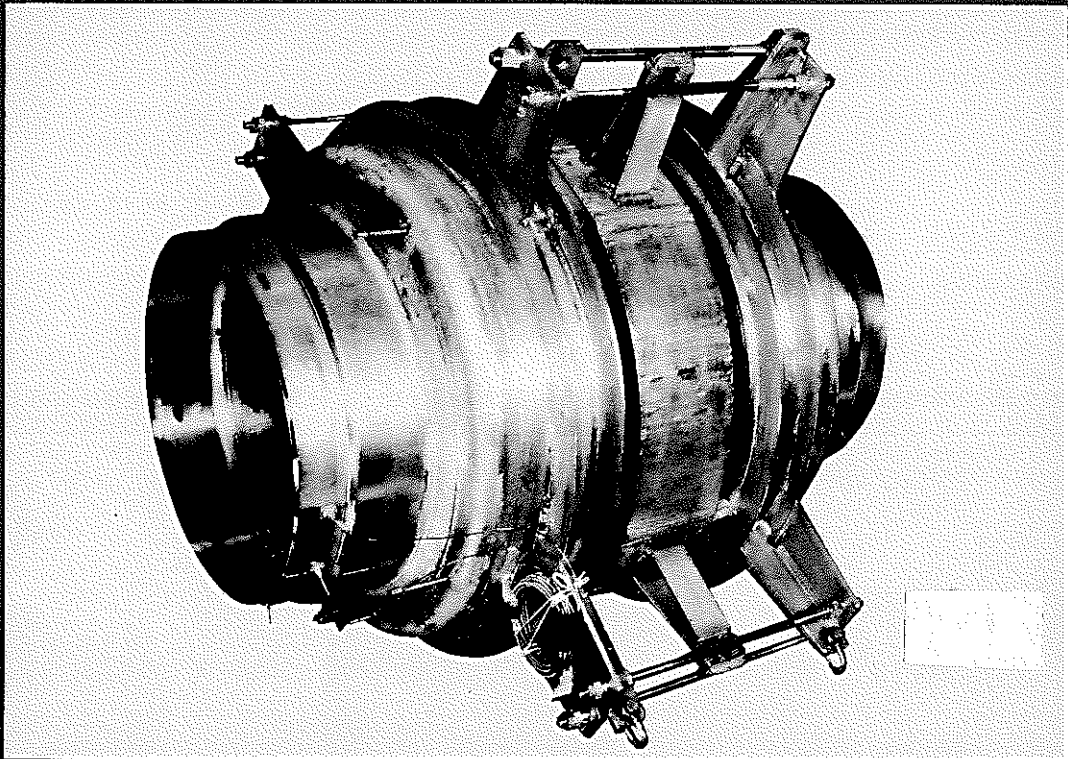


FBR配管用ベローズ継手の 研究開発



動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

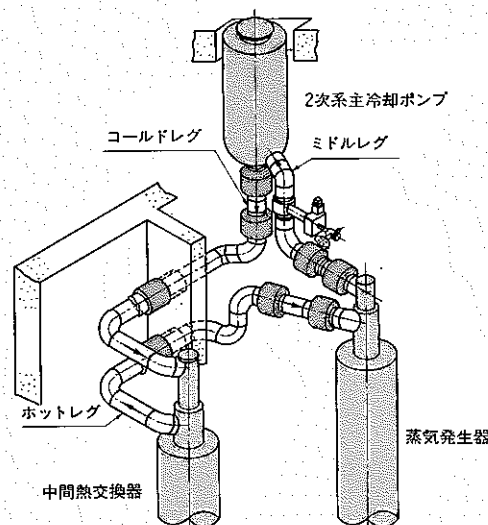
コスト低減化FBRプラント実現への新開発

配管ベローズ継手の開発目的と効果について

FBR 大型炉の建設費低減方策の一つとして配管ベローズ継手に
よる冷却系配管の合理化があり、配管ベローズ継手の実用化のため
に研究開発を進めています。

配管ベローズ継手を使用することにより熱膨張を吸収するための
配管引き回しが簡略化でき、配管長さの短縮や原子炉建屋の縮小が
できます。さらに、配管支持構造物などの付属設備、および電気、
空調等の補助設備の低減が可能となり、建設費低減効果が大きく期
待できます。

図は配管ベローズ継手の研究開発成果を反映し、ベローズ継手
による2次系配管の合理化を図った例です。



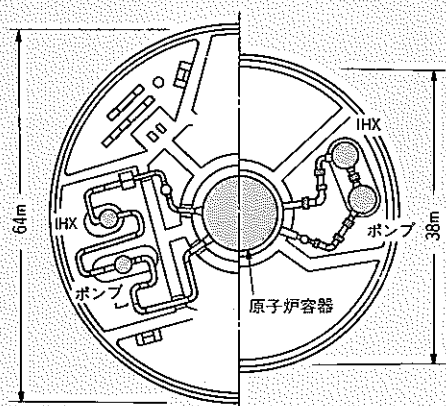
設計概念図

■ 配管平面図の比較

● 1次系

通常配管方式

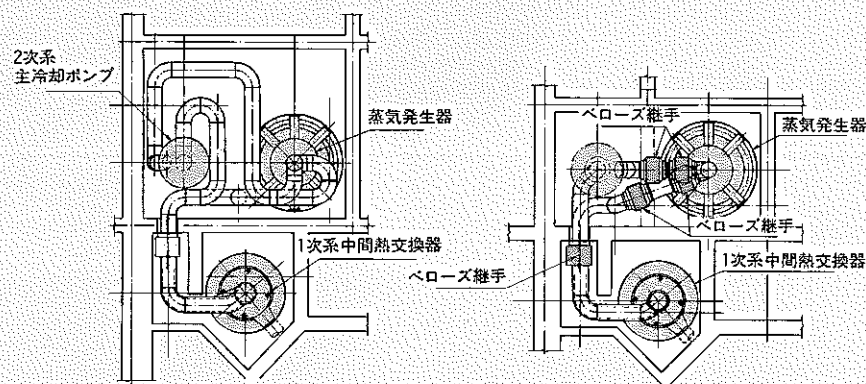
ベローズ方式



● 2次系

通常配管方式

ベローズ方式



■ 2次主冷却系に適用した場合の物量低減効果 (4ループ分)

項目	配管長 (m)	ベローズ数 (個)	エルボ数 (個)	サポート点数 (個)	圧力損失 (kg/cm ²)	Naインベントリ (m ³)	原子炉補助建物 (m)	2次系機器室面積 (m ²)
通常配管	368	—	72	168	3.52 (1ループ)	1200	71×59	708
ベローズ配管	204	24	44	108	3.04 (1ループ)	1080	65×59	472

配管ベローズ継手の研究開発について

■ ナトリウム配管への適用性

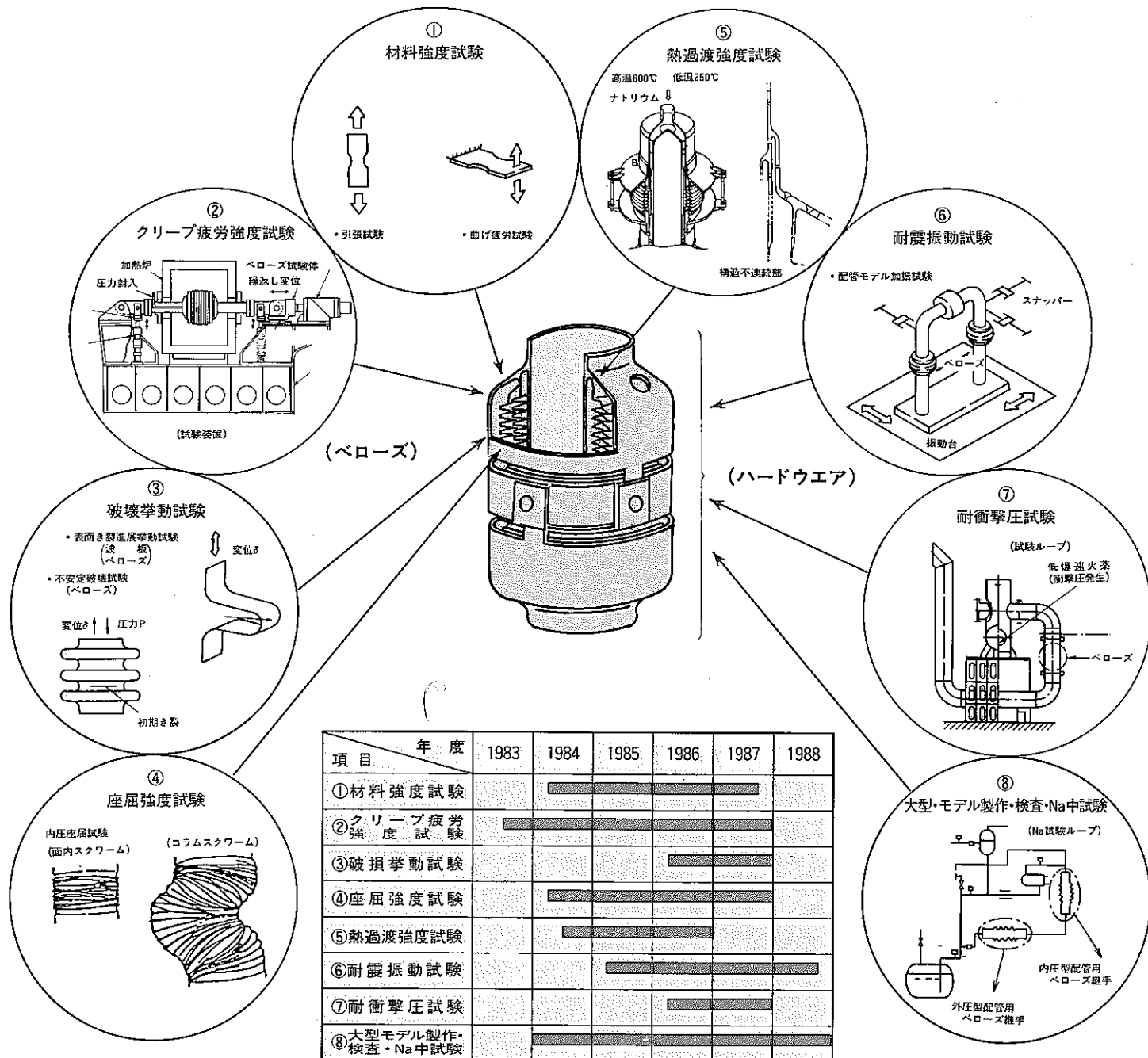
ナトリウム配管に適用可能な配管ベローズ継手構造の開発およびナトリウム中における健全性及び機能確認試験を行っています。

■ 設計・製作・検査の手法と基準化

配管ベローズ継手を原子力設備へ適用し得る品質のものとするため必要となる設計、製作および検査の手法の開発とそれらの基準化を行っています。

■ 構造強度評価

高温での使用によるクリープおよびナトリウムの急激な温度変化による熱衝撃等に対する構造強度上の問題として、クリープ疲労、座屈、漏洩先行型破損(LBB)および耐衝撃圧などの強度試験と評価手法の開発を行っています。



よりよい品質を生み出すために...

