

『前回サブWGにおける委員コメントに対する回答』
基礎ボルトの
非破壊検査（UT）結果について

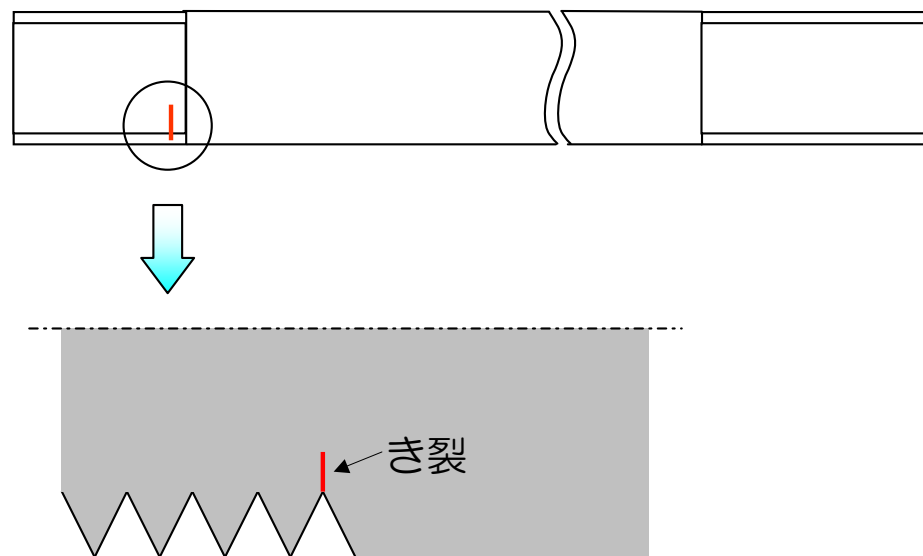
平成20年8月6日
東京電力株式会社

目的

■目的

原子炉圧力容器等の基礎ボルトに地震荷重が加わった場合、地震荷重により、ネジ部谷底からのき裂の発生が想定される。

外観目視点検により異常は認められていないが、更なる健全性を追加確認するために、予め計画する追加点検として、ネジ部谷底からのき裂を想定した超音波探傷試験を実施した。



対象機器

原子炉建屋にある機器のうち、代表機器の基礎ボルト（約10%）を選定し、超音波探傷試験を実施。

機器	追加点検対象 (基礎ボルト員数)	寸法
原子炉補機冷却水系 サージタンク（A号機）	2本 (全数：20本)	呼び径：M24 全長：450 mm
ほう酸水注入系 貯蔵タンク	2本 (全数：20本)	呼び径：M24 全長：500 mm
非常用ディーゼル発電設備発電機（A号機）	2本 (全数：14本)	呼び径：M56 全長：1730 mm
原子炉圧力容器 基礎ボルト	12本 (全数：120本)	呼び径：M68 全長：1552 mm
残留熱除去系 熱交換器（A号機）	2本 (全数：8本)	呼び径：M48 全長：760 mm

