

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-340-25 改2
提出年月日	平成30年9月28日

補足-340-25 原子炉格納容器の耐震計算書に係る補足説明資料

平成30年9月

日本原子力発電株式会社

まえがき

本補足説明資料は、添付書類「V-2 耐震性に関する説明書」における原子炉圧力容器付属構造物、原子炉格納容器及び圧力低減設備その他の安全設備のうち、以下の耐震計算書を対象として補足説明するものである。

【添付書類】

V-2-3-4-2 原子炉圧力容器付属構造物の耐震性についての計算書

V-2-3-4-1 原子炉圧力容器スタビライザの耐震性についての計算書

V-2-3-4-2 原子炉格納容器スタビライザの耐震性についての計算書

V-2-3-4-3 制御棒駆動機構ハウジング支持金具の耐震性についての計算書

V-2-9-2 原子炉格納容器の耐震性についての計算書

V-2-9-2-1 原子炉格納容器の耐震性についての計算書

V-2-9-2-3 上部シアラグ及びスタビライザの耐震性についての計算書

V-2-9-2-4 下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの耐震性についての計算書

V-2-9-2-5 原子炉格納容器胴アンカ部の耐震性についての計算書

V-2-9-2-6 機器搬入用ハッチの耐震性についての計算書

V-2-9-2-7 所員用エアロックの耐震性についての計算書

V-2-9-2-8 サプレッション・チェンバアクセスハッチの耐震性についての計算書

V-2-9-2-9 原子炉格納容器配管貫通部の耐震性についての計算書

V-2-9-2-10 電気配線貫通部の耐震性についての計算書

V-2-9-2-11 サプレッション・チェンバ底部ライナ部の耐震性についての計算書

V-2-9-4 圧力低減設備その他の安全設備の耐震性についての計算書

V-2-9-4-1 ダイヤフラム・フロアの耐震性についての計算書

V-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書

目次

補足-340-25 原子炉格納容器の耐震計算書に係る補足説明資料

- 1 原子炉格納容器の耐震性についての計算書に係る補足説明資料
 - 1-1 応力評価点 P6 の座屈評価について
 - 1-2 原子炉格納容器の地震時のスロッシングに対する考え方について
 - 1-3 板厚（半径）方向の応力を考慮しない理由について
- 2 原子炉格納容器胴アンカ部の耐震性についての計算書に係る補足説明資料
 - 2-1 応力計算における評価部位と荷重方向について
 - 2-2 コンクリートのせん断評価の考え方について
- 3 原子炉格納容器配管貫通部の耐震性についての計算書に係る補足説明資料
 - 3-1 配管貫通部の代表性について
- 4 ダイヤフラム・フロアの耐震性についての計算書に係る補足説明資料
 - 4-1 ダイヤフラム・フロア 設計震度の考え方について

1 原子炉格納容器の耐震性についての計算書に係る補足説明資料

1-1 応力評価点 P6 の座屈評価について

1. 概要

添付書類「V-2-9-2-1 原子炉格納容器の耐震性についての計算書」に記載の座屈評価は、J E A G 4 6 0 1・補-1984に基づき評価を実施している。座屈評価において、応力評価点 P6 の重大事故等対処設備としての評価結果が厳しくなっているが、この原因は入力荷重である軸圧縮荷重の設定方法に起因している。

本図書では、応力評価点 P6 の軸圧縮荷重の設定方法を示す。

2. 応力評価点 P6 の軸圧縮荷重について

応力評価点 P6 の座屈評価に用いる軸圧縮荷重を以下に示す。

- ・設計基準対象施設としての評価荷重 (S_s) : 軸圧縮荷重 $P = \boxed{}$ N
- ・重大事故等対処設備としての評価荷重 (S_s) : 軸圧縮荷重 $P = \boxed{}$ N

サプレッション・プールの設計基準対象施設として考慮する水位 (DB 水位) と重大事故等対処設備として考慮する水位 (SA 水位) 並びに応力評価点の関係を図 1 に示す。

サプレッション・プール水の質量は、本来底部コンクリートマット (底部ライナー部) に作用するものではあるが、DB 水位及び SA 水位における水質量が、保守的に底部ライナー部に接続される応力評価点 P6 に軸圧縮荷重として作用するものとしている。

従って、応力評価点 P6 の座屈評価では、考慮する水位の高い重大事故等対処設備としての評価結果が厳しくなる。なお、応力評価点 P5 については、応力評価点 P6 のように接続する水平部がないことから、鉛直方向の水質量を受け持つことはなく、水質量による軸圧縮荷重は考慮していない。

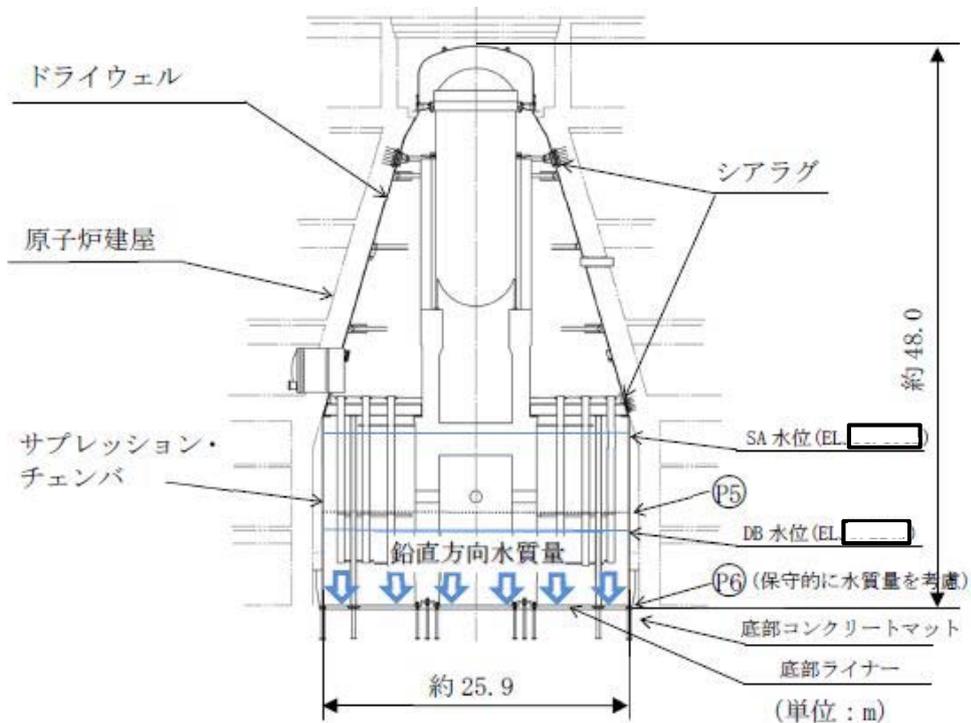


図 1 サプレッション・プール水位と応力評価点の関係

3. 参考図書

V-2-9-2-1 原子炉格納容器の耐震性についての計算書

1-2 原子炉格納容器の地震時のスロッシングに対する考え方について

1. 概要

MARK-II型原子炉格納容器はサプレッション・チェンバに原子炉圧力容器等の冷却に必要な水（以下「プール水」という。）を保有している特徴から、地震時にプール水によるスロッシングが生じる。このため、スロッシングによる影響評価は既往の試験*で検討がなされており、解析上の考慮は必要がないとされている。しかしながら、基準地震動の違い等を考慮し、東海第二の原子炉格納容器に対するスロッシングによる影響を確認する。

これらを踏まえ、今回の工事計画における耐震評価方法の考え方を以下に示す。

注記 *：原子力発電施設信頼性実証試験の現状（（財）原子力発電技術機構）

2. MARK-II型原子炉格納容器のスロッシングの影響評価

原子炉格納容器の耐震評価は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）に基づき、地盤、原子炉建屋及び原子炉圧力容器を連成したモデルで評価しており、サプレッション・チェンバのプール水質量の全てを剛体とみなし、全ての質量を固定質量とみなし、耐震評価を実施している。一方、スロッシングを考慮した評価をする場合は、図1で示すように揺動しない部分は固定質量として負荷するが、揺動する部分は自由質量となる。

上記で示すように評価方法に相違があるものの、既往の試験でスロッシングの影響を検討しており、以下のことが確認されている。図2に既往の試験で用いた試験体を示す。

- ・縮尺したMARK-II型原子炉格納容器を用いてスロッシングの影響の確認し、スロッシングにより発生する応力は、水による慣性力の [] 程度のオーダーであることを確認
- ・スロッシングの固有振動数は1次～3次で [] Hz～ [] Hz であり、原子炉格納容器の固有振動数 [] Hz～ [] Hz であり、共振しない

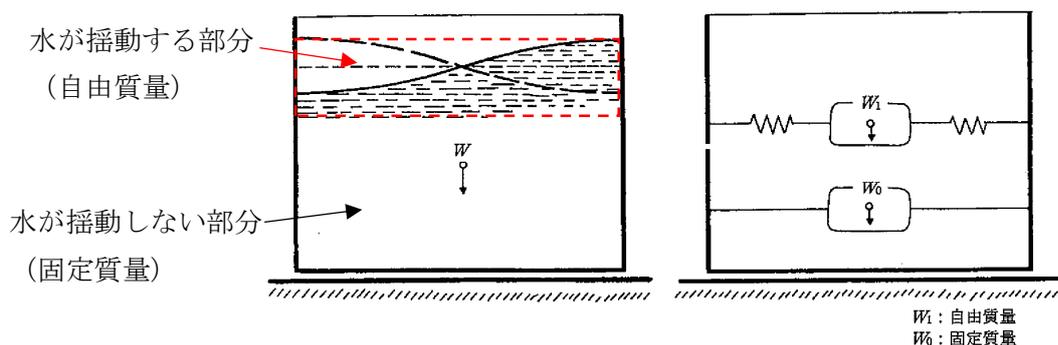


図1 スロッシングの解析モデル*

注記 *：原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）

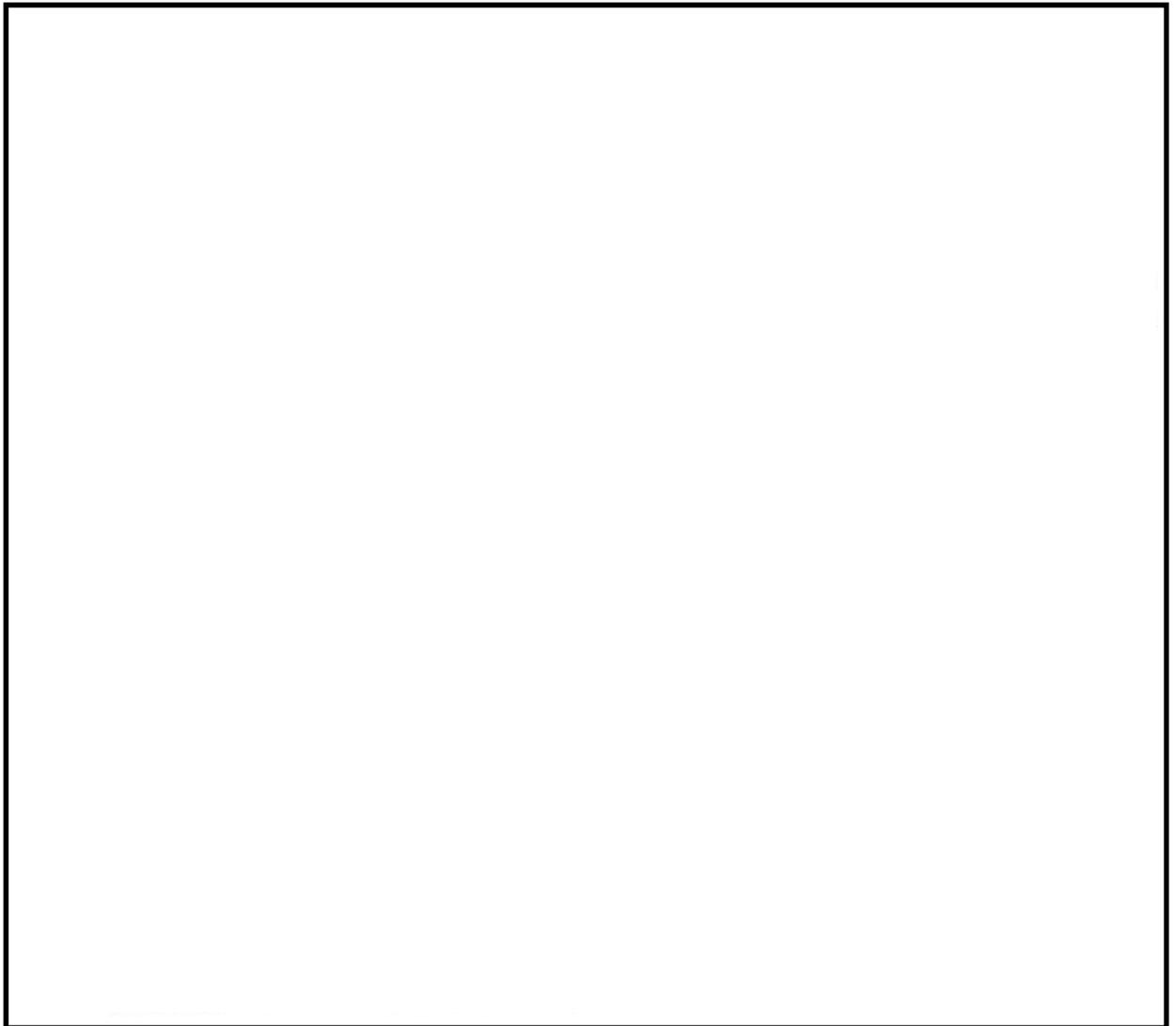


図2 既往の試験概要及び結果

3. 東海第二の原子炉格納容器に対するスロッシング評価

既往の試験において、スロッシングの影響が小さいことを確認したが、東海第二の原子炉格納容器に生じる基準地震動 S_0 と地震が異なることから、その影響について確認する。