試験項目 1 2

1 ベローズ用材料の強度試験

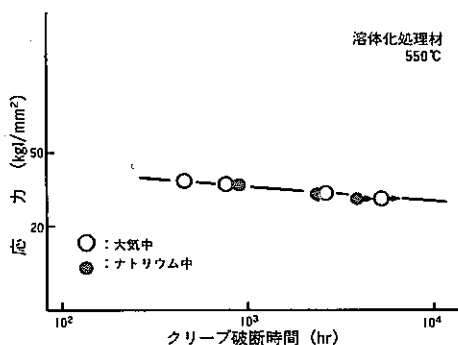
薄板のベローズ用材料についてこれまでの一般構造物用の材料強度基準が適用できるか検証するための基本材料データを得る目的で、イ. 引張り試験、ロ. クリープ試験、ハ. ナトリウム環境効果試験などさまざまな試験を行っています。

これらの試験により

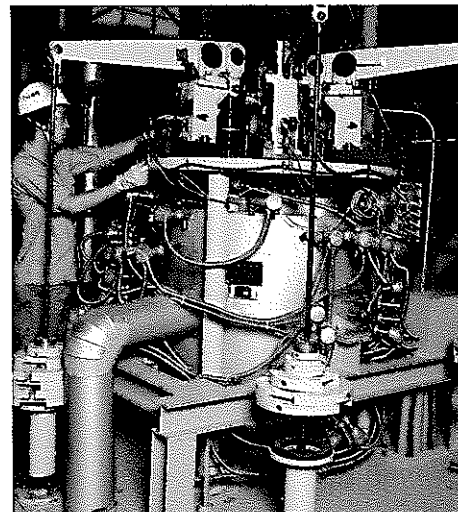
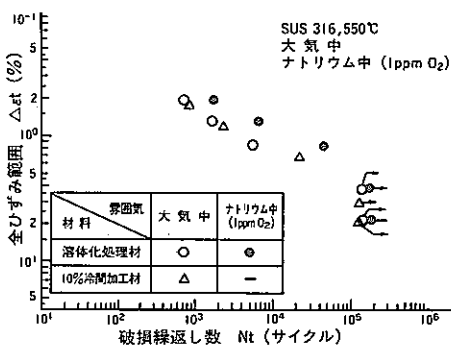
イ. 現行のSUS 316 の材料強度基準が適用できる。

ロ. ナトリウム接液に伴う強度低下は生じない。
等が判りました。

● クリープ強度に及ぼすナトリウム環境効果



● 大気中とナトリウム中の疲労寿命の比較

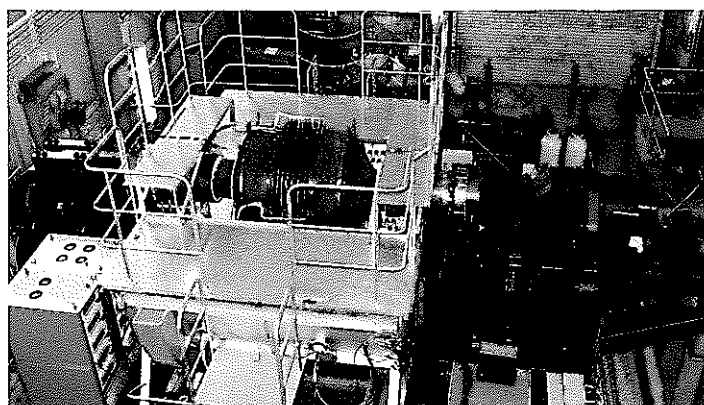


6連式クリープ破断試験機

2 ベローズのクリープ疲労強度試験

ベローズは複雑な形状であることから、繰返し変位負荷を受ける時の挙動を把握し、寿命を合理的に評価することは重要な課題です。弾性計算に基づく適用範囲の広いベローズのクリープ疲労強度評価法を開発するため、配管ベローズクリープ疲労試験装置(通称BCFT)を用いて大型ベローズの疲労とクリープ疲労試験を実施しました。

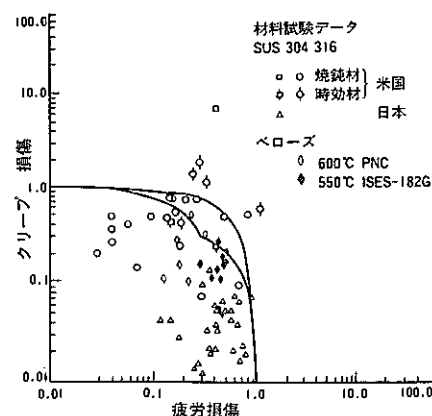
下図はベローズの破損時の損傷を評価したのですがベローズの試験データは材料試験データのばらつきの中に十分収まっています。



配管ベローズクリープ疲労試験装置 (BCFT)

BCFT仕様

試験温度 650℃ max
曲げ角度 ±5 deg max
圧力 10kg/cm² G max
アクチュエータ 軸方向 ±150 ton
±100 mm (1 unit)
曲げ方向 ±20 ton
±50 mm (2 units)



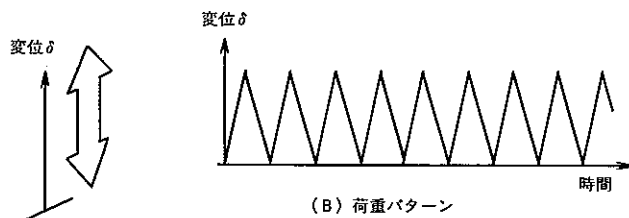
試験項目③

③ ベローズの破損挙動試験

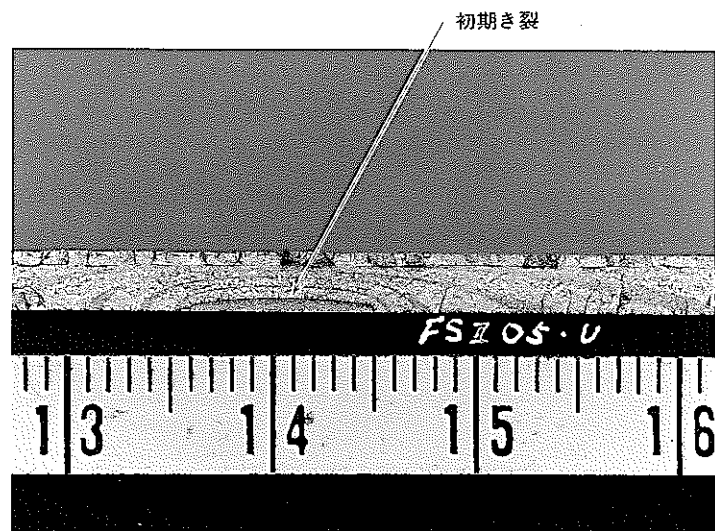
安全評価上のベローズの仮想的破損挙動を調べるため、ベローズのき裂進展挙動の把握、不安定破壊の検討を目的とした試験を実施してきました。

ベローズの表面のき裂の進展挙動については線形破壊力学に基づ

く評価が可能であり、また、大きな貫通き裂を持つベローズに過大な圧力および変位荷重を与えても、不安定破壊は生じにくいとの見通しが得られています。



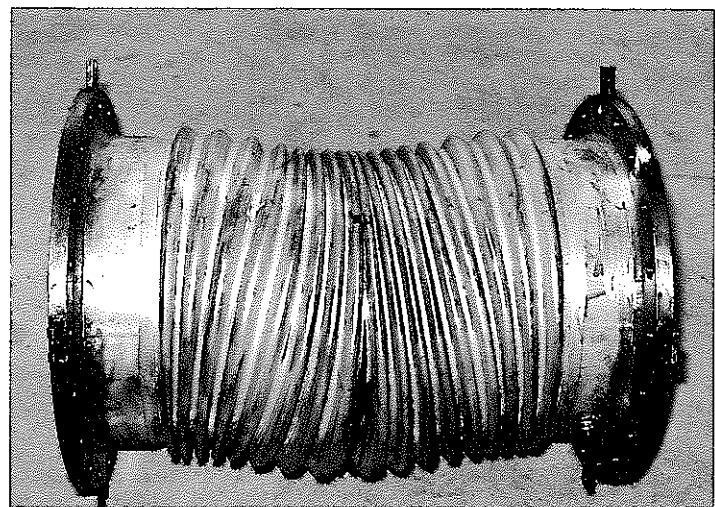
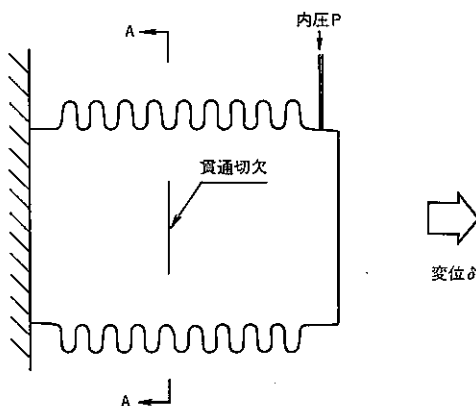
● き裂進展試験



破面のビーチマーク

● 貫通切欠部を持つベローズ試験

過大な内圧と変位によってベローズは座屈に到ったが、貫通切欠先端の進展はほとんど生じなかった。



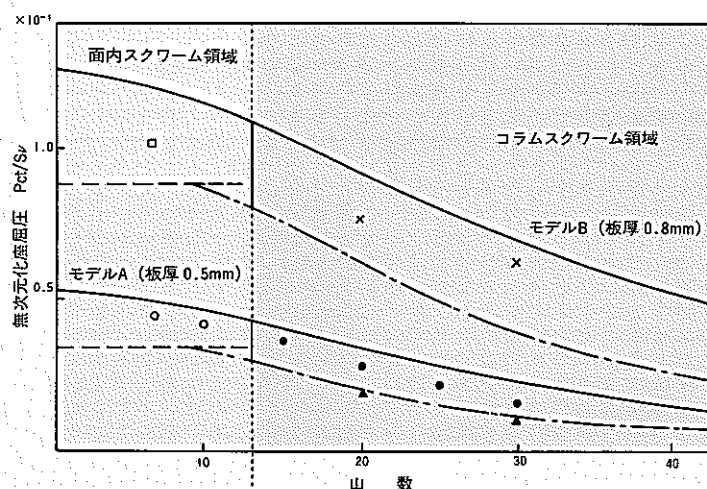
試験後のベローズ (貫通切欠: 120°)

試験項目 4

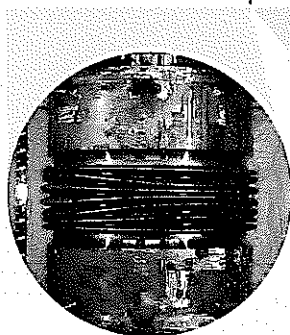
4 ベローズの座屈強度試験

ベローズは内圧によって特有なモードの座屈を生じます。それはベローズの形状、山数により図のようなコラムスクワーム（柱の座屈に似たモード）、面内スクワーム（中心軸は移動せずにコンボリューション間隔が不揃いになる）という独特の座屈変形を生じます。予変形や温度の影響も含めた評価法の開発のため、構造物座屈試験装置（SBT）等を用いて種々の形状・寸法のベローズの座屈試験を実施しました。

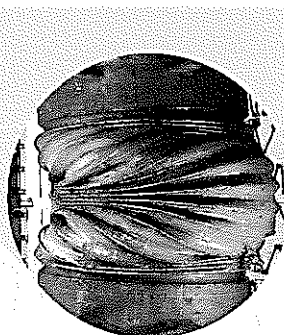
●ベローズの山数と座屈挙動の関係



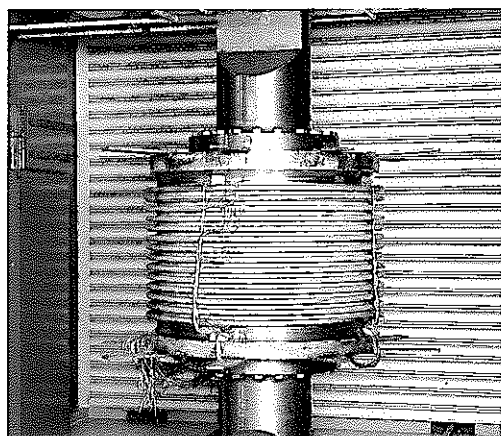
インプレインスクワーム
(7山)



コラムスクワーム
(14山)



●SBT装置仕様



構造物座屈試験装置 (SBT)

試験温度	650℃ max
圧力	63 kg/cm ² max
フレーム耐力	500 ton (vertical)
フレーム耐力	50 ton (horizontal)
クロスヘッドストローク	700 mm max
軸方向変位	± 100 mm max
曲げ角度	± 5 deg. max

