



第59条（原子炉停止系統）に係る説明書
<指摘回答>

2022年1月18日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部

- ・スクラム試験の検証解析に関し、加振時の結果を提示すること。

●ADAMS機構解析による「常陽」制御棒の地震時挿入性評価※の妥当性検証の方法

「常陽」では、制御棒の加振時スクラム試験を実施した経験がなく、以下の二段階により「常陽」制御棒の地震時挿入性評価の妥当性を確認することとし、それぞれ既往試験と解析結果との比較により確認する。

- ①「常陽」制御棒のスクラム挙動を解析により再現できること
(ADAMS解析での「常陽」制御棒モデルの検証)
- ②地震時条件下のスクラム挙動を解析により再現できること
(ADAMS解析による加振時スクラム挙動解析の妥当性確認(「常陽」以外の制御棒で確認))

※ 機構解析は、複数の物体が連成して挙動する機構を、複数の物体間に働く相互作用を運動方程式の形にモデル化して挙動を調べる手法であり、現実の物理現象をシミュレートした連成挙動の解析が行える。ADAMSコードは汎用機構解析コードであり、物体の変形を考慮した挙動解析が可能で、エンジン系の動部品の挙動解析などに適用されている。ここでは、「ADAMS (ver. 2019)」により、衝突や摩擦、流体力等を模擬して、制御棒のスクラム挙動の解析を実施している。

● 「常陽」制御棒のスクラム挙動解析への適用性

(1) 試験概要

「常陽」制御棒駆動機構を用いた制御棒の水中スクラム試験。軸方向各位置で落下時間（検出コイルによる加速管通過時間相当及び加速度計による制御棒の着座時間相当）を測定する。

