

繰り返し水平荷重を受ける鋼製ラーメン隅角部におけるハンチの効果

九州工大 学生員○久保知徳 正会員 山口栄輝
東京工大 正会員 市川篤司 正会員 三木千寿
鉄道総研 正会員 池田 学

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震以降、大きな繰返し荷重下での変形挙動の把握が耐震設計上重要となり、単柱形式の鋼製橋脚では多くの研究がなされている。しかし、鋼製ラーメン橋脚隅角部の変形挙動に関する研究はまだ十分ではなく、巨大地震に対する隅角部の設計方針が確立されているとは言い難い。そこで本研究では、池田ら¹⁾により行われた実験を参考にして有限要素法 (ABAQUS) による複合非線形解析を行い、鋼製ラーメン橋脚の隅角部に取り付けられるハンチの効果について検討する。

2. 解析モデル

本研究では、池田らの載荷実験¹⁾で用いられた供試体の中から G-1、G-3 を解析対象として取り上げる。供試体の概略を図-1 に示す。載荷点側の部材を梁、反対側の部材を柱と呼び、ハンチ(曲率半径 200mm) が取り付けられた区間 (図-1 の斜線部) を本論文では隅角部と定義する。また G-1、G-3 に加え、ハンチを取り除いたモデルを設定する。これら解析モデルの諸元を表-1 に示す。構成則には、三曲面モデル²⁾を使用する。

有限要素解析においては、対称性を考慮し、供試体の 1/2 のみを解析対象とする。図-2 に G-1 および G-3 の解析で用いた要素分割を示す。使用した要素数はシェル要素 4096 個、梁要素 2 個である。梁要素は供試体端部の載荷治具の部分であり、剛としている。

図-1 のように、両端をヒンジ固定 (一端は水平方向可動) し、梁部材端部の水平変位を制御して交番載荷する。フランジ隅角部近傍における軸方向ひずみの平均値が降伏ひずみに達した時点を降伏点とし、その時の変位 δ_y を用いて、 $\delta_y \rightarrow 2\delta_y \rightarrow 3\delta_y \rightarrow \dots$ と次第に振幅を大きくしながら各振幅で 3 サイクルずつ繰り返し載荷する。

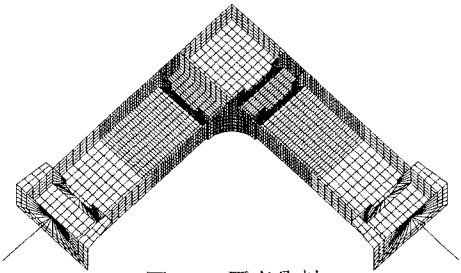
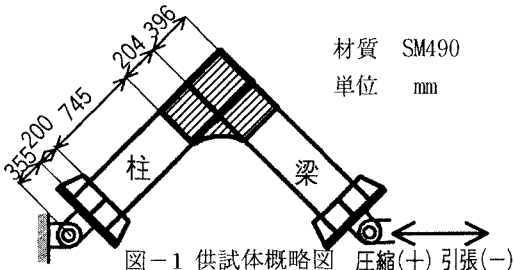


表-1 解析モデル諸元

総称	供試体	柱及び梁部材		隅角部	
		フランジ (mm)	ウェブ (mm)	板厚の算定方法	板厚 (mm)
シリーズ 1	G-1	410×12	380×12	せん断遅れを考慮せず平均応力から板厚を算定	16
	H-1			G-1 のハンチだけを取り除いたモデル	
	I-1			G-1 のハンチとダイアフラムを取り除いたモデル	
シリーズ 2	G-3			せん断遅れの影響を考慮し板厚を算定	22
	H-3			G-3 のハンチだけを取り除いたモデル	
	I-3			G-3 のハンチとダイアフラムを取り除いたモデル	

