

# 2号機燃料取り出し用構台 使用前検査（社内）について

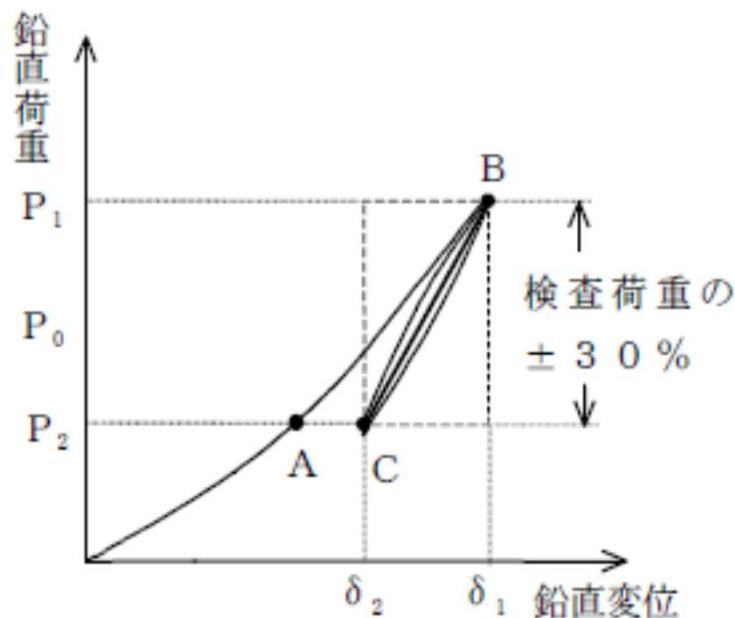
2022年5月11日

---



東京電力ホールディングス株式会社

- 各積層ゴムに検査荷重の±30%に相当する荷重を繰り返し(3サイクル)与え、得られた3サイクル目の履歴ループより、鉛直剛性を求め検査結果とする。
- 鉛直試験における各剛性等の測定方法は、下図および下式で示すように最大荷重、最大変位ポイントと最小荷重、最小変位ポイントを結ぶ線分の傾きに基づく。



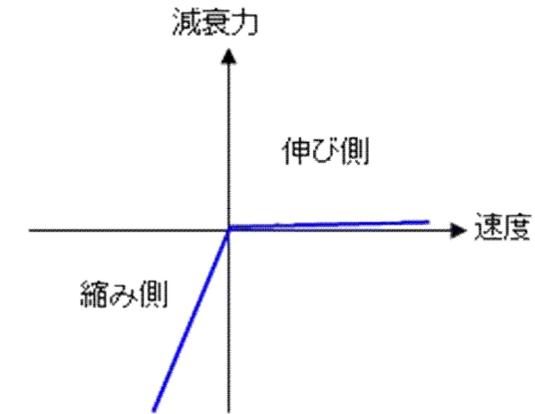
$$\text{鉛直剛性} : K_v = \frac{P_1 - P_2}{\delta_1 - \delta_2}$$

ここで  $P_1$  : 最大荷重  
 $P_2$  : 最小荷重  
 $\delta_1$  : 最大変位  
 $\delta_2$  : 最小変位

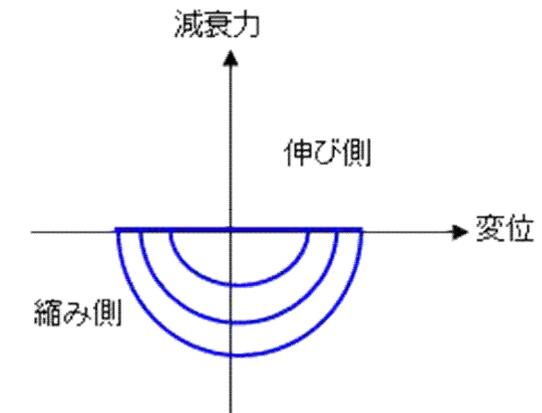
鉛直載荷試験履歴ループ

# ばね付きダンパの基本構造

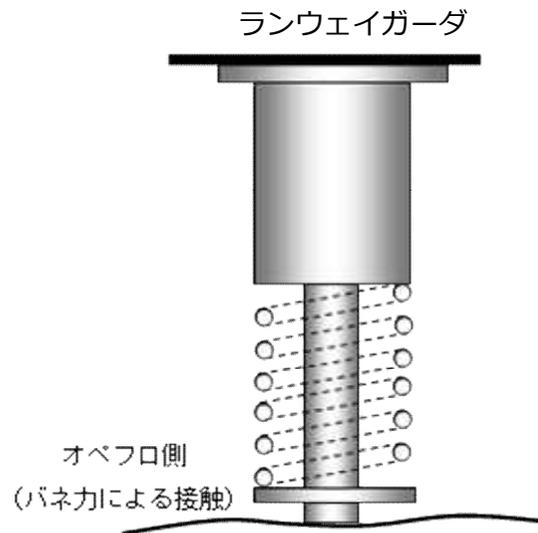
- 据付時の被ばく線量低減のため、オペフロ床にアンカ固定しない構造とする
- 具体的にはピストンロッドをオペフロ上にバネで突き当て、縮む方向には抵抗し、伸びる方向には無抵抗な特性をもつ
- ランウェイガードとオペフロ床の距離が離れる場合にはピストンロッドが素早く伸びて常にオペフロ床を捉え、縮む方向には減衰力を発揮することで、オペフロ床躯体に引張力を加えることなく、半サイクル毎にエネルギーを吸収し上下応答を低減する