（解析対象の試験条件）

水温：常温※1

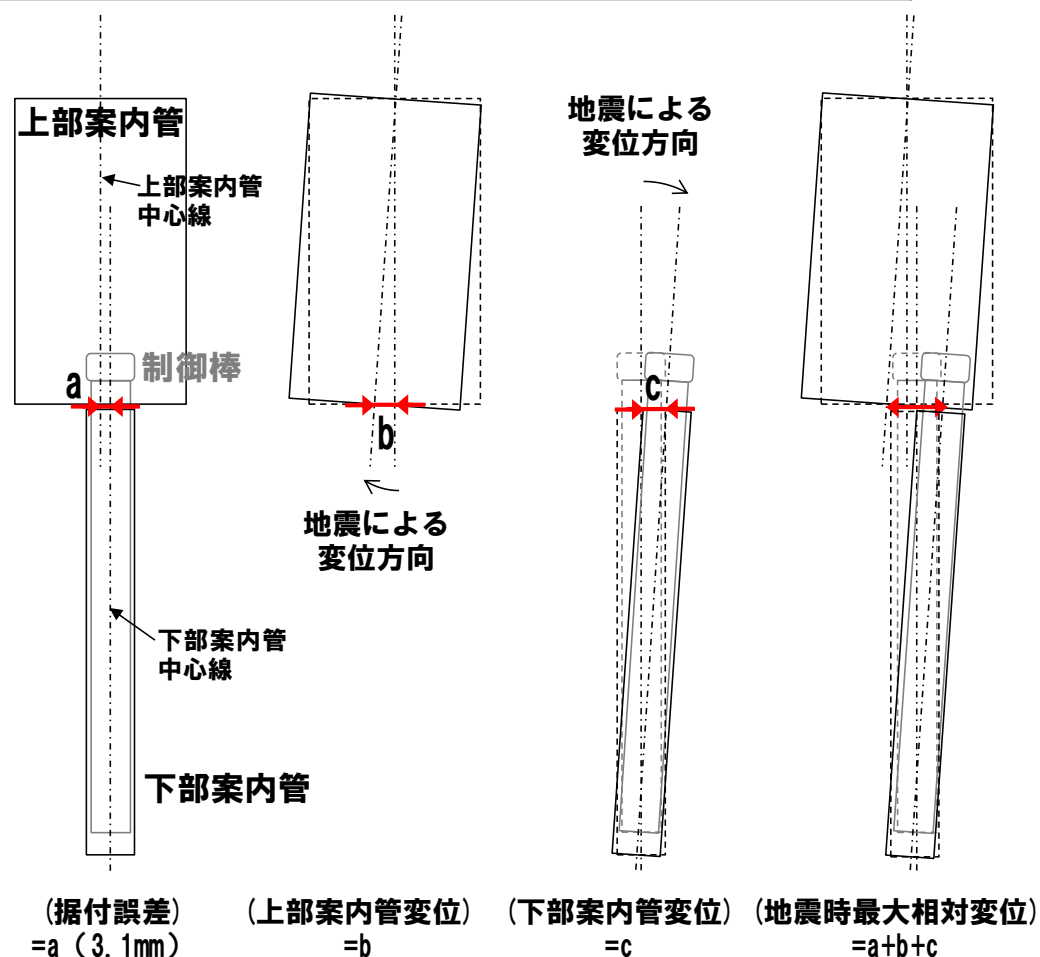
流量：0, 158, 190L/min

偏心量：0, 35mm※2

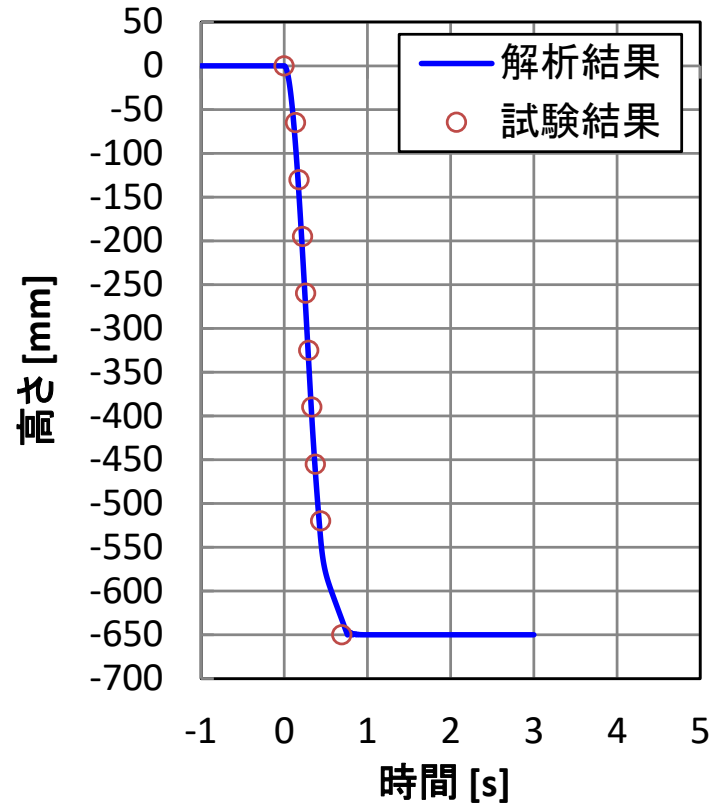
	流量条件	備考
(1)	0 L/min	
(2)	158 L/min	350℃Na換算で2.26kg/s相当
(3)	190 L/min	350℃Na換算で2.71kg/s相当 (MK-IV炉心での100%流量相当)