検出性の確認

適用に当たり、対象の基礎ボルトと同形状のモックアップ材を作成し、検出性の確認、基準感度の検討を実施

■検討事項

▶欠陥検出性確認

放電加工による深さ3.2mm, 1.6mm, 0.8mm欠陥の検出性の確認

⇒深さ3.2mm, 1.6mmは検出可能

放電加工による欠陥と疲労による欠陥との検出性を比較※

⇒検出性に有意な差なし ※：モックアップ材とは別の試験片で実施

▶探傷面（刻印、塗装、突起物）の影響

⇒表面の手入れを実施

▶ネジ部の形状

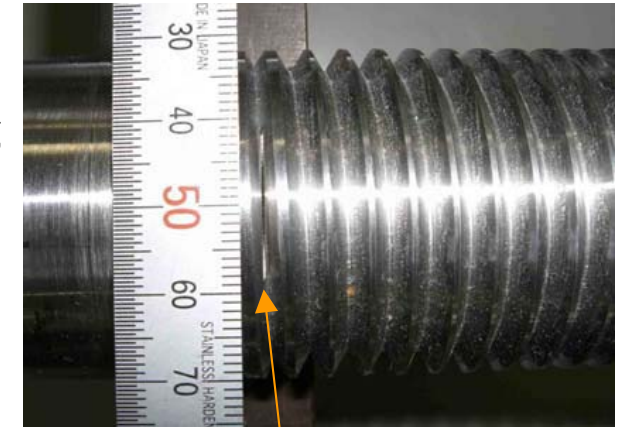
形状エコーを発生しやすいネジ形状の確認

⇒ボルト中心での基準感度設定を実施

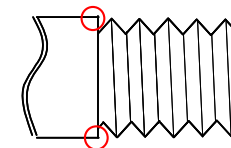
▶ボルトの径、長さの影響の確認

