

I-A147

end-plate 系接合の剛性特性評価に関する四要素パワーモデルの適用性

北海道電力

室蘭工業大学

パシフィックコンサルタンツ

室蘭工業大学

正員 村田 浩一

正員 岸 徳光

正員 Rafiq Hasan

正員 小室 雅人

1. はじめに

著者等は、これまで半剛結接合部の非線形な剛性特性評価に関する種々の検討を行ってきた。その結果、angle 系接合及び header plate 接合に関しては、三要素パワーモデルを用いることにより、接合部の主形状寸法等から簡易に $M-\theta_r$ 曲線を評価することが可能となっている。しかしながら、end-plate 系接合に関しては初期モーメント M_0 を有する場合や、塑性勾配を有する場合があることより、基本的に三要素パワーモデルを用いた適切な評価は不可能であることが明らかになっている¹⁾。本論文では end-plate 系接合の $M-\theta_r$ 曲線を適切に評価するモデルとして、三要素パワーモデルの発展形で塑性勾配を考慮できる四要素パワーモデルの利用を提案し、データベースに収納されている実験データを用いて、その適用性に関する検討を行った。

2. end-plate 系接合の概要

end-plate 系接合は一般に工場で梁の端部にプレート（図1参照）を溶接し、現場でボルトを用いて柱と連結させるもので、接合形式の中で最も剛結接合に近い剛性特性を有する接合形式である。その接合は extended end-plate 接合と flush end-plate 接合に分類され、前者は後者のプレート部分を拡張し接合部の剛性を向上させた接合形式である。また、end-plate 系接合は接合部の剛性が大きいことより、柱部を補剛する場合がある。そのような場合の接合部剛性は、さらに大きく向上することが明らかになっている。これより、本研究では、接合形式、補剛材の有無により、4つのケースに分けて検討を行うこととした。図-1に extended end-plate 接合の概形図を示す。

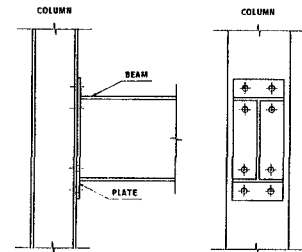


図-1 extended end-plate 接合

3. end-plate 系接合のモデル化

本論文では end-plate 系接合の $M-\theta_r$ 曲線評価モデルとして、塑性勾配を考慮することが可能な四要素パワーモデルの利用を提案している。四要素パワーモデルは、接合部初期剛性 R_{ki} 、接合部塑性剛性 R_{kp} 、初期モーメント M_0 及び形状指数 n の4つのパラメータから構成されるものであり、次式のように示される。

$$M = \frac{R_1 \theta_r}{\left[1 + \left(\frac{\theta_r}{\theta_0} \right)^n \right]^{\frac{1}{n}}} + R_{kp} \theta_r \quad (1)$$

ここで、 M : 接合部曲げモーメント、 $R_1 : = R_{ki} - R_{kp}$

θ_0 : 塑性回転角 ($= M_0/R_1$)、 θ_r : 接合部相対回転角

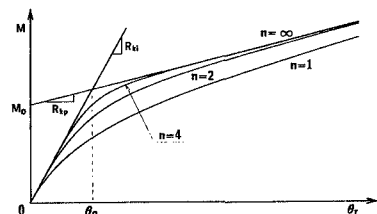


図-2 四要素パワーモデル

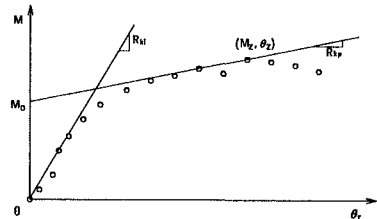


図-3 パラメータ決定方法

キーワード：end-plate 系接合、 $M-\theta_r$ 曲線、四要素パワーモデル
連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 TEL 0143-47-3168 FAX 0143-47-3169