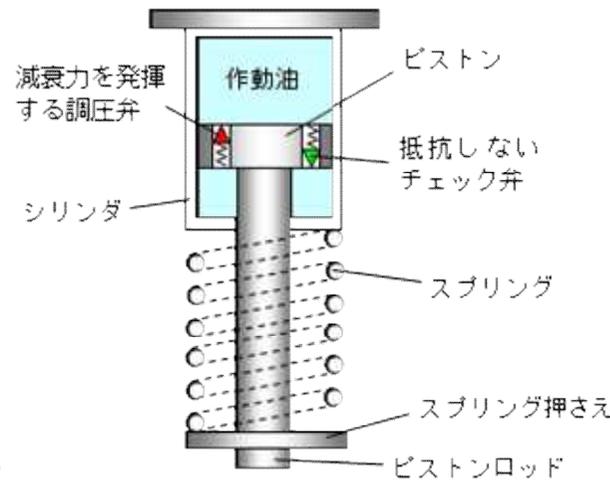
速度－荷重関係（減衰特性）



変位－荷重関係（エネルギー吸収特性）



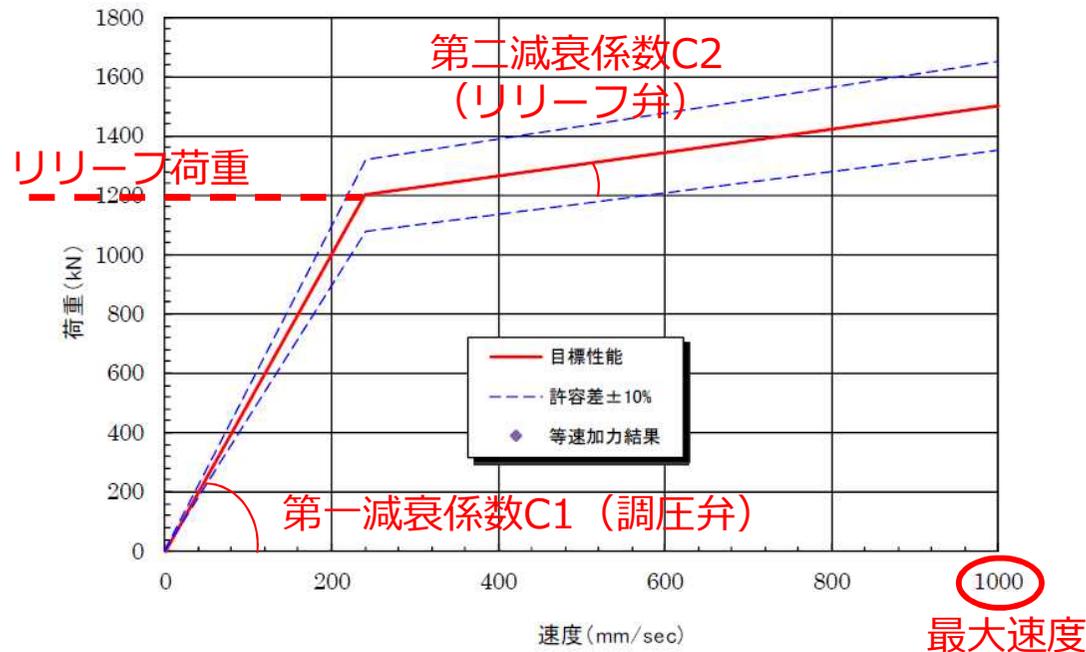
設置の概念図



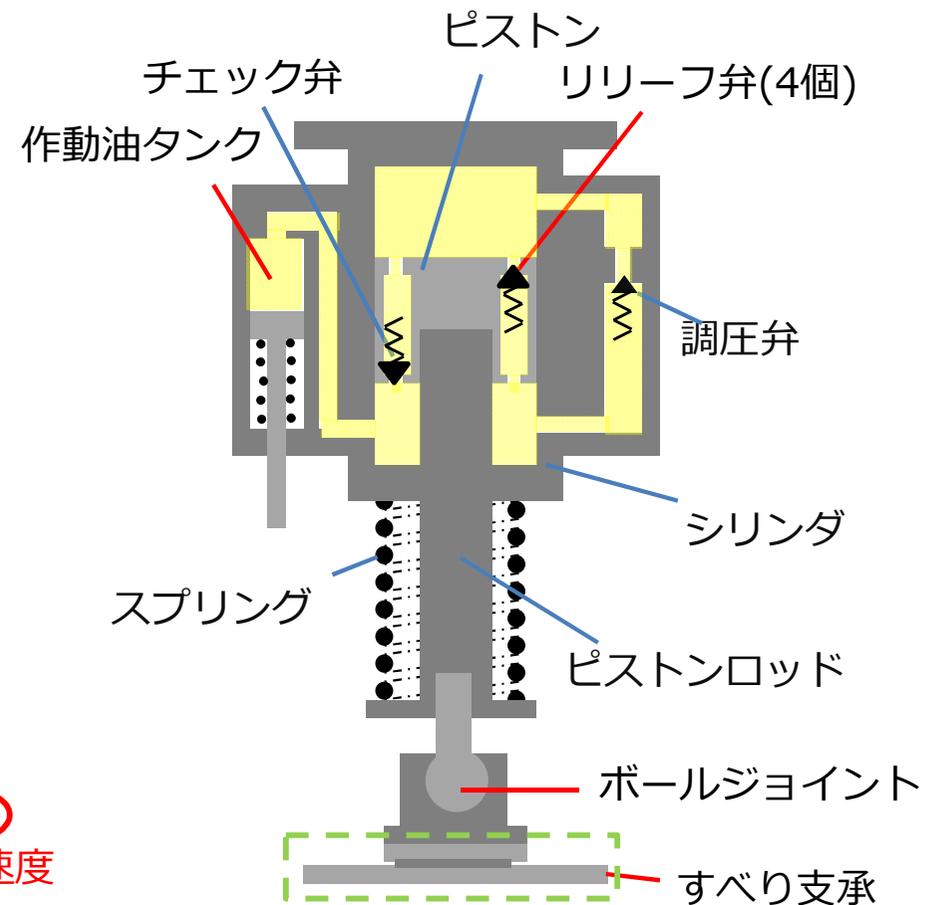
内部機構の概念図

# ばね付きダンパの減衰特性

- 縮み側で荷重を抑制するため、ダンパにはバイリニアの減衰特性を与える
- 第一減衰係数C1は調圧弁、第二減衰係数C2はリリース弁により設定
- 最大速度1000mm/sを実現するため、リリース弁を4個搭載  
(リリース弁を並列に配置することで、荷重増加を抑制し、より大きな最大速度を実現)



縮み側の減衰特性

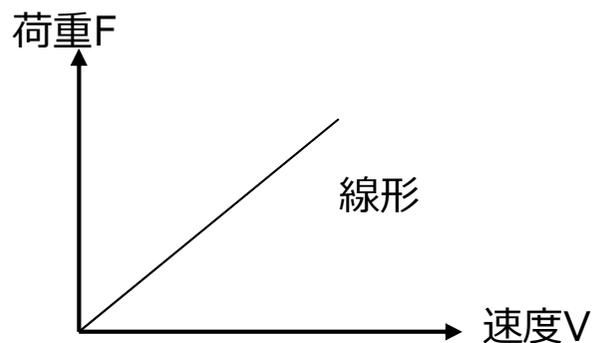
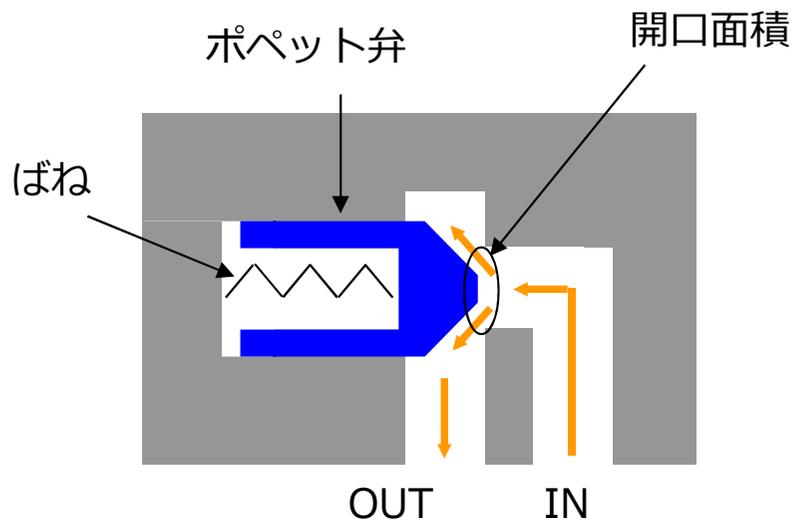