試験項目 5

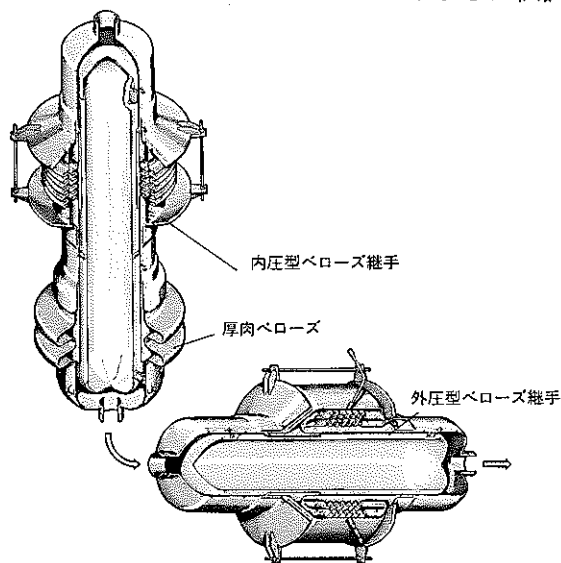
5 ベローズ継手の熱過渡強度試験

ベローズ継手と配管をつなぐ部分の断面はY型やE型の不連続形状であり、熱過渡事象による応力に耐える強度上の健全性を確保する必要があります。

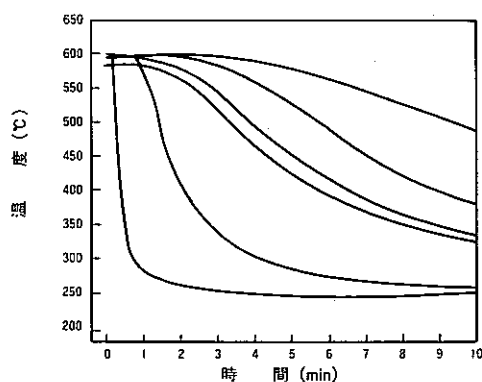
このため、「構造物強度確性試験施設(TTS)」と称する大型ナト

リウムループのテストセクションに、ベローズ継手の典型的な構造不連続部を持つ試験体を用いて厳しい熱過渡サイクルを負荷する試験を実施しました。その結果、既存の高速原型炉第一種機器の高温構造設計指針によって評価できることが判りました。

Na 250℃ ◀ Na 600℃ ● TTS にセットした供試体

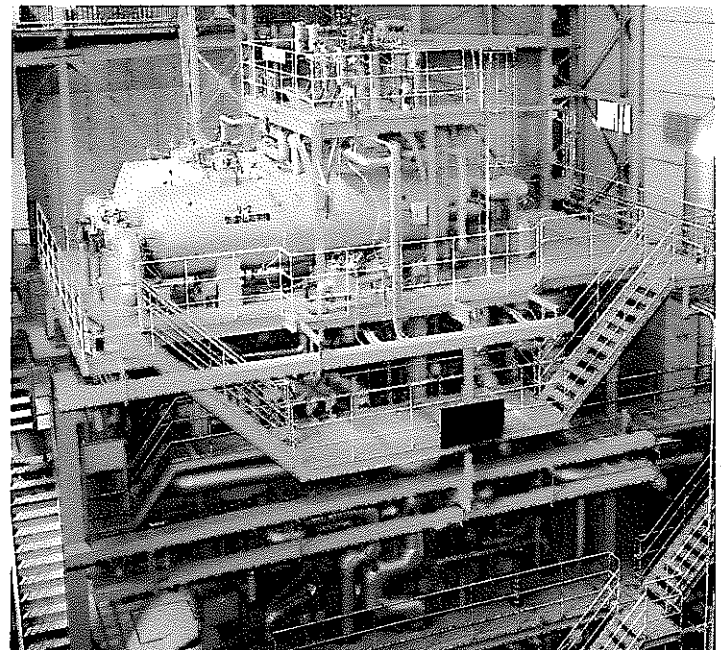


●外圧型ベローズ継手の熱過渡試験



●試験装置概要

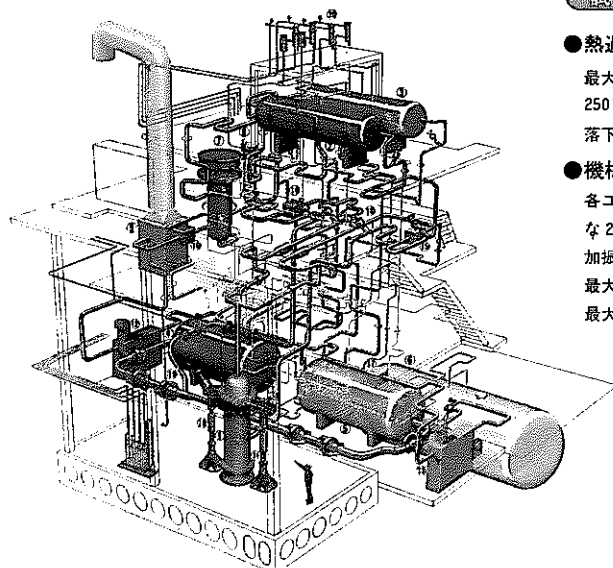
①供試体	②高温Na高架槽	③低温Na高架槽
④高温Na受槽	⑤低温Na受槽	⑥低温Na貯蔵タンク
⑦高温Na加熱器	⑧低温Na加熱器	⑨低温Na冷却器
⑩加振機 A	⑪加振機 B	⑫高温Na循環ポンプ
⑬低温Na循環ポンプ	⑭高温Na供試体入口流量計	⑮低温Na供試体入口流量計
⑯高温Na循環流量計	⑰低温Na循環流量計	⑱バルブ
⑲ベローズ	⑳ベーパートラップ	



構造物強度確性試験施設 (TTS)

TTSのナトリウム配管自体にも合計8基のベローズ継手が設置されており、運転時に配管に発生する熱膨張を吸収します。

●試験装置



試験条件

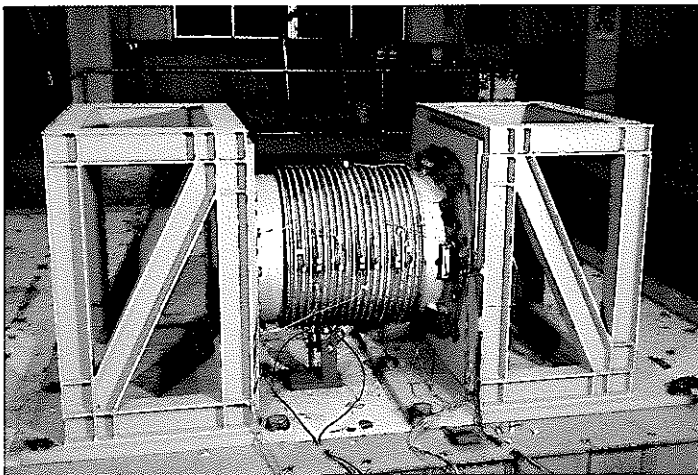
- 熱過渡条件
 - 最大Na温度変化：250℃→650℃/10秒 自然落下方式
- 機械荷重
 - 各ユニット毎に制御可能な2基の電気油圧サーボ加振機
 - 最大荷重：±20ton/ユニット
 - 最大変位：±100mm

6 ベローズの耐震・振動試験

ベローズ継手を配管に適用する場合、配管系として合理的な耐震設計を実現する必要があります。このため、ベローズ単体の加振試験によりベローズの基本的な振動特性を把握した後、ベローズ継手

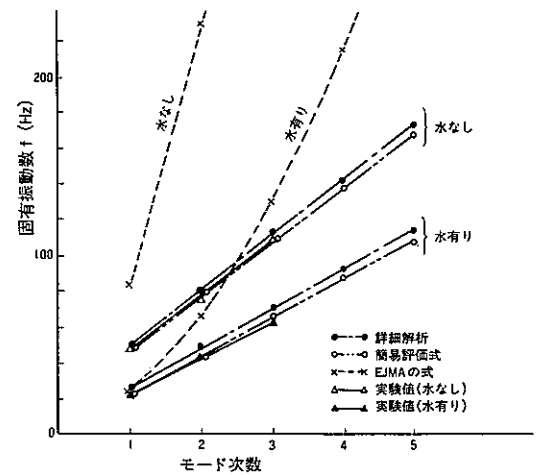
付配管モデルの振動台加振試験を実施し、耐震支持方法、耐震解析法等の検討を行い、地震応答特性に関する簡易評価法を確立しました。

● 単体振動試験

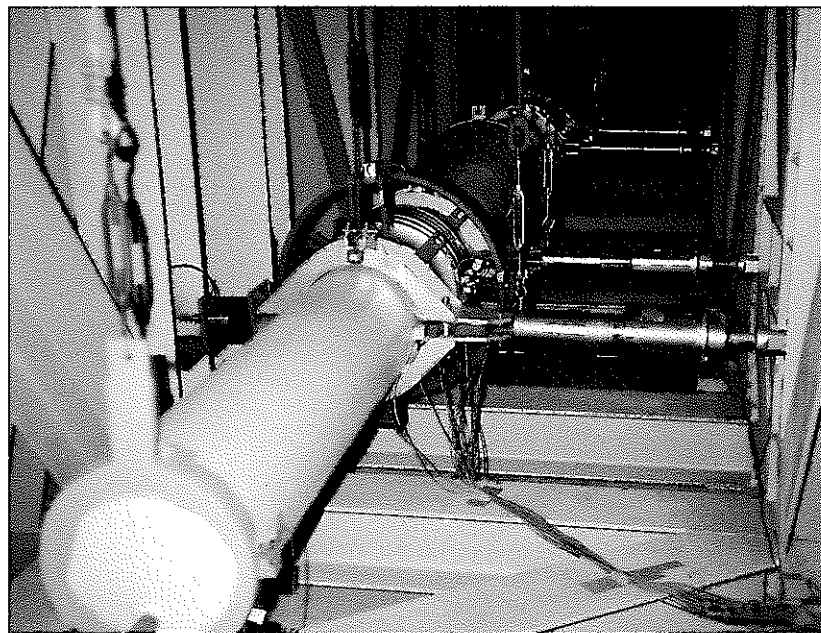


ベローズ継手単体振動試験

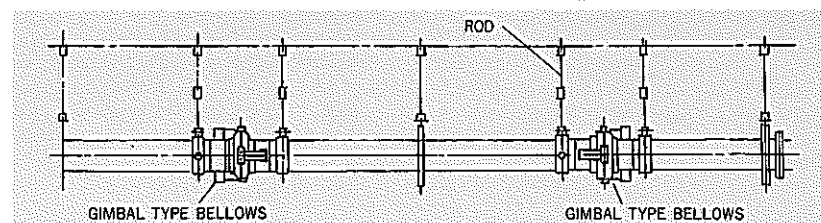
● ベローズの固有振動数



● 配管モデル振動試験



ベローズ継手付配管モデル振動試験



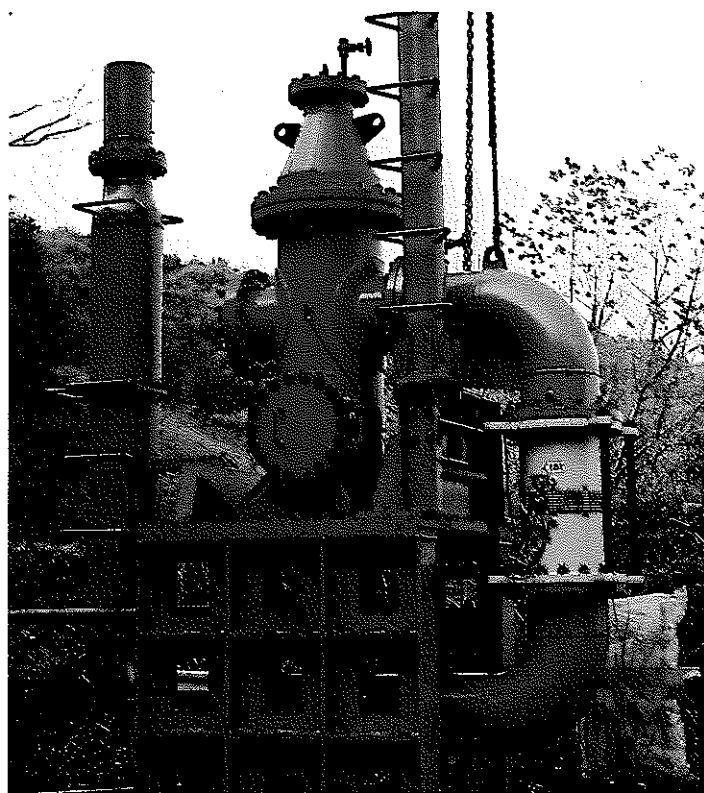
試験項目 7

7 ベローズの耐衝撃圧試験

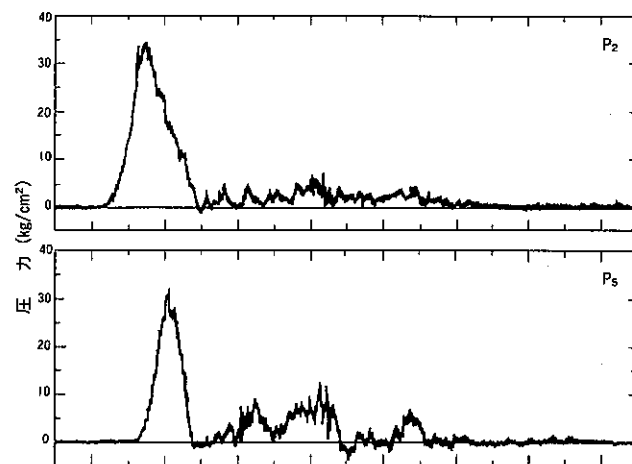
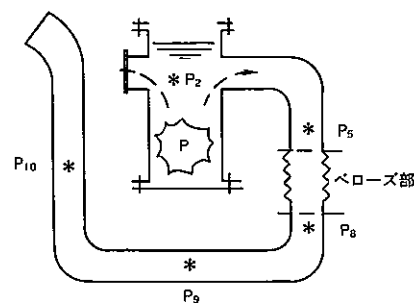
耐衝撃圧試験の目的は、想定事故としてのNa-水反応時等に発生する衝撃圧に対するベローズの応答を把握し、ベローズ継手を用いる配管系の健全性を見通しを得ることにあります。

