

I-B1 コンクリートを充填した鋼製橋脚のファイバー要素による動的解析

熊本大学 正会員○渡辺 浩
 (株) 鹿島建設 石田貴顕
 熊本大学 正会員 崎元達郎

1. はじめに：著者らは局部座屈を考慮した等価な応力—ひずみ関係の構築を行い、その等価な応力—ひずみ関係を適用した簡易解析法を提案してきた¹⁾。そこで、本研究では局部座屈を考慮した汎用的な動的解析への応用として文献1)で提案された等価な応力—ひずみ関係を汎用動的解析プログラム T-DAPⅢの user subroutine へ導入した動的解析を行い、適用性と可能性について検討を行った。ここでは、名古屋大学で行われた単柱橋脚のハイブリッド実験²⁾について解析を行い、その結果との比較を通じて提案した等価な応力—ひずみ関係（復元力モデル）の妥当性を検証している。

2. 等価な応力—ひずみ関係

内部充填コンクリートの応力—ひずみ関係については最大強度 σ_0 、最大強度時のひずみ ε_0 、及び劣化勾配を外側鋼管の幅厚比 b/t の関数として実験結果より定めた。また繰返しについて

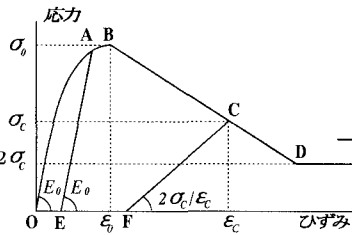


図-1 コンクリートの応力—ひずみ関係

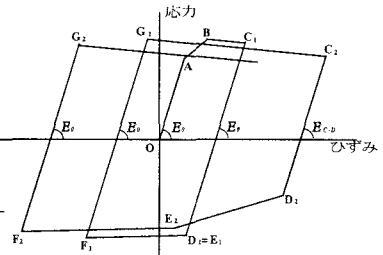


図-2 鋼管の応力—ひずみ関係

ては、引張応力は受け持たないものとし図-1のように最大強度までは初期剛性 E_0 で、軟化直線上で引張荷重を受ける場合はC点からF点のように $2\sigma_0/\varepsilon_0$ の傾きで直線的に除荷する。圧縮再載荷ではこの直線を逆に辿るものとし、繰返し荷重によるコンクリートの応力低下はないものとする。またコンクリートは鋼管に充填されている点を考慮して、劣化後の応力度の最小値は最大強度の20%とした。鋼管の応力—ひずみ関係は単位長の充填鋼管の圧縮—引張繰返し荷重を受ける単位長の充填鋼管の FEM 解析から図-2に示すように定めた。補剛材細長比 λ^* の関数とし、繰返し荷重で座屈により応力が低下すると（点 C_2 ） $D_2 \rightarrow E_2$ のような第二勾配が発生し、再び圧縮荷重を受けても最大圧縮応力（点 G_2 ）は除荷時に低下した応力（点 C_2 ）までしか上昇しない。また、これらの繰返し荷重時における履歴則は、圧縮から引張への除荷点Cの応力度 σ_c により制御されている。

3. 解析方法：解析手法は、Newmark の β 法 ($\beta=0.25$)

で、2次元ファイバー要素を用い、解析時間間隔 $\Delta t=0.001\text{sec}$ 、減衰は質量減衰として減衰定数 $h=0.05$ とした。質量は、図-3に解析モデルを示すが、上部工に相当する質量、橋脚矩体の質量を集中質量として与え、橋脚に作用する軸力を初期応力として与えた。入力地震波は、兵庫県南部地震で観測された地震波のうち神戸海洋気象台 N-S 成分（以下 JMA）、JR 鷹取駅構内 N-S 成分（以下 JRT）、東神戸大橋 N168E 成分（以下 HKB）、地震時保有水平耐力照査用レベルⅡ地震波のうちⅠ種地盤用地震波（以下 G.T.Ⅰ）、及びⅢ種地盤用地震波（以下 G.T.Ⅲ）の5種類の地震波を入力した。断面分割は図-4に示すように中立軸に沿って要素分割し、要素の断面積と要素の図心から中立軸までの距離により、コンクリートと鋼材のファイバーを定義している。

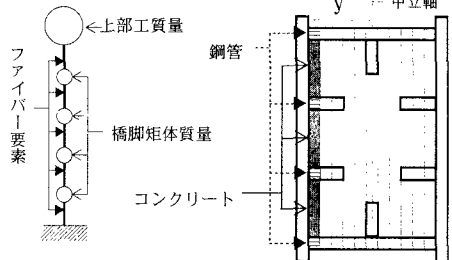


図-3 解析モデル

図-4 断面分割

キーワード：応力—ひずみ関係、地震応答解析、ファイバー要素

連絡先〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 Tel.096-342-3579 FAX096-342-3507

