

I-256 鋼梁一柱の接合部M-θ特性に関する
実験結果の集積とモデル化

室蘭工業大学 正員 岸 徳光 建設省 正員 伊藤 和久
Purdue 大学 W. F.Chen 日本大学 正員 能町 純雄

1. はじめに

鋼骨構造物の梁一柱接合部のM-θ特性評価のための実験研究並びに理論研究は1930年代から継続的に行なわれている。 我国のような地震国では剛接合に近い接合タイプが多く用いられているようであるが、特に、AISC-LRFD(Load and Resistance Factor Design)のPR(partially restrained)タイプ接合を用いる場合には接合部のM-θ特性を組み込んだ非線形構造解析に基づいて設計が行なわれなければならない。このため、半剛性接合を有する骨組構造物のより合理的な設計法を確立するためには、接合部の適切な剛性評価を行なわなければならない。全世界の接合部剛性評価に関する実験データを基にしたデータベースの作成とその効率的な運用の必要性が叫ばれている。

本論文ではこのような要求に基づき、有効と思われる接合部剛性評価に関する実験データを集積するとともに、数個のM-θ特性評価のための評価モデルを検討し、これらを機能的に運用するための支援ソフトの作成を行なったのでこの概要を報告する。

2. 収集した実験データの分類

収集した接合部剛性評価に関する実験データは7つのタイプに分類し整理している。表-1には各接合タイプの実験者および実験データの個数を一覧にして示している。現在合計303個の実験データの集積を終了している。

表-1. 各接合タイプの実験者リスト

CONNECTION TYPE	REFERENCES FOR EXPERIMENTAL CURVES	NUMBER OF TESTS
SINGLE WEB-ANGLE CONNECTIONS, SINGLE PLATE CONNECTIONS	S.L.LIPSON (1968)	30
	L.E.THOMPSON ET AL (1970)	12
	S.L.LIPSON (1977)	8
	R.M.RICHARD ET AL (1982)	4
DOUBLE WEB-ANGLE CONNECTIONS	J.C.RATHBUN (1936)	7
	W.C.BELL ET AL (1958)	4
	C.W.LEWITT ET AL (1966)	6
	W.H.SOMMER (1969)	4
	L.E.THOMPSON ET AL (1970)	48
B.BOSE (1981)	1	
TOP-AND SEAT-ANGLE CONNECTIONS WITH DOUBLE WEB-ANGLE	J.C.RATHBUN (1936)	2
	A.AZIZINAMINI ET AL (1985)	20
TOP-AND SEAT-ANGLE CONNECTIONS	J.C.RATHBUN (1936)	3
	R.A.HECHTMAN ET AL (1947)	12
	S.M.MAXWELL ET AL (1981)	12
	W.J.MARLEY (1982)	26
EXTENDED END-PLATE CONNECTIONS	L.G.JONSSON ET AL (1960)	1
	A.W.SHERBOURNE (1961)	5
	J.R.BAILEY (1970)	26
	J.O.SURTEES ET AL (1970)	6
	J.A.PACKER ET AL (1977)	3
	S.A.IOANNIDES (1978)	6
	R.J.DEWIS (1979)	3
	P.GRUNDY ET AL (1980)	2
N.D.JOHNSTONE ET AL (1981)	8	
FLUSH END-PLATE CONNECTIONS	J.R.OSTRANDER (1970)	24
HEADER PLATE CONNECTIONS	W.H.SOMMER (1969)	20

3. 接合部M-θ特性評価のためのモデル化

過去にいくつかの接合部剛性評価に関する評価モデルが提案されているが、ここでは現時点で最もよく用いられているFrye-Morrisの多項式モデル、実験結果から得られる曲線を近似するための修正Exponentialモデル、接合部パラメータおよびその特性から定式化されるパワーモデルの三モデルについて実験データとの比較検討を行なっている。

以下に簡単にその概要を述べる。

1) 多項式モデル このモデルは、

過去に多く用いられており、Sommerの手法を

基にFrye-Morris が提案したモデルである。このモデルは実験結果を基に、係数を最小二乗法を用いて決定するものである。実験結果をよく近似するモデルではあるが、負の剛性を与えるという欠点を持っている。