開放ループを用いて、低燃速火薬により発生した衝撃圧をベローズに与え、持続時間とピーク圧をパラメータとしたベローズの変形

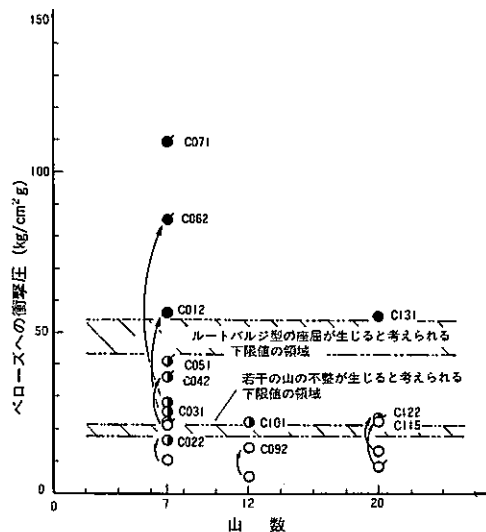
挙動から、ベローズの機能は依持されることが判りました。一般的に静的座屈よりも大きなピーク圧まで顕著な変形を生じませんが、持続時間が長くなるにつれて静的座屈圧に近づく傾向が見られます。



● ベローズへの
衝撃圧応答



● 衝撃圧とベローズの変形



〈 衝 撃 圧 〉

● 3m sec	ルートバルジが生じたケース
○ 3m sec	有意な変形が見られなかったケース
◐ 3m sec	若干の山の不整が生じたケース
● 1.6m sec	ルートバルジが生じたケース
○ 1.6m sec	有意な変形が見られなかったケース
◐ 1.6m sec	若干の山の不整が生じたケース

8 ベローズ継手大型モデル試験

総合的な健全性の評価検討および継手としての機能確認のため、42インチの大型配管用ベローズ継手を実プラントと同様な条件下でナトリウム中の試験を行っています。

その目的は

- イ. 大型配管ベローズ継手の製作・検査技術の把握
- ロ. ナトリウム中の機能、耐久性の実証
- ハ. Na リーク検出器等システムの有効性の実証等です。

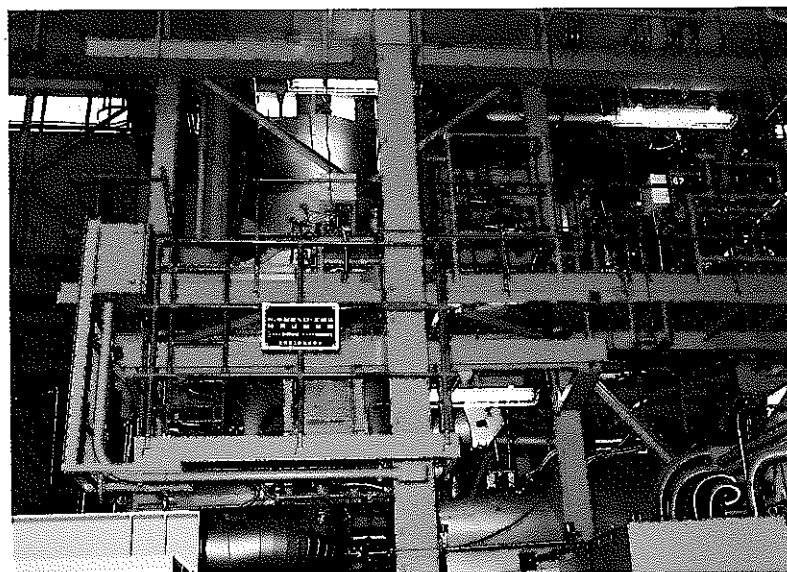
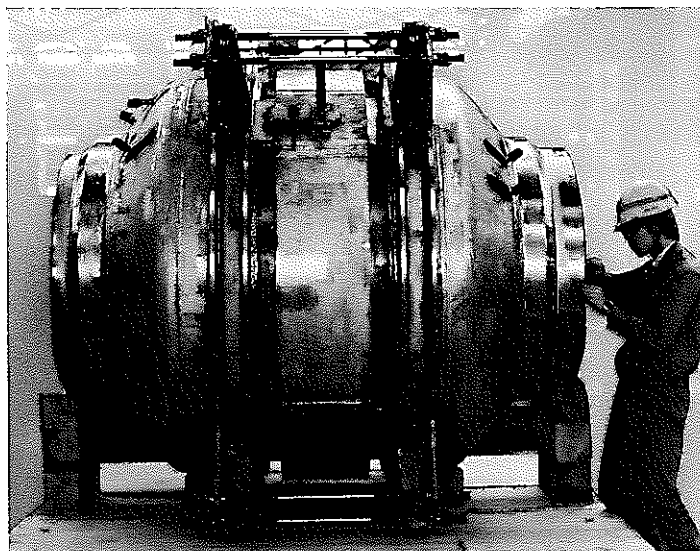
これまでの製作経験及び機能・作動耐久試験の結果、問題はなく、FBR 冷却系配管へ適用の見通しが得られています。

●試験条件

	耐久試験	加速試験
試験温度	530℃～560℃	560℃
試験圧力	1.5kg/cm ² G	1.5kg/cm ² G
角変度	±1.25°	±1.6°

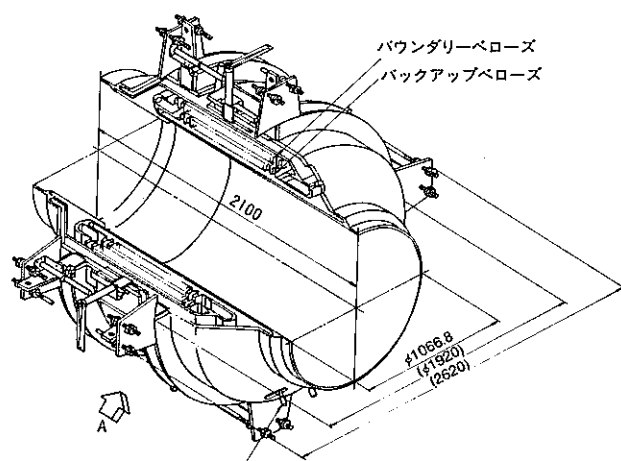
●試験工程

	61	62	63	64	65～
性能試験	作動、機能				
耐久試験	繰返し変位 約1000回				
加速試験					
撤去解体					
総合評価					



配管用ベローズ継手試験装置

●外圧型配管ベローズ継手



各種基準

動燃事業団ではベローズ継手をFBR配管系へ適用する際の各種基準の作成を次のような項目について進めています。

1 設計基準

ベローズ継手を使用するFBR配管系の合理的設計ができるようにするため、高温配管に適用可能な、解析に基づく信頼性の高い「ベローズ継手設計基準(案)」を動燃事業団およびプラントメーカーで組織した「FBR配管用ベローズ継手設計基準ワーキンググループ」で作成しました。さらに、容器など配管以外のコンポーネントへの適用を検討し、プラントの一層の合理化を図ることも考えられています。

2 製作・検査基準

第1種管(原子炉1次系配管)と同等な品質を確保するため、動燃事業団、プラントメーカー、ベローズメーカーで組織した「継手開発ワーキンググループ」により、ASME Code Case N-290をベースに、国内基準、製造実績との比較検討、及びR & D結果を踏まえて作成しました。

3 保守基準

上記「ワーキンググループ」において各国FBRプラントにおけるISI指針をベースに、配管ベローズ継手に対して要求されるISI項目を抽出し、必要となるISI手法及び、ISI装置を明確化し、ISI実施要領として取りまとめました。

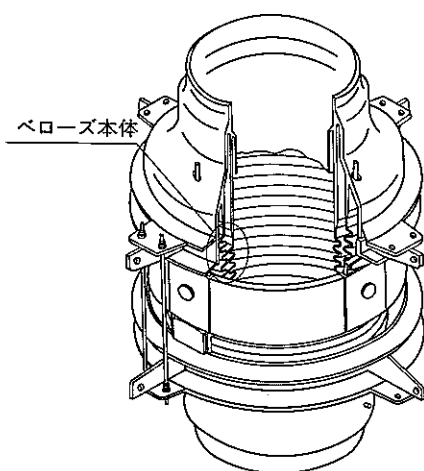
4 補修技術基準

上記「ワーキンググループ」において1次主冷却系配管に取り付けられた、配管ベローズ継手の補修箇所及び、補修方法についてまとめつつあります。(耐圧部、非耐圧部、ベローズ切断方法、撤去要領、耐圧要領、耐圧検査等)

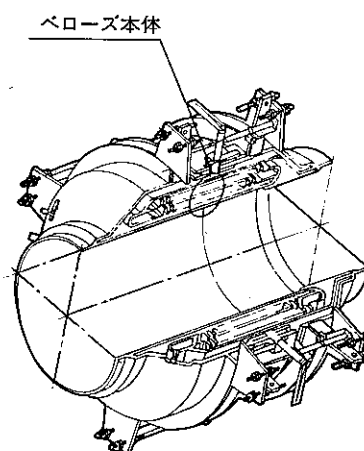
●基準作成工程

年 度	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	
1. 設計基準(案)									基準化へ
2. 製作検査基準(案)									
3. 保守基準(案)									
4. 補修基準(案)									

