

I-24

鋼製橋脚の弾塑性挙動の実験と解析の比較検討

宇都宮大学	学生員	深山 大介	宇都宮大学	正員	中島 章典
建設省土木研究所	正員	大塚 久哲	建設省土木研究所	正員	鈴木 基行
建設省土木研究所	正員	佐藤 貴志			

1. はじめに

鋼製橋脚の終局耐震設計法を確立する目的から、現在、実験および解析の研究が数多く行われている^{1),2)}。

この構造の終局耐震設計法の1つとして、鉄筋コンクリート橋脚の保有水平耐力照査法を参考にすることができると考えられる。しかしその場合、鋼製橋脚に作用する水平荷重と水平変位の関係を、少なくとも材料非線形性および幾何学的非線形性を考慮した平面骨組のための弾塑性解析により明らかにする手順が必要である²⁾。

このような観点から本研究では、実物の1/3程度の鋼製橋脚模型試験体の交番繰り返し実験の結果と弾塑性解析の結果における水平荷重と水平変位の関係に着目して両者を比較し、上述のような終局耐震設計法への資料を提供することを目的とする。

2. 実験の概要

実験に用いた試験体は図-1に示すような形状を有している。試験体の上端には一定の鉛直荷重を作用させ、基部から高さ6mで繰り返し水平荷重を載荷した。橋脚の断面はフランジおよびウェブ幅が約80cmの矩形断面であり、断面には3～5本の縦補剛材が配置してある。表-1には、各試験体のパラメータを示している。試験体S16およびS17では、基部から2mの高さまでコンクリートが充填されている。そのコンクリートの圧縮強度は77kgf/cm²である。その他、実験の詳細については文献3),4)を参照されたい。ただし、試験体番号はこれまでの一連の研究において用いられてきたものと同じ名前としている。

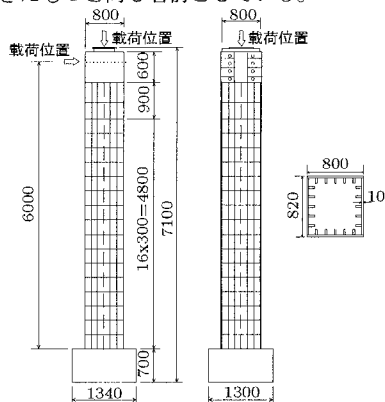


図-1 実験に用いた試験体(S13)

3. 解析の概要

ここで採用した解析方法は、材料非線形性および幾何学的非線形性を考慮した、有限要素法に基づく平面

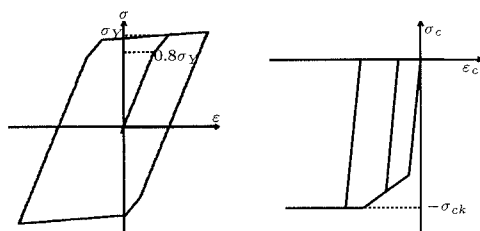


図-2-a 鋼材

図-2-b コンクリート材料

図-2 繰り返しの応力ひずみ関係

骨組のための弾塑性動的応答解析法である。解析に際しては、図-2のような鋼材およびコンクリートの非弾性領域までの繰り返し応力ひずみ関係を用いる。鋼材の応力ひずみ関係においては、鋼板の板厚および繰り返しにおけるバウシinger効果を考慮してトリリニア型の応力ひずみ曲線とした。中詰めコンクリートを有する場合には鋼とコンクリートは完全に一体になっている（完全合成）と考えている。有限要素解析における橋脚の要素分割数は10、断面は縦補剛材を含めて20程度（コンクリートがある場合には30程度）に分割している。その他、解析方法の詳細については文献5)を参照されたい。

4. 解析結果と実験結果との比較

(1) 繰り返し水平荷重と水平変位の関係

実験および解析において得られた水平荷重-水平変位関係の例を図-3に示す。点線で示される実験結果は、2δの繰り返し時のものである。これに対して、解析結果は同程度の水平変位が生じるように繰り返し荷重を与えたものである。両者を比較すると、最初の1/4サイクル時における実験値の荷重変位関係の初期勾配は解析値の勾配よりも小さくなっており、特に、解析値の弾性から塑性に変化するコーナー部において両者の差異が大きくなっていることがわかる。また、最初の荷重反転後の1/2サイクルにおいては、その傾向が一段とはっきりしている。これは、解析において残留応力および補剛材、縦補剛材の初期不整を考慮していないためであると考えられる。

(2) エネルギー吸収量の比較

上述のような荷重変位関係の最初の1/4サイクルの部分は、まず、鉄筋コンクリート橋脚の保有水平耐力照査法を参照した耐震設計法において必要となる。また、繰り返し弾塑性挙動の実験値と解析値の比較を行うためには、最初の荷重反転後の水平荷重と水平変位の関係に着目することも意義のあることであると考えられる。

