

|         |     |      |
|---------|-----|------|
| 電力中央研究所 | 正会員 | 遠藤考夫 |
| 電力中央研究所 | 正会員 | 加藤 治 |
| 名古屋大学   | 正会員 | 田辺忠顕 |

## 1. まえがき

原子力発電における軽水炉の大型化に伴って、格納容器をプレストレストコンクリート（PC）造あるいは鉄筋コンクリート（RC）造とする趨勢が高まっている。これらの重要な原子力施設を設計する上での問題点の一つは、地震力に耐えしむに十分な安全性を確保するかということである。これに関連して、従来は主として静的な実験を主眼として研究がなされてきたが、しかし、構造物の実際の地震時挙動・安全性を知るためには動的破壊実験による研究がなされることが望ましく、解析の面からは終局時に至るまでの構造物の復元力特性および減衰力特性を正確に把握することが大切である。

このような見地から、本研究ではRC円筒シェルモデルの動的破壊性状ならびに動的応答を知る目的で振動台を用いた動的破壊実験を行なった。また、アクチュエーターを用いた静的正負繰返し載荷実験を行ない、両実験結果を比較検討してRC円筒シェルの耐震安全性を検討するための基礎的資料を求めた。

## 2. 実験の概要

実験は動的破壊実験を2ケースと静的正負繰返し載荷実験を1ケース行なった。試験体は全て同種のもので、Fig-1に示す形状・寸法をもつ円筒シェルである。円筒部はモルタル製で縦横 $\phi 2.0$  mmの鉄線が配置され、上下にスラブが取り付けられている。動的破壊実験では、試験体上スラブに付加質量として鋼製Weightを1〜2 ton取り付け、ケース1では入力波を正弦波とし、入力正弦波の振動数及び入力加速度と試験体の固有振動数に合わせて段階的に変化させて破壊に至らした。この時、各段階で固有振動数、応答加速度、動的歪等を測定した。また、ケース2では振動数と振幅が連続的に変化し、供試体の固有振動数を含む約60秒間の正弦波を入力とした破壊実験を行なった。この実験では、固有振動数、応答加速度、動的歪および動的変位を測定した。静的正負繰返し載荷実験は、水平アクチュエーターを上スラブの片側に取り付けて、一台で正負の繰返し載荷を行なえるようにした。載荷は変位制御とし、変位、荷重、静的歪等を測定した。

## 3. 実験結果と考察

a) 固有振動数について：試験体と試験体の固有振動数に等しい正弦波で加振すると、入力加速度が100 galに至るまでに初期ひびわれが発生し、固有振動数は試験前の場合の8割程度に相当する8 Hzに低下した。初期ひびわれが発生しても、正弦波入力加速度が100〜150 gal程度では固有振動数はあまり変化せず、ひびわれも進展しなかった。更に、150〜350 galの入力加速度で加振すると固有振動数は4 Hzまで低下し、試験体は破壊に至った。このように、ひびわれの進行に伴い固有振動数の変化が見られた。Fig-2は、固有振動数と試験体が過去に受けた最大頂部水平変位との関係を動的実験と静的実験とで比較したものである。これによっても、ひびわれの進行に伴い固有振動数が低下することがわかる。また、静的実験より得られた剛性をもとに算出した試験体の固有振動数と振動台によるSweep試験により得られた固有振動数はかなり良い一致を示しており、従来から言われているように、固有振動数は静的荷重一

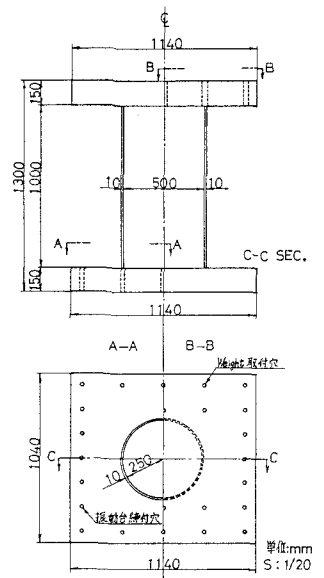


Fig-1. 試験体の形状・寸法

変位曲線から推定しようという事実が確認された。なお、自由振動試験で得られた固有振動数は、Sweep試験の結果とひびわれの進行とともに隔たる傾向にあった。

b) 減衰について：本実験で、破壊に至る各段階で自由振動試験より求めた減衰定数は、ひびわれの進行に伴って増加することを示している。すなわち、荷重載荷前では5%程度であったものが、終局時には20%近くまで増加した。