内圧型ベローズ継手



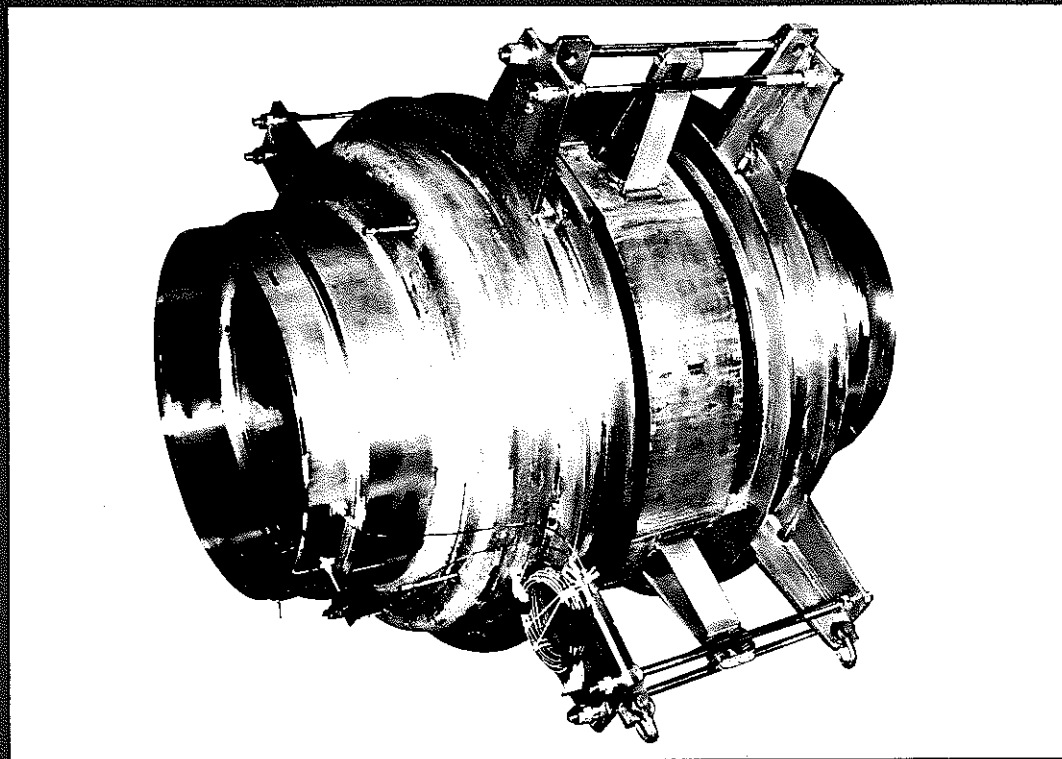
外圧型ベローズ継手



開発目標とした配管ベローズ継手の仕様

- | | |
|---|--|
| i) 口 径 | vii) 耐震クラス |
| φ1100 (42" 相当) | AS |
| ii) ベローズ形状 | viii) 使用雰囲気 |
| 成型U字型ベローズ、10~20山程度 | ナトリウム |
| iii) 継手型式 | 窒素、不活性ガス |
| ヒンジ型又はジンバル型の角変位吸収タイプ | ix) 中性子照射〇〇 |
| iv) 設計寿命 | $1.7 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ (0.1 MeV 以上) |
| $2.1 \times 10^3 \sim 2.8 \times 10^3 \text{ hr}$ (約30年間) | x) 吸収変位角 |
| v) 設計温度・圧力 | $\pm 1.0 \sim \pm 1.5^\circ$ |
| 温度 550℃ | 負荷回数 600~10 ² 回 |
| 圧力 2~10 kg/cm ² | |
| vi) 概略種別 | |
| 第一種、第三種、高温継手 | |

Research & Development Activity on Piping Bellows Expansion Joint for FBR



O-arai Engineering Center
Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

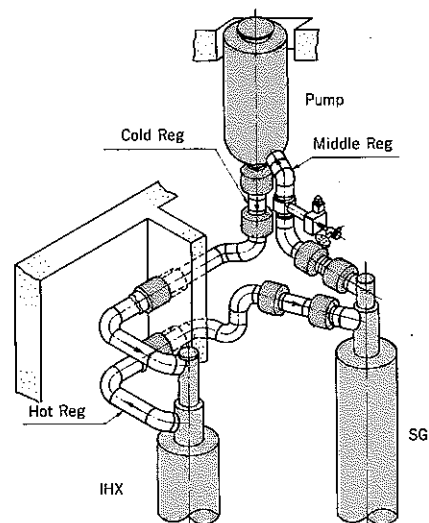
Development of innovatory LMFBFR plant design methods and components

Objective of LMFBFR piping bellows expansion joints and the contribution to the LMFBFR design

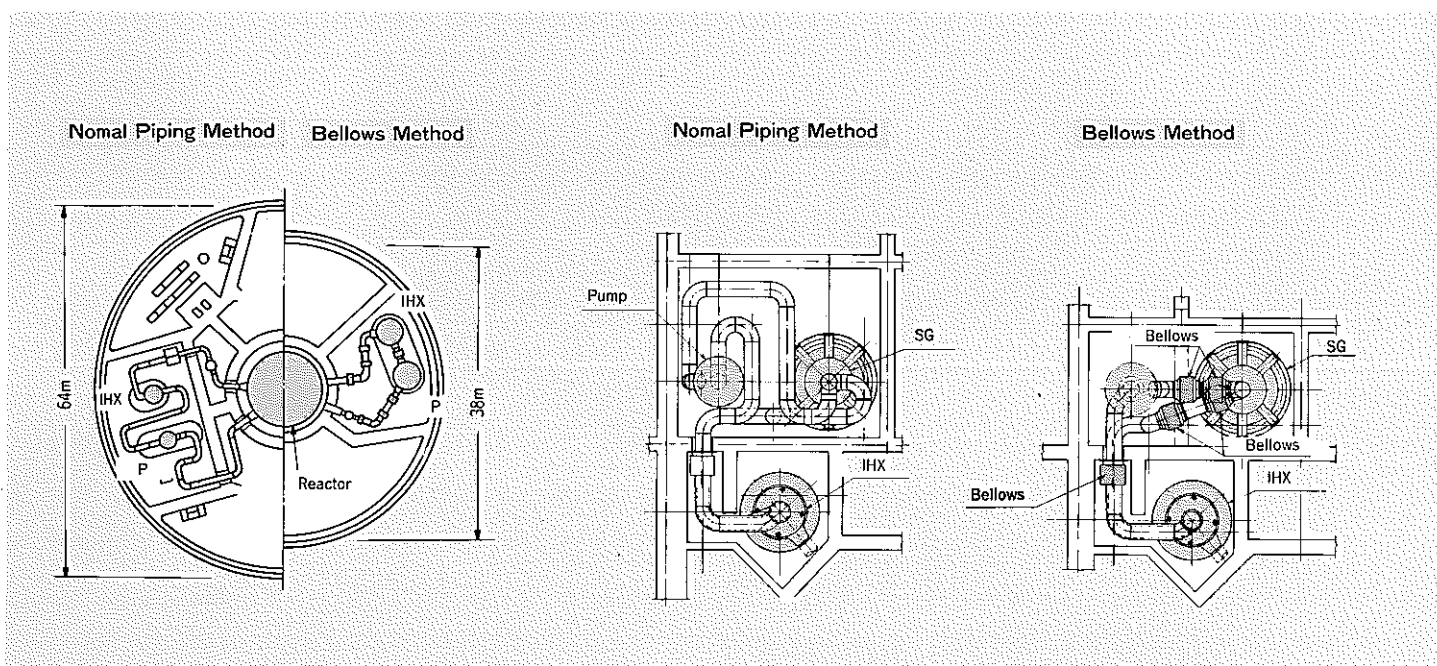
One of the measures to reduce the construction cost of large FBR plants is the rationalization of the coolant piping systems by using bellows expansion joints. The use of piping bellows expansion joints enables us to simplify piping routes, shorten piping length, and reduce the number of components for supports, and the capacity of the equipment for electricity and air conditioning etc.

Through which the additional reduction of the construction cost will be attained.

Under the full recognition of such merits acquired through the use of bellows, PNC has devoted its utmost efforts to the development of bellows expansion joint since 1983.



Conceptual Specification of the Secondary Main Coolant System Using Piping Bellows Expansion Joint



Reduction rate of construction cost of secondary piping of LMFBFR by virtue of application of piping bellows expansion joints

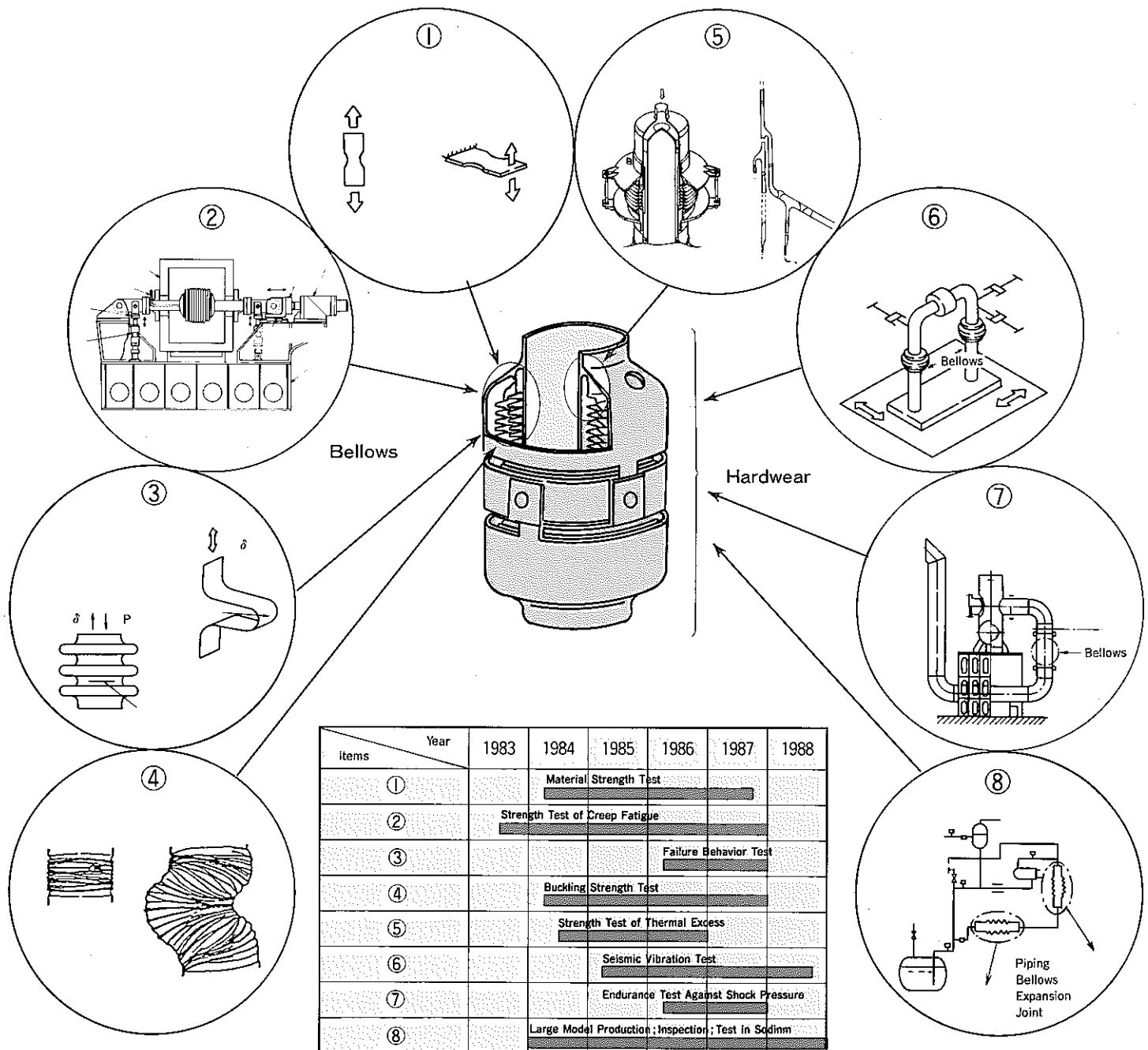
Items	Length of Piping (m)	Number of Bellows	Number of Elbows	Number of Supports	Pressure Loss (kg/cm ²)	Sodium Inventory (m ³)	Area of Secondary Equipment Room (m ²)
Normal Piping	368	—	72	168	3.52/Loop	1200	708
Bellows Piping	204	24	44	108	3.04/Loop	1080	472

Research and development of Piping bellows expansion joints

In order to confirm structure integrity, reliability of Piping Bellows Expansion Joint for FBR plant, in-sodium testing was carried out by 42 inch full scale model of Expansion Joints.

The standards for the design, fabrication and inspection of bellows expansion joints have been developed to assure high reliability sufficient for the component to be used in nuclear plants.

The testing for creep-fatigue, thermal shock, buckling, resistance to impulsive pressure, leak before break (LBB) the development of relevant evaluation methods has been conducted to assure the structural integrity of bellows under severe service condition such as high temperatures, repeated thermal shocks, relatively high primary stresses.



To make more good quality

Items of Test 1 2

1 Material strength tests for the bellows

In order to obtain fundamental material data of bellows and review whether it is possible or not to apply the present material strength standard for structural design of general components to the material of a thin plate for the bellows, various tests such as

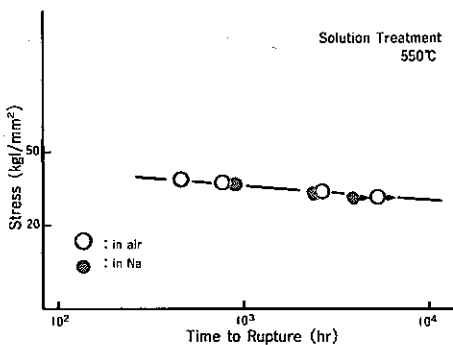
1. Tensile Test
2. Creep Test
3. Sodium Environment Effect Test

have been carried out.