※1 解析では、常温水中と350℃Naとの比較も実施。

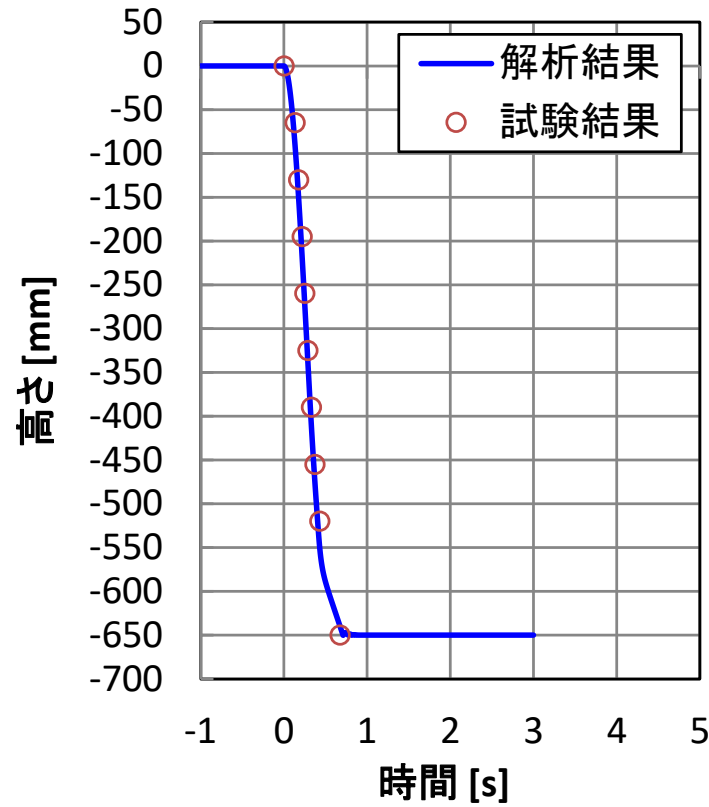
※2 上部案内管中心軸と下部案内管中心軸とのズレ量。試験条件の35mmは、地震時に想定される最大相対変位（据付誤差及び上部案内管と下部案内管の地震により発生する変位から算出される相対変位量（右図参照）、 S_s-1 で $3.1+14.5+12.9=30.5\text{mm}$ ）を上回る値。



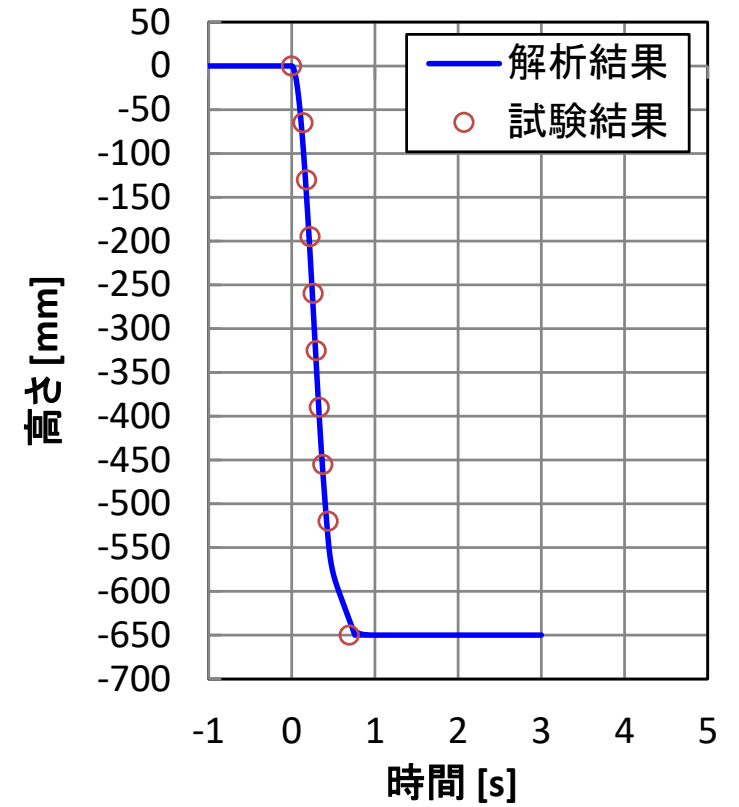
(2) 解析結果



(常温水中、0L/min、偏心0mm)

