

## 構造物を対象とした3次元载荷装置の開発

名古屋工業大学 正員 小畑 誠  
 名古屋工業大学 正員 下村 太一郎  
 名古屋工業大学 正員 松尾 奈緒美  
 名古屋工業大学 正員 後藤 芳顕

### 1 はじめに

地震時の構造物の終局挙動において多方向载荷の影響を考慮することが重要であることは既に指摘されているとおりである<sup>1)</sup>。しかしながら構造物の直接的な多方向载荷の実験はその困難さから限られた例が報告されているのみである<sup>2)</sup>。このような現状から、地震時の構造物の挙動のよりの確な把握をするために、著者らは3次元擬似動的実験を視野に入れた構造物に対する3次元実験装置を開発したのでここに報告する。

### 2 実験装置の概要

実験装置の全体は図1に示すとおりである。構造物に対して正確に3次元的な载荷を行う実験装置を開発する場合、3次元に特有ないくつかの問題を解決する必要がある。それらのうち特に重要なものは自由度の取り扱いと3次元的な変位計測である。以下にこれらの点を中心に実験装置の概要を説明する。

#### (a) 立体ヒンジ構造

3次元の物体は一般に3つの並進変位と3つの回転という運動の自由度を持つ。したがって载荷においてはこれらの6つの自由度を考慮しなければならないが、これは载荷装置や計測装置を著しく複雑ならしめることになる。先にも述べたように、著者らは擬似動的実験を視野に入れている。そこで用いられるモデルは通常は質点であり並進変位の自由度のみが考慮されていることから、本装置ではボールジョイントと呼ぶ立体ヒンジ機能を持つ特殊な接合装置を導入し回転の自由度を消去している。ボールジョイントは図2に示すように加振機につながる腕の端部を中心部に位置する鋳鋼の中心球と外壳ではさみこむ構造になっている。加振機の固定側も同様の機能を持つ構造になっており、したがって3本の加振機の作用線は常に中心球の中心で交わることになる。したがって図1にあるように3本の加振機と供試体とをボールジョイントを介して接合することにより並進変位のみの自由度を持つ3次元载荷を実現することができる。

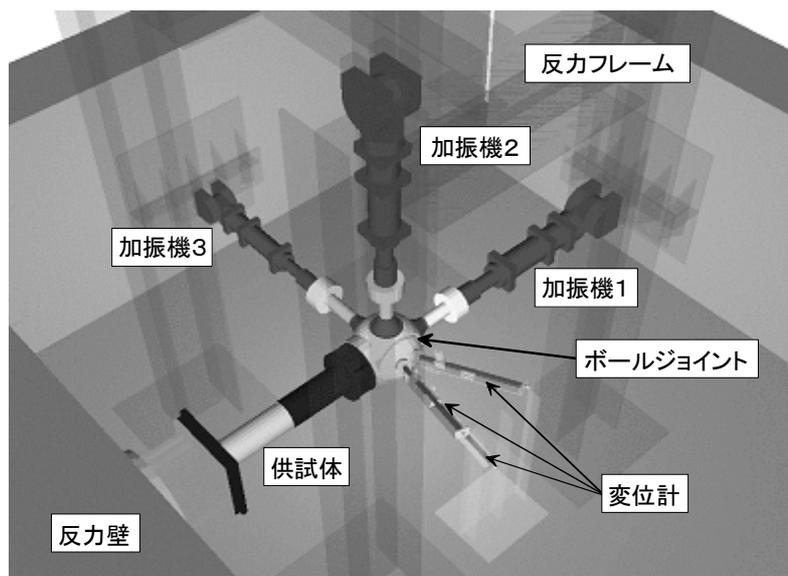


図1 実験装置の全体図

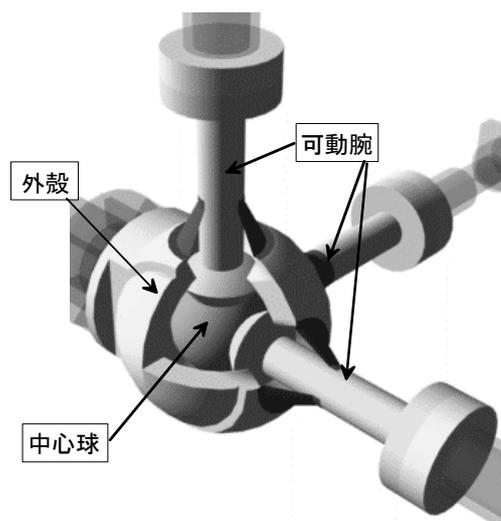


図2 ボールジョイントの構造

キーワード 多方向载荷実験, 耐荷力, 耐震  
 連絡先 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町名古屋工業大学社会開発工学科)