3.1 固有振動数の影響

既往の文献（多重円筒型分割タンクの耐震設計（吉田ら，甲陽建設工業（株））に基づき、固有振動数を算出し、東海第二の原子炉格納容器の固有振動数を比較した結果、表1に示す。表1で示すように東海第二の原子炉格納容器についても既往の試験と同様に共振しないことを確認した。

表1 東海第二における固有振動数

	スロッシングの固有振動数	原子炉格納容器の固有振動数
固有振動数 (Hz) (H. W. L 時 (水位 7.08 m))		

3.2 スロッシングによる設備の影響について

既往の文献に基づき、原子炉格納容器、内部構造物であるベント管及び原子炉圧力容器基礎に生じる荷重を算出し、スロッシングによる設備の影響を確認する。

スロッシングによる設備の影響は、3.1 項で示したように固有周期が長いほど領域で共振する。一方、原子炉格納容器は、固有周期が短いため、図1で示すようにスロッシングの固有周期と共振せず、固有周期が短い地震動のとき、耐震評価として厳しくなる。また、異なる基準地震動は同時に生じることはない。

これらのことから、スロッシングによる影響が大きくなる固有周期が長い基準地震動（ S_{s-14} ）と原子炉格納容器に対して影響が大きくなる固有周期が短い基準地震動（ S_{s-31} ）を区別して、実施する（図3）。

また、現状の耐震評価では100%固定質量で評価していることから、スロッシングによる影響（固定質量+自由質量）と比較するため、原子炉格納容器に対する影響を区別して確認する。

上記の考えに基づき、スロッシングによる影響評価を実施した結果を表2に示す。

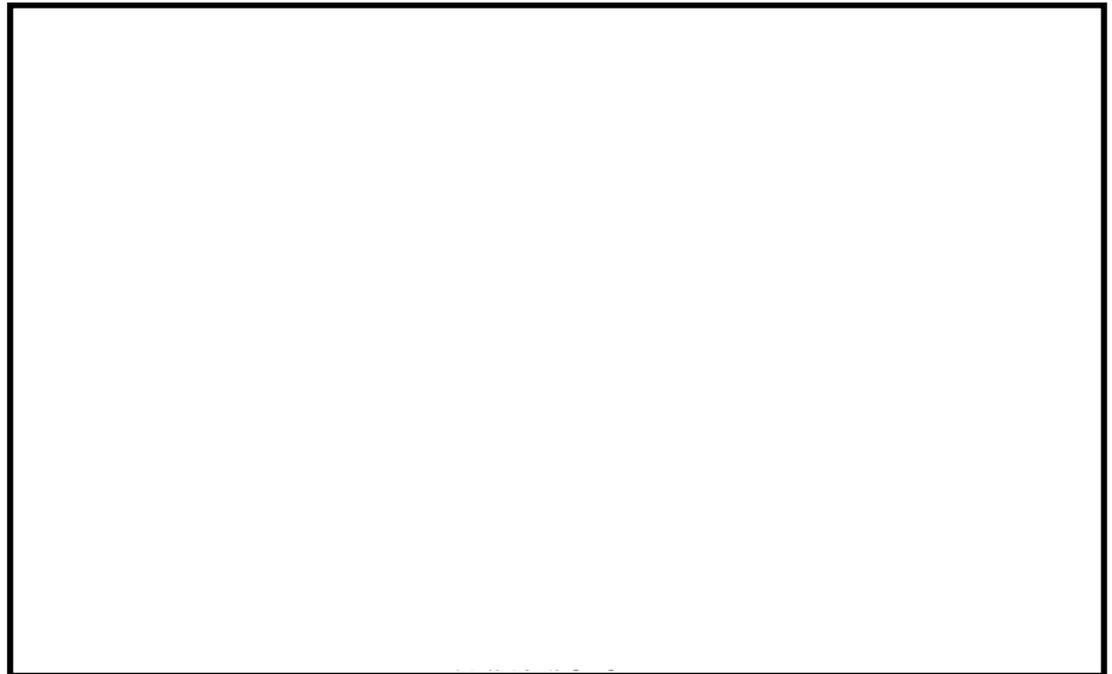


図3 東海第二の設計用床応答スペクトル

表2 スロッシングによる影響評価

	スロッシングによる モーメント*1 (kN・m)		100 %固定質量 によるモーメント (kN・m)	地震による モーメント*2 (kN・m)	
	S _s -31	S _s -8波	S _s -8波	S _s -8波*3	S _s -14
原子炉格納容器					
ベント管*4					
原子炉圧力容器基礎					

注記 *1：固定質量+自由質量の評価結果

*2：モーメントの数値はプール水を全て固定質量とした場合の結果である。

*3：基準地震動 S_s-8 波包絡条件は S_s-31 と同じ。

*4：ベント管については床応答スペクトル解析を行っており応答する地震波の特定が出来ないため、基準地震動 S_s-8 波包絡条件の結果を示す。

*5：底部転倒モーメントを含めた場合、S_s-31 は kN・m、S_s-8 波は kN・m となる。

*6：水質量のみ考慮した水質量付加点までのはり質点モデルから算出

表2で示すように固有周期が短い基準地震動（S_s-31）においては、原子炉格納容器に対する荷重（①）が大きくなるものの、スロッシングによる影響（②）は既往の試験と同様に非常に小さく、耐震評価結果に対して影響を与えない。また、固有周期が長い基準地震動（S_s-14）においては、スロッシングによる荷重（③）が大きくなるものの、原子炉格納容器に対しての応答が小さくなるため（④）、原子炉格納容器の健全性に影響を与えないことを確認した。

また、スロッシングによる荷重は、S/Cのみに生じる荷重である。荷重を比較するため、水質量付加点までのはり質点モデルの質点に100%固定の水質量を与え、質点に生じる加速度から荷重（⑤）を算出し、比較した結果、100%固定質量の結果の方が大きい（③<⑤）。このことから、地震時の原子炉格納容器への影響は、スロッシングによる影響（固定質量+自由質量）より100%固定質量の方が大きいことを確認した。また、ベント管及び原子炉圧力容器基礎については、地震による荷重のピークが短期であり、スロッシングによる荷重のピークを重畳しないことから、耐震評価した地震によるモーメントを超えることはないと考えられる。さらに、原子炉圧力容器基礎は基準地震動 S_s-31 が発生した際（⑦）、スロッシングによる最大のモーメント（⑥）が重畳したとしても、その寄与は %であり、耐震評価で算出されている結果（200.4 MPa）に対して影響を与えない。

3.3 スロッシングによる凝縮性能への影響

スロッシングに波高によって、事故時の蒸気等を凝縮する内部構造物が露出し、凝縮性能に影響を及ぼす可能性があることから、その影響を検討する。地震時の波高を表3に示すとともに波高に伴う原子炉格納容器内の影響を図4に示す。

表3 地震の波高

	S _s -31	基準地震動S _s -8波包絡条件
波高 (m)		



図4 スロッシングによる波高の影響

原子炉冷却材喪失事故時においては、原子炉冷却材圧力バウンダリから放出される蒸気がベント管を通じてプール水により凝縮されるが、原子炉圧力容器については、基準地震動S_sに耐える設計であることから、地震と原子炉冷却材喪失事故は重畳することがなく、原子炉格納容器の健全性は確保される。なお、荷重の組合せにおいてもこのような考慮はしていない。このため、図4で示すようにスロッシングによって、ベント管の下端が露出しても凝縮性能に影響はない。

また、地震によって、原子炉スクラムをした場合、原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧となり、逃がし安全弁の一部が作動することが考えられる。図4で示すようにクエンチャは露出しないものの、スロッシングにより最低水位となると、クエンチャの近傍付近まで水位は低下する。水位が低い時は凝縮性能が低下するものの、水位の変動によって、水位が高くなれば凝

縮性能は高くなると考えられ、結果として、スロッシングのサプレッション・チェンバ全体の凝縮性能としては、平均化され、通常水位のときの凝縮性能と相違がないと考えられる。

4. まとめ

MARK-II型原子炉格納容器はサプレッション・チェンバにプール水を保有するという特徴を踏まえ、スロッシングによる影響を確認した。確認した結果、原子炉格納容器に対するスロッシングによる影響は、基準地震動 S_g の固有周期の長い波及び短い波それぞれを評価し、原子炉格納容器の健全性に影響を及ぼさないことを確認した。また、100%固定質量と固定質量+自由質量それぞれの荷重を比較し、100%固定質量の方が大きくなることを確認した。

上記のことから、今回の工事計画で実施したサプレッション・チェンバのプール水質量の全てを剛体とみなして、評価する方法は妥当である。

1-3 板厚（半径）方向の応力を考慮しなくてよい理由について

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-9-2-1 原子炉格納容器の耐震性についての計算書」の補足説明資料として原子炉格納容器の円錐胴及び円筒胴等について、板厚（半径）方向応力についての影響についてまとめ、板厚（半径）方向の応力について、考慮しなくてよい理由について整理したものである。

2. 評価方法

原子炉格納容器の内圧による発生応力が最も大きい円筒胴で、原子炉格納容器内圧 $P = 0.310$ MPa、原子炉格納容器の円筒部の直径 $D = \square$ mm、板厚 $t = \square$ mm の部分を例とし、板厚（半径）方向応力の考慮の有無による影響を確認する。

3. 評価結果

周方向応力の算出

$$\sigma_t = \sigma_1 = P \cdot D / (2 \cdot t) = 0.310 \times \square / (2 \times \square) = 105.678 \text{ MPa}$$

軸方向応力の算出

$$\sigma_l = \sigma_2 = P \cdot D / (4 \cdot t) = 0.310 \times \square / (4 \times \square) = 52.839 \text{ MPa}$$

半径方向応力（内面と外面の平均）の算出

$$\sigma_r = \sigma_3 = (-P + 0) / 2 = -P / 2 = -0.310 / 2 = -0.155 \text{ MPa}$$

板厚（半径）方向の応力 σ_3 を考慮に入れた応力強さ S

$$\begin{aligned} S &= \max \left| (\sigma_1 - \sigma_2), (\sigma_2 - \sigma_3), (\sigma_3 - \sigma_1) \right| \\ &= \max \left| (105.678 - 52.839), (52.839 - 0.155), (-0.155 - 105.678) \right| \\ &= \max \left| 52.839, 2.994, 105.833 \right| \\ &= 105.833 \Rightarrow 106 \text{ MPa} \end{aligned}$$

板厚（半径）方向の応力 σ_3 を 0 とした場合の応力強さを S'

$$\begin{aligned} S' &= \max \left| \sigma_1, \sigma_2 \right| \\ &= \max \left| 105.678, 2.839 \right| \\ &= 105.678 \Rightarrow 106 \text{ MPa} \end{aligned}$$

上述の通り、 $S = S'$ となり、板厚（半径）方向の応力の考慮の有無による結果への影響は軽微であり、本工認の添付資料では、原子炉格納容器の板厚（半径）方向応力について評価を省略する。よって、板厚（半径）方向の応力は考慮しなくても問題はない。

