# 変断面鋼管短柱の衝撃突き上げ実験のシミュレーション解析

武蔵工業大学 学生会員 新井健司 防衛大学校 正会員 森 雅美 武蔵工業大学 フェロー 増田陳紀 防衛大学校 正会員 香月 智

## 1.はじめに

先の兵庫県南部地震では,鋼製円筒橋脚の断面変化部直上に軸対称局部座屈損傷が見られた.この損傷の原 因を究明するため,水平動の繰り返しによる実験的または解析的アプローチによる検証がなされている<sup>1)</sup>.著 者らは,衝撃的上下動による検証も必要との観点から,別途報告<sup>2)</sup>の変断面鋼管短柱の衝撃突き上げ実験を行 い,断面変化部直上での軸対称局部座屈波形を再現し得ている.本研究は,非線形動的有限要素法を用い,変 断面鋼管短柱の衝撃突き上げ実験結果のシミュレーション解析を試みたものである.

## 2.解析の概要

数値解析には汎用非線形構造解析プログラム MARC<sup>3)</sup>を用い, 変断面鋼管短柱の塑性局部座屈挙動を考慮した複合非線形動的解析を行った.

(1)解析対象 衝撃突き上げ実験<sup>2)</sup>の実 験ケース中,突き上げ速度が高速(v 1.4m/s) で,突き上げ変位量が u=5mm の"H5-2"を取り 挙げた.供試体は,図-1 に示す板厚 42mmの 上・下鋼板と一体化した管種 STPG370 SH 125Aの変断面鋼管短柱で,外径はD=138.4mm, 三 全長は l=126mm (l/D=0.91), 薄肉側上部の板 厚は t<sub>1</sub>=1.6mm(D/t<sub>1</sub>=86.5), 厚肉側下部の板厚 は t<sub>2</sub>=2.1mm (D/t<sub>2</sub>=65.9, t<sub>2</sub>/t<sub>1</sub>=1.31)である.両 端部は,上・下鋼板の円環状の溝(幅:10mm, 深さ:3mm)に充填したエポキシ系接着剤(ア ラルダイト)により固着している.供試体の上 と下に座屈荷重を計測する自作のロードセル を設置し、上ロードセルの上部には重錘(重 量:24.7kN,軸力比:P/Py=0.13)を上載して いるが,実験装置の破損防止のため上ロードセ ルと重錘を切断状態にしている.表-1に材料諸 元を,図-2に入力加速度の時刻歴を示す.表-1 中,鋼管の材料定数はミルシート値であり,エ ポキシ系接着剤の材料定数は文献4)を参考にし た.

 (2)解析モデル 図-3 に示すように変断面 鋼管短柱の管壁の中立軸位置に4 節点 shell 要素,上・下部鋼板,上・下ロードセル,重錘と エポキシ系接着剤に8 節点 solid 要素を配置し





表-1 材料諸元

	Pipe	Plate • Weight	Adhesive
Material	STPG370	SS400	Ероху
Young's Modulus E (GPa)	206	206	21.5
Poisson's Ratio	0.3	0.3	0.3
Yield Stress y (MPa)	284	235	29.4
Tangent Modulus Et (MPa)	2059	2059	215
Density (kg/m³)	7850	7850	1900



キーワード:衝撃突き上げ実験,変断面鋼管短柱,局部座屈,非線形動的解析 連絡先:〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL:046-841-3810-2365 FAX:046-844-5913 た3次元の要素分割を行った.変断面鋼管短柱のシェル 要素の板厚方向は11層分割,円周方向は20等分割とした.軸方向分割は,局部座屈波形が断面変化部より上方約5mmの位置で発生したことに鑑み,上部では断面変化部より上60mmを30等分割,板厚遷移領域を1分割 (要素長:0.5mm),遷移領域の下の19.5mmの間を10 等分割し,その下の43mmの間では5分割した.構成則 は,供試体と重錘とも von Misesの降伏条件と等方硬化 則を用いた.切断状態にある上ロードセルと重錘の接触



写真-1 座屈波形 (実験結果)



図-4 局部座屈波形 (解析結果: #=8.3ms)

現象は Marc の接触解析機能により考慮した.なお,本解析例では解析モデル(shell 要素と solid 要素)の自重による初期応力を考慮し,減衰は無視した.

#### 3.解析結果と考察

(1)局部座屈波形 衝撃突き上げ実験終了後の局部座屈波形を写真-1に, 時刻 t=8.3ms での解析結果の局部座屈波形を図-4 に示す.図-4 より解析結果 は,写真-1 の環状の局部座屈波形をよく再現し得ていることがわかる.

(2)時刻歴応答 図-5(a)~(f)は,それぞれ断面 S1~断面 S6 での軸ひず み~時間関係を示したもので,実線は解析結果,破線は供試体の正面(Front), 一点鎖線はその対角の背面(Back)での実験結果を示している.これらより, 断面 S2(薄肉部)での約 6ms 以降と断面 S4(断面変化部より 5mm 上)で の約 6.5ms 以降を除き,各断面とも実験結果との対応性が極めて良好である ことが分かる.

(3)荷重~変位関係 図-6 は上ロードセルの荷重~時間関係を示したもので,実線は解析結果を,破線は実験結果を表している.解析結果は,上ロ ードセルと重錘の接触面での全ての節点における垂直方向の接触力の総和

として求めている.これより上ロードセルの荷重は,解析結果では約4.7ms で約204kNのピーク値に達し,それ以降約8.3msまでの加速領域(突き上 げ変位量5mmに達するまで突き上げ板が上昇を続ける領域)では重錘の小 刻みな振動に起因する振動を繰り返していることが分かる.解析結果は,約 4.7msでピーク値に達するまでは実験結果と極めてよく一致している.しか し,約4.7ms以降では,実験結果を過小評価している.これは,解析ではひ ずみ速度効果を考慮していないためと考えられ,今後の検討が必要である.

#### [参考文献]

 1) 例えば,井浦ら:繰り返し横力を受ける円形鋼製橋脚の強度と変形性能 に関する研究,土木学会論文集,No.598/I-44,pp.125-135,1998.7.

2) 江川,森,増田,香月:変断面鋼管短柱の衝撃的突き上げ実験,第31回関東支部技術研究発表会,2004.3.

- 3) エムエスシーソフトウェア㈱: MSC.Marc2001 日本語オンラインマニュアル, .A~E編
- 4) Osd/Mennges (武田邦彦監修): エンジニアのためのプラスチック材料工学,シグマ出版, pp.442-443.