ボルトの径が大きく、長さが短い場合は形状エコーが発生しやすい

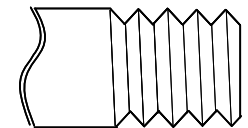
⇒ボルト中心での基準感度設定を実施



深さ1.6mmの欠陥

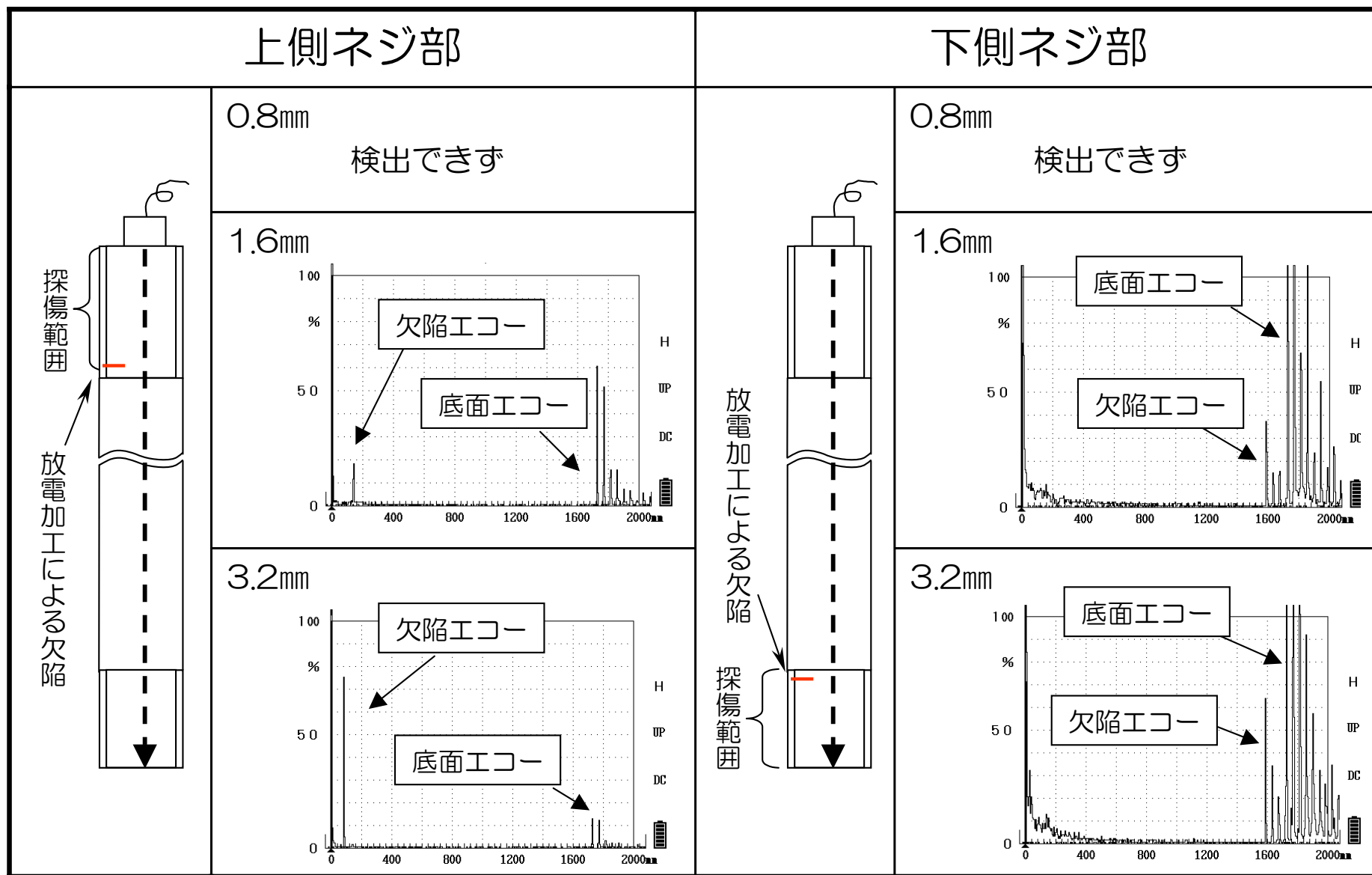


段付タイプ（形状エコーが発生）



段なしタイプ

検出性の確認（モックアップ試験結果）



非常用ディーゼル発電設備発電機基礎ボルト モックアップ材の測定例

検出性の確認

検出性の検討結果から、1.6mmの欠陥が検出でき、ネジ部の形状エコー等の影響を受けない探傷条件として、以下を設定

▶周波数：5MHz、 探傷条件：垂直探傷

▶上側ネジ部（探触子側）

底面エコーが探傷器の表示画面で80%となる感度