以上

2 原子炉格納容器胴アンカ部の耐震性についての計算書
に係る補足説明資料

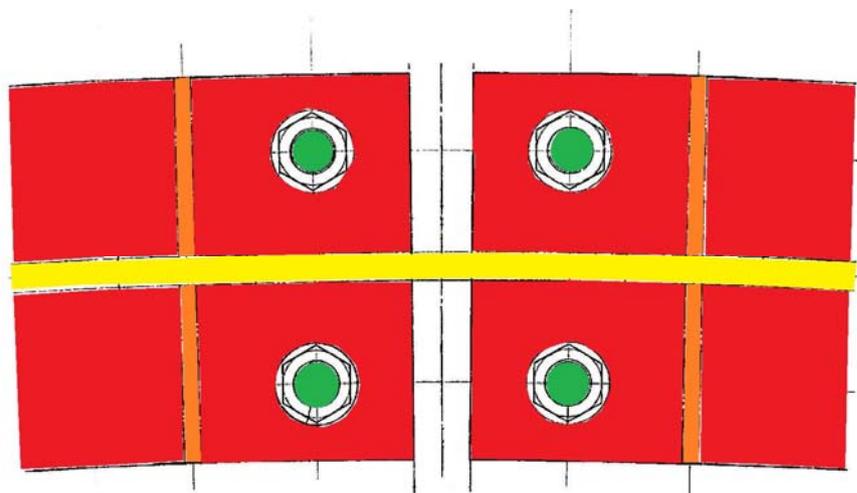
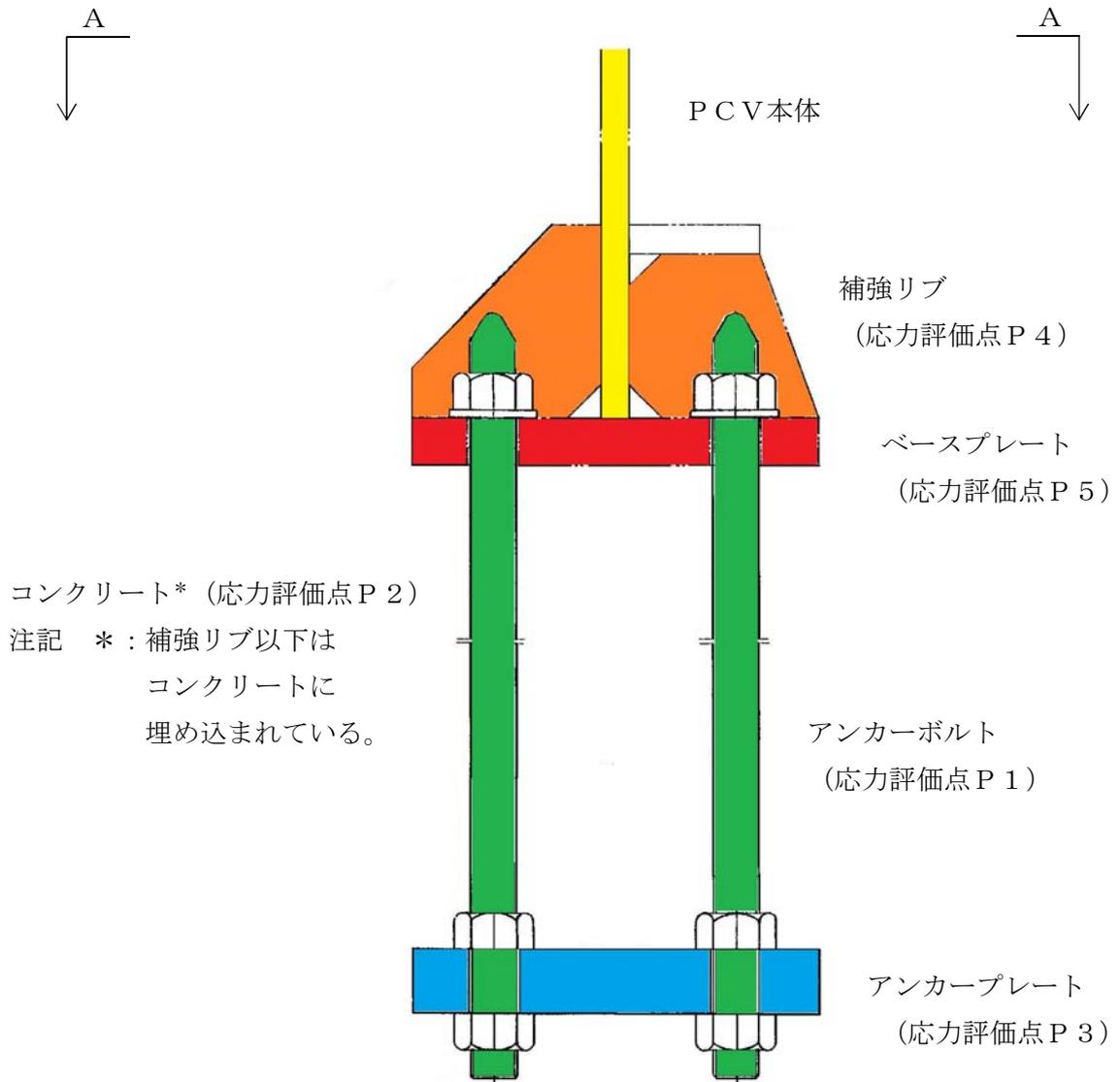
2-1 応力計算における評価部位と荷重方向について

1. 概要

本書は、V-2-9-2-5 原子炉格納容器胴アンカ部の耐震性についての計算書に記載の応力評価における評価部位と荷重方向を図示する。

2. 評価部位と荷重方向について

図 2-1 に胴アンカ部を構成する部材を示す。また、2.2 及び 2.3 に応力評価種類毎の評価部位（評価断面等）と荷重方向を示す。



A-A矢視

図 2-1. 胴アンカ部を構成する部材
補足 340-25-2-1-2

2.1 アンカーボルト及びコンクリート（応力評価点P1及び応力評価点P2）

評価方法については、J E A G 4 6 0 1 - 1 9 8 7 のスカート支持たて置円筒容器のボルトの計算と同様であるため、説明を割愛する。

2.2 コンクリート及びアンカープレート（応力評価点P2及び応力評価点P3）

(1) アンカープレートと接するコンクリートの圧縮応力

アンカープレートと接するコンクリートの圧縮応力評価面と荷重方向を図2-2に示す。

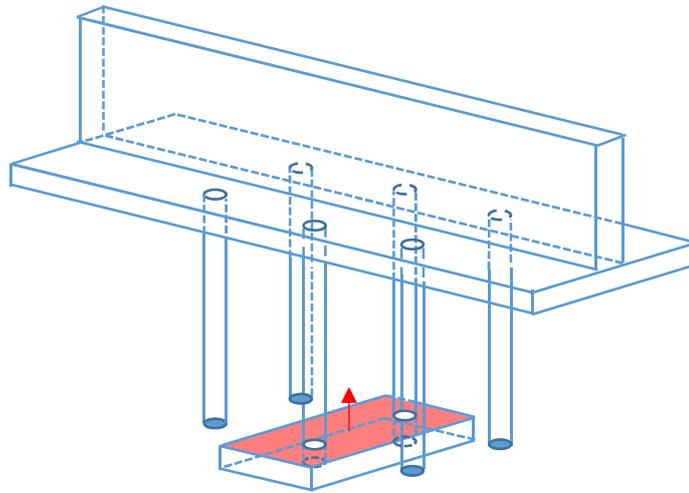


図2-2 アンカープレートと接するコンクリートの圧縮応力（応力評価点P2）

(2) アンカープレートの曲げ応力

アンカープレートに生じる曲げ応力の荷重方向を図2-3に示す。

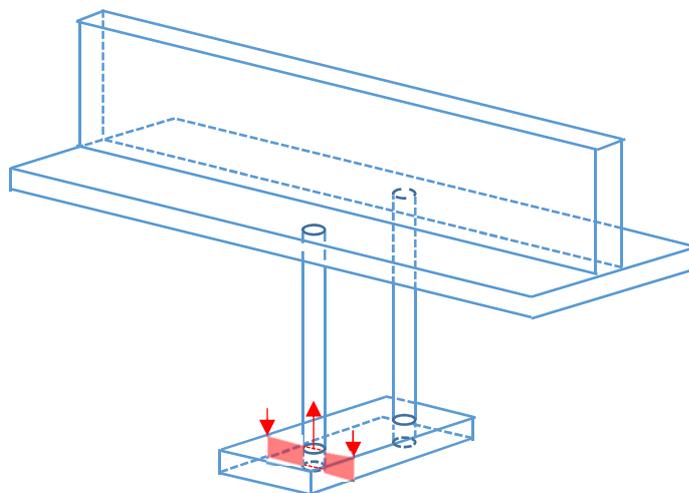


図2-3 アンカープレートの曲げ応力（応力評価点P3）

(3) アンカープレートによるコンクリートのせん断応力

アンカープレートによるコンクリートのせん断応力評価面と荷重方法を図 2-4 に示す。

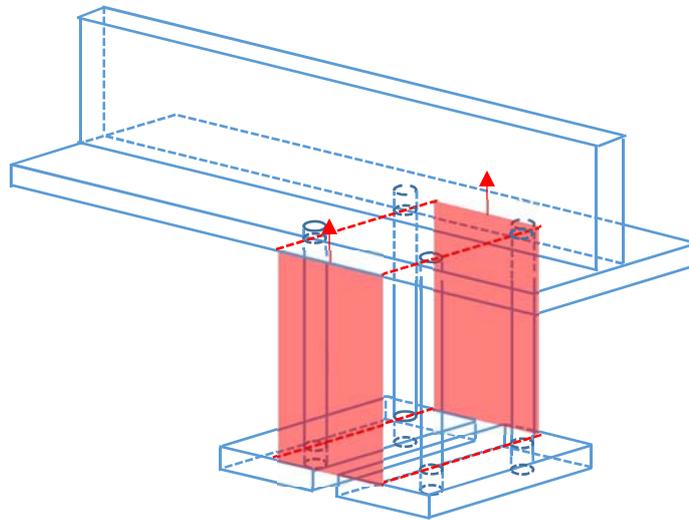


図 2-4 アンカープレートによるコンクリートのせん断応力（応力評価点 P 2）

2.3 補強リブ及びベースプレート（応力評価点 P 4 及び P 5）

(1) サプレッション・チェンバ本体及び補強リブの溶接部の応力

サプレッション・チェンバ本体及び補強リブの溶接部の引張り，せん断応力評価面と荷重方向を図 2-5 に示す。

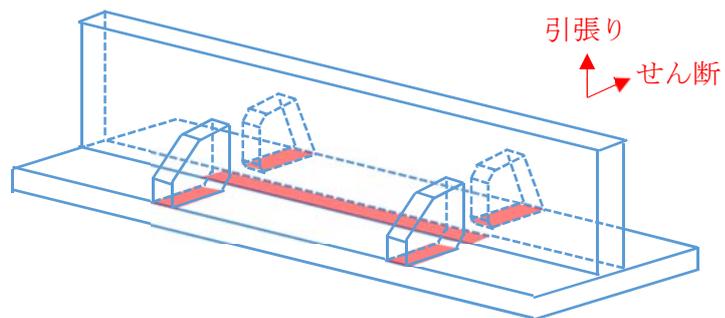


図 2-5 サプレッション・チェンバ本体及び補強リブの溶接部の応力（応力評価点 P 4 及び P 5）

- (2) 補強リブ及びサプレッション・チェンバ本体の圧縮応力
補強リブ及びサプレッション・チェンバ本体の圧縮応力における評価面と荷重方向を図 2-6 に示す。

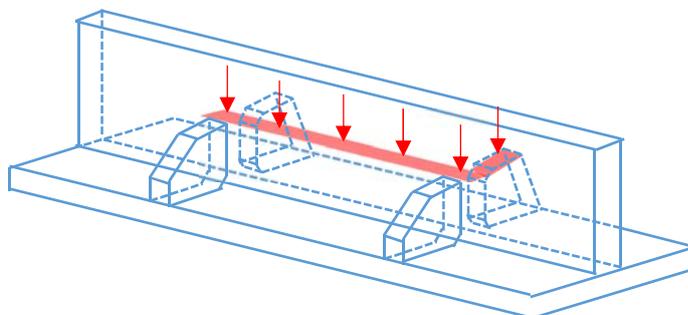


図 2-6 補強リブ及びサプレッション・チェンバ本体の圧縮応力（応力評価点 P 4）

- (3) ベースプレートの曲げ応力
ベースプレートの曲げ応力の評価モデルと、拘束条件、荷重方向を図 2-7 に示す。

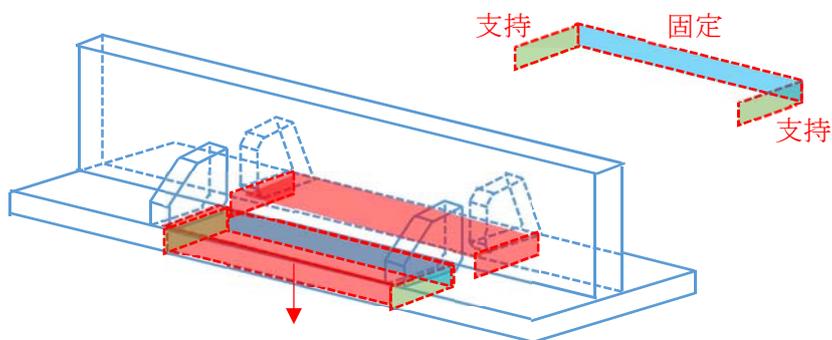


図 2-7 ベースプレートの曲げ応力（応力評価点 P 5）

2-2 コンクリートのせん断評価の考え方について

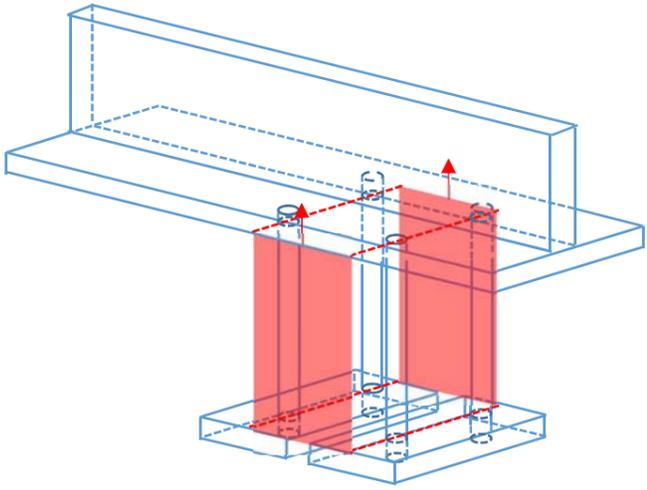
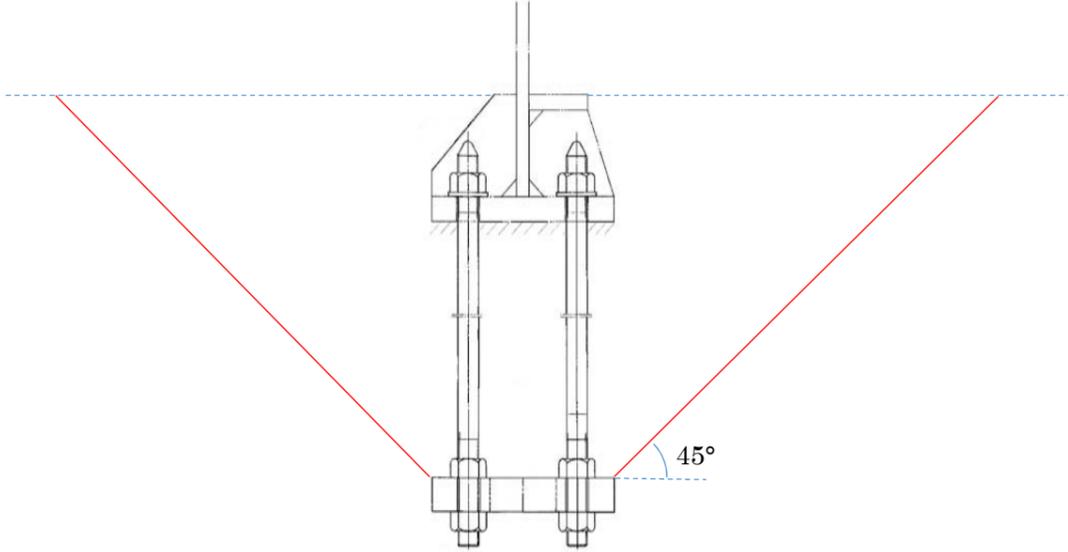
1. 概要