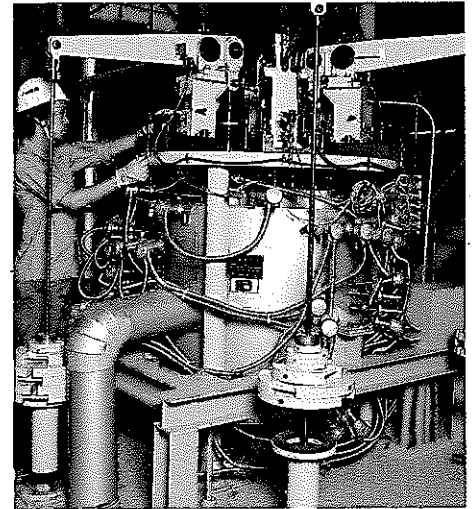
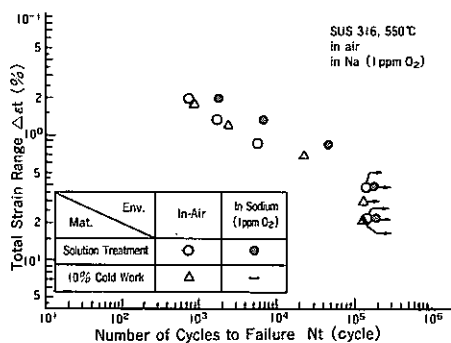
Through these tests the following results are obtained:

1. The present material strength standard for SUS 316 is applicable to the bellows materials.
2. Even in sodium, no reduction of material strength of bellows is observed.

● Sodium environmental effects on creep strength



● Comparison of fatigue life in sodium to that in air



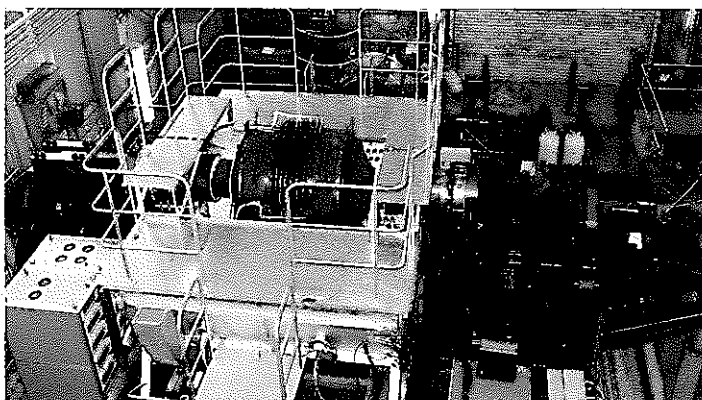
Multi(6)-type Creep Rupture Machine

2 Creep-fatigue test of bellows

Since the bellows have complicated configuration, their complex inelastic behaviors under cyclic loading should be investigated for the precise prediction of the life of bellows. In order to develop the evaluation method of creep-fatigue strength of bellows based on elastic analysis, the fatigue test and the creep-fatigue test of large scale bellows were

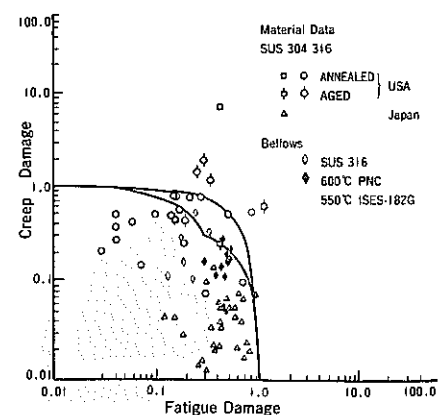
carried out by using the Bellows Creep-Fatigue Test Rig (BCFT).

Fig. shows the creep-fatigue damages of bellows at failure. The test data of bellows are satisfactory in the scatter band of the relevant material data.



BCFT

Test Temp.
650°C max
Bending Angle
± 5 deg max
Pressure
10 kg/cm² G max
Actuator
± 150 ton
± 100 mm (1 unit)
± 20 ton
± 50 mm (2 units)



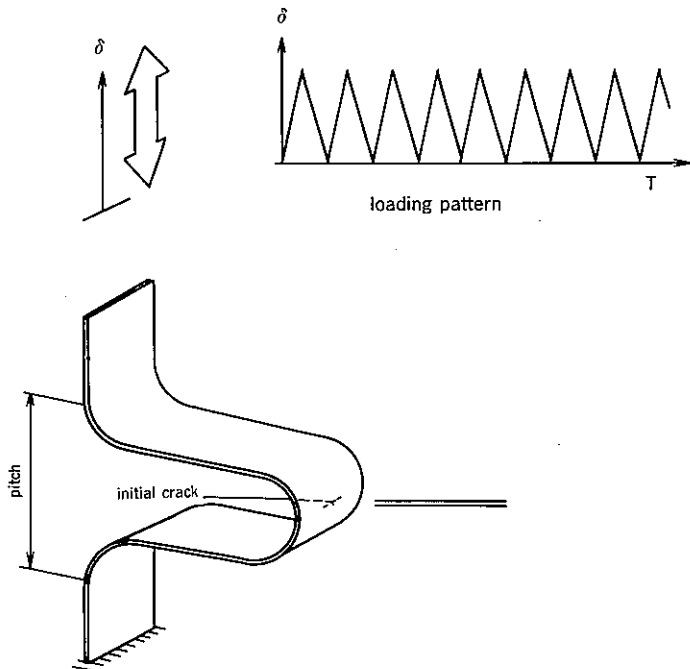
Items of Test 3

3 Failure behavior test of bellows

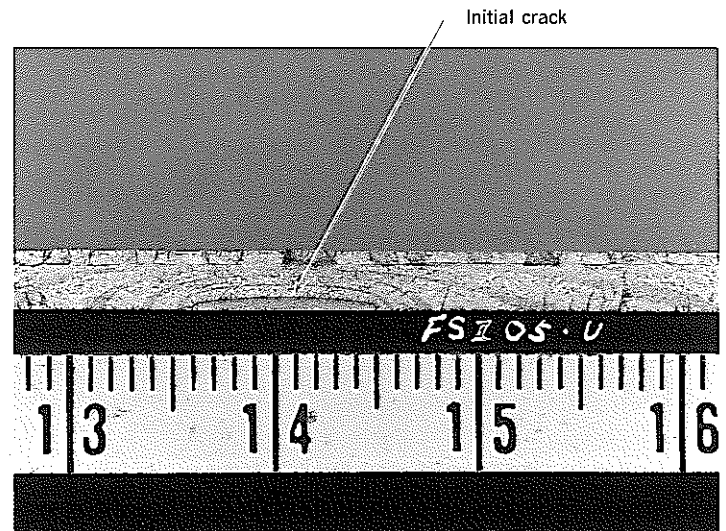
The test for crack propagation behavior and fracture of bellows has been conducted in order to investigate the possible failure behaviors of bellows from the viewpoint of structural safety evaluation.

The prosect obtained through this study is that the fatigue

crack propagation of bellows can be predicated by the linear fracture mechanics using the fatigue crack growth test data of one-pitch models and the bellows are very unlikely to lead to unstable fracture.



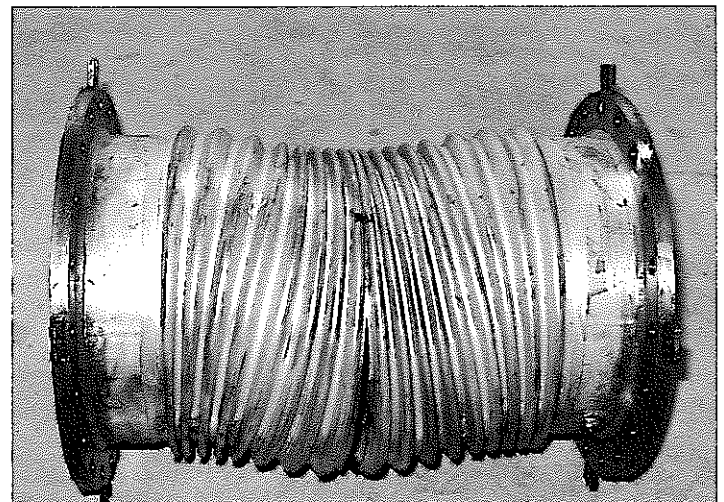
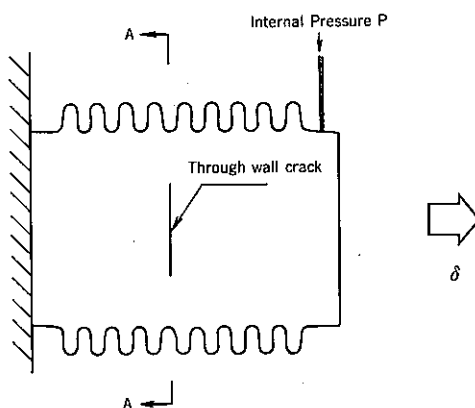
● Crack growth test



Beach mark on the fracture surface

● Test for the bellows with through wall crack

Although bellows buckled due to excessive internal pressure and displacement, no crack growth is observed at the initial crack tip.



Bellows after test (crack length corresponds to 120° in the circumference)

Items of Test 4

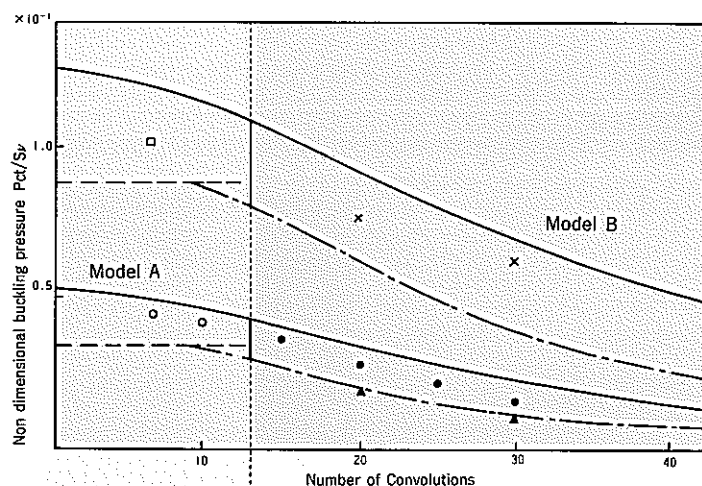
4 Buckling strength test of bellows

Bellows exhibits unique buckling models because of its peculiar shape. Depending on its dimensions and the number of convolutions, two different buckling models, namely, column squirm (similler to the buckling mode of column) and in-plane squirm (bellows pitches change in a wave pattern around the circumference) can occur as shown in figures.

In order to develop the evaluation method of buckling

including the influence of initial deformation and high temperature, buckling test of bellows with various configurations and sizes were carried out using the Structures Buckling Test Rig (SBT).

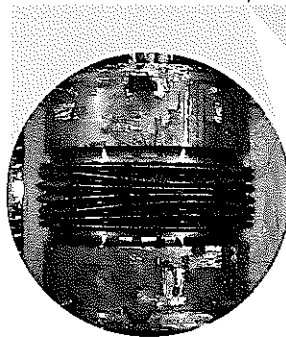
● Relation between the Number of Convolutions of Bellows and Buckling Behavior



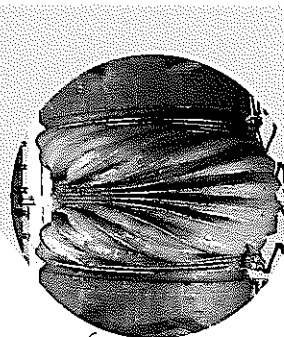
This figure shows the relation between the number of convolutions and buckling pressure.

There is a good correspondence between the predicated curve and the test data.

