

III-372 リアルタイム制御の土質用オンライン実験における誤差

武蔵工業大学土木工学科 正会員 片田敏行

リエンジニアリングコンサルタント

尾上好央

1. まえがき

オンライン実験^{1), 2)}は油圧サーボシステムの計算機制御といえる。このため、この制御システムにも、様々な誤差が生じ、その補正方法が提案されている。例えば、制御誤差に関しては次のようなものがある。山崎ら³⁾は減衰定数の仮定による誤差を指摘している。また、供試体の変位が目標値に達しない場合には、供試体の変位が目標値に至るまで繰り返し補正を行う準静的な実験も行われている⁴⁾。また、石丸らはオンライン実験の制御誤差として加振装置の摩擦誤差の影響を指摘している⁵⁾。

オンライン実験における制御補正はそのほとんどが準静的であり、実験におけるリアルタイム性を犠牲にしている。しかし、土のような非線形性の影響が大きい場合、特に物性変化が急激な液化化現象を解析する時、リアルタイム性を無視することは出来ない。

本研究では、振動三軸試験機とコンピュータを電気的につないだハイブリッド実験装置を用いた土のオンライン地震応答応荷実験に関して、特にサーボ制御システムに注目して、このシステムの制御誤差を明らかにすることを試みる。

2. オンライン実験システムにおける誤差の種類

オンライン実験の誤差は大別して①数値解析的な誤差、②制御装置による誤差の2つに大別される。①は構造物などの実験対象を供試体に置き換えることによる空間の離散化誤差や、時間をステップ毎に分けてしまうために起こる時間方向の離散化誤差、さらにモデル化における集中荷重や減衰係数などを仮定するため起こる誤差、運動方程式の計算方法による誤差などが挙げられる。

②はサーボの追従性、制御信号の分離フィルターの精度やA/D、D/A変換器の分解能、加力装置の摩擦誤差、変形、センサーの誤差、制御変位の一貫したオーバーシュート、アンダーシュートなどが考えられる。分離フィルターの折点周波数の設定を誤ると必要な信号が減衰し、目標変位に到達しない場合が生じる。逆に、不要な信号が取り除かれず解析結果に悪影響を及ぼす恐れもある。表-1 オンライン実験の解析条件

3. 線形供試体を用いたオンライン実験による誤差解析

(1) 解析条件

載荷システムの制御誤差の影響を調べるために弦巻バネを供試体としたオンライン実験を行った。まず、静的圧縮試験によって弦巻バネの剛性を求めた。そのバネ係数は $k = 195 \text{ kgf/cm}$ であった。また、比較のために非線形挙動ををすると思われる豊浦標準砂(乾燥砂密詰め)で作成した供試体でも同様な実験を行った。解析条件をは表-1に示す。このとき、載荷試験機の油圧サーボコントローラの分離フィルターの折点周波数は 0.2 Hz とした。入力波には正弦波を用い、その周波数を種々に変えて(表-2)、オンライン載荷実験を行った。

(2) 正弦波入力に対する応答とバネ供試体の復元力特性

図-1に解析結果の一例を示す。バネ供試体の解析結果(図-1(a))

を見ると履歴曲線はほぼ線形になった。応答波形には入力加速度波の周波数以外の成分波が見られる。折点周波数(0.2 Hz)付近より小さい周波数になると分離フィルターでの制御誤差が現れ、供試体変位は応答変位より大きくなる。このとき復元力は過大評価されることになる。豊浦標準砂の場合(図-1(b))には、1自由度系の固有振動は卓越しない。しかし、バネ供試体とは逆に折点周波数以下の振幅が低下している。