V-2-9-2-5 原子炉格納容器胴アンカ部の耐震性についての計算書に記載のコンクリート部のせん断評価については、J E A G 4 6 0 1 -1987 と同様のアンカプレートの投影断面を考慮した手法を用いている。一方で、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版ではコーン状破壊を考慮した評価手法となっている。このため、本書では、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版の手法での評価結果を示す。

2. J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版の手法を用いた評価結果について

表 2-1 に J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版の手法を用いたコンクリート部の評価結果を示す。J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版の評価手法を用いても許容荷重を満足することを確認した。

表 2-1 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版の手法を用いたコンクリート部の評価結果

	耐震性についての計算書に記載の方法	J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版の方法
式	$\tau_c = \frac{2 \cdot w_t \cdot A_{B2}}{(l_{BPO} + l_{BPI}) \cdot l_4}$ <p> w_t : アンカボルト最大引張応力 (MPa) τ_c : アンカプレートによるコンクリートのせん断力 (N/mm²) A_{B2} : ボルトの谷径有効断面積 (mm²) l_{BPO} : 外側ボルト間の距離 (mm) l_{BPI} : 内側ボルト間の距離 (mm) l_4 : ベースプレートとアンカプレート間の距離 (mm) </p>	$p \leq \text{MIN}(p_{a1}, p_{a2})$ $p_{a1} = 0.31 \cdot K_1 \cdot A_c \cdot \sqrt{F_c}$ $p_{a2} = K_2 \cdot \alpha_c \cdot A_0 \cdot F_c$ <p> p : 基礎ボルト 1 本当たりの引張荷重 (N) p_a : 基礎ボルト 1 本当たりのコンクリート部の許容引張荷重 (N) p_{a1} : コンクリート躯体がコーン状破壊する場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容引張荷重 (N) p_{a2} : 基礎ボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容引張荷重 (N) K_1 : コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数 (Ⅲ_AS=0.45, Ⅳ_AS=0.6) K_2 : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数 (Ⅲ_AS=2/3, Ⅳ_AS=0.75) F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²) A_c : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²) α_c : 支圧面積と有効投影面積から定まる定数, $= \sqrt{A_c/A_0}$かつ 10 以下 A_0 : 支圧面積 (mm²) </p>
せん断面		
許容値	せん断応力 $f_s = 1.0 \text{ N/mm}^2$ (基準強度 $F_c = 22.0 \text{ N/mm}^2$ から JEAG-補-1984 に基いた許容応力算出式で算出)	Ⅲ _A S $0.31 \cdot K_1 \cdot A_c \cdot \sqrt{F_c} = 1.100 \times 10^6 \text{ N}$ ($0.31 \cdot K_1 \cdot \sqrt{F_c} = 0.31 \times 0.45 \times \sqrt{22.0} = 0.65 \text{ N/mm}^2$) Ⅳ _A S $0.31 \cdot K_1 \cdot A_c \cdot \sqrt{F_c} = 1.466 \times 10^6 \text{ N}$ ($0.31 \cdot K_1 \cdot \sqrt{F_c} = 0.31 \times 0.65 \times \sqrt{22.0} = 0.87 \text{ N/mm}^2$)
結果	Ⅲ _A S (D+P+M+S _d *) 発生値/許容値=0.2/1.0 (N/mm ²) 比 0.2 Ⅳ _A S (D+P _L +M _L +S _d *) 発生値/許容値=0.6/1.0 (N/mm ²) 比 0.6 Ⅳ _A S (D+P+M+S _s) 発生値/許容値=0.3/1.0 (N/mm ²) 比 0.3 V _A S (D+P _{SAL} +M _{SAL} +S _d *) 発生値/許容値=0.7/1.0 (N/mm ²) 比 0.7 V _A S (D+P _{SALL} +M _{SALL} +S _s) 発生値/許容値=0.7/1.0 (N/mm ²) 比 0.7	Ⅲ _A S (D+P+M+S _d *) 発生引張荷重/許容引張荷重=2.317×10 ⁵ /1.100×10 ⁶ 比 0.21 Ⅳ _A S (D+P _L +M _L +S _d *) 発生引張荷重/許容引張荷重=1.131×10 ⁶ /1.466×10 ⁶ 比 0.77 Ⅳ _A S (D+P+M+S _s) 発生引張荷重/許容引張荷重=5.537×10 ⁶ /1.466×10 ⁶ 比 0.38 V _A S (D+P _{SAL} +M _{SAL} +S _d *) 発生引張荷重/許容引張荷重=1.429×10 ⁶ /1.466×10 ⁶ 比 0.97 V _A S (D+P _{SALL} +M _{SALL} +S _s) 発生引張荷重/許容引張荷重=1.284×10 ⁶ /1.466×10 ⁶ 比 0.88

3 原子炉格納容器配管貫通部の耐震性についての計算書に係る

補足説明資料

3-1 配管貫通部の代表性について

1. 諸言

本資料は「V-2-9-2-9 配管貫通部の耐震性についての計算書」において、評価結果を記載している代表貫通部の選定方法についてまとめたものである。

2. 選定方針

配管貫通部の耐震評価における評価部位は、端板、ベローズ（伸縮式配管貫通部のみ）、原子炉格納容器胴とスリーブとの取付部、及び補強板取付部がある。端板に関しては、従来、格納容器胴とスリーブとの取付部、又は補強板取付部の評価に包絡されるものと整理しており評価を省略している。そのため耐震計算書に記載する代表貫通部の選定に当たっては、端板以外の評価部位に対する代表貫通部を選定する。代表貫通部の評価結果のうち、裕度（許容値／発生値）が最も厳しい評価結果を耐震計算書に記載している。

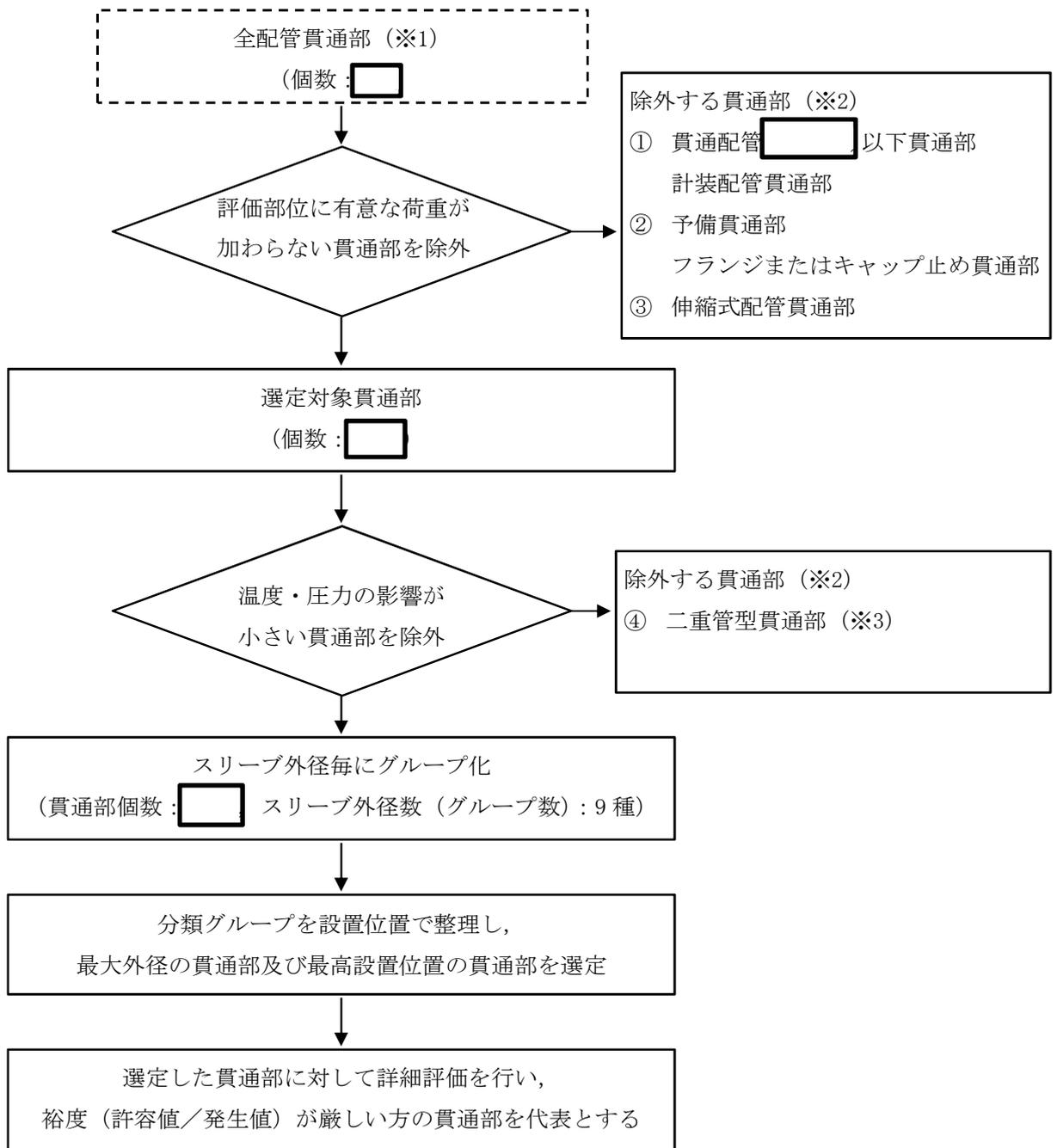
3. 代表貫通部の選定

まず、全ての配管貫通部（個）から、構造や設置位置等の観点から有意な荷重が加わらないと考えられる貫通部を代表選定対象から除外する（除外理由は4.項参照）。残った貫通部（個）に対して、系統の設計条件（温度・圧力条件）の影響が小さいと考えられる貫通部を除外する。なお、系統の温度・圧力の大きい一次系の貫通部は全てベローズ付貫通部であり、系統の設計条件（温度・圧力）は貫通部の設計条件に直接反映されない。

残った貫通部（個）をスリーブ外径毎に9のグループ（スリーブ外径：mm, mm, mm, mm, mm, mm, mm, mm, mm）に分類する。9グループに対して、最大外径であるグループを選定し、貫通部設置位置の最も高い貫通部を選定する（）。また、代表選定対象において最高設置位置の貫通部を選定する（）。設置位置で整理する理由は、貫通部の設置位置が高いほど地震力に対して大きな加速度が生じるためである。

選定した貫通部に対して詳細評価（一次応力評価）を行い、裕度（許容値／発生値）が最も厳しい貫通部を代表貫通部とする。

具体的な選定フローを図1に示す。また、代表貫通部の諸元を表1、評価結果を表2に示す。



※1：機器搬入口及びエアロック除く ※2：除外理由は4項参照 ※3：同径に直結型がある場合

図1 代表貫通部選定フロー

表 1 代表貫通部諸元

貫通部 番号	配管名称	スリーブ主要寸法 (mm)			材料	設置 位置 EL (m)	選定理由
		外径	長さ	厚さ			
[]	高压炉心スプ レイ系ポンプ 吸込	[]	—*	[]	GSTPL 相当 []	[]	最大外径
[]	不活性ガス系	[]	—*	[]	GSTPL 相当 []	[]	最高設置 位置

注記 * : 直結型の貫通部であるため、スリーブ長さは定義されない。

表 2 代表貫通部の評価結果

貫通部 番号	評価部位	応力分類	発生値	許容値	裕度	備考*			
			MPa	MPa					
[]	原子炉格納容器胴と スリーブとの取付部	膜応力+ 曲げ応力	[]	[]	[]	①			
	補強板取付部	膜応力+ 曲げ応力				②			
[]	原子炉格納容器胴と スリーブとの取付部	膜応力+ 曲げ応力				[]	[]	[]	②
	補強板取付部	膜応力+ 曲げ応力							②

