

位置制御が擬似動の実験の精度に及ぼす影響についての検討

名古屋工業大学 正会員 小畑 誠
名古屋工業大学 学生員 羽根 史浩

1. はじめに

構造物の地震時の終局挙動を検討する非線形数値解析の手法は過去10年で長足の進歩を遂げ、地震波の3成分の連成を考慮した構造物の終局挙動解析も現在では比較的容易に実行できるようになっている。このような数値解析技術の成果はそれ自体高く評価すべきものであるが、構造物の解析には境界条件、材料挙動および残留応力などの初期条件に関して多くの仮定の上に立脚するモデルシミュレーションであることもまた事実である。かかる状況の下で数値解析結果を検証するために高精度の実験の必要性が高まってきた。地震動に対する構造物の応答を見る多方向載荷擬似動の実験はそのような要求を満たすもののひとつであり、著者らが取り組んできたものである。擬似動の実験は精度の高い変位制御を要求するが、ここではそのような制御の精度が実験結果にどのような影響を及ぼすかについて具体的に検討する。

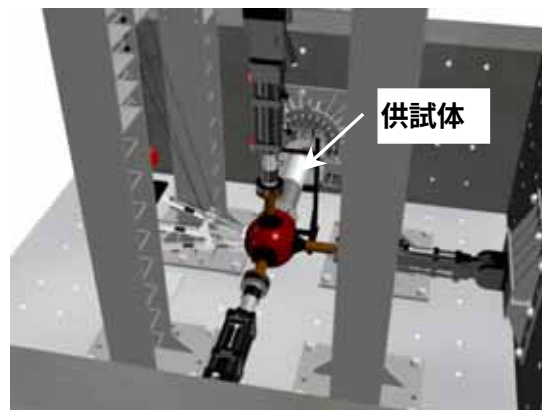


図1 多方向載荷擬似動の実験装置

2. 実験における誤差の原因とその検討

考察の対象とする実験は図1に示す装置で行った2方向載荷擬似動の実験である。擬似動の実験とは供試体を1質点系でモデル化し地震外力による応答を実測の復元力を用いながら式(1)の微分方程式を解くことにより予測し、その予測に従って準静的に変位制御で載荷していく実験手法である。1質点系によるモデル化が相当なものであるかぎり振動台実験の代替となりうる。

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + C \frac{dx}{dt} + R(x) = -Ma_g \quad (1)$$

ここに M , C , R , a_g はそれぞれ質量、粘性係数、復元力、加速度である。このように擬似動の実験は①微分方程式を数値積分により解く、②予測変位を供試体に与える、③復元力を観測する、の手順を繰り返して実験を進めていく。実験における誤差を検討はこのそれぞれの手順について個別に検討することになる。①についての検討は多いが、¹⁾②については体系的な検討がなされているとは言い難い。そこでここでは②に関するものについて、特に載荷時に供試体の最大荷重を越えるような場合について検討する。②に関連する精度とは目標とする制御変位位置と実際の制御変位位置とのずれが主なものである。これは外部変位計のフィードバックによっているので、通常はオーバーシュートあるいはアンダーシュートが問題となる。つまり一定の

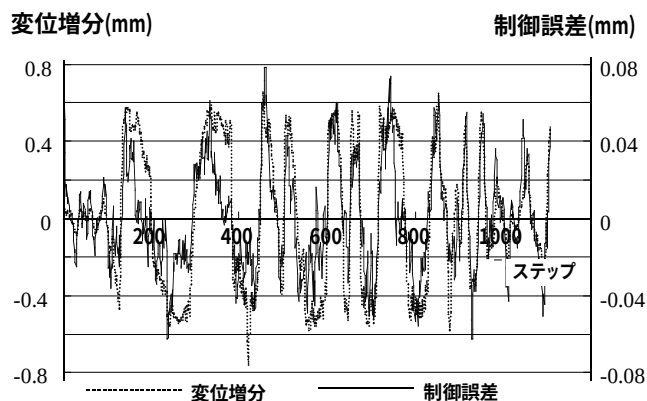


図2 増分変位と制御誤差の関係の一例

傾向を持つ誤差である．図2に実験における一例を示すがこの例では一貫したアンダーシュートとなっている．この他にも取り付け部の変形の影響も補正は行われているものの精度を落とす原因になる．