実機の構成

# 調圧弁の構造と役割

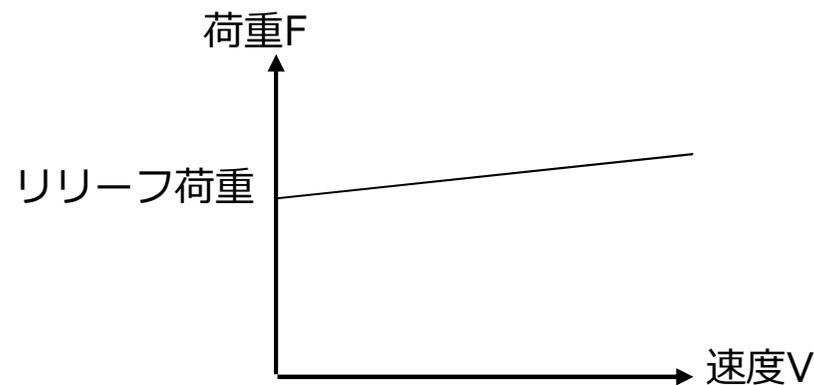
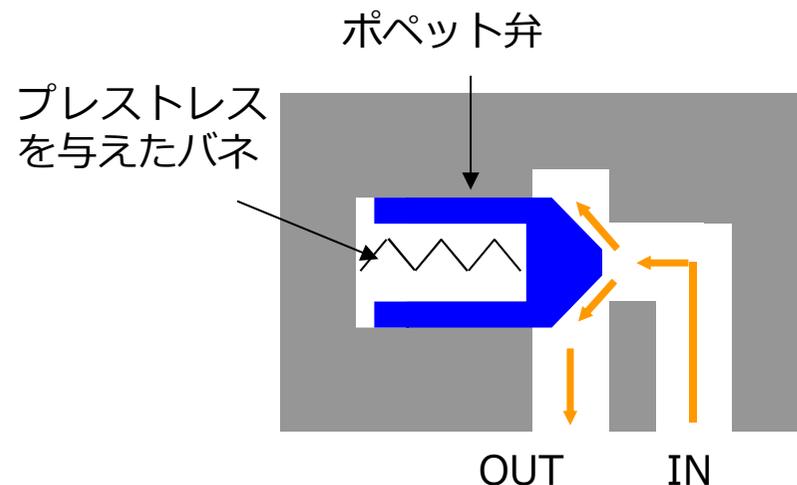
## ■ 調圧弁

圧力により開口面積が変化し（圧力が高まると弁が左に移動して開口が広がり）、速度と荷重の関係を線形にする



## ■ リリース弁

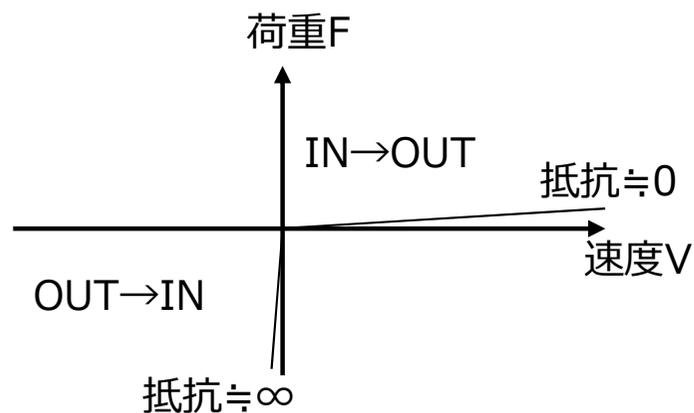
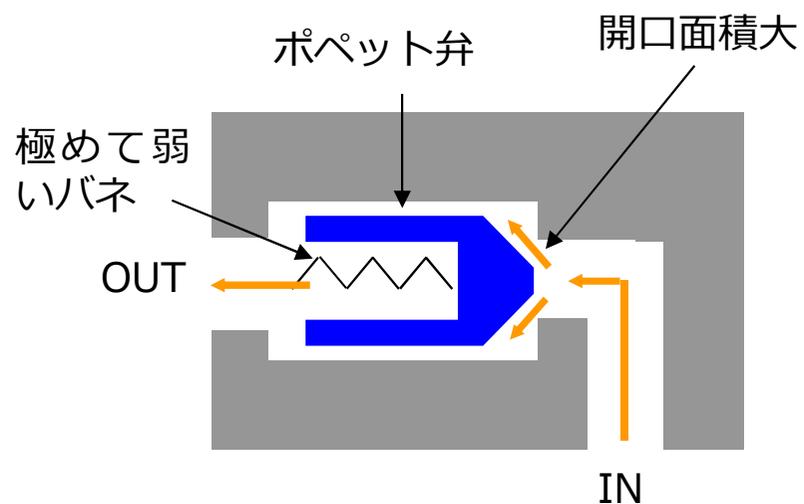
プレストレスが解放される圧力（リリース荷重）以上で開いて、大速度での荷重増加を抑制する