注記 * : ① $D+P_{SA(LL)}+M_{SA(LL)}+S_s$ / ② $D+P_{SA(L)}+M_{SA(L)}+S_d$ における結果を示す。

4. 除外する貫通部及び部位の除外理由

代表選定対象から除外する貫通部の除外理由を下記に示す。

① 貫通配管 [] 以下の貫通部，計装配管貫通部

小口径配管からの荷重は大口径配管の荷重と比較して相対的に小さくなる。また，計装配管は大口径の貫通部であっても小口径の配管の集合であり，相対変位により発生する貫通部への荷重は有意でないと考えられる。

② 予備貫通部及びフランジまたはキャップ止め貫通部

予備貫通部，フランジ又はキャップ止め貫通部については接続配管がないこと，及び重量物が取り付く構造でないことから，貫通部に有意な配管反力が生じないため評価対象外とする。

③ 伸縮式配管貫通部

ベローズにより，系統の設計条件（温度・圧力）による変位，建屋間相対変位及び地震による変位が吸収されるため，配管から作用する荷重は固定式に比べ小さくなる。今回の評価においては，評価結果が最も厳しい部位となったスリーブ取付部を代表として，耐震計算書に記載することとしており，伸縮式配管貫通部のベローズについては，別手法にて健全性の確認を行った（評価結果については，「V-3-9-1-4-2 原子炉格納容器貫通部ベローズの強度計算書」参照）。

④ 二重管型貫通部（同径に直結型がある場合）

二重管型貫通部については，スリーブ外径が等しい直結型貫通部に比べ配管内の流体による温度・圧力の影響が小さくなるため同径に直結型貫通部がある場合は評価対象外とする。

5. 耐震計算書に記載する評価結果について

表2の結果から，[] を評価貫通部に選定する。なお，[] と同一口径の貫通部として [] [] があり，これらの設置位置は [] と比較して標高が若干低いものの，[] とほぼ同一の標高である。このため，これらの貫通部の中から既工認で評価している貫通部 [] を代表貫通部に追加で選定する。

以上の選定結果に基づき，貫通部番号 [] の貫通部スリーブ取付部の評価結果を「V-2-9-2-9 原子炉格納容器配管貫通部の耐震性についての計算書」に記載している。

なお，配管貫通部の設計手法及び抽出した貫通部のうち代表貫通部以外の健全性について，添付書類に補足を示す。

6. 添付書類

(1) 配管貫通部の設計手法について

(2) 配管貫通部の耐震評価における代表貫通部以外の健全性について

配管貫通部の設計手法について

1. 概要

本資料は、資料「配管貫通部の代表性について」の補足として、配管貫通部の設計手法についてまとめるとともに、代表貫通部の選定における接続配管の反力の扱いを示すものである。

2. 配管貫通部の評価手法

原子炉格納容器の配管貫通部の設計においては、J E A G 4 6 0 1－1987 6.6.2項(3)に記載のある貫通部の強度評価の考え方にに基づき、許容荷重設定法(図-1 参照)を用いて配管貫通部の設計荷重を許容荷重領域として定め、この領域内に配管の地震荷重が収まるように配管のルート及びサポート設計を行う手法を従来から採用している。

これは、原子炉格納容器の設計時点で、多数ある接続配管のルート及びサポートの詳細設計が完了しておらず、個々の配管の地震応答解析結果を揃えることが出来ないこと、また、それらすべてを配管貫通部の入力地震荷重として考慮するのが現実的に困難なためである。

建設時工認における配管貫通部の耐震評価では、口径や設置位置等の観点から配管系の反力により評価上厳しくなると予想される貫通部を代表に選出し、優先的に当該貫通部に接続される配管の詳細設計（サポート設計含む）及び耐震解析を行った上で、得られた配管の地震荷重に基づく貫通部の評価結果を代表的に記載するものとしている。

その他の配管貫通部については、前述した許容荷重設定法に基づき、配管側の地震荷重が許容荷重領域内に収まるよう設計を行うことで、貫通部側の健全性を確保している。なお、設計段階で配管側の地震荷重が許容荷重領域に収まりきらないことが確認される場合は、配管ルートまたはサポートの再設計を行うか、貫通部側の詳細評価を追加で行うことで健全性を確保している。

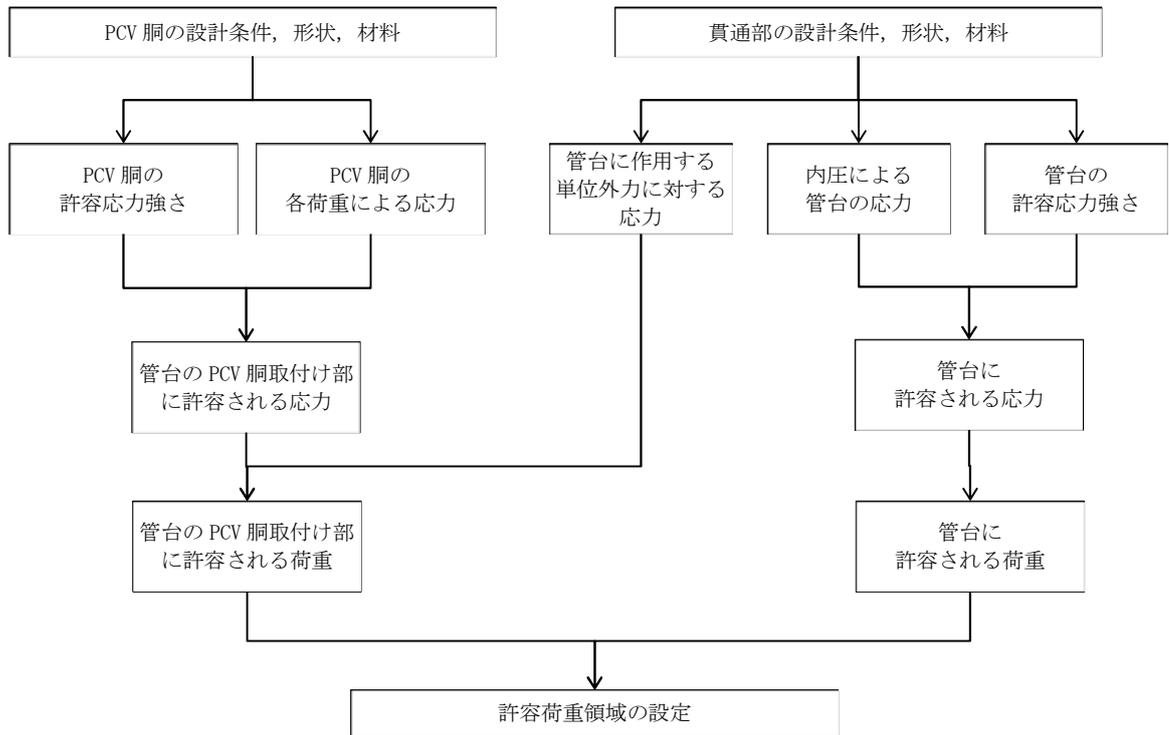
3. 補正工認の評価手法

建設時と同様に代表貫通部の選定を行い、工認の耐震計算書を作成した。

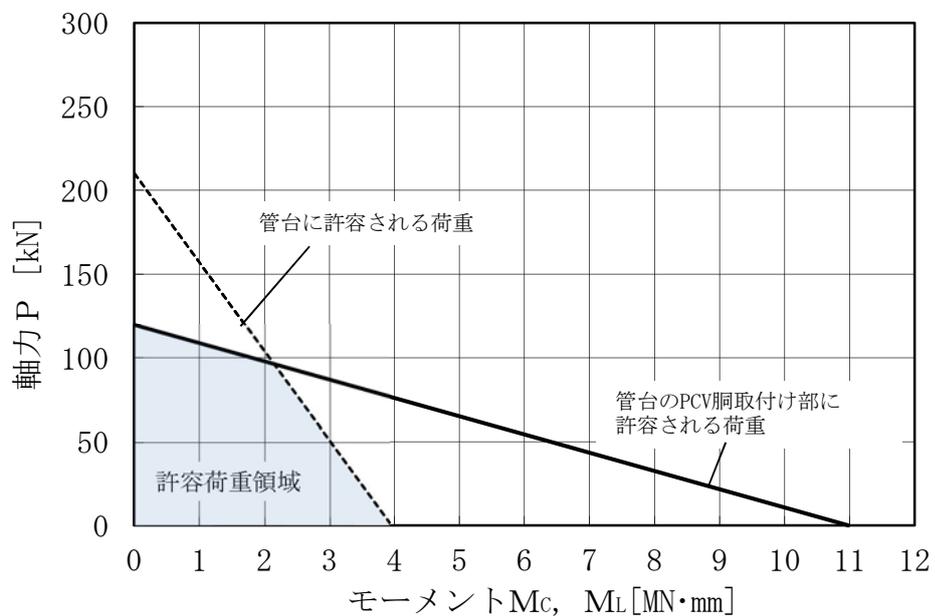
また、その他の貫通部については、前述の許容荷重設定法（必要に応じて貫通部側の追加の詳細評価を実施）により健全性を確認している。

4. 補正工認の代表貫通部の選定における接続配管の反力の扱い

以上の背景から、本補正工認の配管貫通部の代表選定においては、代表選出段階で接続配管の反力が全て揃わないため、反力の値を検討項目としていない。そのため、接続配管の反力が大きくなる傾向にある口径及び設置高さを検討項目としている。



(a) 許容荷重設定フロー



(b) 許容荷重領域の例

図-1 許容荷重設定法

表 1 対象貫通部（その 2）

貫通部番号	許容荷重領域評価	
	一次応力	一次+二次応力
	○	○
	○	○
	○	○
	○	×
	○	×
	○	○
	○	○
	○	○
	○	○
	○	○
	○	○
	○	×
	○	○

3. 詳細評価

代表貫通部及び 2 項の許容荷重領域による評価において領域外となった貫通部においては、別途詳細評価（応力評価及び簡易弾塑性解析）を実施し、健全性を確認する。詳細評価による確認結果を表 2 に示す。また、簡易弾塑性解析による確認結果を表 3 に示す。

表 2 詳細評価による確認結果

貫通部番号	評価部位	応力分類	IV _A S		判定	備考
			発生値	許容値		
			MPa	MPa		
	原子炉格納容器胴と補強版との結合部	一次＋二次応力強さ	348	393	○	代表貫通部
			346	393	○	代表貫通部
			554	393	×	代表貫通部
			378	393	○	
			356	393	○	
			350	393	○	
			420	393	×	
			388	393	○	
			278	393	○	
			586	393	×	
			546	393	×	
			712	393	×	
			494	393	×	
			300	393	○	
			504	393	×	
			320	393	○	
			320	393	○	
			326	393	○	
212	393	○				

表3 許容応力状態IV_ASに対する疲労評価結果 (D + P + M + S_s)

貫通部番号	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ (MPa)	S _ℓ ' (MPa)	N _a (回)	N _c (回)	疲労累積係数 N _c /N _a	備考
	554							0.211	
	420							0.033	
	586							0.286	
	546							0.170	
	712							0.552	
	494							0.094	
	504							0.104	

