

—マルテキャビティ型(PCRV)模型内圧実験—

2 過圧状態および破壊時の挙動

鹿島建設 正員 内藤豊章 鹿島建設 正員 夏目忠彦
 鹿島建設 正員 中野正之 鹿島建設 正員 石谷尹利
 鹿島建設 正員 赤井哲次郎 鹿島建設 正員 〇竹田哲夫

I. まえがき

(その3)では、マルテキャビティ型PCRV模型の弾性実験結果を報告したが、本報文では内圧による破壊実験結果を報告する。この破壊実験は、PCRV模型の過大内圧時の挙動を知り、破壊モードと破壊耐力を明らかにすることにより、設計で設定した方針および破壊に対する安全性を検討する目的で実施した。また同時に、模型のひびわれの進展過程の挙動を追跡する解析法を開発して、実験結果と照合することにより、その妥当性を明らかにすることを目的とした。

II. 内圧破壊実験結果

弾性範囲内の実験にひきつづき、ひびわれ発生を伴った過圧実験を行なったが、M-6、M-7模型とも、内圧が 198 kg/cm^2 (設計内圧の約5.7倍)に達した時に円筒壁上部のひびわれから油がふき出し、実験は終了した(写真-1)。加圧順序および加圧方法、計測方法は(その3)で述べたとおりである。

1. ひびわれ発生位置とその進展状況

図-1にひびわれ検知ゲージの測定結果から推定されるM-6模型のひびわれ発生位置とその時の内圧を示す。最初にひびわれが検知されたのは内圧 70 kg/cm^2 で、ボイラーポッドと炉心部の間の縦方向のひびわれであった。ほとんど同時に、円筒壁外表面の中央部分に水平方向ひびわれが発生したのが検知された。この結果から、設計内圧に対するひびわれ安全度1.5以上という設計条件を満足していることが確かめられた。内圧 100 kg/cm^2 付近では、円筒壁外表面に縦方向のひびわれが肉眼で確認できた。150 kg/cm^2 では、そのひびわれ幅は0.3mm程度にまで広がっているのが観察できた。

2. 内圧増加に伴う変位の変化

図-2は内圧増加に伴う模型外表面の変位分布を示す。垂直方向、半径方向の変位はともに 80 kg/cm^2 までは、直線的に増加しているが、さらに内圧が増加するとひびわれの発生、

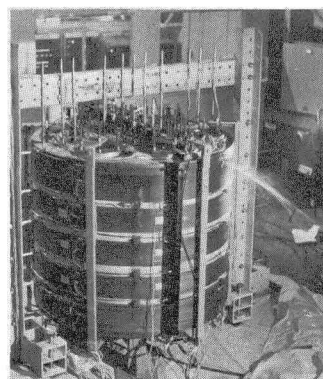


写真-1 油がふき出し状況

順序	発生内圧 kg/cm^2
①	70 ~ 80
②	80 ~ 90
③	100 ~ 110

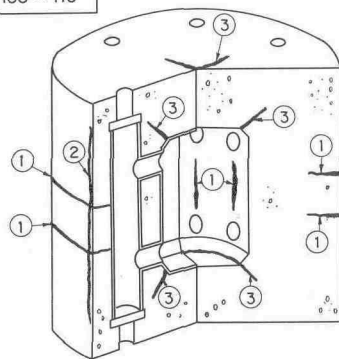


図-1 ひびわれ発生位置と内圧

進展にともない変位は徐々に増大している。内圧が150 kg/cm²以上になると、変位は急速に増大している。最終状態においては、模型はびやびやの状の変形を示しており円筒壁中央部および上部スラブと円筒壁の隅角部に塑性ヒンジが形成されたと考えられる。

3. 破壊モードと最大内圧

M-6, M-7模型との、内圧が198 kg/cm²に達した時に、炉心部の鋼製ライナーのハンテ部の溶接部分が破断し、ハンテ部のコンクリートのひびわれを通じて油がふき出したものと考えられる。最終段階のひびわれ状況および変形状況から、この模型の破壊モードは図-3のように推定されたが、これは水平断面の場合は、設計で設定した破壊モードと同様であり、漸進的な破壊を示した。なおPC鋼材は降伏までかなり余裕があった。

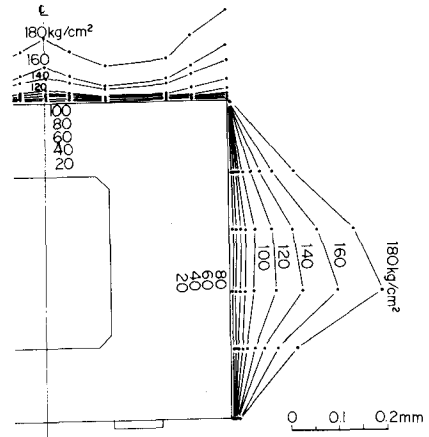


図-2 過圧時の変位分布

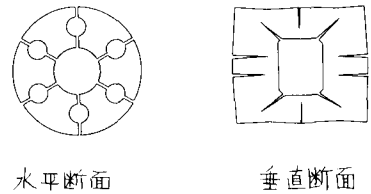


図-3 推定される破壊モード

Ⅲ 内圧に対する弾塑性解析

解析は曲面体要素法 (Iso-Parametric Element Method) によるもので、コンクリートを任意四辺形要素、鋼材 (PC鋼線、ライナー) を線材要素で分割し、両者の応力-ひずみ関係に非線型性を与え増分法に基づいて行なった。なお解析モデルは降伏パターンに対応して円筒壁中央部をとり出し二次元化した。

この方法による解析結果と実験結果との比較を図-4、図-5に示す。図-4ではひびわれ進行過程における炉心部とボイラーポッドとの中間における円周方向ひずみ度の推移を、図-5では外壁面半径方向の変位の推移を示す。

この結果、解析値と実験値はよい対応を示している。

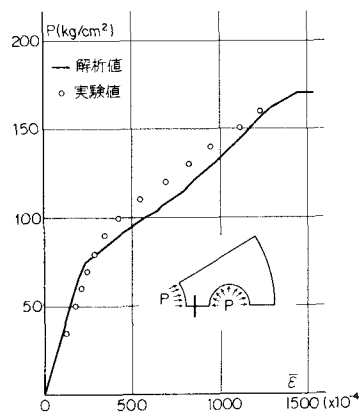


図-4 平均ひずみ度推移

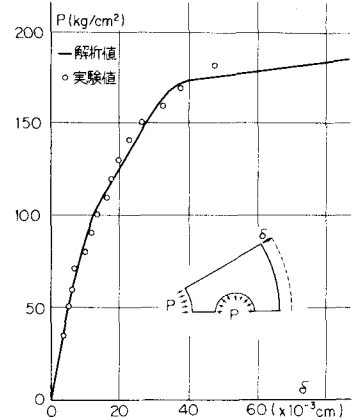


図-5 変位推移

Ⅳ. むすび

実験から、設計で設定したPCRV模型の過大内圧時の挙動および破壊性状を知ることができた。この結果、模型は内圧に対して十分な強度と靱性をもつ構造物であることが明らかになった。また同時に、模型のひびわれの進展過程の挙動を、この弾塑性解析法で、かなり良く追跡できた。