繰り返し載荷を受けるアングル系接合に関する三次元弾塑性解析

室蘭工業大学	学 生 員	○佐藤	陽介	室蘭工業大学 正	員	小室	雅人
室蘭工業大学	フェロー	岸	徳光	Univ. of Hawaii		W.F. (Chen

1. はじめに

本研究では、繰り返し載荷を受けるアングル系接合の 接合部履歴挙動を適切に表現可能な接合部剛性評価モデ ルの確立に向けた基礎資料の収集を目的として、代表的 なアングル系接合の1つである top-& seat-angle 接合を 対象に三次元弾塑性有限要素解析を実施した. ここでは, 柱側の高力ボルトゲージ位置(以下,単にゲージ長)を変 化させることにより、ゲージ長が接合部履歴挙動 $(M - \theta_r)$ 特性)に及ぼす影響を検討している。なお、解析には構 造解析用汎用プログラム ABAQUS を使用している.

2. 数值解析概要

本研究では、アングル材厚、ボルト径、アングル材お よび梁材寸法を同一とし、ゲージ長のみを 60 mm, 105 mm, 150 mm に変化させる場合について解析を行った. 図-1には、解析対象とした試験体の形状寸法を示して いる. 試験体名はゲージ長 (mm) を用いて, G60, G105, G150 試験体と定義した。なお、高力ボルトは全て F10T (M20) としている.

図-2には、要素分割状況の一例として、G60 試験体 の要素分割状況を示している. 解析モデルは、試験体の 対称性を考慮した 1/2 モデルである。梁材、柱材、アン グル材および高力ボルトは全て8節点固体要素を用いて モデル化している.高力ボルトは、図-2に示すように ボルト頭部とナットを一体化してモデル化している.ま た,1) 梁および柱材とアングル間,2) ボルト頭部および ナットと各部材間,3)ボルト軸部とボルト孔間には,接 触・剥離が考慮可能な接触面を定義している。接触面に は摩擦を考慮し、アングル材および梁・柱間の摩擦係数 は 0.4 と設定した。また、本解析では、高力ボルトに 178 kN の初期張力を導入している.



鋼材の力学的特性値は、表-1に示す既往の実験結果¹⁾ を参考にして設定した。また、境界条件は、柱底部を完 全固定とし,対称切断面には,その面に対する法線方向 変位成分を拘束するように設定した。解析は単調載荷と 繰り返し載荷の2種類を行った。なお、繰り返し載荷の 場合における振幅は, 接合部相対回転角 θ, が 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 mrad (振幅は各1回) となるように, 設 定した.

3. 数値解析結果および考察

図-3には、繰り返し載荷を受ける場合の接合部 $M - \theta_r$ 関係を各試験体ごとに示している。図には、単調載荷解 析から得られた $M - \theta_r$ 関係も併せて示している. 図よ り、繰り返し載荷時の骨格曲線は、単調載荷時の結果と よく対応している. また, 繰り返し載荷時の経路に着目 すると、G60 試験体では、サイクル数の増加と共に、単 調載荷時よりも小さいモーメントレベルで剛性勾配が低 下し,そのループ形状は逆S字型となる傾向が見られる. 一方,G105,G150 試験体では,G60 試験体の場合と異 なり,紡錘型の履歴ループ形状を示していることが分か

		鋼種	弾性係数	ポアソン	降伏応力	引張強さ				
			E_s (GPa)	比vs	f_y (MPa)	f_u (MPa)				
beam	web	~~	210		385	481				
	flange	SS		0.2	325	463				
top / seat angle		400		0.3	282	449				
bolt		F10T	212		1,060	1,098				
総節点数:27,924 総要素数:16,672										
top ar	ngle				0	強制変位 作用位置 beam √				
	bolt					z X				
		hea	d							
		shan	k colu	umn						
		nut								
完全固定										
図ー2 要素分割状況の一例 (G60 試験体)										

表-1 使用鋼材の力学的特性

キーワード:アングル系接合,繰り返し載荷,有限要素法,三次元弾塑性解析,M-θ,特性 連絡先:〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227



図-4 top angle および seat angle 付近の変形性状および Mises 応力分布

る.以上より,ゲージ長が長い場合には,履歴ループ形 状は逆S字型から紡錘型へと移行するものと考えられる.

図-4には図-3に示す各点(a~f)におけるアングル 材近傍の変形性状とその Mises 応力分布を示している. (a) 図より,逆S字型の履歴ループ形状を示す G60 試験 体の場合に着目すると, $\theta_r = + 30$ mrad 時(a点)におい て、1) top angle 側のボルト軸部に 1,000 MPa 以上の応力 が生じており、ボルトが塑性変形していること、2) seat angle つま先部の柱フランジからの浮き上がり、が確認で きる.その後、負方向への載荷(b~c)状態を見ると、b 点(剛性低下時)では、両アングル材のつま先部が浮き上 がり、またボルト軸部の応力も低下している.その後、c 点では、seat angle つま先部が柱側フランジと接触し、て こ作用によってボルト軸部に大きな応力が発生するとと もに、剛性が再び増加している.

一方,(b)図に示す紡錘型のループ形状を示すG150試 験体の場合には,負方向への載荷過程(d~f)において, いずれにおいても両アングル材つま先部の浮き上がりが 確認されず,かつ,ボルト軸部に発生する応力は小さく, 弾性範囲内にあることが分かる.

これより, $M - \theta_r$ 曲線における逆 S 字型の履歴ループ 形状は, アングル材つま先部のてこ作用と, それに伴う ボルトの塑性変形に起因するものと考えられる.

4. まとめ

- (1) ゲージ長が長い場合には,繰り返し載荷時の $M \theta_r$ 曲線は紡錘型の履歴ループ形状を示し,ゲージ長が 短い場合には,逆S字型の履歴ループ形状となる傾 向があることを数値解析的に明らかにした.
- (2) *M* θ_r 曲線における逆S字型の履歴ループ形状は、 アングル材つま先部のてこ作用と、それに伴うボルトの塑性変形に起因するものと考えられる。

参考文献

 小室雅人,岸 徳光,松岡健一:トップ&シートアングル 接合の M – θ_r 関係に関する静載荷実験,鋼構造年次論文 報告集, Vol. 10, pp. 57-64, 2002.11