K_e : 弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数

S_p : 地震荷重のみにおける一次+二次+ピーク応力の応力差範囲

S_ℓ : 繰返しピーク応力強さ

S_ℓ' : 補正繰返しピーク応力強さ*

N_a : 許容繰返し回数

N_c : 等価繰返し回数

E₀ : 縦弾性係数

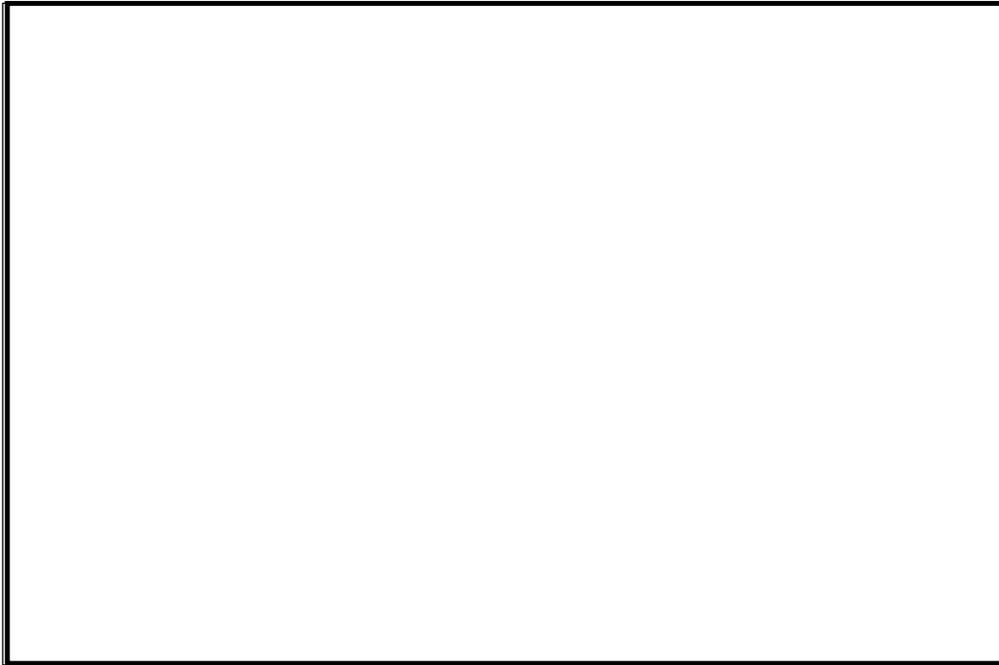
E : 運転温度の縦弾性係数

注記 * : S_ℓに (E₀/E) を乗じた値である

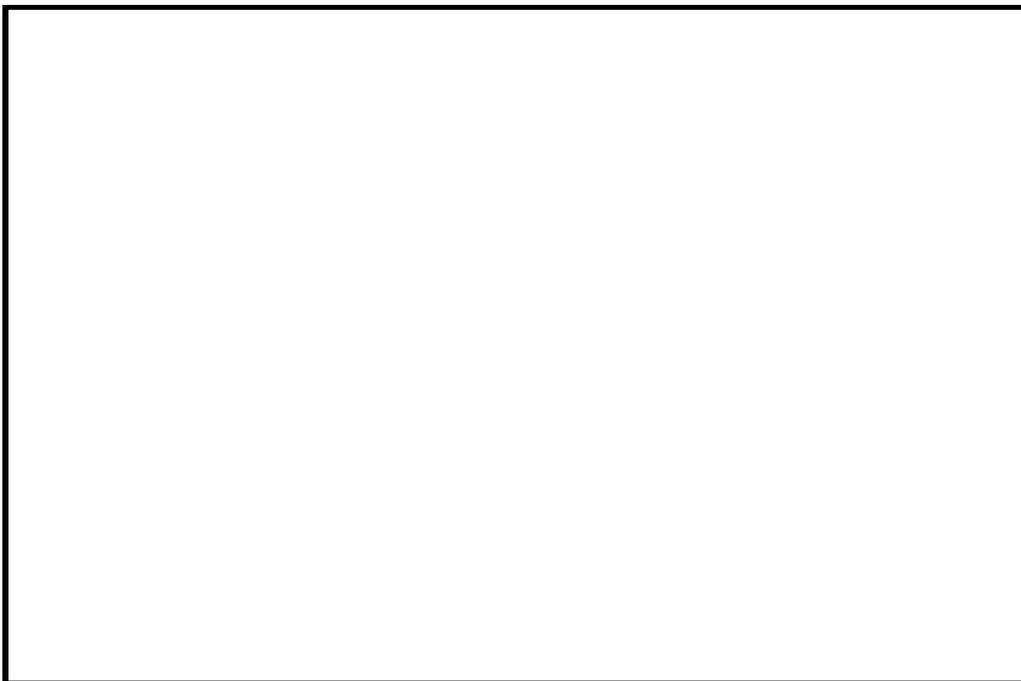
E₀ = MPa E = MPa

4. 結論

2 項の許容荷重領域による評価及び 3 項の詳細評価により、代表貫通部同様に代表貫通部以外の貫通部について耐震性を有することを確認した。

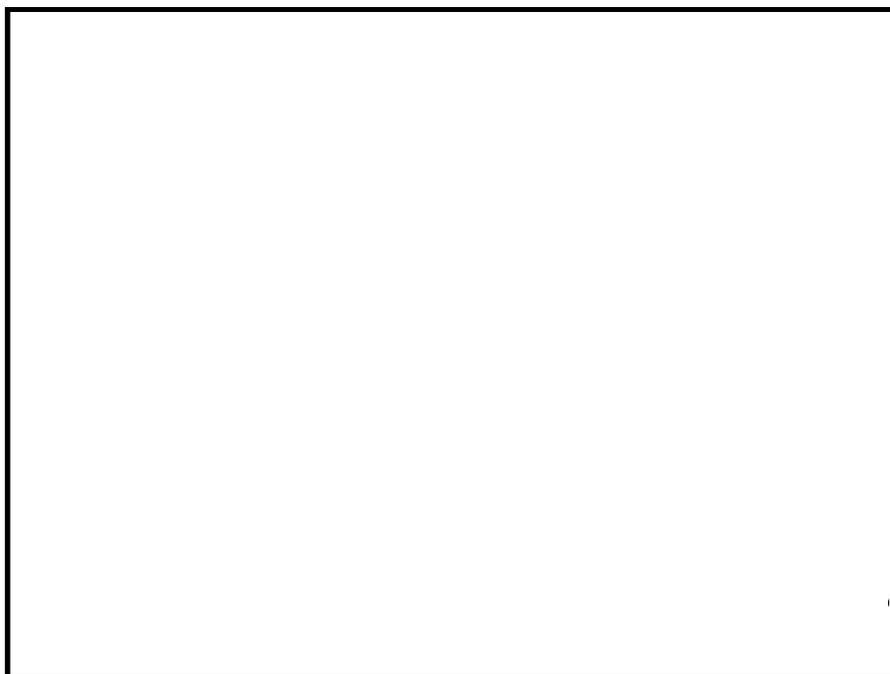


上図：一次応力に対する許容荷重領域



下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図1 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その1：縦軸P－横軸M_C）

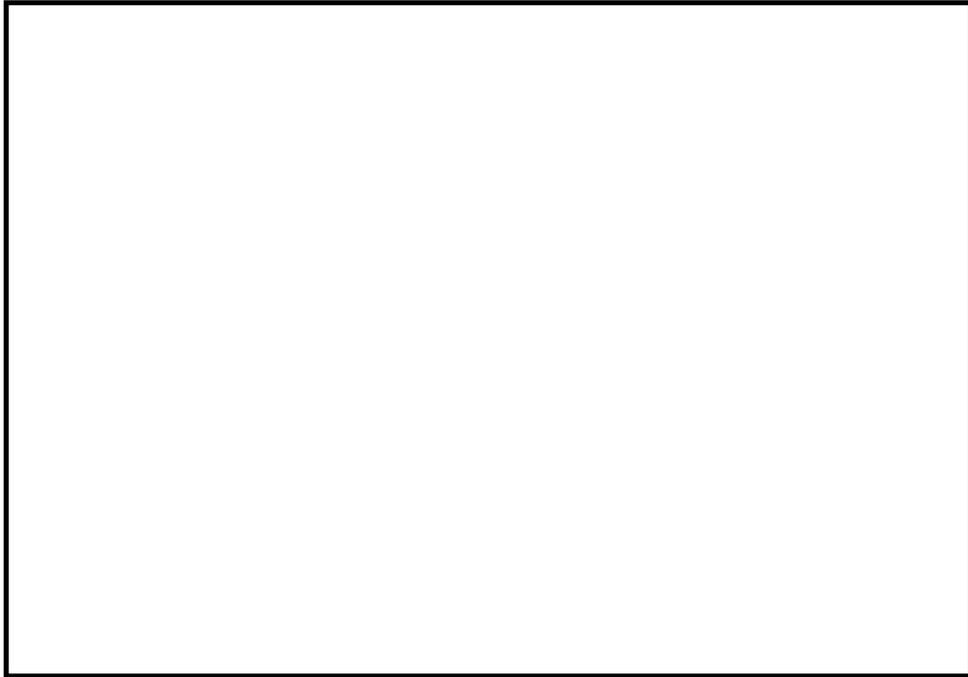


上図：一次応力に対する許容荷重領域

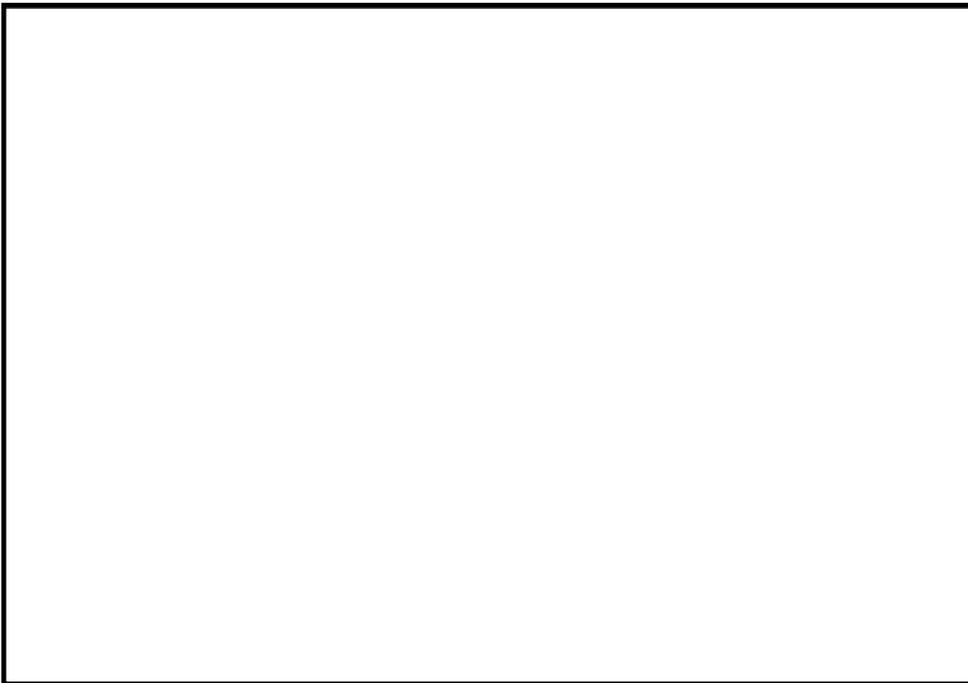


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図1 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その2：縦軸P－横軸M_L）

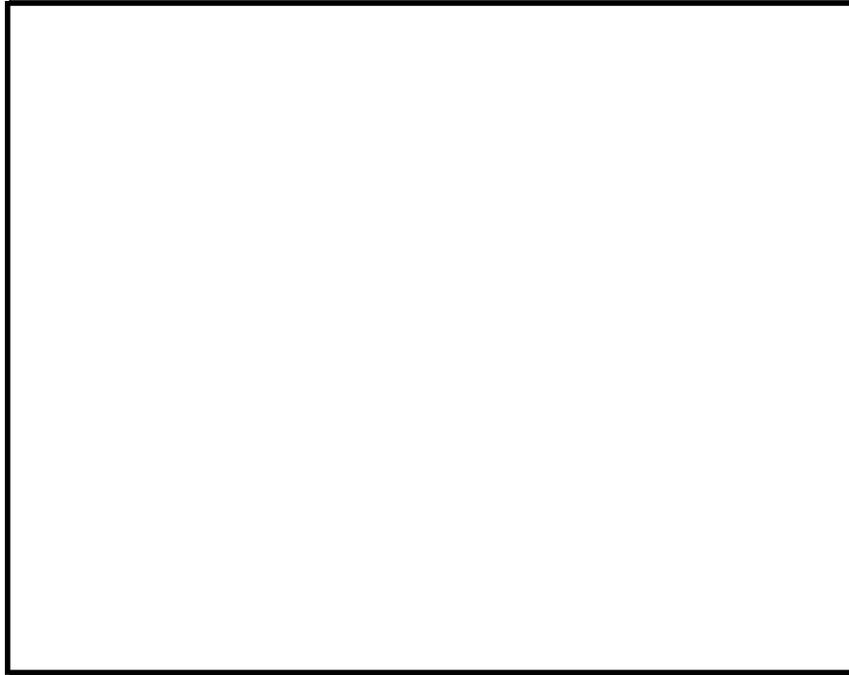


上図：一次応力に対する許容荷重領域

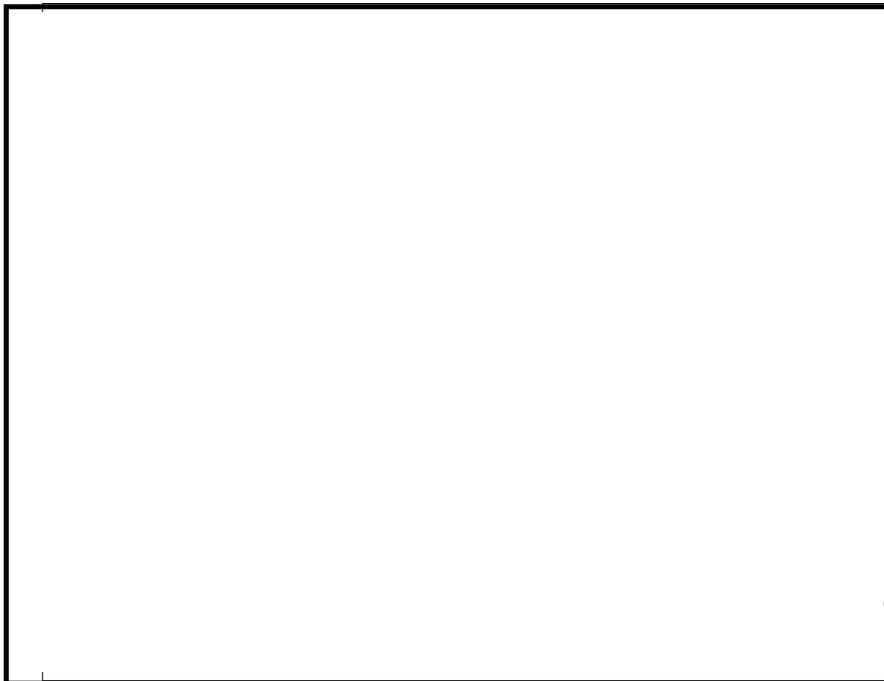


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図2 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その1：縦軸P－横軸M_C）