このモデルの一般形としては

$$\theta_r = C_1 \cdot (KM) + C_2 \cdot (KM)^3 + C_3 \cdot (KM)^5 \dots (1)$$

ここで Ci : 曲線補関係数 K : 接合部のパラメータからなる標準化係数

2) 修正 exponentialモデル このモデルは構造解析に実験データを合理的に組み込むために考えられたモデルであり、Chen-Luiのexponentialモデルを岸-Chenによって任意の線形成分を含むように改良され

たものである。本モデルは一般的に次のような関数で示される。

$$M = M_0 + \sum_{j=1}^n C_j [1 - \exp(-\frac{|\theta_r|}{2j\alpha})] + \sum_{k=1}^n D_k (|\theta_r| - |\theta_k|) \cdot H[|\theta_r| - |\theta_k|] \quad \dots (2)$$

ここで M_0 : 初期接合部モーメント $H[]$: Heavisideのステップ関数
 α : scaling factor $H[\theta] = 1 \quad (\theta \geq 0)$
 θ_k : k番目の線形成分の始まる回転角 $H[\theta] = 0 \quad (\theta < 0)$
 C_j, D_k : 曲線補間係数

元のM- θ データに対して線形補間法を用いて各データ間の重み関数を等しくし、 C_j, D_k が決定される。任意の回転角 $|\theta_r|$ における剛性は、式(2)を $|\theta_r|$ で微分することによって得られる。

このモデルの長所として次の点が挙げられる。①定式化は相対的に単純であり簡略である。②非線形解析の全回転角範囲で載荷、除荷を扱うことが可能である。③データの接合剛性の急激な変化を定式化可能なものとしている。なお、本プログラムにおいては $m=6$ として処理している。

3) 三つのパラメータを持つパワーモデル 本モデルは、接合部の設計や非線形解析における接合部剛性の評価を容易にするために提案されたものである。このモデルはRichard-Abbottによって示されたパワーモデルを基本にし、接合部を簡略にモデル化して求めた初期剛性と限界曲げ耐力および形状指数の三つのパラメータのみを用いて接合部のM- θ 曲線を表すもので、剛性や回転角、モーメントが代数式で直接算出することが可能である。一般式は、

$$M = \frac{R_{ki} \cdot \theta_r}{\{1 + (\theta_r/\theta_0)^n\}^{1/n}} \quad \dots (3)$$

ここで R_{ki} : 初期剛性 M_u : 限界曲げ耐力 θ_0 : 塑性回転角 (= M_u/R_{ki}) n : 形状指数

4. 収集された実験結果の整理方法並びにその応用について

接合部剛性の適切な評価のため、実験データを基にしたデータベースの作成が要求されているが、ここでは表-1で分類された接合タイプを考慮し、これまで収集した実験データを次のような項目別に整理した。

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) 接合タイプと締結形式 | 2) 研究者名, 試験ID, 研究国名 |
| 3) 材料の特性と締結材の寸法 | 4) アングル材とプレートの材料強度 |
| 5) 梁-柱接合で用いられてる全パラメーター | 6) M- θ に関する実験値 |

上記の項目に従って入力された各データは、利用目的に容易に対応できるようにさらに次のような7つの機能をもつプログラムによって制御される。

- | | |
|--|---------------------------|
| 1) 出力単位の変換 (US慣用単位, MKS単位) | 2) 各実験データリストの印刷 |
| 3) 各接合タイプについての一覧表印刷 | 4) 各実験データに対する三評価式による結果の印刷 |
| 5) 各実験データ曲線とその三評価曲線を描く | |
| 6) 非線形構造解析プログラムへ転送するための、各実験データに関する評価式のデータファイルの作成 | |
| 7) 同タイプの締結形式におけるM- θ 特性の比較図の作成 | |

以上より、各実験データの整理、評価モデルの妥当性の検討等が容易に可能になった。

5. まとめ

鋼骨組構造物の合理的な設計手法を確立する過程において、接合部のM- θ 特性を正確に評価することが必要となってくる。このため、ここでは実際の骨組構造物の解析に適用可能でかつ合理的な接合部のM- θ 特性を与えることを主な目的として、有効と思われる接合部剛性評価に関する実験データの集積とこれらを機能的に運用するための支援ソフトの作成を行なった。これによって、接合部のM- θ 特性評価式の妥当性の検討並びに、接合部の非線形な特性を直接骨組構造物の解析に組み込むことが可能となった。以上より、この支援ソフトと骨組構造物の非線形解析プログラムとを有機的に結合することによって、より有効な設計計算が可能となるものと考えられる。