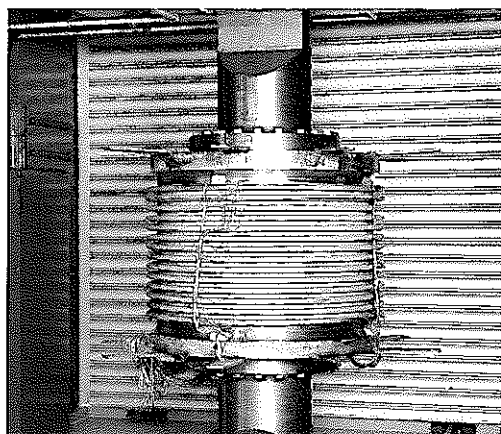
In-plane Squirm



Column Squirm



● Specifications of Test Rig



Structural Buckling Test Rig (SBT)

Temperature	650 °C max
Pressure	63 kg/cm ² Gmax
Frame Rigidity	500ton (vertical)
Frame Rigidity	50ton (horizontal)
Cross Head Stroke	700mm max
Axial Displacement	± 100mm max
Bending Angle	± 5 deg. max

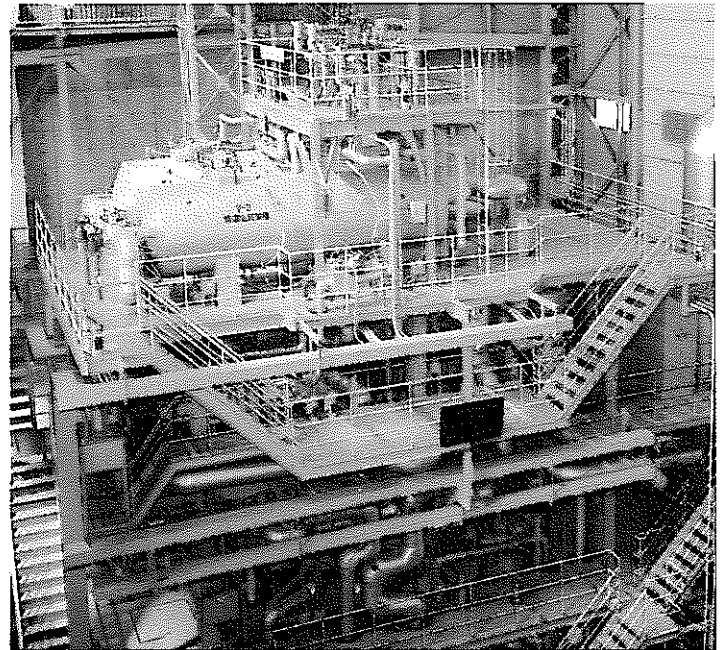
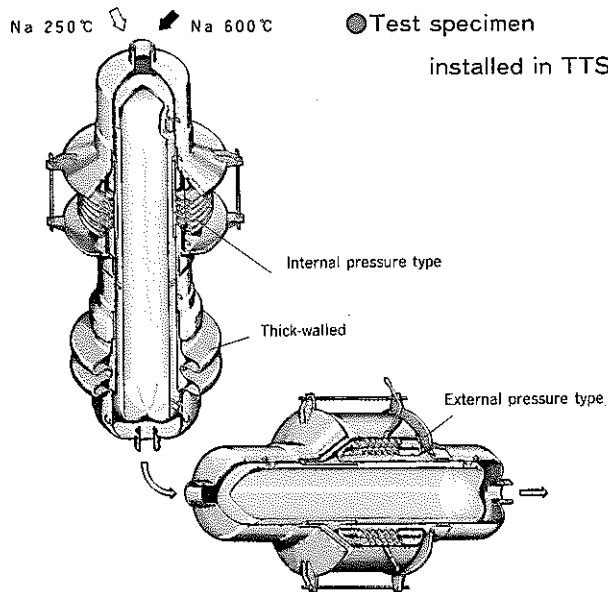
Items of Test 5

5 Creep-fatigue test of bellows expansion joint models under thermal transient loadings

Therefore the structural integrity of the junctions used in bellows expansion joints should be assessed adequately to withstand the thermal transient loadings.

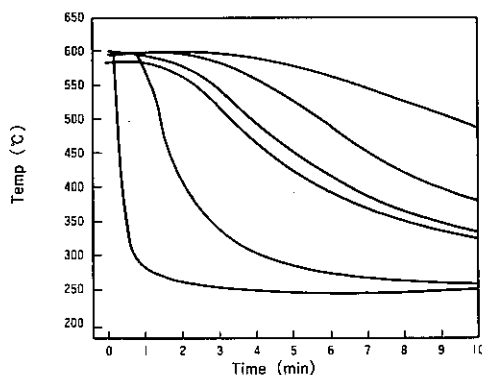
A creep-fatigue test was performed to clarify the integrity of the junctions using the sodium test loop called "Thermal

Transient Test Facility for Structures (TTS)." The result showed that a rule for prevention of creep-fatigue failure described in "Elevated Temperature Structural Design Guide for Class 1 Component of Prototype Fast Breeder Reactors" was applicable to the junction without no modification.



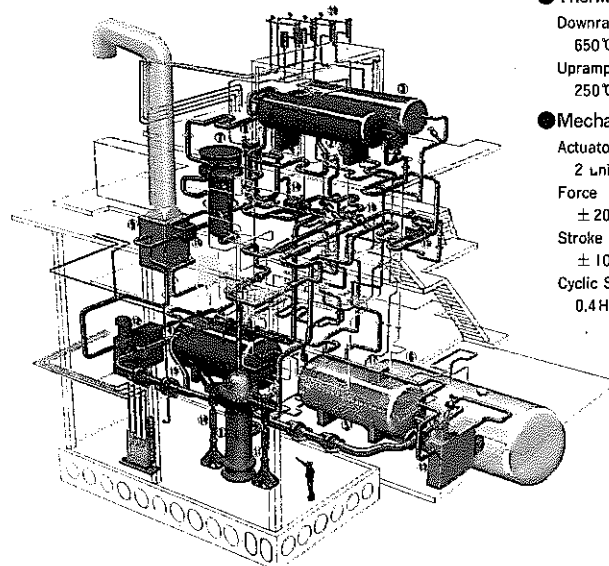
Thermal Transient Test Facility For Structures

Thermal transient test of external pressure type bellows joints



Also eight bellows type expansion joints have been employed in the pipings of TTS. These joints are well operated until now being subjected to about 3,000 cycles of thermal transient loadings with temperature difference of 160°C.

Test section



- Thermal Transient
 - Downramps
650°C-250°C in 10sec (Max.)
 - Up ramps
250°C-650°C in 10sec (Max.)
- Mechanical Force
 - Actuator
2 units
 - Force
± 20 tons/unit
 - Stroke
± 100 mm
 - Cyclic Speed
0.4 Hz (Max.)

① Test Model	② Head Tank	③ Head Tank
④ Dump Tank	⑤ Dump Tank	⑥ Storage Tank
⑦ Elec. Heater	⑧ Elec. Heater	⑨ Air Cooler
⑩ Actuator	⑪ Actuator	⑫ Elec. Mag. Pump
⑬ Elec. Mag. Pump	⑭ Flow Meter	⑮ Flow Meter
⑯ Flow Meter	⑰ Flow Meter	⑱ Valve
⑲ Bellows	⑳ Vapor Trap	

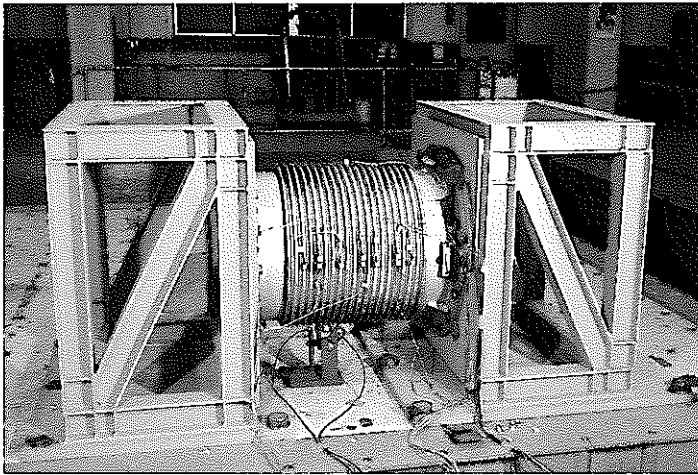
Items of Test ⑥

⑥ Vibration tests and analyses of bellows

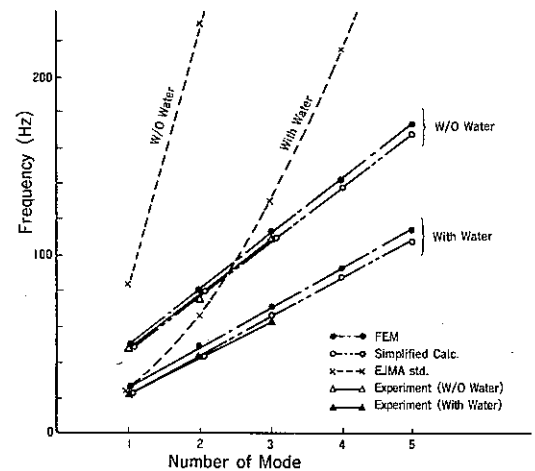
In applying bellows expansion joints to piping systems, it is necessary to establish rational seismic design and analysis methods for it. After fundamental vibration characteristics of bellows were clarified by forced vibration tests of bellows models, a vibration test of a piping model with bellows expansion joints

was conducted using a shaking table. In addition, seismic analysis and supporting methods for piping systems with bellows expansion joints was investigated. Through this study, simplified analysis methods to evaluate the seismic response characteristics of bellows were established.

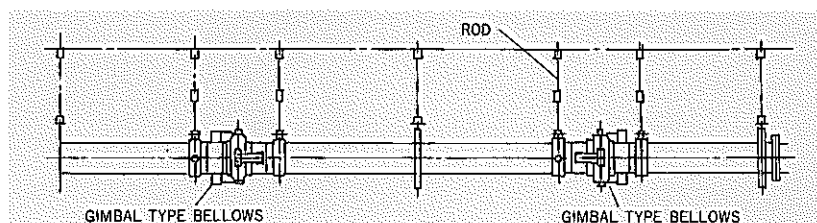
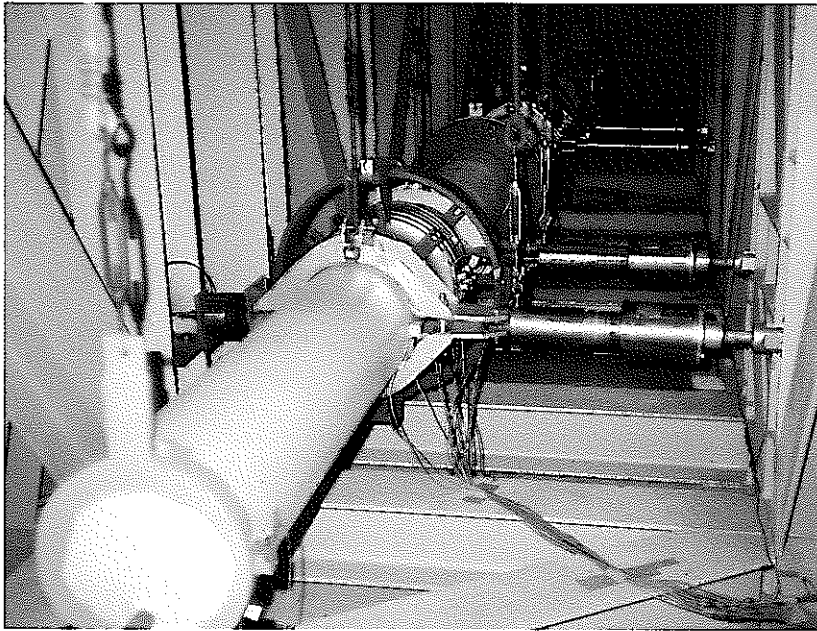
● Vibration Test of Bellows