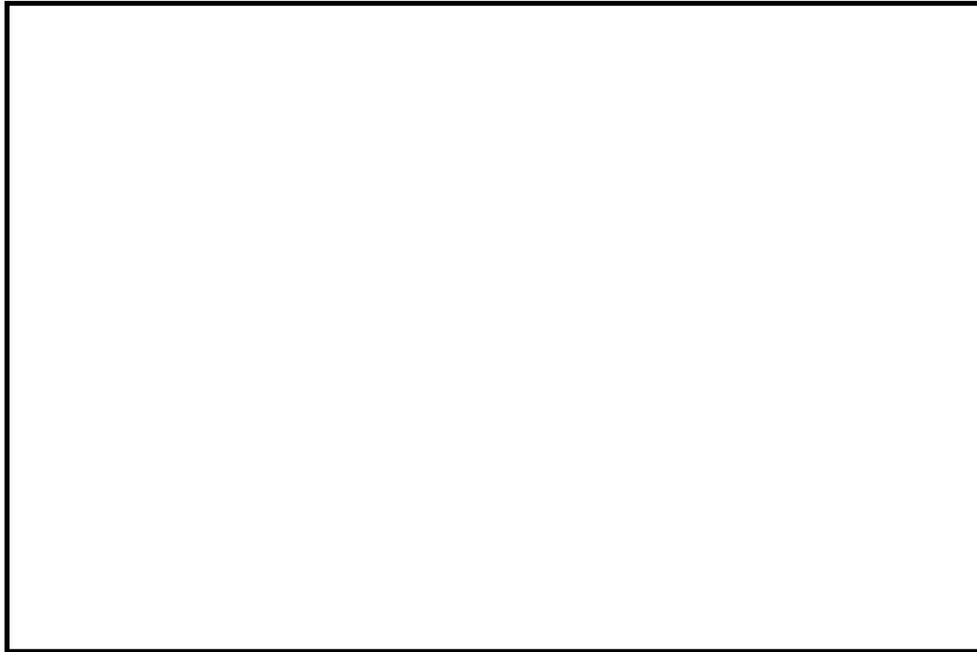


上図：一次応力に対する許容荷重領域

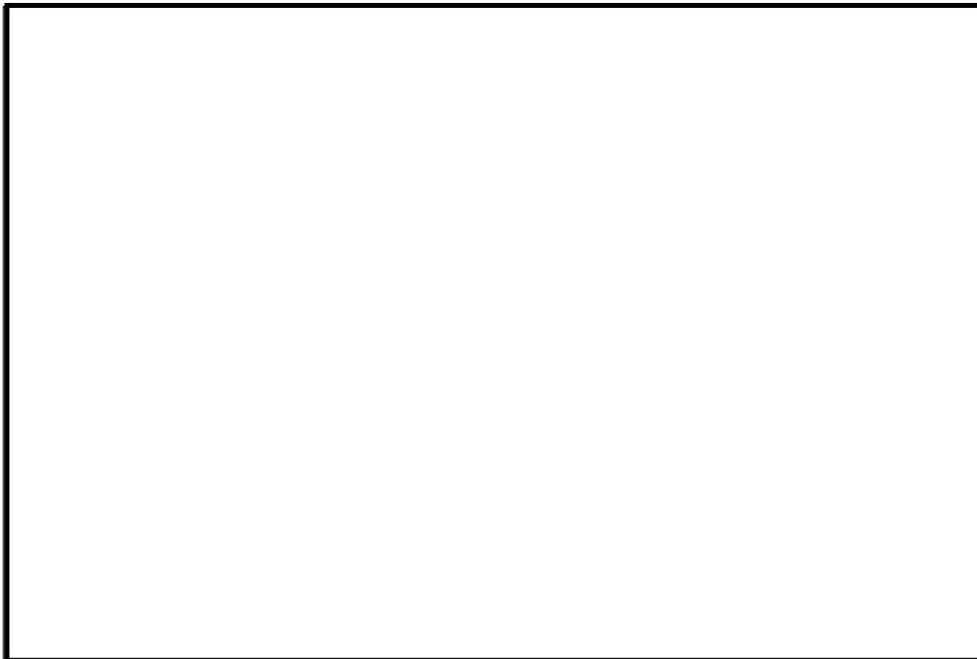


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図2 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その2：縦軸P－横軸M_L)

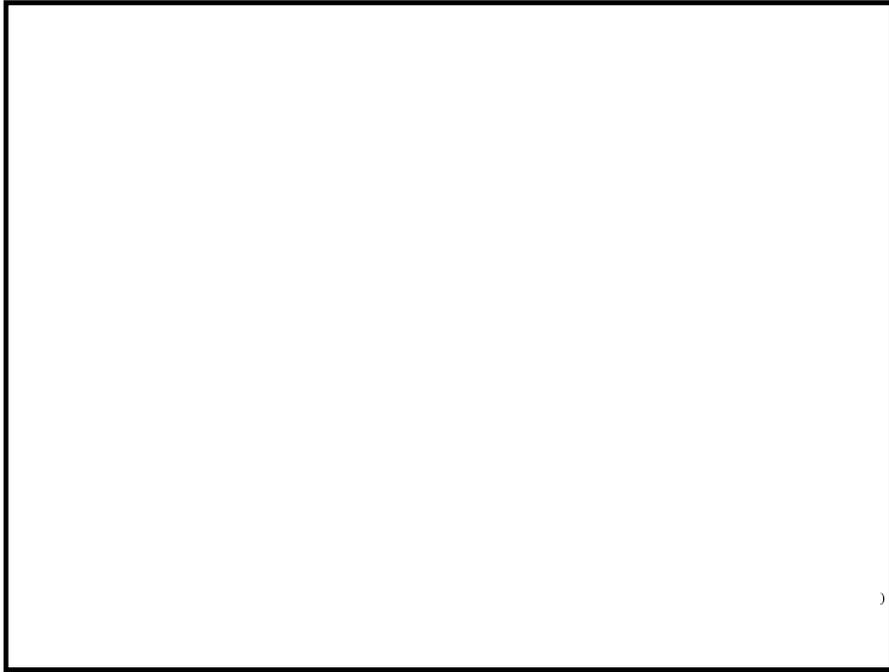


上図：一次応力に対する許容荷重領域

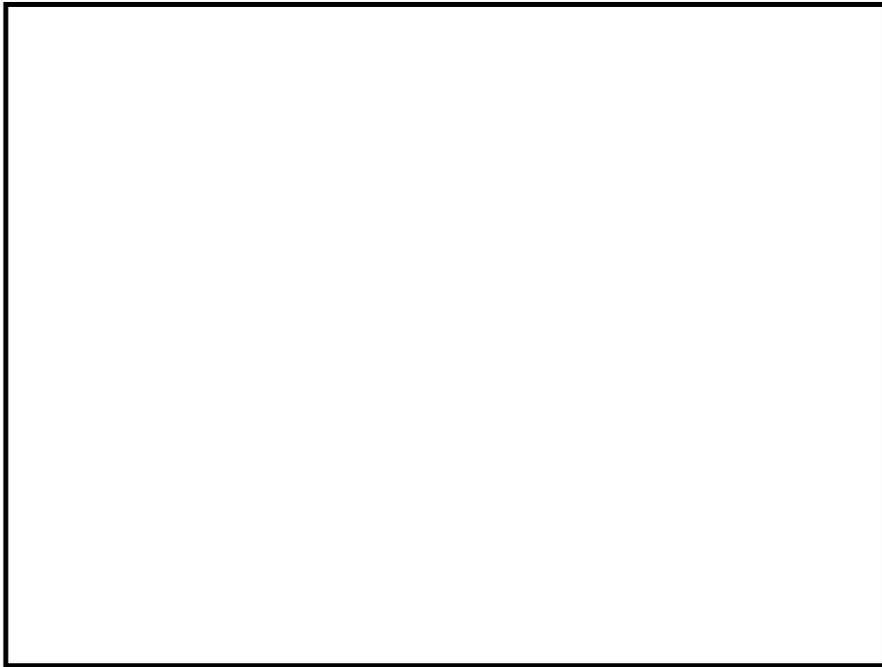


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図3 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その1：縦軸P－横軸M_C）



上図：一次応力に対する許容荷重領域

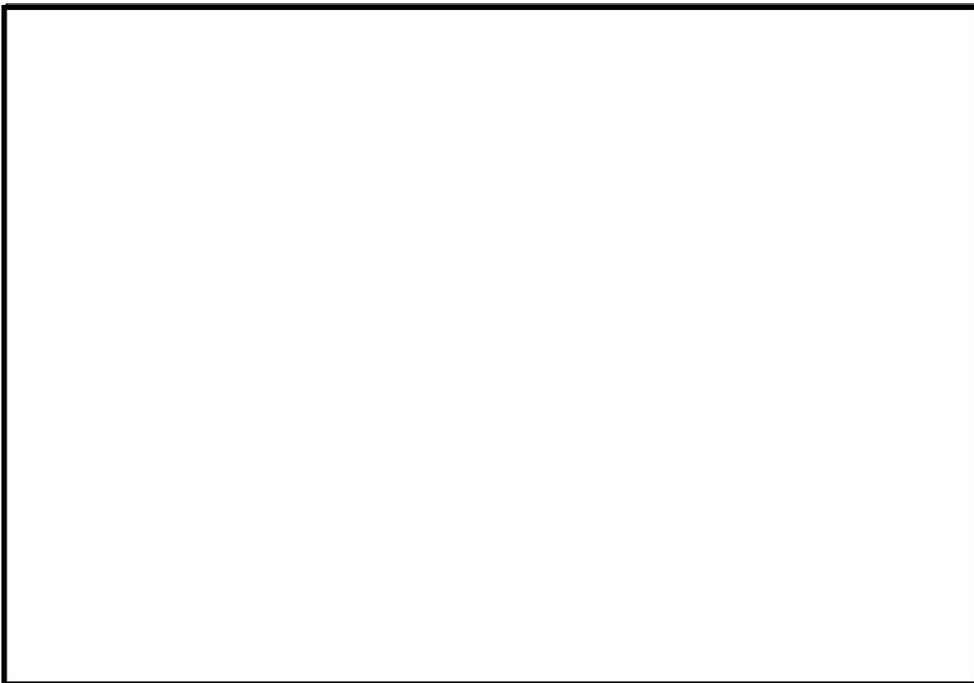


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図3 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その2：縦軸P－横軸M_L)

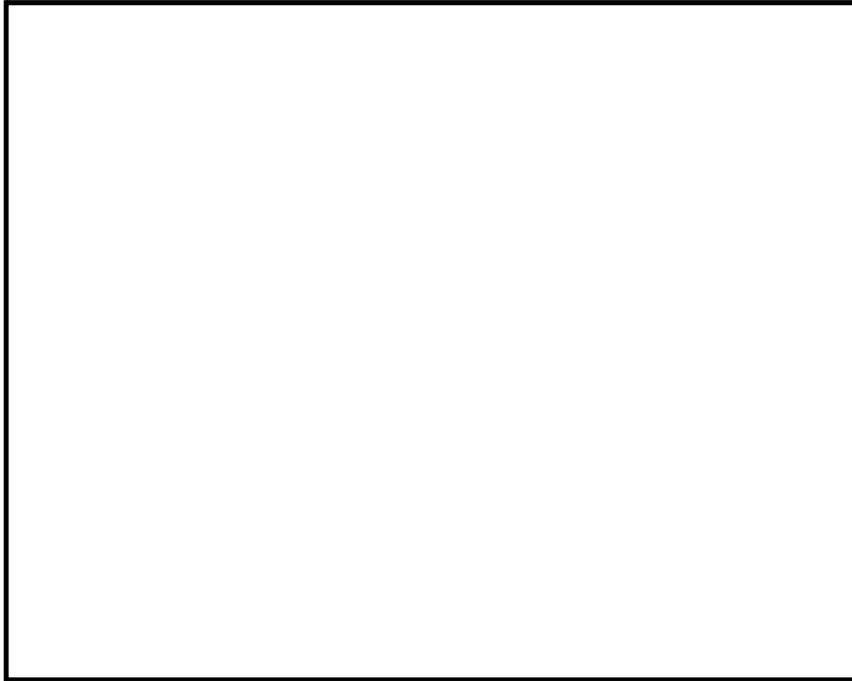


上図：一次応力に対する許容荷重領域

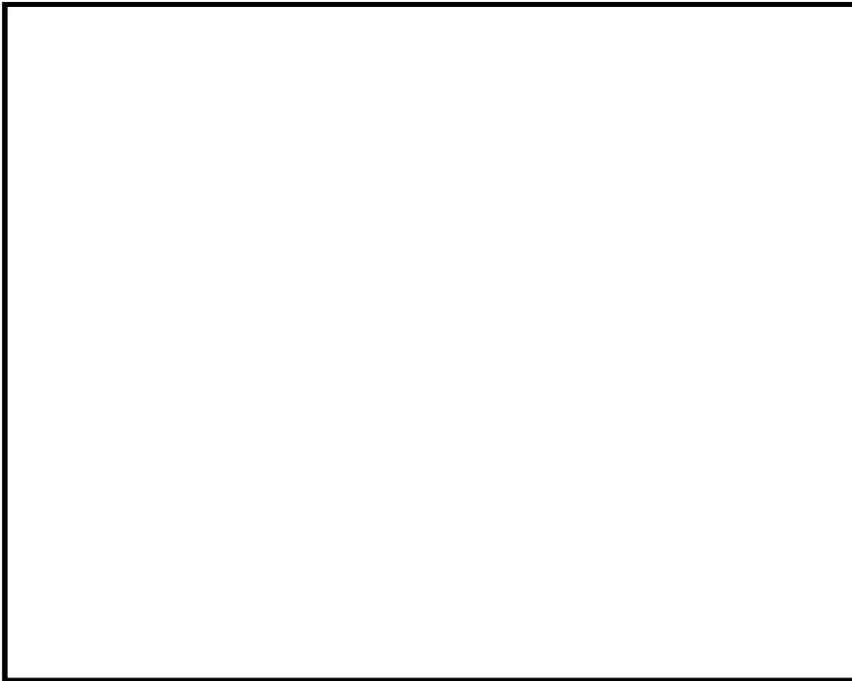


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図4 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その1：縦軸P－横軸M_C）