4. 解析結果：図-5、図-6 は供試体 SC45-60-20 に兵庫県南部地震において観測された3種の地震波(JMA,JRT,HKB)を入力した場合の時刻歴応答変位図、荷重—変位曲線図であるが、どの地震波においても最大応答変位、残留変位ともに良く一致していると考えられる。なお、供試体名については最初の数字は幅厚比パラメータを100倍したもの、次の数字は細長比パラメータを100倍したもの、最後は充填率(%)を意味している²⁾。

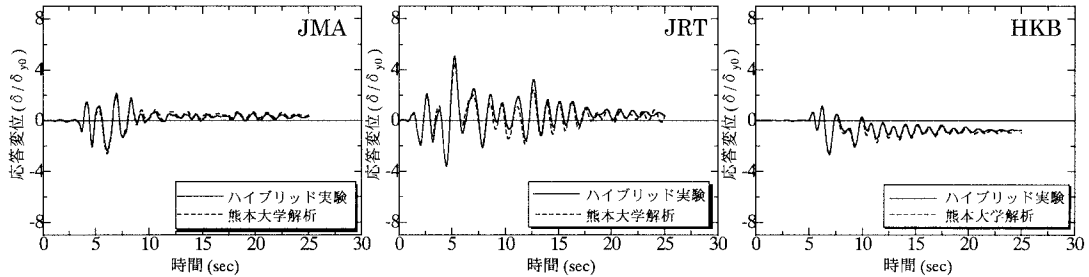


図-5 時刻歴応答変位の比較

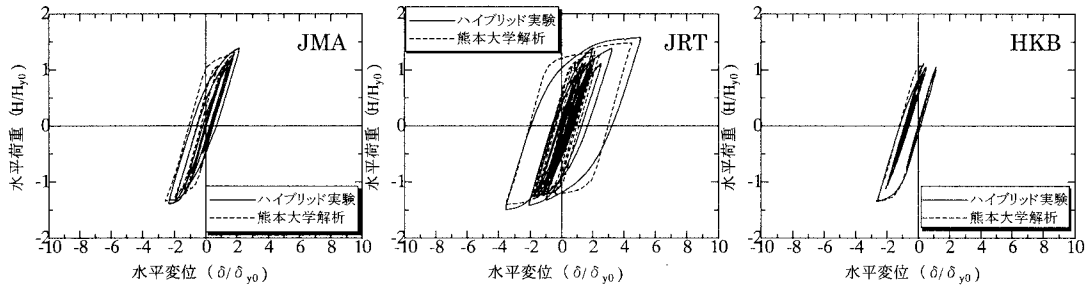


図-6 荷重—変位曲線の比較

表-1は本研究での解析結果と名古屋大学の2パラメータモデルを用いた解析結果²⁾との比較を示し、最大応答変位 δ_{max} と残留変位 δ_R をハイブリッド実験結果で除したものである。最大応答変位についてはどちらも良く評価できているといえる。残留変位についてはSC40-35-20のJMAのようにばらつきはあるものの、本解析結果の方が若干良く実験値を評価していると思われる。

5. 結論：著者らが提案した等価な応力—ひずみ関係をファイバー要素を用いた動的解析へ適用することで良好な解析結果が得られることが分かった。また、ファイバー要素を用いた動的解析ではH- δ を復元力モデルとした解析結果と比較すると、局部座屈による負の劣化勾配を有する複雑な骨組構造へ適用できるなどの汎用性を有しており、動的解析法のツールとして非常に有用であると考えられる。また、貴重なデータを御提供いただいた名古屋大学宇佐美教授に感謝いたします。

（参考文献）

- 1) 高橋功、井手諭、渡辺浩、崎元達郎：繰り返し水平力を受けるコンクリート充填鋼製橋脚の簡易解析法 第53回年次学術講演会講演概要集 第1部 pp456-457,1998
- 2) 小林稔、宇佐美勉、鈴木森晶：コンクリート部分充填鋼製橋脚の復元力モデルと弾塑性地震応答解析 構造工学論文集 Vol.43A, pp859-868,1997.3

表-1 結果の比較

名古屋大学 実験モデル	地震波	解析/実験			
		δ_{max}		δ_R	
		熊大	名大	熊大	名大
SC40-35-20	JMA	0.79	0.92	0.45	1.17
	JRT	0.92	0.96	1.40	0.54
	HKB	0.95	0.89	1.31	1.54
SC45-60-20	JMA	1.09	1.03	1.17	1.35
	JRT	0.88	1.05	0.58	2.25
	HKB	1.03	0.93	1.07	1.25
SC45-60-30[A]	G.T.Ⅰ	0.94	1.04	0.47	1.37
SC45-60-30[B]	G.T.Ⅲ	0.91	1.20	1.02	2.69