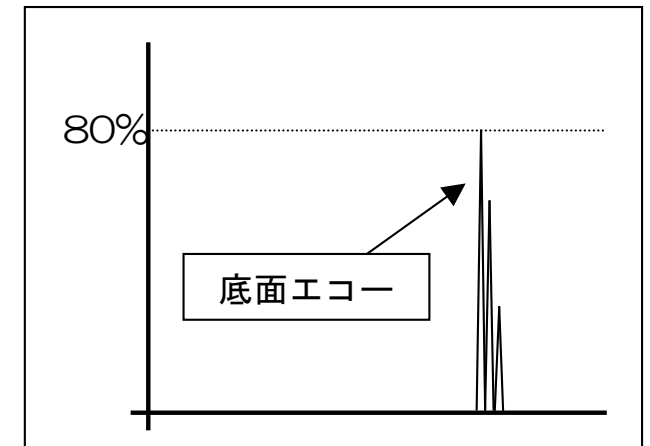
▶下側ネジ部（底面側）

底面エコーが探傷器の表示画面で80%となる感度+18dB※

（上側ネジ部の8倍の感度）

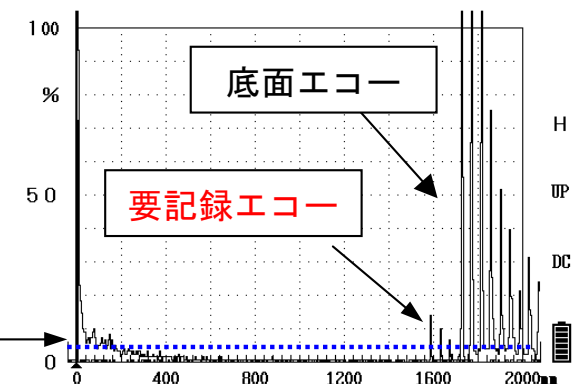
※さらに適切な基準感度として、上側ネジ部の4倍（+12dB）を検討中

▶記録レベル：探傷器の表示画面で5%を超えるエコー



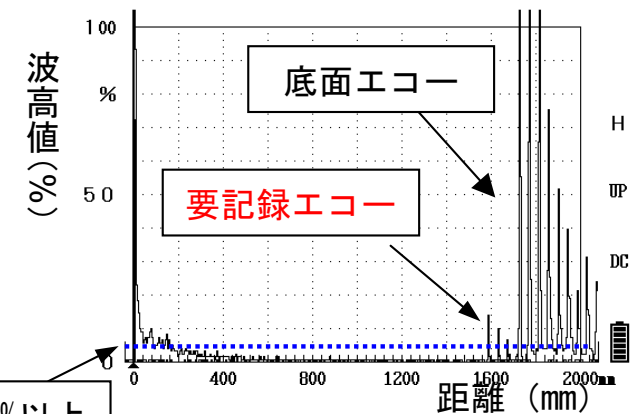
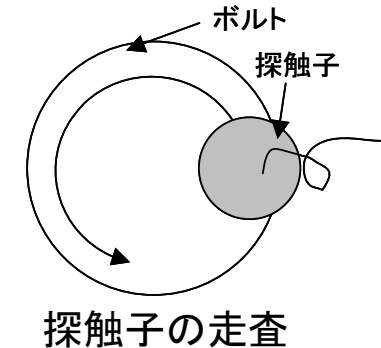
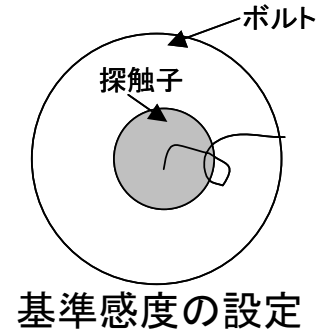
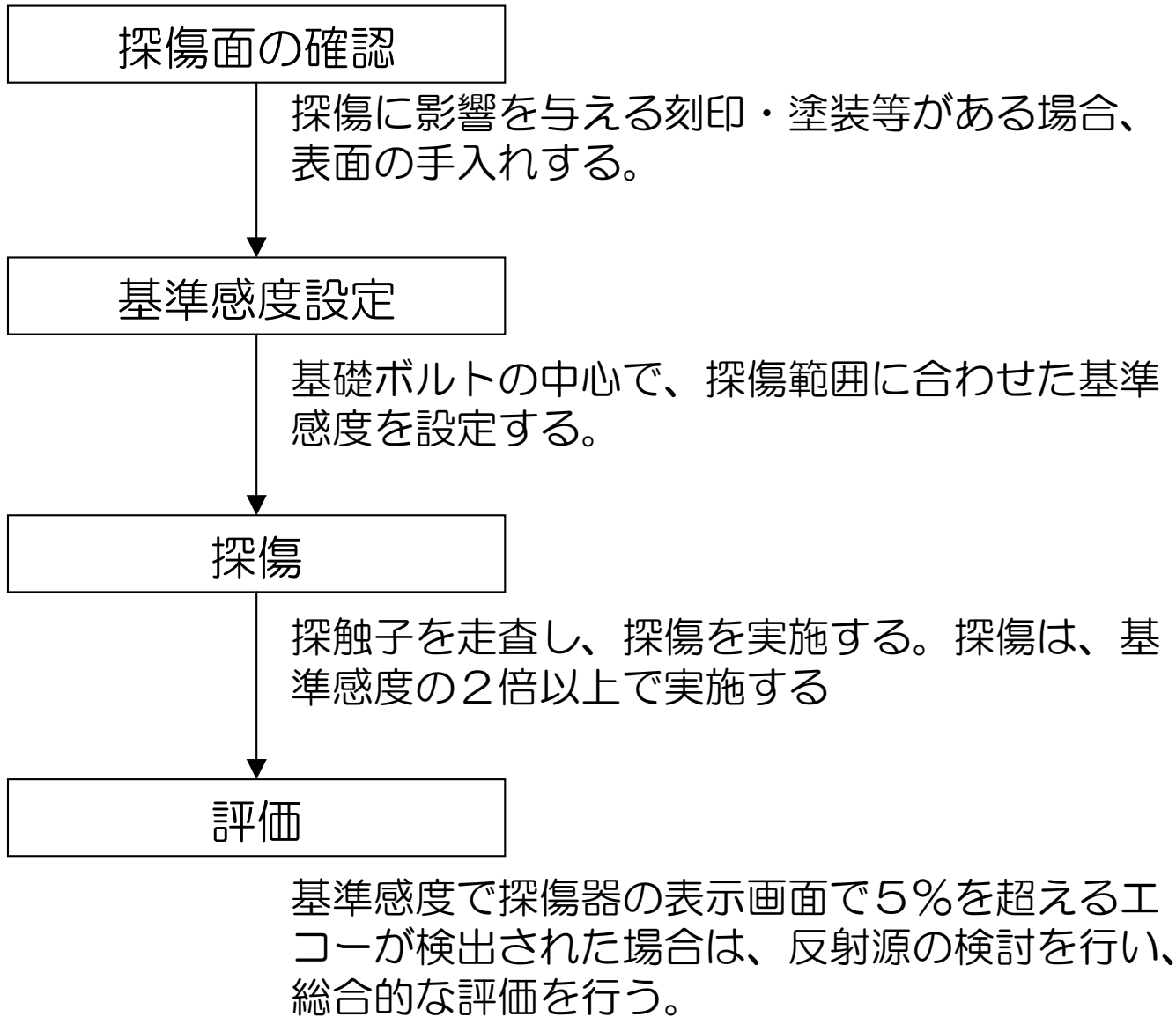
感度設定のイメージ