# リリーフ弁とチェック弁

## ■ チェック弁

圧力がINから加わる時は無抵抗に開いて荷重を発揮せず，OUTから加わる時は閉まり流路を閉鎖する一方向弁

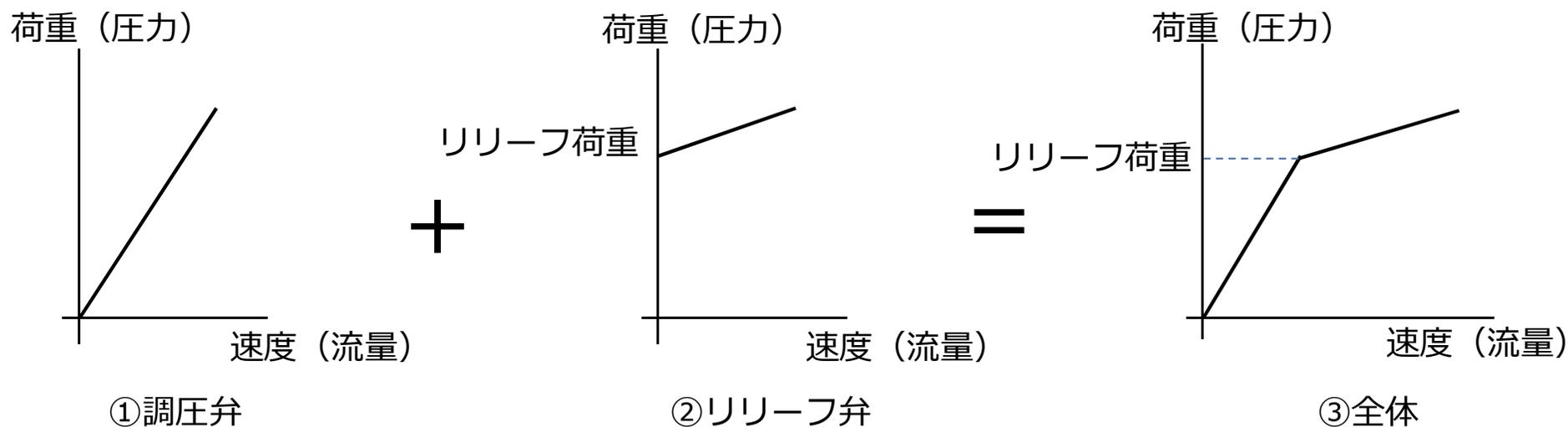


# 各種弁の並列化による全体特性

- 弁は並列に配置されているため、全ての弁には同じ圧力が作用するため（パスカルの原理）、各弁の特性を同一圧力で速度を足し合わせたものが全体特性となる

- 縮み側（押し側）

チェック弁は閉じるため、調圧弁とリリーフ弁の和が全体特性となる



- 伸び側（引き側）

チェック弁が開くため、抵抗力を発揮しない

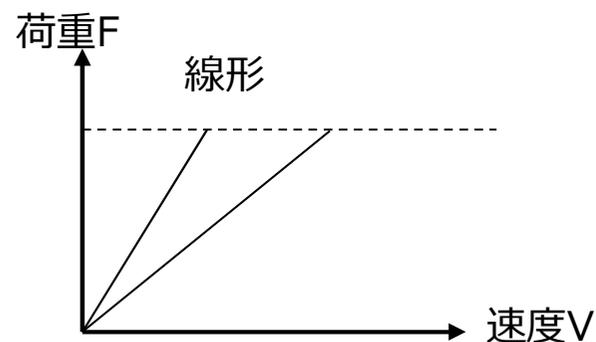
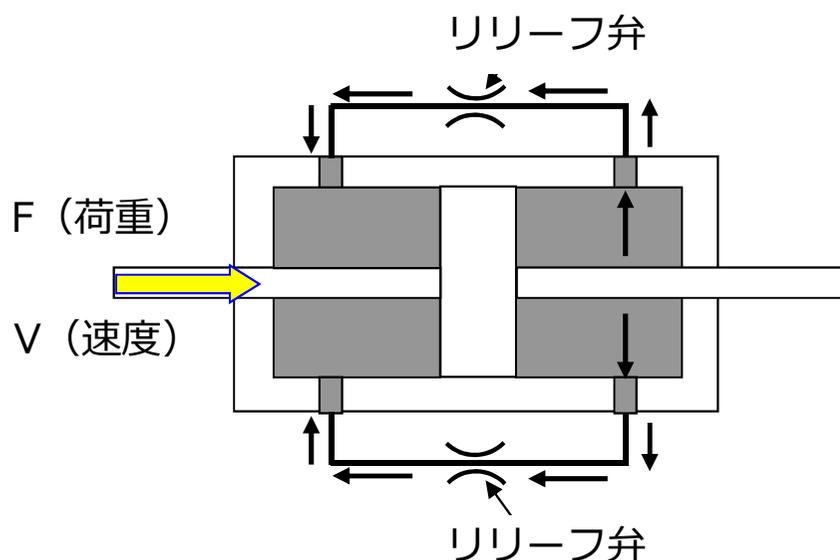
## ばね付きダンパの設計仕様

	項目	仕様	許容差
1	リリース荷重Fr	1200kN	±10%
2	第一減衰係数C1	5kN・sec/mm	±10%
3	第二減衰係数C2	0.395kN・sec/mm	±10%
4	ストローク	±100mm	左記以上

# 弁の並列化配置による効果

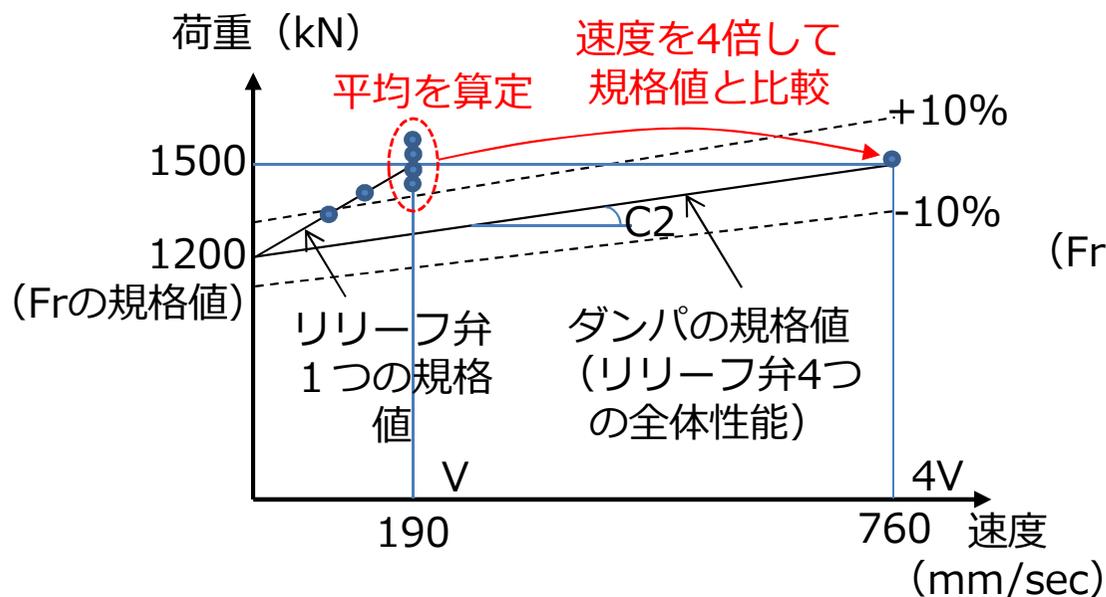
- リリース弁が2つある場合（並列配置）
  - 同じ速度でピストンを動かすと、弁の開口面積が2倍になるため、リリース弁に作用する圧力が1/2倍になり、ピストン反力も1/2倍となる
  - 弁の開口面積が2倍になっているため、リリース弁に作用する圧力を同じにするには、ピストンを動かす速度を2倍にする必要がある
  - 上記より弁を並列配置することにより、最大速度を大きくすることが可能となる

リリース弁	ピストン速度	ピストン反力	リリース弁開口面積	リリース弁圧力
1つ	$V$	$F$	$A$	$P$
2つ	$V$	$F/2$	$2A$	$P/2$
2つ	$2V$	$F$	$2A$	$P$



