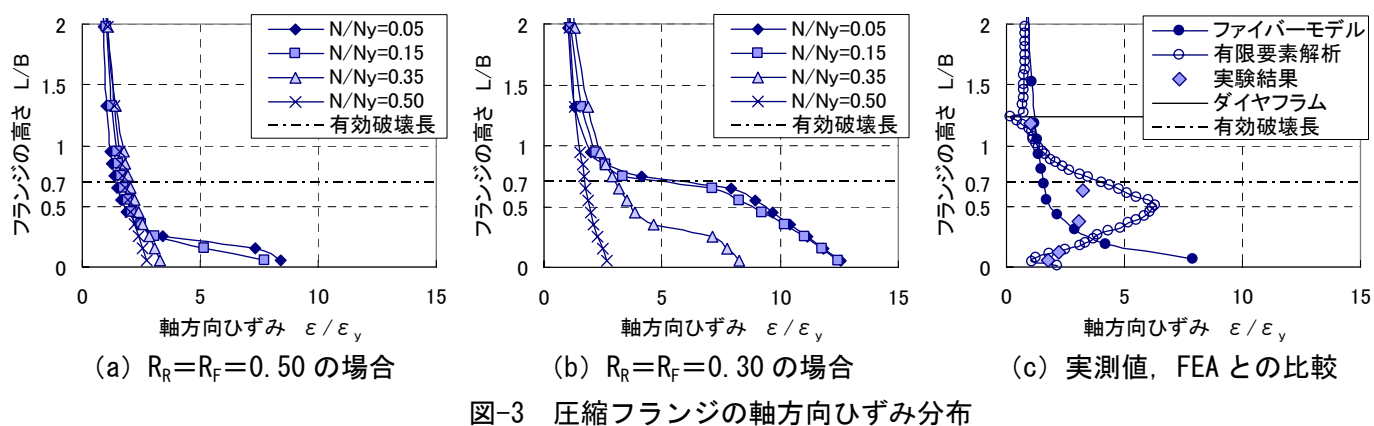
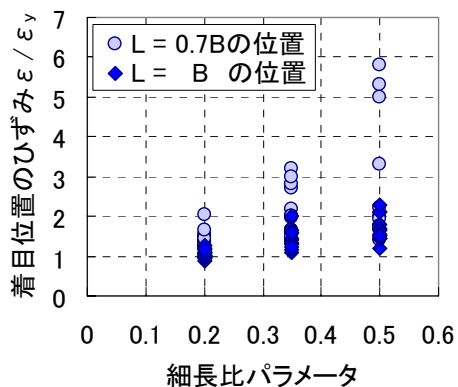
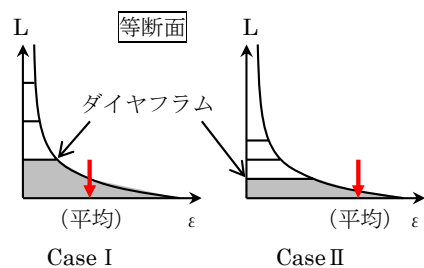


図-3(a), (b)より, 幅厚比パラメータが小さいときは, フランジの局部座屈が起こりにくいので終局ひずみは大きくなる. また, 軸力比が大きいときは, 変形性能が劣る(最大荷重時変位 δ_m が小さい)ので, 終局ひずみも小さくなる. 図-3(c)には, ファイバーモデルのひずみ分布と実験結果および弾塑性有限要素解析(FEA)結果とを比較したものを示す. ファイバーモデルを用いた解析では, 局部座屈による面外変形を考慮できないため, 柱基部でのひずみ分布が異なっている. したがって, ファイバーモデルを用いた解析でひずみを評価する場合は, ひずみ分布の違いを考慮して, ひずみが大きくなる領域を有効破壊長内に収めなければならない. そこで, 有効破壊長の位置でのひずみの大きさに着目した(図-4). すると, 幅厚比パラメータと軸力比が小さく, 終局ひずみが大きくなるような場合に細長比パラメータが大きくなると, 有効破壊長 ($L=0.7B$) の位置でのひずみの値が大きくなり, 明らかにひずみの大きな領域が有効破壊長を超えていることがわかる. しかし, いずれの場合もフランジ幅相当の長さ ($L=B$) には収まっていた.



また, 有効破壊長は $\min(a, 0.7B)$ としているが, ダイヤフラム間隔 $a < 0.7B$ の場合, さらに有効破壊長が小さくなり, 上述のようにひずみの大きな領域が有効破壊長内に収まらないことが考えられるので好ましくない. さらに, 有効破壊長がダイヤフラム間隔 a で決定される場合, a が小さいほど領域内の平均ひずみは大きくなるので, 早く終局ひずみに達し, 許容変位は小さくなる(図-5). しかし実際にはダイヤフラム間隔を小さくすれば局部座屈に強くなり, 変形性能は向上するので, これは実際とは逆の結果になる.



【平均ひずみ: $\bar{\varepsilon}_I < \bar{\varepsilon}_{II} \rightarrow$ 許容変位: $\delta_{uI} > \delta_{uII}$ 】

図-5 ダイヤフラム間隔と許容変位

4. まとめ

ファイバーモデルを用いた解析で許容変位を求めるとき, 終局を判定するためのひずみを抽出する柱基部の領域の長さは, フランジ幅 B 相当の長さをとるのが妥当である. また, この領域の長さを柱基部のダイヤフラムあるいは横方向補剛材間隔 a で規定するべきではない.

参考文献

- 1) 土木学会：座屈設計ガイドライン改訂第2版, 2005年10月.
- 2) 土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究WG：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術, 土木学会, 1996年7月.