記録レベル:5%以上



実施方法

実施手順

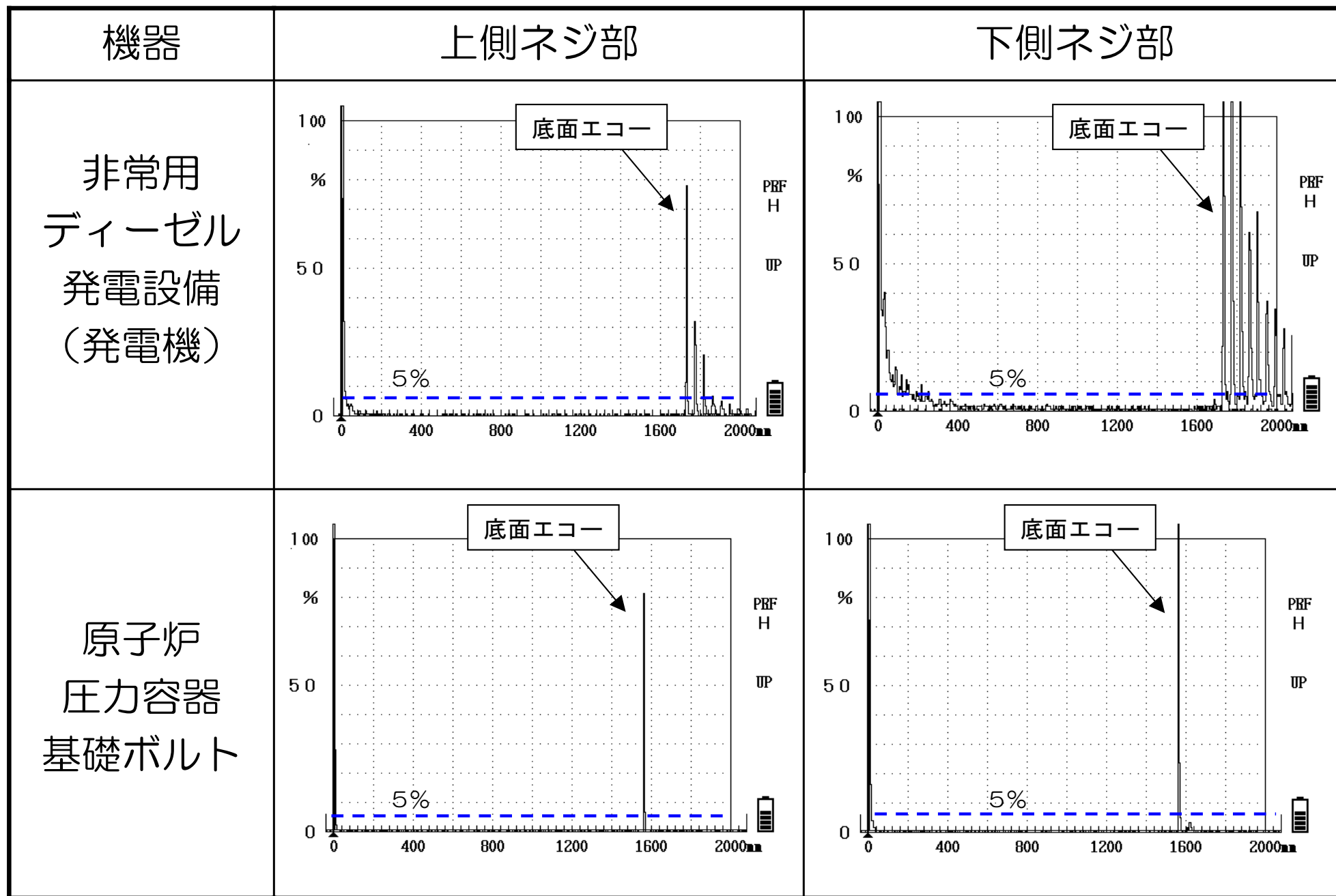


記録レベル: 5%以上

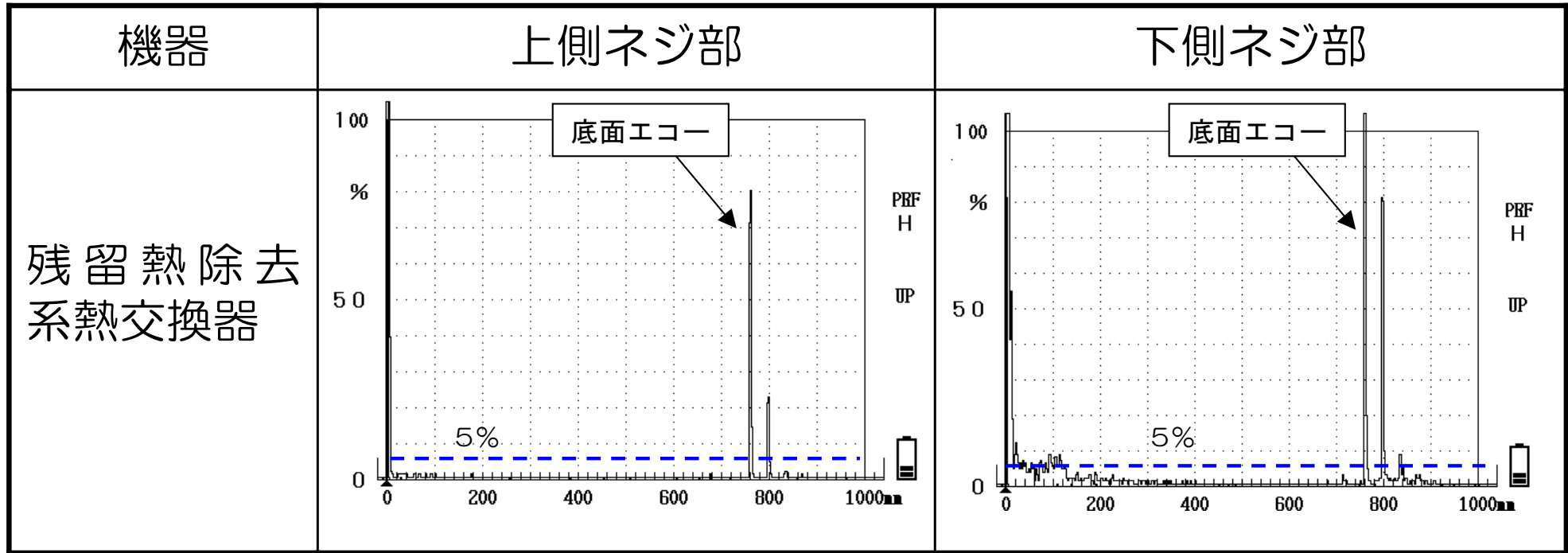
実施結果（測定結果の例）

機器	上側ネジ部	下側ネジ部
原子炉補機 冷却水系 サージタンク ク（A号機）		
ほう酸水注入系 貯蔵タンク		

実施結果（測定結果の例）



実施結果（測定結果の例）



実施結果

機器	追加点検対象 基礎ボルト員数	結果
原子炉補機冷却水系 サージタンク（A号機）	2本 （全数：20本）	有意なエコーは認めず
ほう酸水注入系 貯蔵タンク	2本 （全数：20本）	有意なエコーは認めず
非常用ディーゼル発電設備発 電機（A号機）	2本 （全数：14本）	有意なエコーは認めず
原子炉圧力容器 基礎ボルト	12本 （全数：120本）	有意なエコーは認めず
残留熱除去系 熱交換器（A号機）	2本 （全数：8本）	有意なエコーは認めず

柏崎刈羽原子力発電所7号機 メカニカルスナツバの点検結果について

メカニカルスナッパの点検項目について