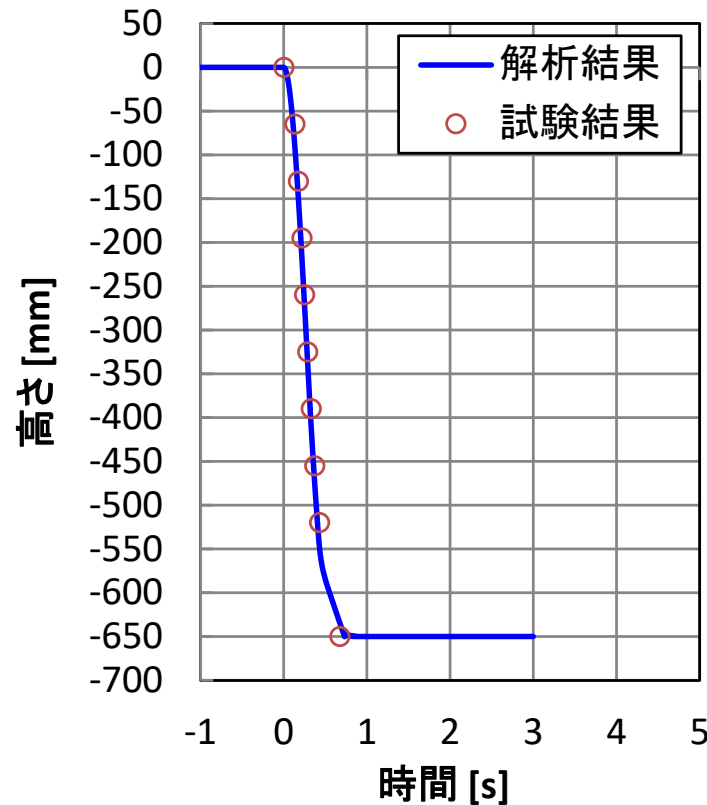


(常温水中、158L/min、偏心0mm)

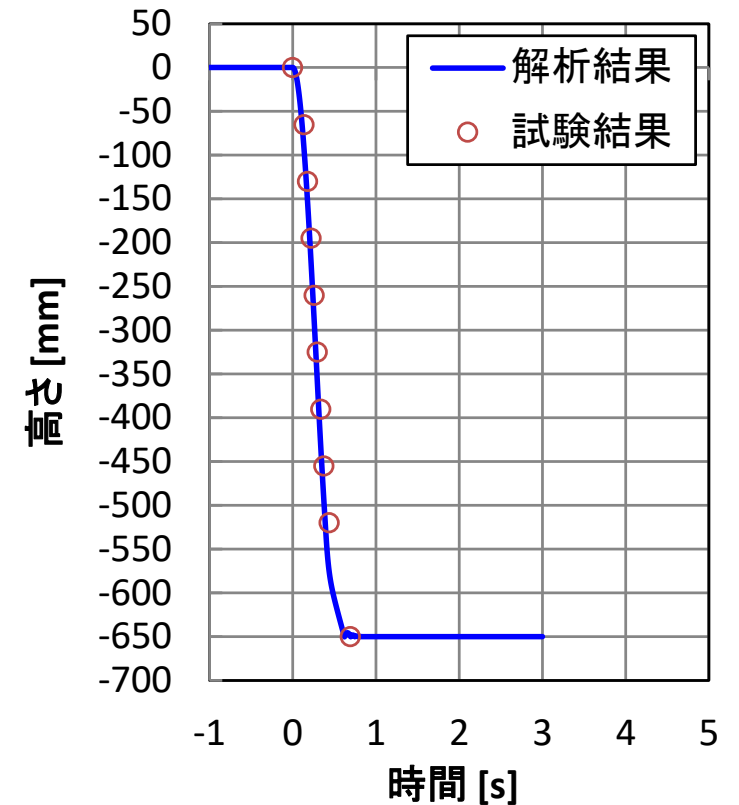


(常温水中、190L/min、偏心0mm)

- 解析では試験結果を精度よく再現できており、ADAMSコードにより「常陽」制御棒のスクラム挙動解析を行えることを確認した。
- 350°CNa中の方が常温水中より密度が小さく、制御棒スクラム時の流体抗力が小さくなるため、スクラム時間は短くなる。



(常温水中、158L/min、偏心35mm)



(350°CNa中、2.71kg/s、偏心0mm)

●地震時の加振による制御棒挿入性評価への適用性

(1) 試験概要

“電力共通研究の後備炉停止制御棒”（「常陽」制御棒と同じで、制御棒のみ落下の方式）の実寸大試験体による水中スクラム試験及び水中振動試験を対象とする。

（解析対象の試験条件）

他社技術情報が含まれている
ため公開できません。

(2) 解析結果

他社技術情報が含まれている
ため公開できません。

- 加振なしの落下試験では、解析と試験の結果がよく一致することを確認した。
- 加振ありでは、水平方向の流体抵抗による応答低減効果を考慮しておらず、上下方向の摩擦力が解析では大きくなっているため、解析のスクラム時間は試験結果より大きく、保守側の評価となる。
- 加振時においても解析によって精度よく再現できることを確認した。