

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

| | |
|-------|-----------------|
| 改訂番号 | 改訂 0 |
| 提出年月日 | 平成 28 年 8 月 2 日 |

BWR 新規制基準適合性審査
有効性評価解析条件提示シート

原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用
(AUTODYN)

平成 28 年 8 月

東京電力ホールディングス株式会社

中国電力株式会社

日本原子力発電株式会社

2. AUTODYN

2. 1 入力

(1) 計算体系の幾何形状

解析モデルを図 1 に示す。解析は 2 次元軸対称モデルを用い、気相部、液相部、圧力源、鋼板部及びコンクリートをモデル化している。当該モデルは 2 次元軸対称体系であるため、縦リブ鋼板及び開口等は模擬していない。

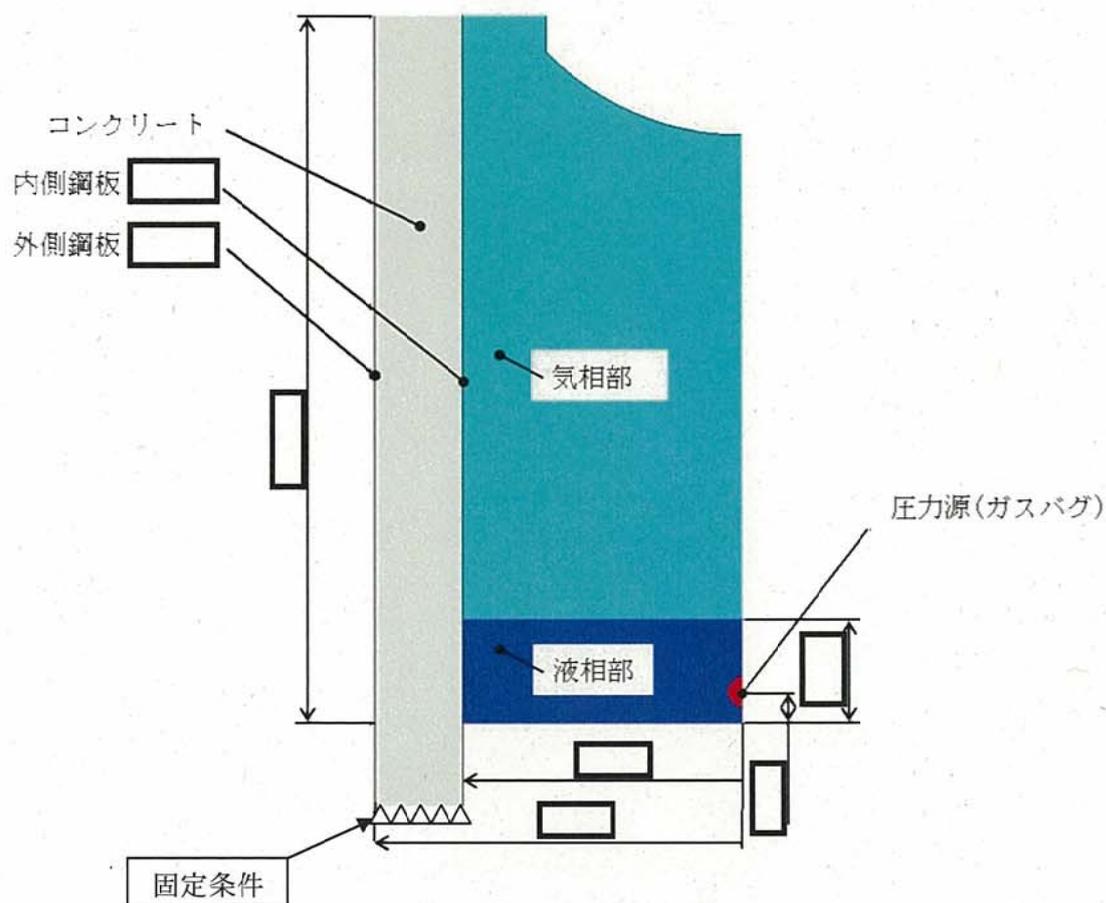


図 1 解析モデル (単位 : mm)

(2) メッシュ分割及び拘束条件

(3) 有限要素及び要素プロパティ

本解析で適用した要素タイプ (AUTODYN ではソルバーと呼称) と材料特性の一覧を表 1 及び表 2 に示し、メッシュ図を図 2 に示す。

AUTODYN は複数のソルバーにより構成されるプログラムであり、モデル化の対象に応じて適切なソルバーを選択することができる。本解析では、爆発現象に伴う液相-気相部境界が大きく変動することが想定されることから、空間領域は複数物質の移流を考慮することが可能な Multi-material-Eular ソルバーを用いた。これにより、圧力源からのエネルギー開放に伴う水面の変動やブレークスルー等も模擬できる。