図-2に四要素パワーモデルの概略図を示す。

本論文では上記の4つのパラメータのうち、 R_{ki} 、 R_{kp} 及び M_0 に関しては、実験値に基づいて以下に示す算定式より決定することとした。なお、図-3にパラメータの決定方法の概略図を示す。

$$R_{ki} = \left[\frac{M_i}{\theta_i} \right]_{max}, \quad R_{kp} = \left[\frac{M_y - M_i}{\theta_y - \theta_i} \right]_{min}, \quad M_0 = M_y - R_{kp} \times \theta_y \quad (2) \sim (4)$$

ここで、 M_i ：実験値における*i*番目の曲げモーメント、 θ_i ：実験値における*i*番目の相対回転角

M_y ：実験値における降伏時の曲げモーメント、 θ_y ：実験値における降伏時の相対回転角

なお、形状指数 n に関しては上記の3つのパラメータと実験値との間に最小自乗法を適用することにより決定している。

4. 解析結果及び考察

本研究ではデータベースに収納されている144個（extended end-plate 接合112個、flush end-plate 接合32個）の $M - \theta_r$ 曲線に関する実験データに対して四要素パワーモデルの適用性に関する検討を行った。図-4に実験結果と四要素パワーモデルによるモデル化の結果の一例を示す。図の縦軸は接合部曲げモーメント M 、横軸は接合部相対回転角 θ_r であり、図中の○印は実験結果を、実線は四要素パワーモデルによるモデル化の結果を示している。また、図中に実験者名、使用した梁材、柱材、プレート厚及び四要素パワーモデルの4つのパラメータの値を付記している。図より、四要素パワーモデルによる $M - \theta_r$ 曲線は、実験結果を良く回帰していることがわかる。

本論文では、end-plate 系接合の $M - \theta_r$ 曲線への四要素パワーモデルの適用性について、次式により数値的に検討を行うこととした。

$$\text{誤差}(\%) = \frac{\sum |M_{EX} - M_{AN}|}{\sum M_{EX}} \times 100 \quad (5)$$

ここで、 M_{EX} ：実験値における曲げモーメント

M_{AN} ：四要素パワーモデルによる曲げモーメント

表-1に、各実験データごとに得られた誤差の平均値及び最大値を示す。表より、誤差の平均値はいずれのケースに関しても2.0～2.6%程度、最大でも5.9%程度であることが明らかになった。これより、end-plate 系接合の $M - \theta_r$ 曲線に関する四要素パワーモデルの適用性は高いものと考えられる。

5. まとめ

本論文では end-plate 系接合の $M - \theta_r$ 曲線のモデル化のための基礎的な研究として、四要素パワーモデルの同接合に関する適用性の検討を行った。

検討結果、四要素パワーモデルによりモデル化された $M - \theta_r$ 曲線は、実験データを良く回帰しており、その誤差も最大で5.9%程度であることから、end-plate 系接合の $M - \theta_r$ 曲線に四要素パワーモデルを適用することは、工学的に十分可能であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Kishi, N., Chen, W.F., Goto, Y. and Matsuoka, K.G. (1993), "Design Aid of Semi-rigid Connection for Frame Analysis," AISC, Engineering Journal, Vol.30, Third Quarter, 90-107.

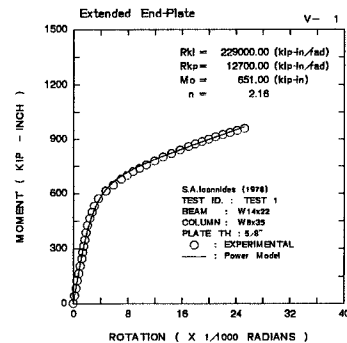


図-4 $M - \theta_r$ 曲線のモデル化

表-1 モデル化の誤差

接合形式	補剛材	個数	平均値	最大値
extended end-plate	無し	53	5.9%	2.6%
	有り	59	5.6%	2.5%
flush end-plate	無し	14	4.0%	2.0%
	有り	18	4.5%	2.3%