# ダンパの性能検査 1

## ■ 第二減衰係数C2 (リリース弁単体試験)

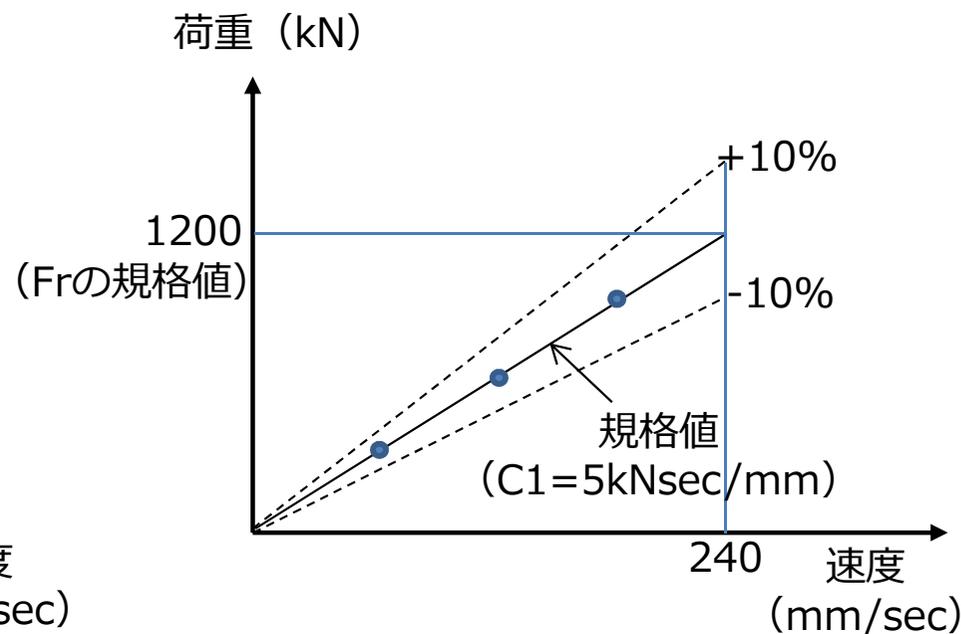


1. リリース弁単体の荷重を試験用装置で測定
2. 平均荷重を評価  

$$F_{ave} = (F1 + F2 + F3 + F4) / 4$$
3. ダンパ全体の規格値を評価  

$$F = Fr + 4 \times C2 \times V$$
4.  $F_{ave}$ が規格値Fの±10%以内で合格

## ■ 第一減衰係数C1 (調圧弁試験)



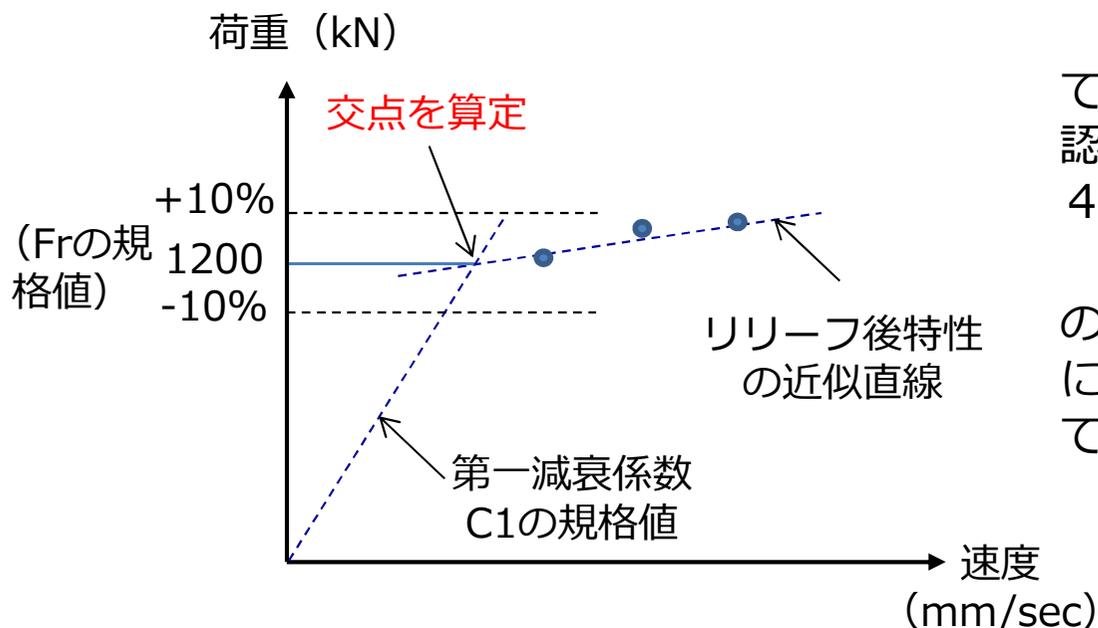
1. 速度60, 120, 180mm/secで加力して荷重を測定
2. ダンパ全体の規格値を評価  

$$F = C1 \times V$$
3. 測定荷重が規格値Fの±10%以内で合格

## ダンパの性能検査 2

## ■ リリース荷重Fr

(リリース弁の動作開始速度の評価確認)



1. リリース弁4つを組み込んだ状態で加力を実施
2. 速度340, 440, 540mm/secの測定荷重から近似直線の評価
3. 上記近似直線とC1の規格値の交点をリリース荷重とする
4. 上記リリース荷重が規格値1200kNFの±10%以内で合格

## ■ 最大速度

最大速度が大きいため、ダンパ全体を用いた最大速度までの加力は実施できない。

そのため、第二減衰係数領域の性能については検査用ダンパにてリリース弁単体性能確認を全数行い、ダンパに使用するリリース弁4本の合計性能で合否を判定する。

最大速度は検査時の計測値ではなく、前述の各試験で得られた性能や、加力速度のように検査で使用した値から算出した理論値として得られる

各オイルダンパにおける，試験速度，許容値（設計仕様），最大応答速度の関係

(m/s)

ダンパ種別	試験速度 (最大値)	許容値	最大応答値
オイルダンパ（水平棟間）	0.7* <sup>1</sup> (理論値)	0.7	0.54
オイルダンパ（鉛直）	0.5	0.5	0.16
ばね付きオイルダンパ	1.0* <sup>1</sup> (理論値)	1.0	0.14

\*1：最大速度は検査時の計測値ではなく，前述の各試験で得られた性能や，加力速度のように検査で使用した値から算出した理論値として以下の通り得られる。  
下式における  $V_{max}$  が許容値（設計仕様）となるよう試験を実施する。

$$V_{max}^{*2} = V_r + V_{c2max} \times n$$

$V_{max}$  : 理論値として得られる試験時の最大加力速度

$V_r$  : リリーフ荷重における速度

$V_{c2max}$  : 第二減衰係数C2の性能試験（リリーフ弁単体試験）に用いる速度の最大値

$n$  : リリーフ弁の個数

\*2：第二減衰領域において調圧弁への流量が無いと保守的に仮定

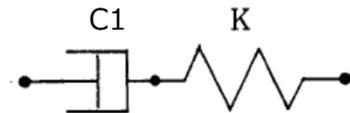
## 鉛直ダンパと棟間ダンパの性能検査（第一減衰係数）

- 正加力，負加力とも同性能であるため，第一減衰係数C1は，正弦波加力における荷重と変位から評価する
- 測定した減衰カーループより1サイクルごとのエネルギー吸収量 $\Delta W$ を計算し，ダッシュポット要素とばね要素を直列に結合したマックスウェル型モデルの粘性減衰係数として，(1.1) 式\*から算出する

