

半剛接合された角形鋼管柱・H形鋼梁骨組の実験的研究

(その9 無補剛柱梁仕口の降伏耐力および2次剛性の再評価)

正会員 ○ 牟田 健次¹
同 山 成 實²
同 川 上 和 之³

有限要素解析 柱梁接合 弾塑性挙動
載荷実験 ラーメン

1. はじめに

本報告は無補剛角形鋼管柱・H形鋼梁仕口(実モデル)の降伏耐力および2次剛性の評価式を非線形解析による数値実験結果を基に回帰分析により得た結果を述べ、単純化モデルに対する評価式との比較検討を試みる。

2. 復元力モデル

無補剛柱梁仕口の耐力-変形関係の bi-linear 置換を試みる。bi-linear 型の復元力モデルが必要とされる情報は、初期剛性、降伏耐力および2次剛性である。初期剛性は前報告で述べられている。ここでは降伏耐力および2次剛性を対象とする。

図1中の破線は柱梁仕口の実験あるいは解析曲線である。仕口の2次剛性を決定するために、ある部分の曲線を2次剛性決定に供する必要がある。著者等は既に角形鋼管柱外ダイアフラム接合部の耐力-変形関係を bi-linear 置換に成功しており^[1]、ここでも同様の手法で2次剛性を取得する。すなわち、実験曲線あるいは解析曲線上で、降伏耐力を超える部分で、変形が鋼管厚を以下の範囲に収まる部分曲線を用いて降伏点を通る最小二乗近似して得られる直線の勾配を2次剛性とする。降伏耐力は初期剛性が3分の1に達したときの耐力であると定義し、3分の1剛性耐力と呼ぶことにする。

3. 接合部の降伏耐力評価

仕口の耐力-変形関係を曲げモーメント(M)-回転角(θ)で表現する。図2は仕口の非線形挙動を解析するのに用いた有限要素モデルに与えられた互いに独立するパラメータの散布図である。表1に解析に用いたモデルの諸数値を示す。降伏耐力の評価式を誘導する前に予備解析を行った結果、 B/T_C , W_F/B , D_W/W_F のパラ

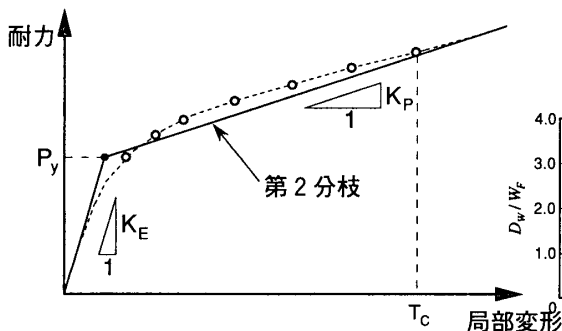


図1 2次剛性の定義

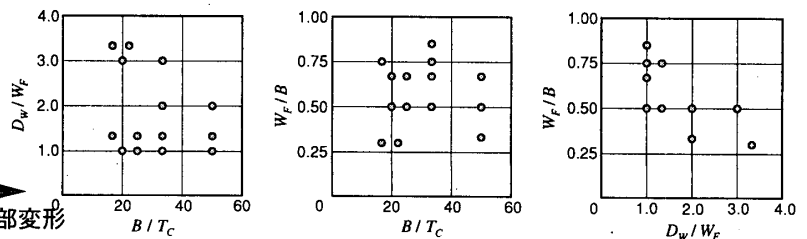


図2 散布図

メータを採用した。各々のモデルの非線形解析結果から3分の1剛性耐力を求めて、諸パラメータについて、重回帰分析した結果、式(1)が得られた。

$$\frac{M_{yEST}}{B^2 D_W \sigma_y} = 3.676 \left(\frac{T_C}{B}\right)^{1.763} \left(\frac{W_F}{B}\right)^{1.331} \left(\frac{D_W}{W_F}\right)^{0.216} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 σ_y は鋼管平板部の降伏点である。数値実験値と推定結果を表1および図3に示す。同図の破線は推定の95%信頼限界である。解析値と推定値の比の変動係数は0.320であった。

4. 接合部の2次剛性評価

2次剛性を評価する上で主要な因子を取得する必要がある。ここでは初期剛性評価に準じて同等のパラメータを用いる。降伏耐力評価式誘導と同様のパラメータを変化させて、数値実験を行い、無補剛仕口の2次剛性評価式(2)を誘導した。