<メカニカルスナッパの機能>

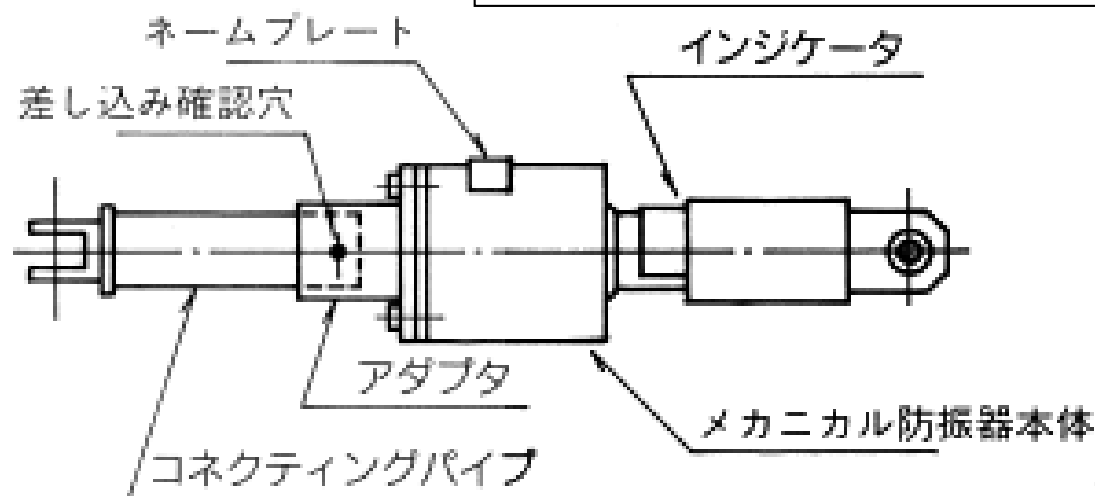
1. 1方向の地震等の短期的荷重の拘束
2. 熱移動等の低速移動を拘束しない

<機能確認・点検内容>

1. 外観目視点検（全数）
⇒ 変形等がないことを確認
2. インジケータ位置を確認（全数）
⇒ 過去データ他から総合的に異常有無を判断
3. 低速走行試験（抜き取り）
⇒ 走行抵抗が小さいことを確認
（低速移動機能に対する確認試験）

強度部材／機能の健全性確認

- ・ 概ね外観目視点検で健全性の確認が可能
- ・ 内部の強度部材となるボールねじ・ナットの健全性は低速走行試験により確認



メカニカルスナッパ点検結果について

- 外観目視点検の結果、メカニカルスナッパ全数において変形やインジケータの位置の有意なずれが無いことを確認した。
- 柏崎刈羽7号機の原子炉建屋、タービン建屋に使用されているメカニカルスナッパ216台の内、サンプルとして20台を選定し低速走行試験を実施した結果、走行抵抗の増大等の異常は見受けられなかった。
- 以上のことから、メカニカルスナッパの機能上の問題は無いと考えられる。