拘束圧	2.0 kgf/cm ²
固有振動数	1.5 Hz
減衰定数	0.05
時間刻み	0.02 sec

表-2 入力正弦波の最大加速度

周波数(Hz)	最大加速度
0.01~0.5	20 gal
1.0~5.0	50 gal
3.0~5.0	100 gal
5.0	200 gal

(3) 供試体変位量と強制変形量の比に関する考察

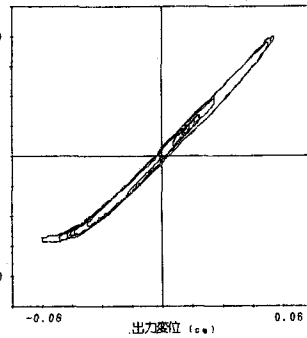
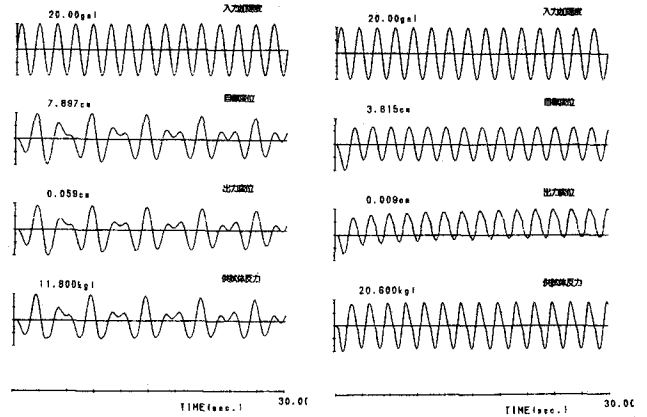
1自由度系の応答変位から算出された目標変位である、加えるべき強制変形量と実際の変形量である供試体変形量の比を求めた。その比と入力正弦波の周波数の関係を図-2に示す。図-2を見ても分かるように、弦巻バネを用いた線形供試体の解析結果では、入力加速度波の周波数成分が分離フィルターの折点周波数（0.2 Hz）付近より小さくなると、両者に差が生じてくるという点である（図-2）。この差がアクチュエータの制御誤差である。折点周波数以下では、分離フィルターが十分に作用せず、アクチュエータが入力信号に追従できていないと考えられる。

4. あとがき

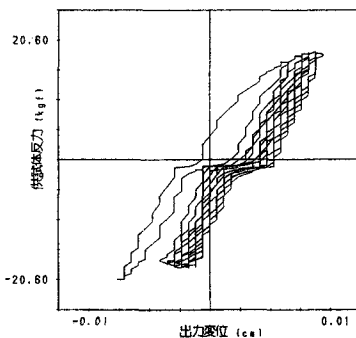
本研究ではオンライン実験のリアルタイム制御を行う場合、制御装置の特性により起こる制御誤差を線形挙動をすると思われる弦巻バネを用いたオンライン実験解析で明らかにしようと試みた。その結果、本実験システムにおける制御誤差を明らかにすることが出来た。今後はリアルタイム制御のオンライン実験の制御誤差の補正方法について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 伯野元彦・横山功一・佐藤安一郎：模型杭基礎の復元力特性に関するオンライン・リアルタイム実験，土木学会論文報告集，No. 200，1972年4月。
- 2) 例えば、片田敏行・伯野元彦：オンライン実験による液状化地盤の非線形振動解析，土木学会論文報告集，No. 318，1982年2月。
- 3) 山崎裕・中島正愛・上之菌隆志・井崎征男・前田克馬：仮動的試験による地震時応答の精度，日本建築学会論文報告書，No. 370，1985.12。
- 4) 例えば、中島正愛・上之菌隆志・加藤博人：仮動的試験による地震応答形状（その2，高次応答現象解析及び対策），日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）昭和59年10月。
- 5) 石丸辰治・安達洋・白井伸明・中西三和・神田亮：オンラインシステムによる疑似動的実験の誤差評価に関する研究，日本建築学会学術講演梗概集（東海），昭和60年10月。
- 6) 大島安次郎・荒木献次：サーボ機構，オーム社。



(a) バネ供試体の場合



(b) 豊浦標準砂の場合

図-1 オンライン地震応答載荷実験の一例

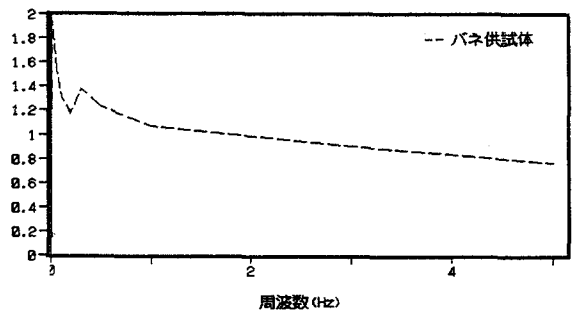


図-2 オンライン実験結果より得られた振幅の増幅率