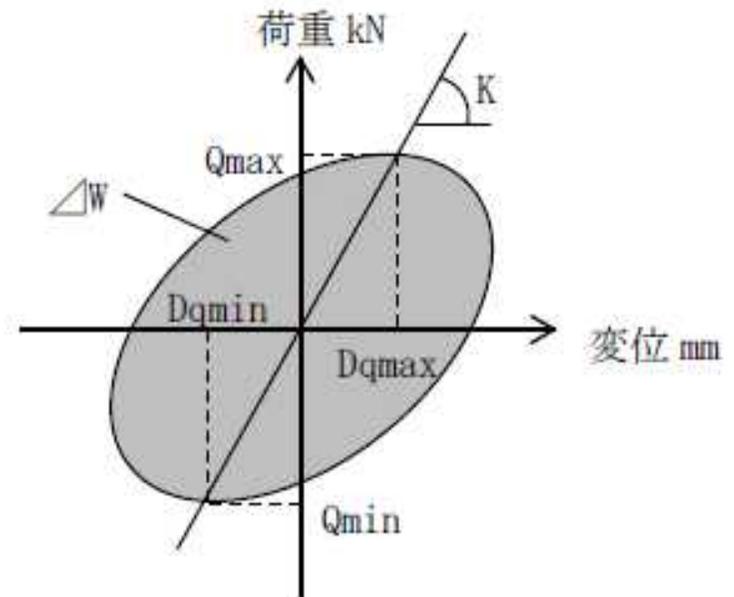
$$C1 = Q^2 / (2 \cdot f \cdot \Delta W) \dots \dots \dots (1.1)$$

Q：荷重片振幅  $Q = (|Q_{max}| + |Q_{min}|) / 2$

f：加力周波数



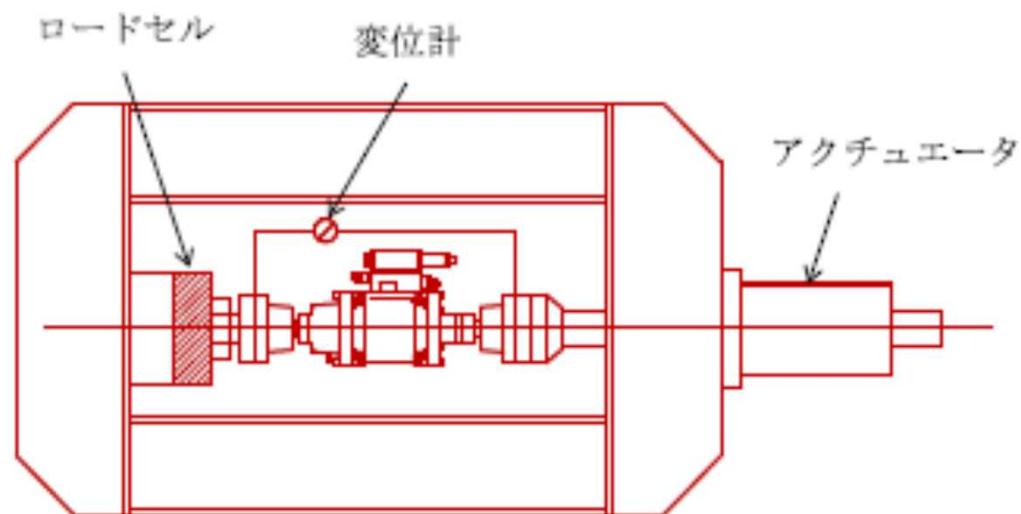
(a) マックスウェル型モデル



(b) 正弦波加振時の荷重変位関係

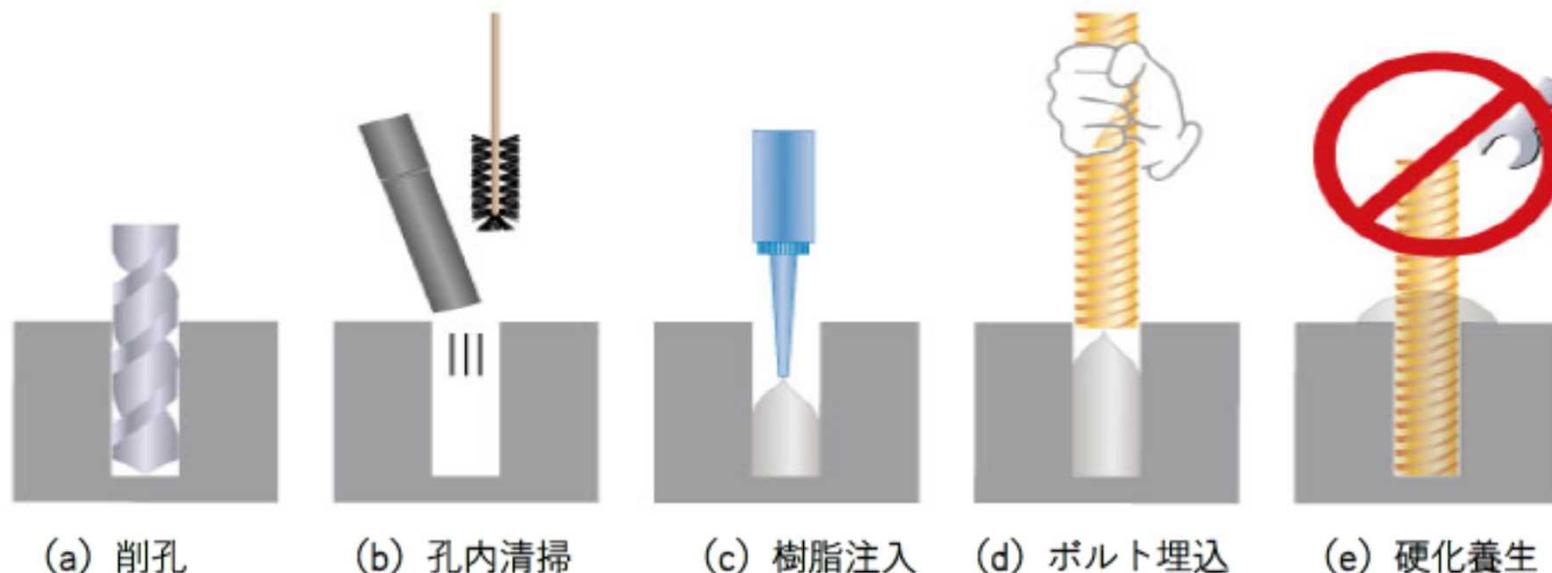
\*：例えば，丹羽ほか「高減衰構造による制震に関する研究」日本建築学会構造工学論文集 Vol.38B(1992年3月)p223-233

- 試験はダンパ専用検査装置に設置して行う
- ストロークはピストンを低速で等速加速し、ストロークエンド両端にピストンロッドが接触した距離を測定する
- 測定は検査装置の変位計とロードセルを用いる