表-1 供試体諸元、パラメータおよびエネルギー吸収量

供試体名			S13	S14	S15	S16	S17	S18	S23	S24	S27	S28	S29	
断面 $b \times (b + 2t)$ mm			800×820						800×816				800×822	
板厚 mm			10						8				11	
縦方向 補剛材	断面 mm	64×6							64×10	64×6	59,53×6	75×11		
	n-1	5						4	3					
横方向 補剛材	断面 mm	112×4.5											129×11	
	間隔 mm	300	680	390				350				600	350	
軸力 tf			102											131
弾性係数 E kgf/cm ²			1.96 (割線 1.73)						2.10		2.06		2.11	
降伏応力度 σ_Y kgf/cm ²			3845						4427	4392	4052		4040	
幅厚比パラメータ R_f			0.331						0.397	0.604	0.601	0.583		0.418
補剛材剛比 γ/γ_{req}			6.41	1.13	3.58	3.58	2.12	3.12	4.09	5.97	4.09	1.06	7.75	
補剛材剛比 γ/γ^*			1.75	0.33	1.02	1.02	0.60	1.29	4.09	5.97	4.09	1.06	4.14	
エネルギー 吸収量 tfm	載荷 経路	実験値	7.54	7.32	7.24	8.03	7.92	6.66	3.93	4.51	3.67	3.86	5.55	
		解析値	7.62	7.75	7.76	8.35	8.18	7.21	4.54	5.38	4.62	4.83	6.17	
	除荷 経路	実験値	29.1	27.9	29.1	31.4	30.0	28.0	15.6	17.8	12.8	11.9	21.2	
		解析値	30.9	29.6	31.0	32.7	31.1	29.9	18.4	21.2	15.8	14.7	24.8	

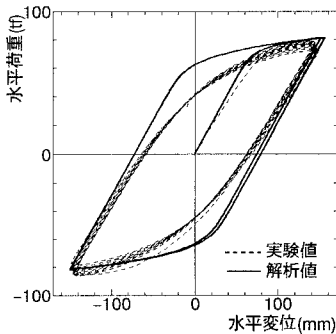


図-3 繰返し水平荷重-水平変位関係 (S15)

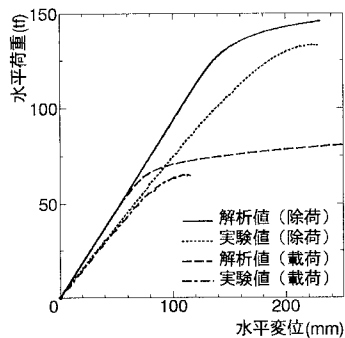


図-4 静的な水平荷重-水平変位関係 (S15)

図-4はそのような考えに基づき、最初の1/4サイクルおよび最初の除荷後の1/2サイクルにおける水平荷重と水平変位の関係を描いたものである。除荷後の荷重変位関係では、除荷点を原点に一致させて描いている。実線および破線は解析結果を、点線および一転鎖線は実験結果を表している。

以下では、この図に描かれた実験および解析結果の

最大荷重時変位までの両者のエネルギー吸収量を比較する。2δの繰返し実験において、最大荷重に到達していない場合には、2δの範囲内の最大値を対象とした。これらの結果は表-1にまとめている。この表から、一般に、エネルギー吸収量の実験値は解析値に比較して小さいことがわかる。その中で、コンクリートを充填した試験体S16、S17のエネルギー吸収量の実験値は最も大きい。しかし、実験値のエネルギー吸収量の大きさおよび解析値に対する実験値の比は γ/γ_{req} 、 γ/γ^* 、 R_f および縦補剛材の本数が影響していると言える。

5. おわりに

鋼製橋脚の交番繰返し実験における水平荷重-水平変位関係の実験結果と弾塑性解析による結果を、最大荷重時までのエネルギー吸収量に着目して比較した。その結果、鋼箱形断面のパラメータおよび充填コンクリートがエネルギー吸収量に及ぼす影響が検討され、鋼製橋脚の保有水平耐力照査法の確立に対して有用な資料を提供することができた。

なお、本研究の一部は土木学会鋼構造委員会新技術小委員会の補助を受けた。また、本実験の実施には多くの方々のご協力があったことを付記し、ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 土木学会鋼構造委員会・鋼構造動的極限性状研究小委員会：鋼構造物の弾塑性性状と耐震設計法，1983.8.
- 土木学会鋼構造委員会・新技術小委員会・耐震設計研究WG：平成4年度、平成5年度研究成果報告書資料集，1993.6.，1994.6.
- 川島一彦他：鋼製橋脚のじん性に及ぼす垂直補剛材の板厚の影響，土木技術資料，34-6，1992.
- 川島一彦他：鋼製橋脚における幅厚比がじん性に……，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第1部(B)，I-833，pp.1662-1663，1994.9.
- 中島章典・倉西茂：レベル2地震に対する鋼製橋脚……，構造工学論文集 Vol40A，pp.227-234，1994.3.