数値実験に用いたサンプルは表1に示される計17個の解析モデルである。

$$\frac{K_{PEST} \left(\frac{B}{2}\right)^3 \left(\frac{2}{D_W^2}\right)}{EI} = 2.413 \left(\frac{B}{T_C}\right)^{1.491} \left(\frac{W_F}{B}\right)^{1.811} \left(\frac{W_F}{D_W}\right)^{0.216} \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 E, I はそれぞれ鋼材のヤング係数(=2100 ton/cm²), 鋼管平板部の単位幅の断面2次モーメント(= $T_C^3/12$)である。

解析値と推定値の比の変動係数は0.386である。推定結果を図4に示す。図中の破線は推定の95%信頼限界である。

5. 単純化モデルと実モデルの評価式との比較検討

文献[1]で示される単純化されたモデルに対する仕口の

表1 標本と降伏耐力および2次剛性の推定

Designation	Column		Beam				B/T _C	D _w /W _F	W _F /B	M _{y,FEA} (ton·cm)	M _{y,EST} (ton·cm)	M _{y,FEA} /M _{y,EST}	K _{P,FEA} (ton·cm/rad)	K _{P,EST} (ton·cm/rad)	K _{P,FEA} /K _{P,EST}			
	B (cm)	T _C (cm)	W _F (cm)	D _w (cm)	T _F (cm)	T _w (cm)												
t21-Ba	20.0	0.6	10.0	10.0	0.9	0.6	33.33	1.00	0.50	3.67E+01	3.32E+01	1.106	2.06E+02	2.42E+02	0.849			
t21-Bd				20.0			33.33	2.00	0.50	7.57E+01	7.35E+01	1.030	7.62E+02	8.35E+02	0.913			
t21-Be			30.0	33.33			3.00	0.50	1.20E+02	1.17E+02	1.026	1.79E+03	1.72E+03	1.038				
t21-Cb			15.0	15.0			33.33	1.00	0.75	8.16E+01	8.54E+01	0.955	8.81E+02	1.14E+03	0.775			
t21-Dc				17.0			17.0	33.33	1.00	0.85	1.15E+02	1.14E+02	1.003	1.81E+03	1.83E+03	0.989		
t22-Ad			0.9	6.0			20.0	22.22	3.33	0.30	3.53E+01	8.20E+01	0.430	1.98E+02	5.46E+02	0.363		
t23-Be		1.0						10.0	30.0	20.00	3.00	0.50	3.38E+02	2.88E+02	1.176	4.43E+03	3.72E+03	1.190
t24-Ad		1.2	6.0	20.0			16.67	3.33	0.30	2.40E+02	1.36E+02	1.766	1.64E+03	8.43E+02	1.944			
t24-Cd							15.0	20.0	16.67	1.33	0.75	3.82E+02	4.03E+02	0.949	5.23E+03	5.40E+03	0.967	
t31-Bd		30.0	0.6	10.0			20.0	0.9	0.6	50.00	2.00	0.33	6.23E+01	4.71E+01	1.322	3.07E+02	2.17E+02	1.415
t31-Cd										15.0	20.0	50.00	1.33	0.50	7.59E+01	7.62E+01	0.996	4.77E+02
t31-Ed				20.0			20.0			50.00	1.00	0.67	9.48E+01	1.07E+02	0.885	8.60E+02	8.85E+02	0.971
t32-Cd			0.9	15.0			20.0			33.33	1.33	0.50	1.72E+02	1.56E+02	1.105	1.26E+03	9.11E+02	1.387
t32-Ed										20.0	20.0	33.33	1.00	0.67	2.23E+02	2.19E+02	1.017	1.84E+03
t34-Cd	1.2		15.0	20.0	25.00	1.33	0.50			1.79E+02	2.59E+02	0.691	1.08E+03	1.41E+03	0.765			
t34-Ed					20.0	20.0	25.00			1.00	0.67	3.68E+02	3.64E+02	1.011	2.90E+03	2.52E+03	1.149	
t35-Fd	1.5		20.0	20.0	20.00	1.00	0.67			6.13E+02	5.39E+02	1.136	3.76E+03	3.53E+03	1.067			

復元力特性評価式は、梁ウェブが存在しないものに対して得られている。実モデルの推定と比較すると図5のようになる。

降伏耐力に関しては、梁ウェブの存在は仕口の降伏耐力には余り影響を及ぼさない。一方、2次剛性に関しては、梁ウェブの存在は仕口の2次剛性に50%近く影響を及ぼす。これは初期剛性への影響よりもはるかに大きい。