3. 解析結果および考察

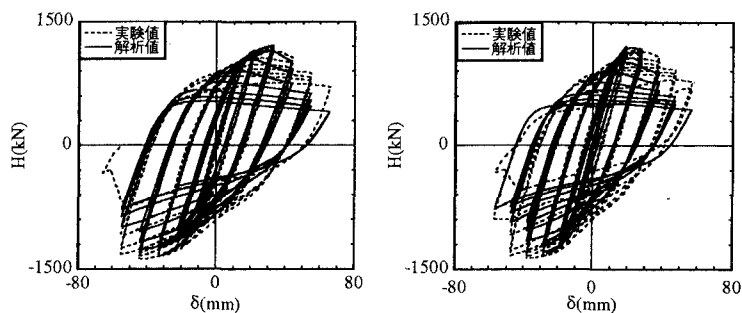
G-1, G-3の解析結果として、載荷点での水平荷重 H と水平変位 δ の関係を実験結果とともに図-3に示す。強度劣化域で解析結果は耐力を小さめに評価しているが、最大耐力までは解析結果と実験結果は非常に良く一致している。

次に、シリーズ1, シリーズ2の解析結果の包絡線を図-4に示す。また図-5にシリーズ1の変形図を示す。図-4(a)の解析結果より、シリーズ1はハンチを取り外すことで剛性と最大耐力は低下するが、最大耐力点の変位は $3\delta_y$ から $5\delta_y$ へと増えていることがわかる。これは図5に示すようにG-1では、局部座屈が板厚の小さい部材一般部で生じるのに対し、H-1, I-1では、板厚の大きい隅角部にも面外変形が生じたためと考えられる。H-1とI-1の解析結果を比較すると最大耐力以降においてI-1の強度低下が大きい。これはH-1ではダイアフラムにより面外変形が抑制されているためと考えられる。

図-4(b)より、シリーズ2の解析結果はシリーズ1と異なり、ハンチやダイアフラムの有無によらず、最大耐力まではほぼ同じ変形挙動を示すことが分かる。最大耐力以降では、G-3, I-3, H-3の順で耐力低下は大きくなっているがその差は大きくはない。図には示していないが、これはシリーズ2の隅角部の板厚がシリーズ1より大きいため、シリーズ2の全てのケースで局部座屈が部材一般部に生じたためと考えられる。

参考文献

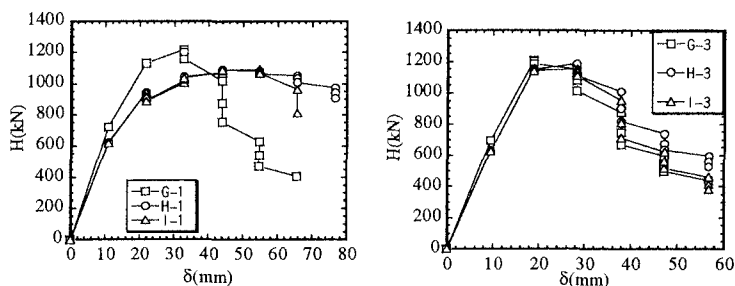
- 1)池田学, 市川篤司, 山田正人, 安原正人: 鋼製ラーメン隅角部の交番載荷実験, 鉄道総研報告, 第13巻, 第4号, 1999年。
- 2)後藤芳顕, 王慶雲, 高橋宣男, 小畑誠: 繰り返し荷重下の鋼製橋脚の有限要素法による解析と材料構成則, 土木学会論文集, No.591/I-43, pp.189-206, 1998年。



(a) G-1

(b) G-3

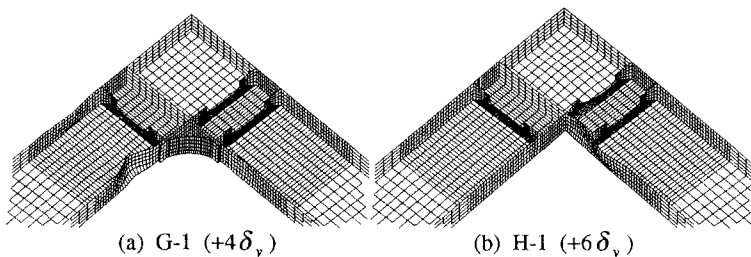
図3 水平荷重—水平変位関係 (履歴曲線)



(a) シリーズ1

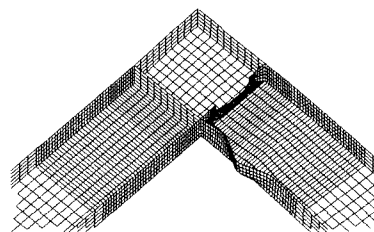
(b) シリーズ2

図4 水平荷重—水平変位関係 (包絡線)



(a) G-1 (+4 δ_y)

(b) H-1 (+6 δ_y)



(c) I-1 (+6 δ_y)

図-5 変形図