● Natural Frequency of Bellows



● Vibration Test of Piping Model with Bellows Expansion Joints



Items of Test 7

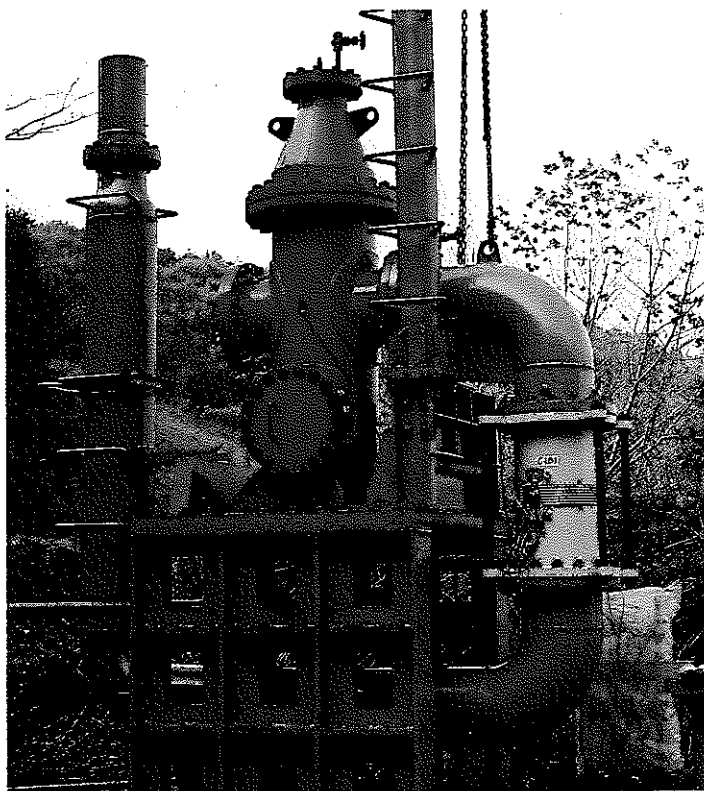
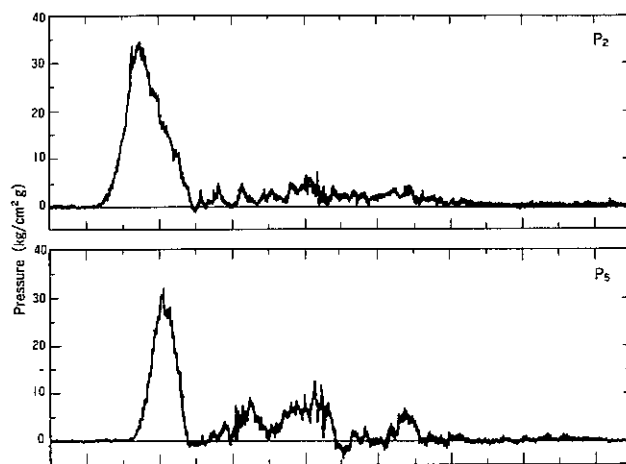
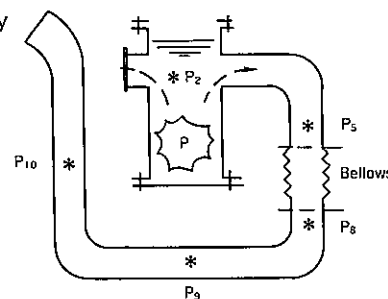
7 Shock pressure test of bellows expansion joint

Shock pressure tests have been performed in order to comprehend the fundamental response and dynamic buckling strength of bellows against shock pressure waves simulating sodium-water reaction accident.

The bellows, set up in an open water loop, are subjected to shock pressure waves with a wide range of peak values and time durations, which are generated by slow explosive,

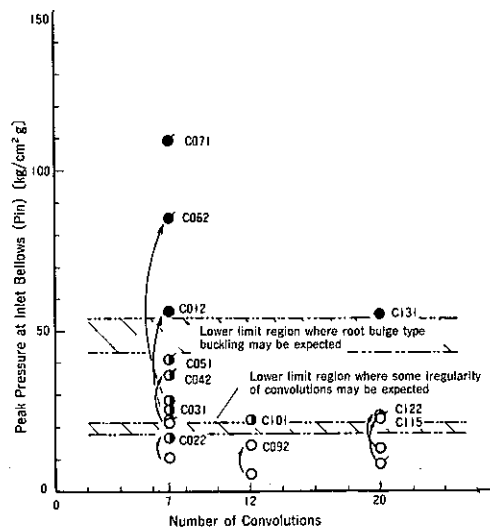
and the deformation behavior of the bellows is observed. Consequently we obtained a prospect for functional capability of bellows against shock waves. In general the bellows would not exhibit significant deformation, up to several times as high as static buckling pressure, but as time durations become longer, the dynamic buckling strength tend to reach the static buckling pressure.

● Shock Pressure History Applied to Bellows



Shock Pressure Test Loop

● Shock Pressure and Deformation Behavior of Bellows



<Against Shock Pressure>

● 3m sec	The case in which the root bulge was observed
○ 3m sec	The case in which no considerable deformation was observed
◐ 3m sec	The case in which some irregularity of the convolutions are observed
● 1.6m sec	The case in which the root bulge was observed
○ 1.6m sec	The case in which no considerable deformation was observed
◐ 1.6m sec	The case in which some irregularity of the convolutions are observed

Items of Test [8]

[8] Demonstrations test of prototype piping bellows expansion joint

In order to evaluate and confirm structural integrity, reliability and function as a piping joint, the 42 inch prototype piping bellows expansion joints have been operated and tested in a sodium pump test loop,

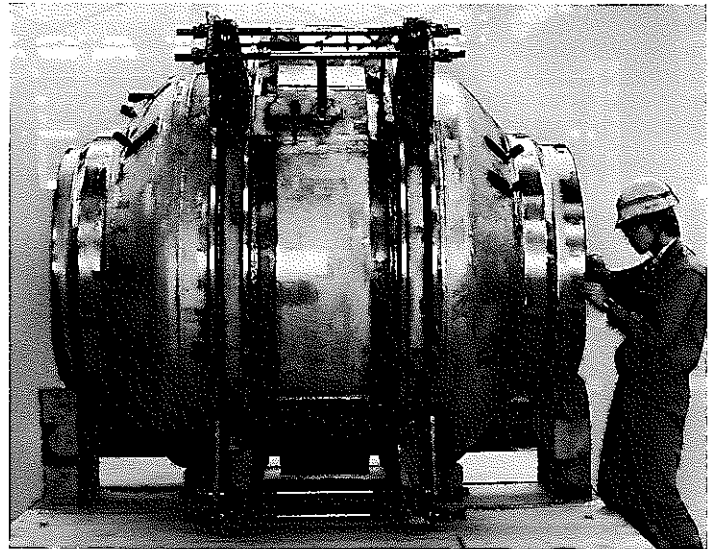
The purposes are as follows;

1. Establishment of manufacturing and inspection technique of the large piping bellows expansion joint for FBR plant.
2. Demonstration of function as a piping joint and reliability for long term.
3. Confirmation of excellent performance of sodium leak detector system.

So far, the expansion joints have not experienced any trouble in manufacturing, the function test and the endurance test in sodium, which supports that the application of piping bellows expansion joint to FBR plant piping system is promising.

●Test schedule

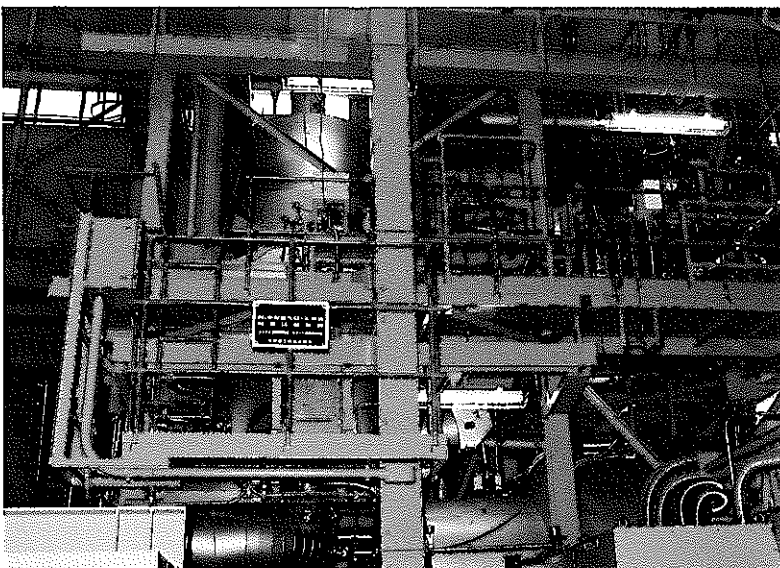
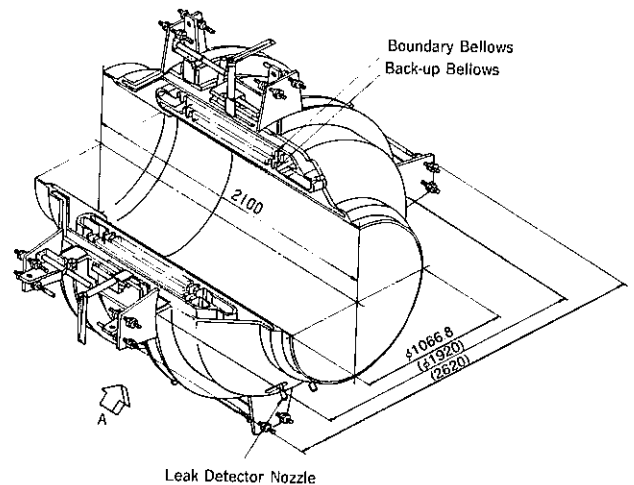
	61	62	63	64	65~
Performance test	Operation; Function				
Endurance test		Bending Angle Repeatedly Some 1000 Times			
Design Limit Confirmation test					
Dismantlement					
Total Evaluation					



●Test Condition

	Endurance Test	Acceleration Test
Test Temperature	530°C ~ 560°C	560°C
Test Pressure	1.5kg/cm ² G	1.5kg/cm ² G
Bending Angle	± 1.25°	± 1.6°

●Piping bellows expansion joint for external pressure type



In-sodium Piping Bellows Structure Test Loop

Development of standards of piping bellows expansion joint

Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC), has provided various standards for applying bellows expansion joints to FBR piping system.

1 Design Standard

In order to develop the rational design rule for bellows expansion joints for the FBR piping system, "Design Standard Working Group of Bellows Expansion Joints for FBR Pipings" were organized by PNC and plant fabricators, and the "Design Standard for Bellows Expansion Joint at Elevated Temperatures (Draft)" was proposed for realizing the 'Design by Analysis'.

Moreover, the study on the application of bellows to other components such as vessels is being conducted for further rationalization of plants.

2 Manufacture and Inspection Standard

In order to secure the quality as equal as the class 1 piping, the "Manufacture and Inspection Standard" was prepared by "The Joint Development w/G" organized by PNC, plant fabricators and bellows manufacturers. This standard is based on ASME Code Case N-290.

3 Maintenance Standard

"The Joint Development W/G", prepared "The Maintenance Standard" based on the In-Service Inspection guide of Monju.

4 Repair Technical Standard

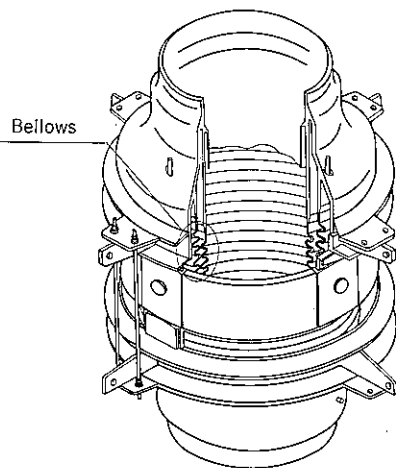
"The Joint Development W/G", are prepared "The Repair Technical Standard" which prescribes repair methods, including cutting method, dismantle method, inspection method etc.

Standard Make-up Process

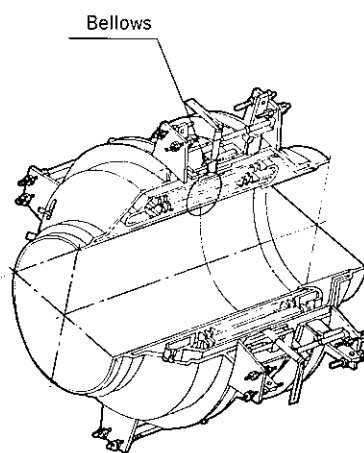
(Year)	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	
1. Design Standard									
2. Production Standard and Inspection Standard									
3. Maintenance Standard									
4. Technical Standard of Repair									

Standardization

Internal Pressure Type
Piping Bellows



External Pressure Type
Piping Bellows



POWER REACTOR AND NUCLEAR FUEL DEVELOPMENT CORPORATION

Address : 1-9-13, Akasaka, Minato-ku, Tokyo • Phone : 03-586-3311

O-ARAI ENGINEERING CENTER

Address : 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki-ken • Phone : 0292-67-4141