c) 復元力特性について：静的実験による荷重-変位履歴図はFig-3のように求められた。また、動的実験結果より荷重-変位履歴図を求めるにあたっては、荷重を実測した応答か速度と付加質量の積とした(Fig-4)。Fig-4を見ると、同じ曲げ破壊であっても、動的な場合は静的な場合と異なり、負側と正側が均等に進行することはなく、一方に片よる様であり、非常に特異な動的荷重-変位履歴図となっている。

d) 破壊モードについて：本実験では、静的破壊荷重2.8 ton に対して、動的破壊時の最大荷重は1.5 ton程度であり、両者に大きな相異があった。これは、静的破壊ではひびわれが細かく入り、負側と正側が均等に壊れるのに対して、動的破壊ではひびわれの本数は少ないが一本一本のひびわれは長く、その幅が広く、かつ負側と正側とで均等に破壊が進まず、静的破壊モードと動的破壊モードとが必ずしも一致しない事によるものと考えられる。また、円筒基礎の下スラブからの抜け出し耐力が荷重速度に大きく影響されているように見受けられ、これも一因と思われる。

#### 4. 復元力特性の解析的検討

本研究で用いたRC円筒シエルの荷重-変形特性を有限要素法により解析した。解析には著者らが先に発表した非軸対称荷重を受ける非軸対称剛性を有する軸対称リング要素を用い、ひびわれの発生に伴って生じる剛性低下は、RC円筒モデルに使用した鉄線の引張試験よりFig-5のように仮定した。解析は荷重が2 ton まで行ない、その結果をFig-3に破線で示した。これより、荷重が1.3 ton 近くまでは比較的良好に一致する結果を得た。今後は荷重レベルが大きくなる場合の解析精度をあげる必要がある。

#### 5. あとがき

これまでのことから、今後は動的耐力を精度よく推定するために、更に減衰定数、逐次破壊による復元力特性の変化等をより詳細に検討する必要がある。

最後に、本研究を進めるにあたり武蔵工大56年3月卒業生の谷口誠、依田猛両君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

[参考文献] ① 藤藤他：ひび割れあるいは断面収縮等の剛性変化を考慮したシェル構造物の応力解析：第35回年次学術講演会要録集555, 9, 17-98

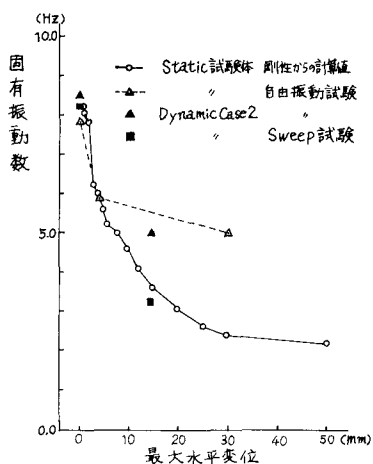


Fig-2. 固有振動数と最大水平変位

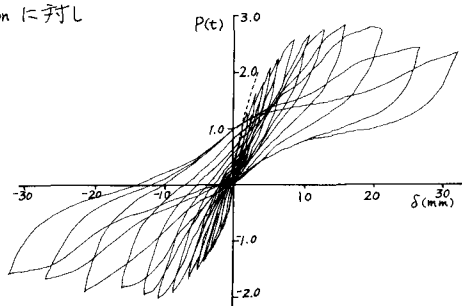


Fig-3. 荷重-変位履歴図 (Static)

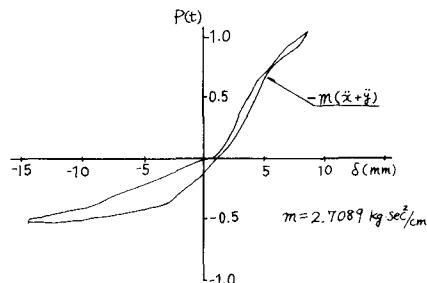


Fig-4. 荷重-変位曲線 (Dynamic Case 2)

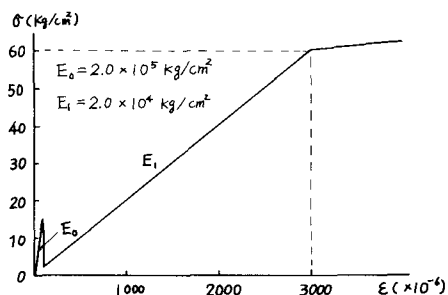


Fig-5. 計算に用いた剛性