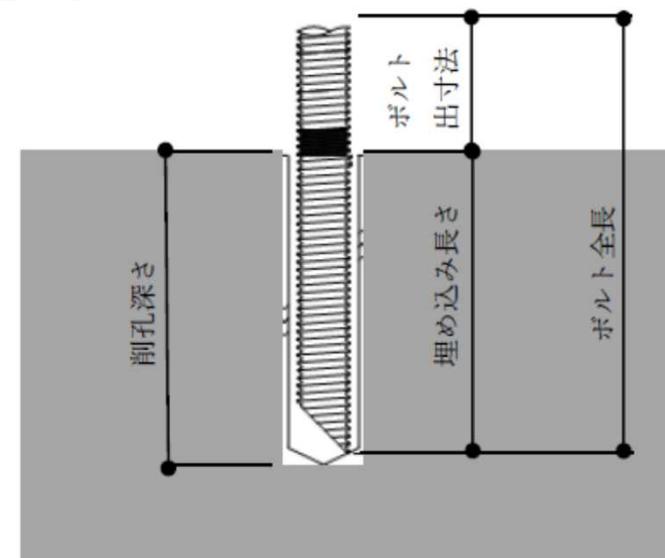
ダンパ専用検査装置図

- あと施工アンカー（接着系：注入方式）の施工手順については下図の通り

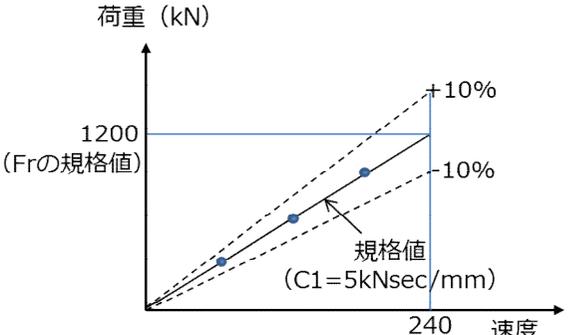


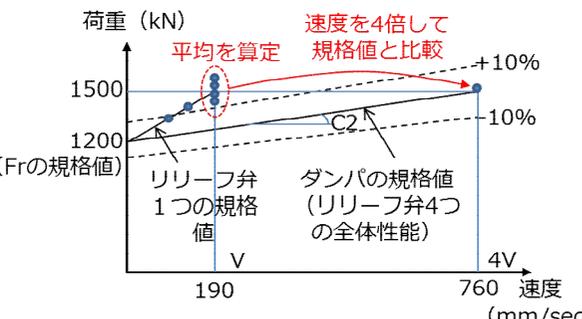
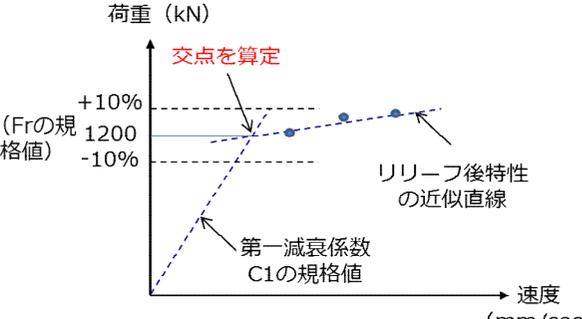
あと施工アンカー（接着系：注入方式）施工手順図

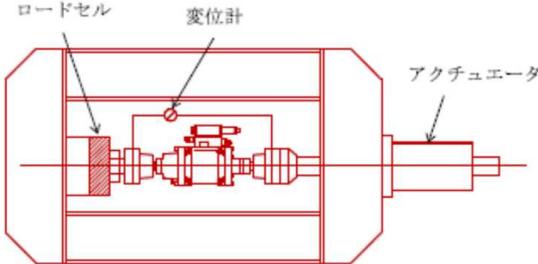
- 埋め込み長さの確認方法は以下の通り
  - ボルトの受け入れ確認時に『ボルト全長』を測定
  - 孔内清掃後に削孔深さを確認
  - ボルト埋め込み後に『ボルト出寸法』を測定し、ボルト全長との差から『埋め込み長さ』を確認



確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
材料確認	地盤改良土の一軸圧縮強さを確認する。	地盤改良土の一軸圧縮強さが、実施計画に記載されている設計基準強度を満足すること。	JEAC 4616-2009に基づき、地盤改良土の一軸圧縮強さが、実施計画 II -2-11-添4-2-131 表4.2.1-3 に記載されている設計基準強度：3,000kN/m <sup>2</sup> を満足することを確認する。尚、約GL-3m以上の範囲のうち任意の5か所、約GL-3m以下の範囲のうち任意の3か所でボーリングを行った計55検体について確認を行う。
材料確認	構造体コンクリートの圧縮強度を確認する。	構造体コンクリート強度が、実施計画に記載されている設計基準強度対して、JASS5Nの基準を満足すること。	構造体コンクリート強度が、実施計画 II -2-11-添4-2-130 表4.2.1-1 に記載されている設計基準強度：24N/mm <sup>2</sup> 対して、JASS5N（2013改訂（第3次））に従って作成したサンプルの圧縮基準強度がJASS5N『11.4 表11.10 構造体コンクリートの圧縮強度の検査』の基準を満足することを確認する。
材料確認	鉄筋の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3112に適合すること。	JIS G 3112（2020/04/20改正）に適合することを確認する。使用する鉄筋の種類は実施計画 II -2-11-添4-2-130 表4.2.1-1に記載のSD295およびSD345とする。
材料確認	鋼材の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3101, JIS G 3136, JIS G 3106, JIS G 3444, JIS G 3321又は建築基準法第37条第二号の規定に適合すること。	実施計画 II -2-11-添4-2-130 表4.2.1-1に記載のJIS G 3101（2020/04/20改正）、JIS G 3136（2022/03/22改正）、JIS G 3106（2020/12/21改正）、JIS G 3444（2021/02/22改正）、JIS G 3321（2019/03/20改正）又は建築基準法第37条第二号の規定に適合する鋼材を使用していることを確認する。尚、JIS規格品では無いTMCP325については、建築基準法第37条第二号の規定に適合するものとする。
材料確認	特殊ボルト（ワンサイドボルト）の締め付け張力を確認する。	導入張力試験をJASS 6に準じて実施し、所定の張力が得られること。	導入張力試験をJASS 6（2018改訂）『6.2 d,高力ボルトの品質確認のための試験』に準じて導入張力確認試験を実施し、所定の張力（755N/mm <sup>2</sup> ）が得られることを確認する。尚、当該特殊ボルトは、ランウェイガーダ接合部に使用する。
材料確認	トルシア型超高力ボルト(SHTB)、トルシア型高力ボルト(S10T)、高力六角ボルト(F10T)の仕様を確認する。	JIS B 1186又は建築基準法第37条第二号の規定に適合すること。	JIS B 1186（2013/06/20改正）又は建築基準法第37条第二号の規定に適合することを確認する。JIS規格品では無いSHTB、S10Tについては、建築基準法第37条第二号の規定に適合するものとする。尚、当該各ボルトについては、鉄骨接合部に使用するもの。
材料確認	アンカーボルトの材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3138に適合すること。	JIS G 3138（2021/02/22改正）に適合することを確認する。当該アンカーボルトは、鋼材としてSNR400B、接着剤としてセメント系材料を用いる接着系アンカーとする。