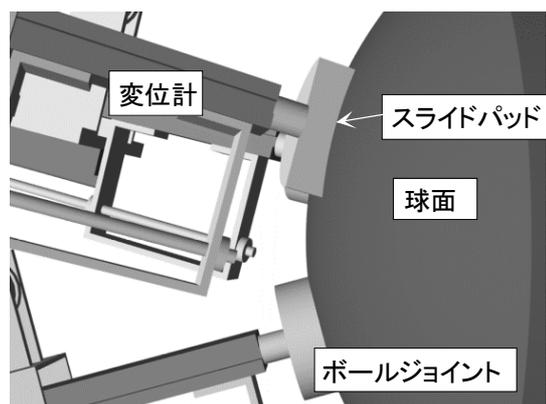


図3 変位計とジョイントの接触部分

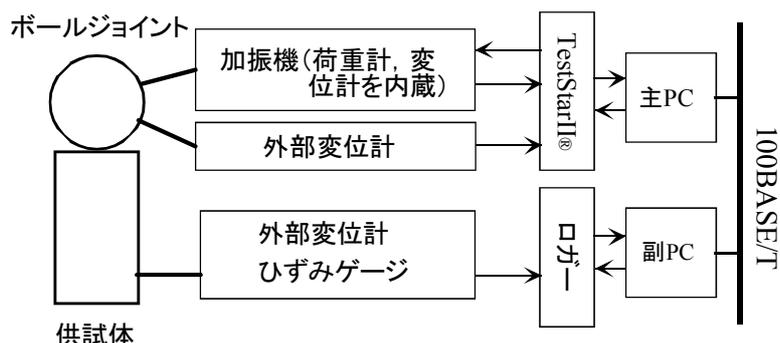


図4 制御および計測システム

高い加工精度と十分な強度を確保することにより加振機的能力の範囲内（引張 453kN 圧縮 645kN，いずれも最大値，ストローク 250mm）でがたつきや摩擦を無視できる程度にすることが可能になっている。

### (b) 位置計測システム

本装置による3次元実験では中心球の中心の空間中での変位あるいは位置の測定が必要となる。特に十分な精度でこの測定を行うことが擬似動の実験において要求される。しかしながら本装置の要請をみたす空間位置測定方法が一般的でないこと、そして通常の変位計を用いるにしてもそれらが空間位置測定を前提としていないことが問題となる。そこで著者らは、通常の変位計を使いつつボールジョイントの特性を利用する変位測定装置を開発した。概要は図1にあるようにジョイントの一部を中心球と中心を共有する球面に仕上げ加振機と同様に3本の変位計を設置したものである。ジョイントに接する部分は図3にあるように球面と同じ曲率を持つパッドとなっている。変位計の固定端は小さな立体ヒンジになっているためジョイントの位置にかかわらず3本の変位計の軸は常に中心球の中心で交わることになる。すると中心球の空間中の位置 $(x, y, z)$ はあらかじめ設定した適当な座標系に対して次の方程式

$$(x - \xi_i)^2 + (y - \eta_i)^2 + (z - \zeta_i)^2 = (\ell_i + \Delta\ell_i)^2, \quad (i = 1, 2, 3) \quad (1)$$

を解くことにより得ることができる。ただし $(\xi_i, \eta_i, \zeta_i)$ と $\ell_i$ はそれぞれ変位計の固定端の位置および固定端から中心球の初期位置までの長さでありこれらは既知の量である。また $\Delta\ell_i$ はそれぞれの変位計の読みである。

### (c) 制御および計測システム

加振機の制御そして位置やひずみ等の計測は図4に示すようにすべてPCで行っている。そこにあるように加振機への制御信号および加振機からのデータおよび3本の外部変位計からのデータはMTS社製のTestStarII®を通じて主PCとやりとりされる。また、台座の変形などそれ以外の変形データについてはデータロガーとGP-IBを通じて副PCに送られる。そしてこれらのPCは100BASE/Tにより接続され相互に通信することが可能である。オブジェクトベースの汎用的な静的3次元载荷および計測のためのWindowsNT®上のプログラムをVisualBasic®とTestStarII®のAPIを用いて開発した。このプログラムでは副PCに接続されたデータロガーはDCOMにより主PCからはリモートオブジェクトとして認識される。したがって载荷実験において主PCは副PCの資源を透過的に制御しつつ協調して動作する。

## 3 まとめ

立体ヒンジ機能を持つボールジョイントを製作することにより3本の加振機を用いる3次元载荷装置を開発した。また、あわせてボールジョイントシステムに即した3次元位置計測システムを開発した。本実験装置を用いた簡単な実証実験を行ない基本的な動作については確認した。これについては当日発表する。

参考文献：1) Bousias et al, J. Engrg. Mech. ASCE, Vol. 121, p.596 (1995), 2) Watanabe et al, J. Struct. Mech/Earthquake Engrg, JSCE, Vol. 17, p.69s (2000)