3. 制御誤差に影響についての検討

以上のように，実験において位置制御の誤差はさけられない．変位制御誤差は復元力の誤差につながり，復元力の誤差は次ステップの目標変位に影響する．対象とする実験では地震動により供試体がそのまげ最大荷重を越えることがある．このような場合に強い傾向を持つ誤差が実験結果に及ぼす影響について簡単に検討する．ここでは最も簡単に式(1)を数値積分で解くにあたって人為的に増分変位に誤差を与えて解への影響を見る．すなわち微分方程式の数値解法において i ステップから $(i+1)$ ステップへの増分を次のようにする．

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

ε_i は制御誤差を表す量であり，実験を模して一定の平均値と標準偏差を持つ正規乱数としている． $\varepsilon_i = 0$ でばらつきがなければ制御誤差の無い場合に対応する．数値解析における各種のパラメータは表1にまとめて示す．これらは既に行った実験を参考にしたものである．数値解析結果の一例を図4に示す．同程度の制御誤差であっても劣化勾配の大きい場合に大きな影響がでている．

4. まとめ

以上のように，特に供試体の最大荷重を越えるような領域を含む擬似動の実験では制御誤差による実験結果への影響が特に大きく現れることがわかった．制御の精度は基本的には外部変位計や制御手法に依存するものであり，実験装置固有のものである．したがって制御誤差の影響を押さえるためには1ステップあたりの増分変位を大きくすることが考えられるが，これは一般的には微分方程式の数値解法において時間ステップを大きく取ることに対応する．すなわち，微分方程式の数値解の精度の確保と相対的な制御精度の確保は二律背反することになる．全体として実験精度を高めるためには以上のような結果をもとに最適な実験法，制御法を検討しなければならない．

参考文献

- 1) Shing and Mahin: Experimental Error Effects in Pseudodynamic testing, J. Struct. Engrg., pp.805-821, ASCE. 1990.
- 2) Suzuki, M. and Usami, T. (1997). *Fundamental Study on the Elastoplastic Behavior of Steel Bridge Piers*, NUCE Research Report No. 9702, Dept. of Civil Engineering, Nagoya University

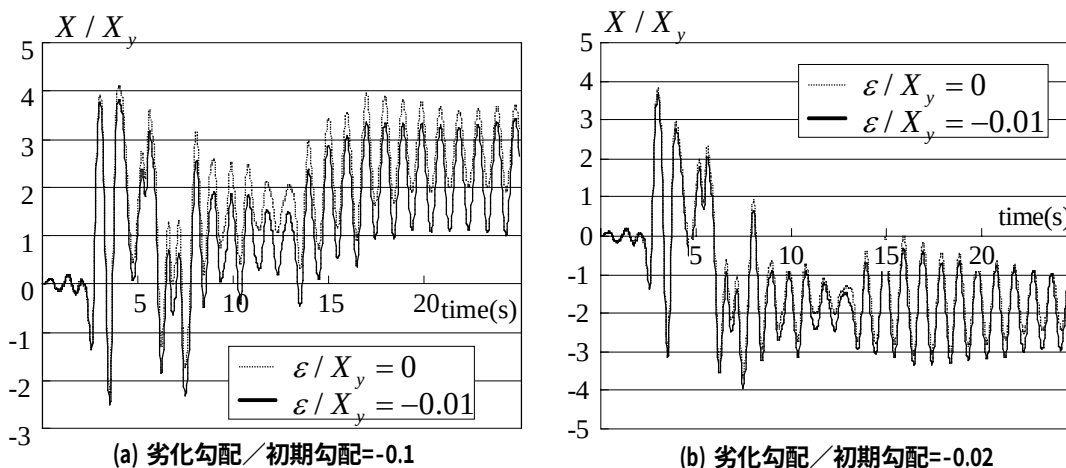


図3 劣化勾配の実験誤差に与える影響