確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
材料確認	弾性支承の鉛直剛性を確認する。	弾性支承の鉛直剛性が、II章2.11添付資料-4-2に記載した値の±20%以内であること。	弾性支承の鉛直剛性が、実施計画II-2-11-添4-2に記載した値である $2140 \times 10^3 \text{ kN/m}$ の±20%以内であることを確認する。鉛直剛性の算出は、試験機により検査荷重の±30%に相当する荷重を3サイクル与え、得られた2サイクル目の履歴ループにおける最大荷重 $P_1$ 、最小荷重 $P_2$ 、最大変位 $\delta_1$ 、最小変位 $\delta_2$ に基づき行う。
材料確認	オイルダンパの第一減衰係数を確認する。	ばね付きオイルダンパの第一減衰係数は、試験時の各速度における荷重が、II章2.11添付資料-4-2に記載したオイルダンパの減衰係数に各速度を掛けて算出した荷重の±10%以内であること。オイルダンパ（水平棟間）およびオイルダンパ（鉛直）の第一減衰係数は、正弦波加力を行った際の減衰カループから算出した第一減衰係数が、添付資料-4-2に記載したオイルダンパの減衰係数の±10%以内であること。	<p>ばね付きオイルダンパの第一減衰係数は、試験時の各速度における荷重が、実施計画II-2-11-添4-2に記載したオイルダンパの減衰係数（<math>5,000 \text{ kN} \cdot \text{s/m}</math>）に各速度を掛けて算出した荷重の±10%以内であることを確認する。オイルダンパ（水平棟間）およびオイルダンパ（鉛直）の第一減衰係数は、正弦波加力を行った際の減衰カループから算出した第一減衰係数が、実施計画II-2-11-添4-2に記載したオイルダンパの減衰係数（オイルダンパ（水平棟間）においては<math>12,000 \text{ kN} \cdot \text{s/m}</math>、オイルダンパ（鉛直）においては<math>40,000 \text{ kN} \cdot \text{s/m}</math>）の±10%以内であることを確認する。</p>  <p>※図はばね付きオイルダンパの場合</p>

確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
材料確認	オイルダンパの第二減衰係数を確認する。	<p>第二減衰係数は、試験時の各速度における荷重の平均が、Ⅱ章2.11添付資料-4-2に記載したオイルダンパのリリーフ荷重と、減衰係数に各速度を掛けて、並列配置を考慮し算出した荷重の和の±10%以内であること。</p>	<p>第二減衰係数は、試験時の各速度における荷重の平均が、実施計画Ⅱ-2-11-添4-2に記載したオイルダンパのリリーフ荷重（オイルダンパ（水平棟間）においては1,700kN、オイルダンパ（鉛直）においては1,600kN、ばね付きオイルダンパにおいては1,200kN）と、減衰係数に各速度を掛けて、並列配置を考慮し算出した荷重の和の±10%以内であること。</p>  <p>※図はばね付きオイルダンパの場合</p>
材料確認	オイルダンパのリリーフ荷重を確認する。	<p>試験で複数の加力速度を用いて得られる近似直線と、Ⅱ章2.11添付資料-4-2に記載した第一減衰係数の交点として得られる荷重が、Ⅱ章2.11添付資料-4-2に記載したリリーフ荷重の±10%以内であること。</p>	<p>試験で複数の加力速度を用いて得られる近似直線と、実施計画Ⅱ-2-11-添4-2に記載した第一減衰係数の交点として得られる荷重が、実施計画Ⅱ-2-11-添4-2に記載したリリーフ荷重（オイルダンパ（水平棟間）においては1,700kN、オイルダンパ（鉛直）においては1,600kN、ばね付きオイルダンパにおいては1,200kN）の±10%以内であることを確認する。</p> 

確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
材料確認	オイルダンパのストロークを確認する。	オイルダンパのストロークが、Ⅱ章2.11添付資料-4-2に記載した値以上であること。	変位計とロードセルを有する試験機において、ピストンを低速で等速加速し、ストロークエンド両端にピストンロッドが接触した距離を測定する。 オイルダンパのストロークが、実施計画Ⅱ-2-11-添4-2に記載した値（オイルダンパ（水平棟間）においては±100mm、オイルダンパ（鉛直）においては±60mm、ばね付きオイルダンパにおいては±100mm）以上であること。 
据付確認	地盤改良範囲（深さ）を確認する。	支持レベルに着底していること。	施工前の地盤調査により支持層を把握したうえで、支持層に着底できるよう改良深さを設定し、設定した深さまで改良を実施する。地盤改良範囲が支持レベルに着底していることを施工記録にて確認する。
据付確認	鉄筋の径、間隔（図-1参照）を確認する。	鉄筋の径が実施計画書に記載されている通りであること。鉄筋の間隔が実施計画に記載しているピッチにほぼ均等に分布していること。	鉄筋の径が実施計画書に記載されている通りであることを確認する。鉄筋の間隔が実施計画に記載しているピッチにほぼ均等に分布していることを確認する。
据付確認	接合部（図-2～図-5参照）の施工状況を確認する。	高力ボルトが所定の本数・種類であること。	高力ボルトが所定の本数・種類であることを確認する。
据付確認	アンカーボルト埋め込み長さを確認する。	有効埋め込み長さが所定の値（M30：300mm、M60：265mm）であり、かつボルトの余長はナット面から突き出た長さが3山以上であること。	有効埋め込み長さが所定の値（M30：300mm、M60：265mm）であり、かつボルトの余長はナット面から突き出た長さが3山以上であることを確認する。有効埋め込み長さは、埋め込み前のボルトの長さと同埋め込み後のボルトの余長の差から確認を行う。
据付確認	制震装置（オイルダンパ）の設置状況を確認する。	制震装置（オイルダンパ）の設置位置および設置数が図-6～図-13の通りであること。	制震装置（オイルダンパ）の設置位置および設置数が実施計画Ⅱ-2-11-添4-2-別添7 図-6～図-13の通りであることを確認する。
据付確認	免震装置（弾性支承）の設置状況を確認する。	免震装置（弾性支承）の設置位置および設置数が図-13の通りであること。	免震装置（弾性支承）の設置位置および設置数が実施計画Ⅱ-2-11-添4-2-別添7 図-13の通りであることを確認する。尚、現地は高線量であることから、基本的には写真による書類確認を実施する。
据付確認	外装材および床の施工状況を確認する。	外装材および床の設置範囲が、図-14～図-17の通りであること。	外装材および床の設置範囲が、実施計画Ⅱ-2-11-添4-2-別添7 図-14～図-17の通りであることを確認する。
据付確認	制震装置（オイルダンパ）の外観を確認する。	有害な欠陥がないこと。	有害な欠陥がないことを確認する。

確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
据付確認	免震装置（弾性支承）の外観を確認する。	有害な欠陥がないこと。	有害な欠陥がないことを確認する。尚、現地は高線量であることから、基本的には写真による書類確認を実施する。