6. おわりに

無補剛の角形鋼管柱・H形鋼梁溶接仕口部(実モデル)の復元力特性を記述する情報の内、降伏耐力および2次剛性を17個の非線形有限要素解析から得られた耐力-変形関係から回帰分析により良好な近似式を導いた。

既報[2]の単純化モデルの降伏耐力および2次剛性評価式と本報告で示した評価式とを比較した結果、梁ウェブの存在の影響が明らかにされた。

謝辞 本研究は(財)前田記念工学振興財団(平成9年度)の助成を受けて行われた。深甚なる謝意を表します。

参考文献

[1] 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明, 海原広幸: 外ダイアフラム接合部の有限要素解析による剛性評価式(半剛接鋼柱梁仕口

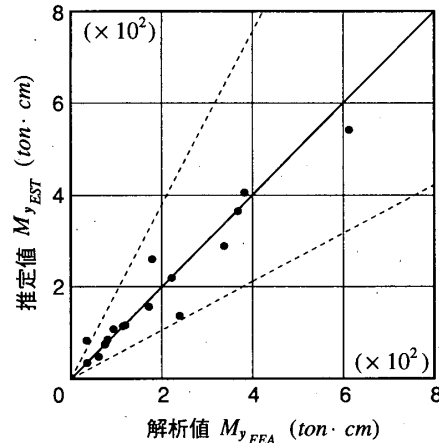
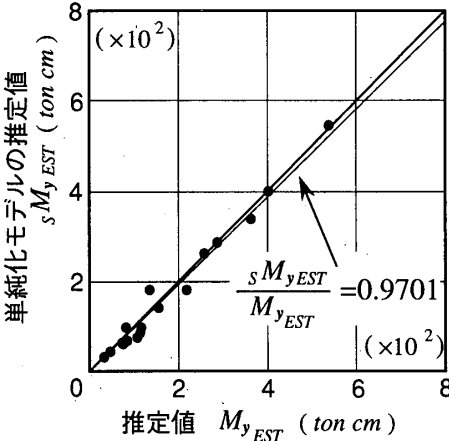


図3 降伏耐力の推定結果



(a) 降伏耐力

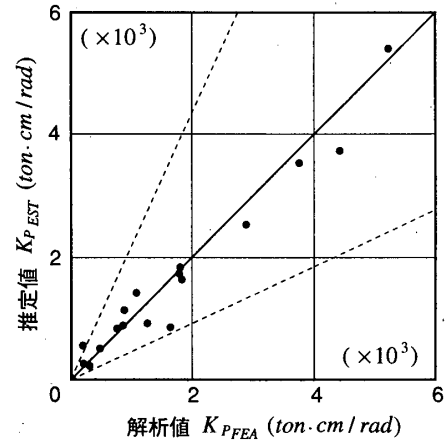
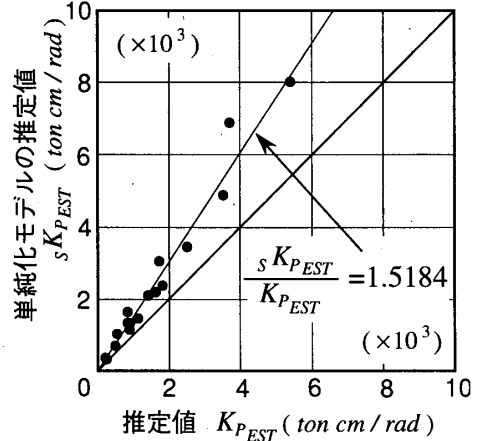


図4 2次剛性の推定結果



(b) 2次剛性

図5 単純化モデルの推定結果との比較

の復元力特性に関する研究), 構造工学論文集, Vol. 38B, pp. 475 ~ 484, 1992.3

[2] 山成實, 川上和之: 無補剛角形鋼管柱・H形鋼梁仕口の復元力特性, 鋼構造協会, 鋼構造年次論文報告集, 第4巻, pp. 49-55, 1996年11月

1 熊本大学大学院生

2 熊本大学工学部環境システム工学科 助教授・工博

3 (株)竹中工務店 工修

Graduate Student, Kumamoto University

Associate Professor, Kumamoto University, Dr. of Eng.

Takenaka Corporation, M. of Eng.