なお、鋼板はコンクリート壁に比べ厚みが小さいため Shell ソルバーを用いる。Shell ソルバーに対しては、Eular ソルバーとの相互作用を定義する境界として必要なポリゴンを設定することで流体-構造間の連成解析を実現する。

表 1 要素プロパティ一覧

| 部位 | ソルバー | 要素幅 | 要素数 |
|--------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| コンクリート | Lagrange (Solid 要素) | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 内外鋼板 (SPV490) | Shell | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 空気, 水, エネルギーソース | Eular (Multi-material) | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

表 2 材料特性一覧

| 材料 | 密度※1 | 体積 弾性率※2 | 横弾性率 ※1 | 降伏応力 ※1 | 最大引張 強さ※1 | 限界ひずみ ※1 |
|--------|----------------------|-------------|------------|---------------|--------------|-------------|
| コンクリート | <input type="text"/> | | | (図 3 の関係式による) | | |
| SPV490 | | | | | | |

※1 ノミナル物性値である。

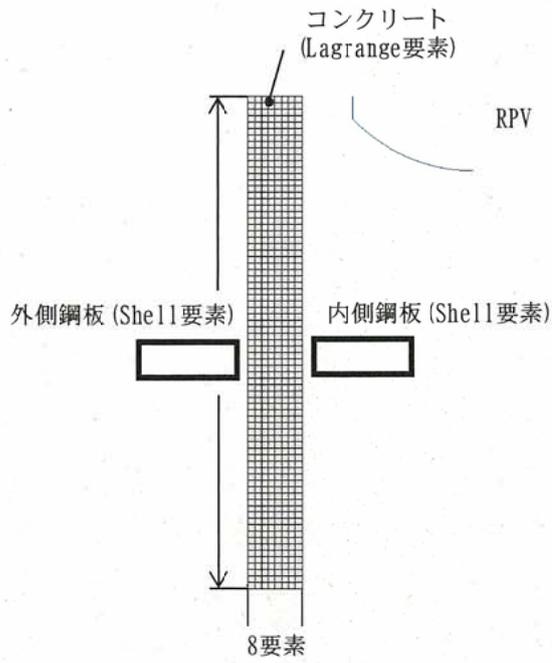
※2 ノミナル物性値であり、下式に基づき算出したもの

$$K = E / (3 \times (1 - 2 \cdot \nu))$$

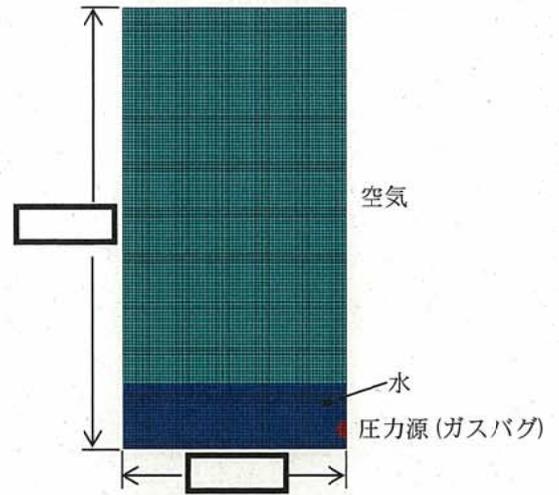
ここで、

E は縦弾性係数で

ν はポアソン比で

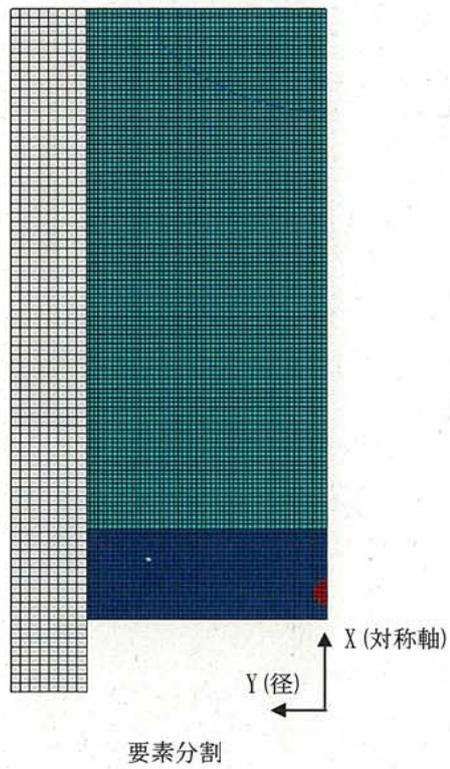


Shell要素及びLagrange要素



Euler要素は、構造要素の変形に伴って領域が変化するため、構造との境界よりも広めに設定している。

Euler要素部



要素分割

図2 メッシュ図

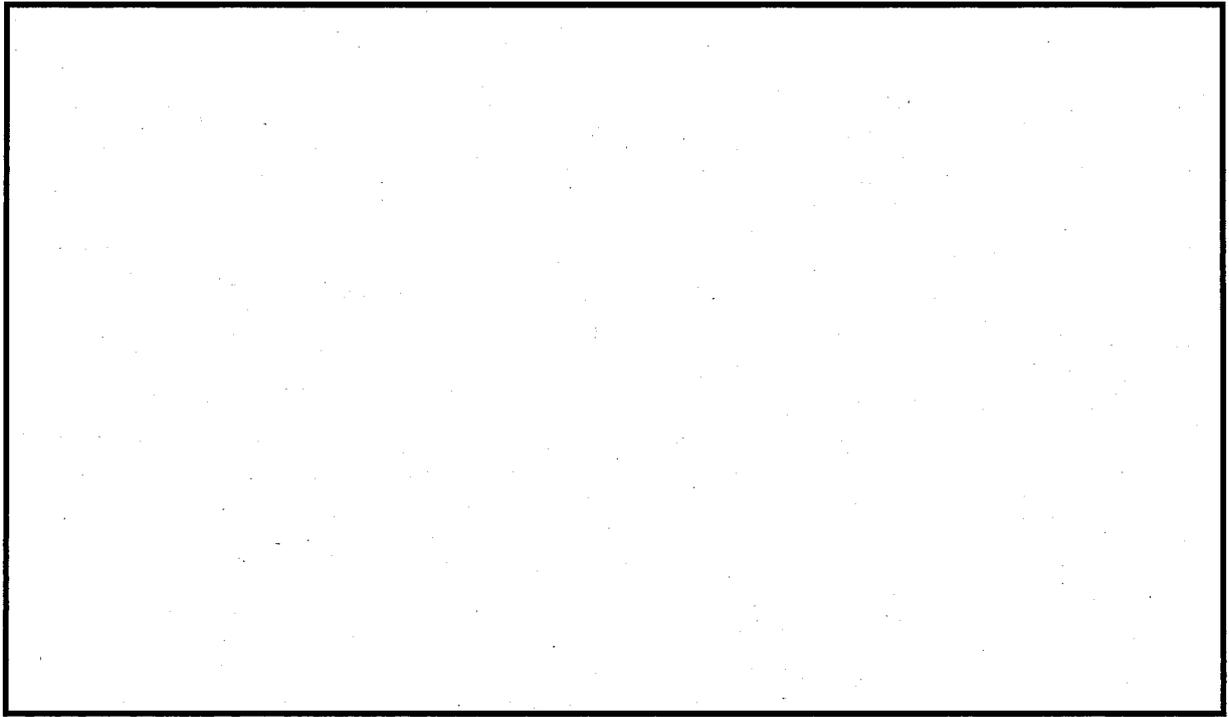


図3 Drucker-Prager の降伏モデルにおけるコンクリートの圧力と降伏応力の関係

(4) 圧力発生点及び圧力履歴

圧力源（ガスバグ）の仕様を表3に示す。また、体積変化と圧力の関係を図4に示す。

表3 ガスバグ仕様

| 項目 | 値 | 備考 |
|---------|---|----|
| 運動エネルギー | | |
| 初期半径 | | |
| 初期圧力 | | |
| 体積変化 | | |

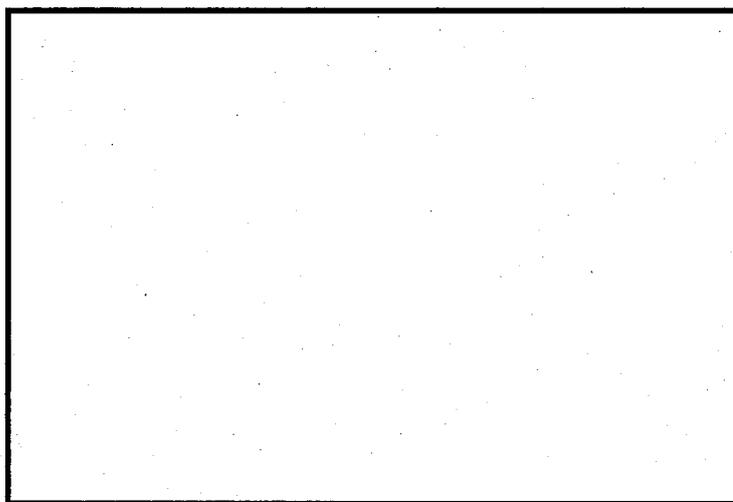


図4 体積変化と圧力の関係

以上