K7 メカニカルスナッパ点検概要

	メカニカル スナッパ総数	低速走行 試験対象	異常あり
原子炉建屋	124	14	0
タービン建屋	92	6	0
総数	216	20	0

単位：台

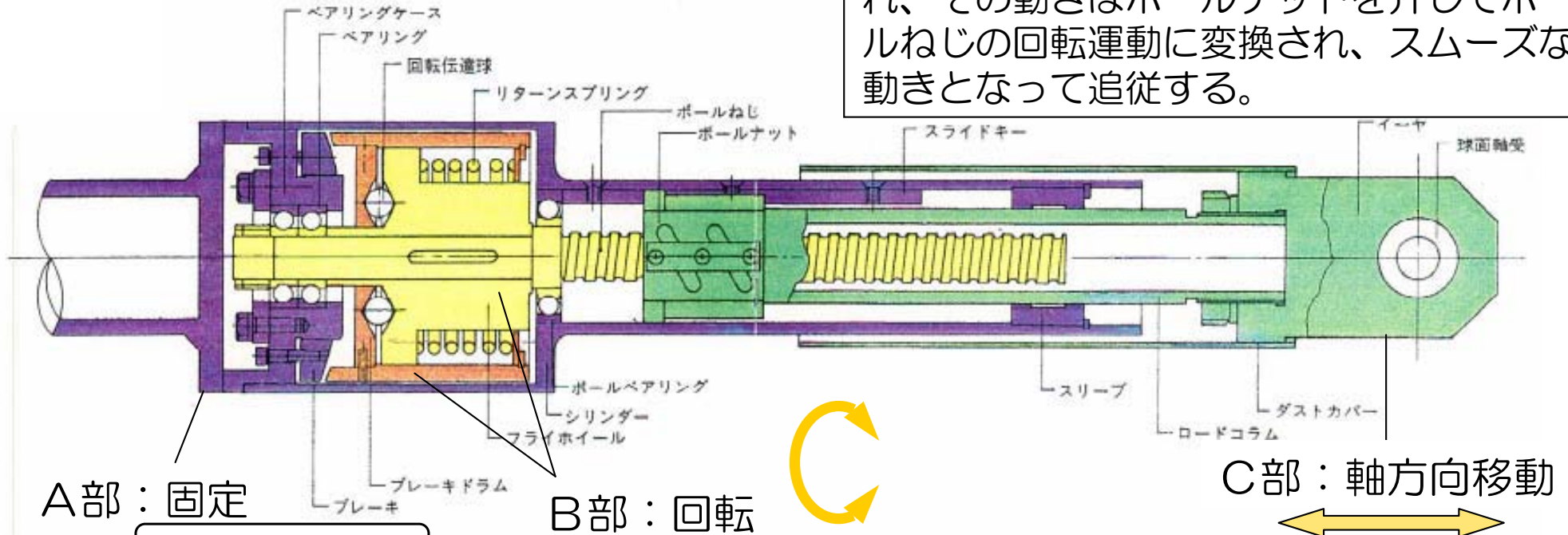
メカニカルスナップの構造について

メカニカルスナップの機能

1. 1方向の地震等の短期荷重を拘束する。
2. 熱膨張等の低速移動を拘束しない。

機能2について

配管、機器の熱膨張等による動きは、C部からメカスナの軸方向の動きとして伝達され、その動きはボールナットを介してボールねじの回転運動に変換され、スムーズな動きとなって追従する。



A部：固定

B部：回転

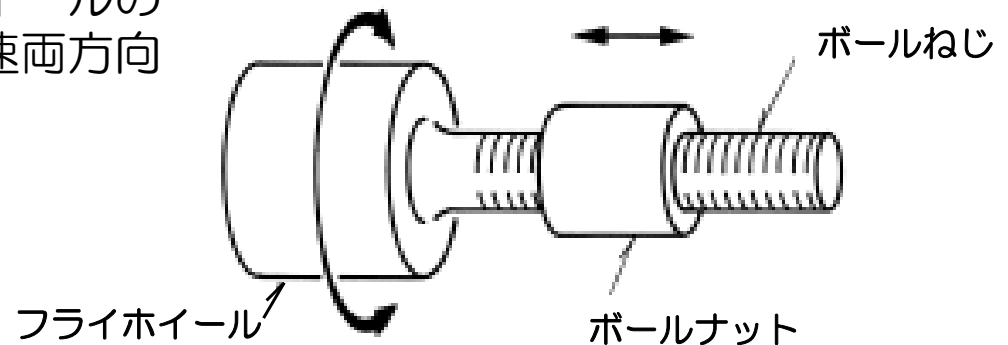
C部：軸方向移動

機能1について

メカニカルスナップはフライホイールの慣性抵抗によって地震等の高速両方向変位を拘束する。

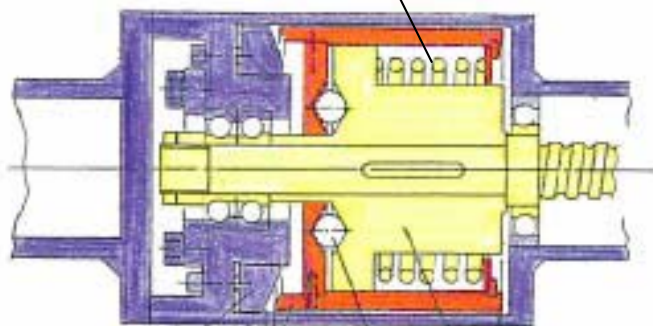
その慣性抵抗は、
 $\text{フライホイール質量} \times \text{加速度}$
 で表される。

作動原理図

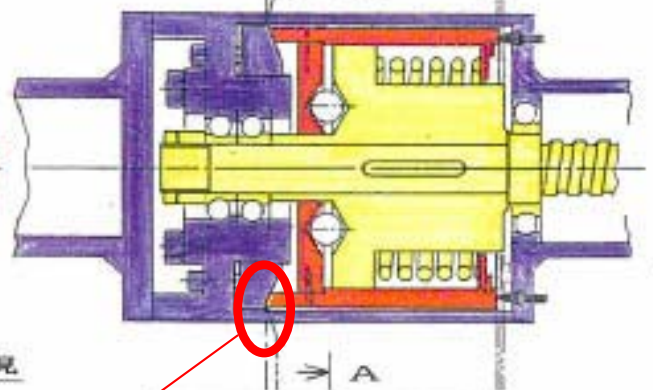
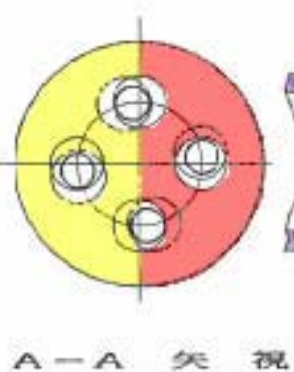


ブレーキ機能について

リターンズプリング



ブレーキ
ブレーキドラム
フライホイール
回転伝達球

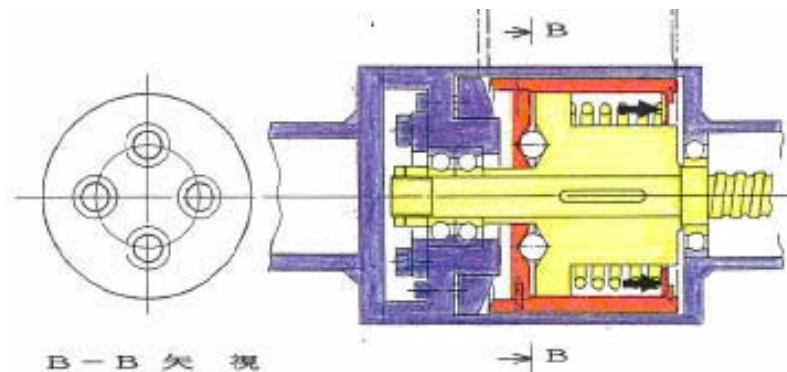


ブレーキ作動状態
ブレーキドラムとブレーキが接触

熱膨張等のゆっくりとした配管の移動に対しては、フライホイールとブレーキドラムが一体となって回転し、メカニカルスナッチはこの配管移動に追従する。また、地震のような短期荷重等の早い移動に対しては、ボールナットを介して伝わった回転力を回転慣性力で受ける構造となっている。

フライホイール回転慣性力による抵抗力(定格荷重の1.5倍以上)を超過する荷重を受けた場合においては、フライホイールの回転にブレーキドラムの回転が追従しなくなり、回転伝達球がブレーキドラムに乗り上げ、ブレーキドラムがブレーキに接触し荷重を受ける機能も備えている。(左下図参照)

荷重が掛からなくなると、リターンズプリングのばね力により、ブレーキドラムは元の位置に押し戻され、ブレーキは解除される。(下図参照)



ブレーキ作動解除