上図：一次応力に対する許容荷重領域

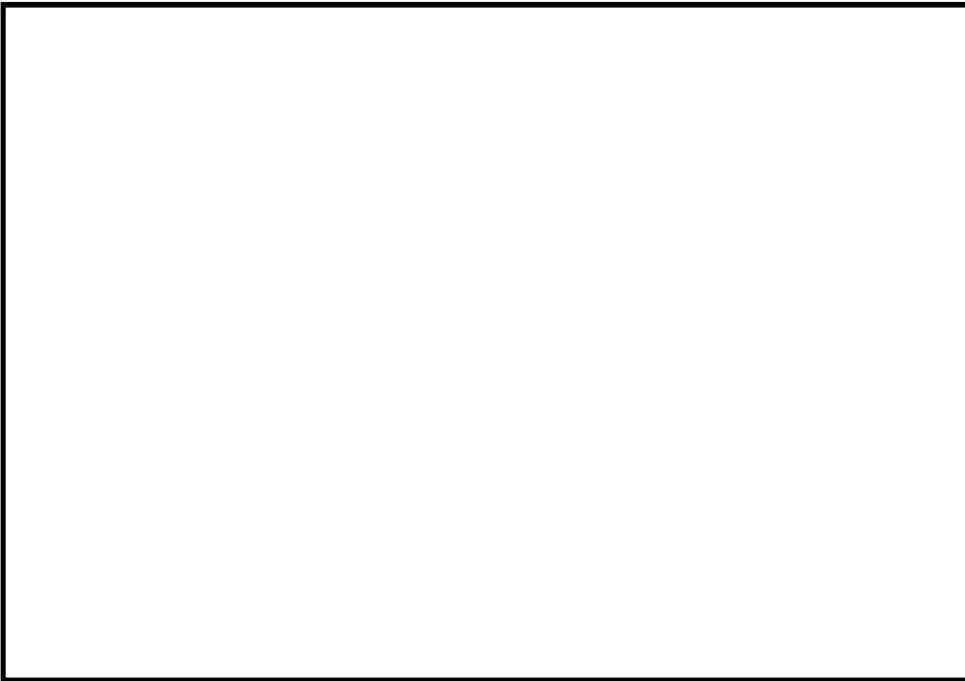


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図4 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その2：縦軸P－横軸M_L)

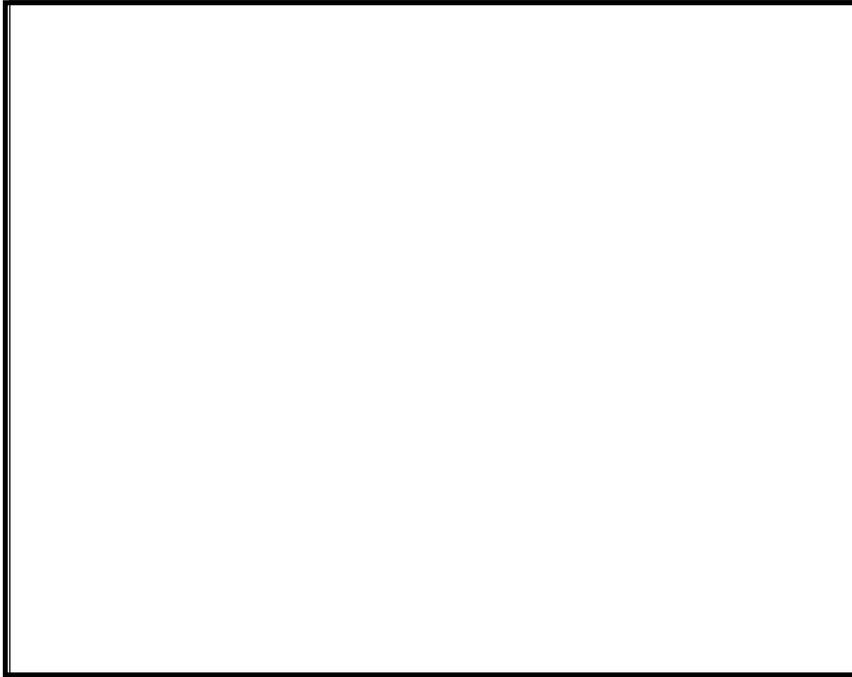


上図：一次応力に対する許容荷重領域

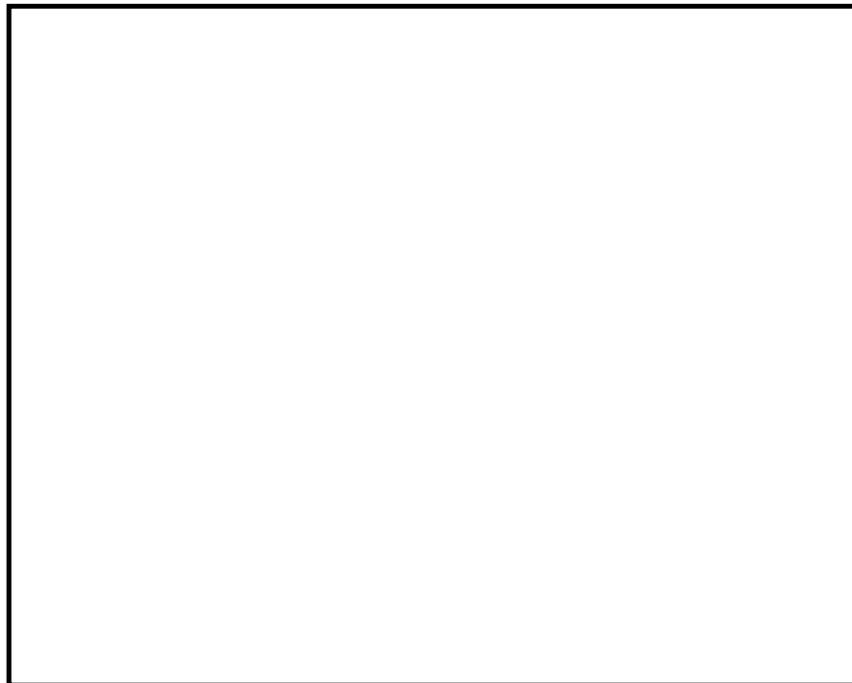


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図5 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その1：縦軸P－横軸M_C）

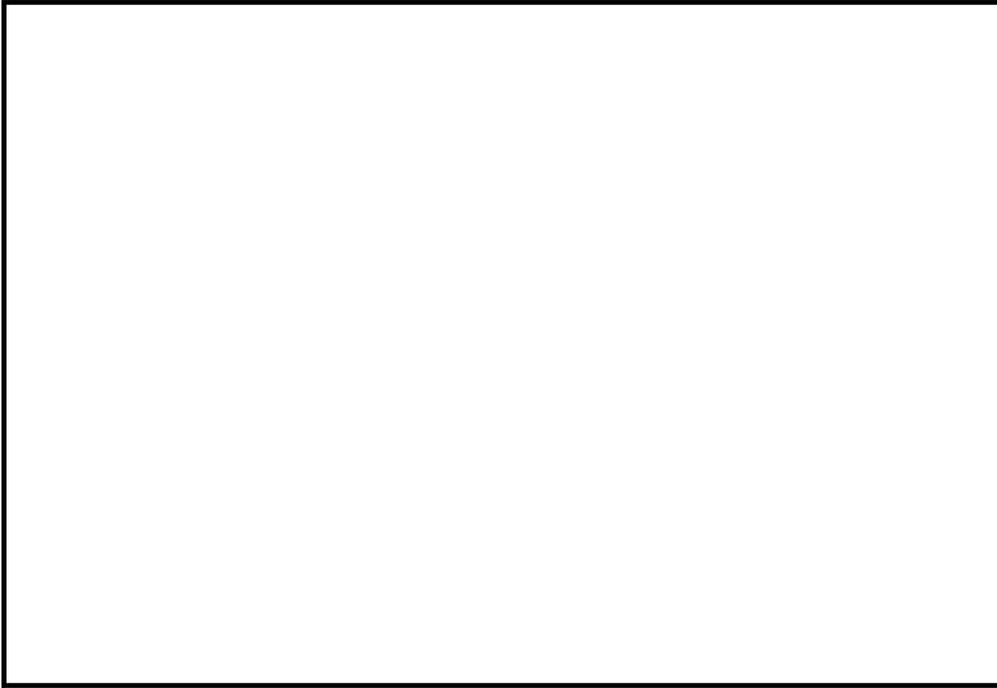


上図：一次応力に対する許容荷重領域

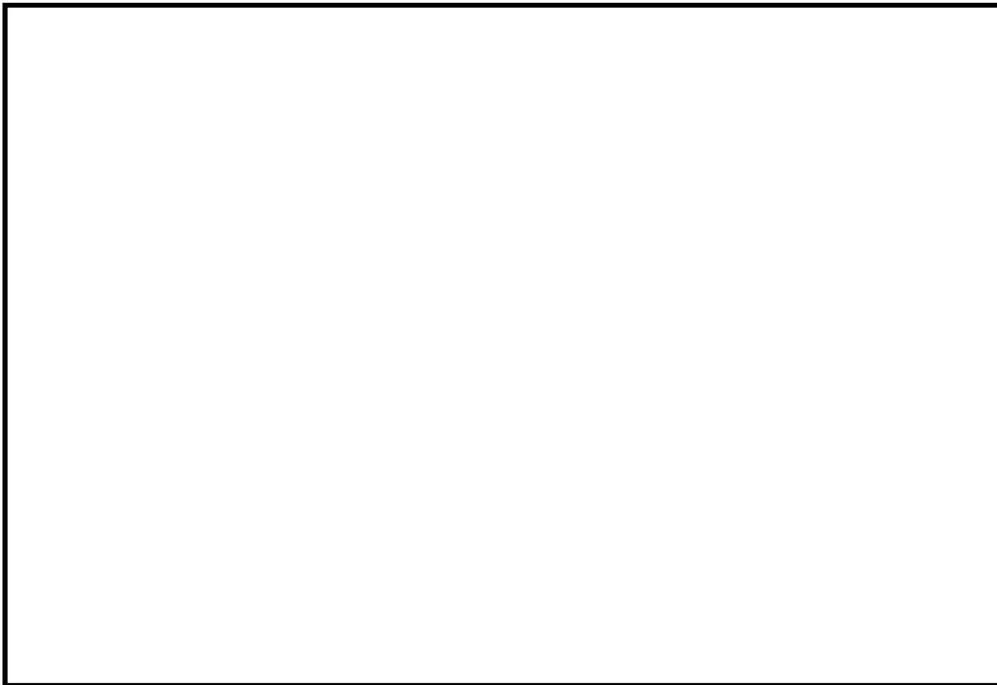


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図5 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その2：縦軸P－横軸M_L）



上図：一次応力に対する許容荷重領域

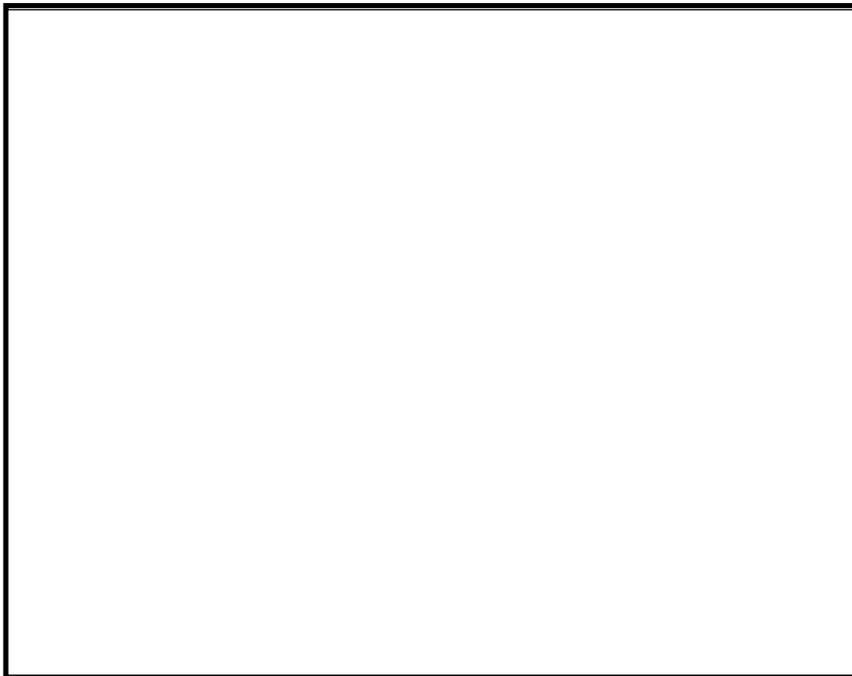


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図6 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その1：縦軸P－横軸M_C）

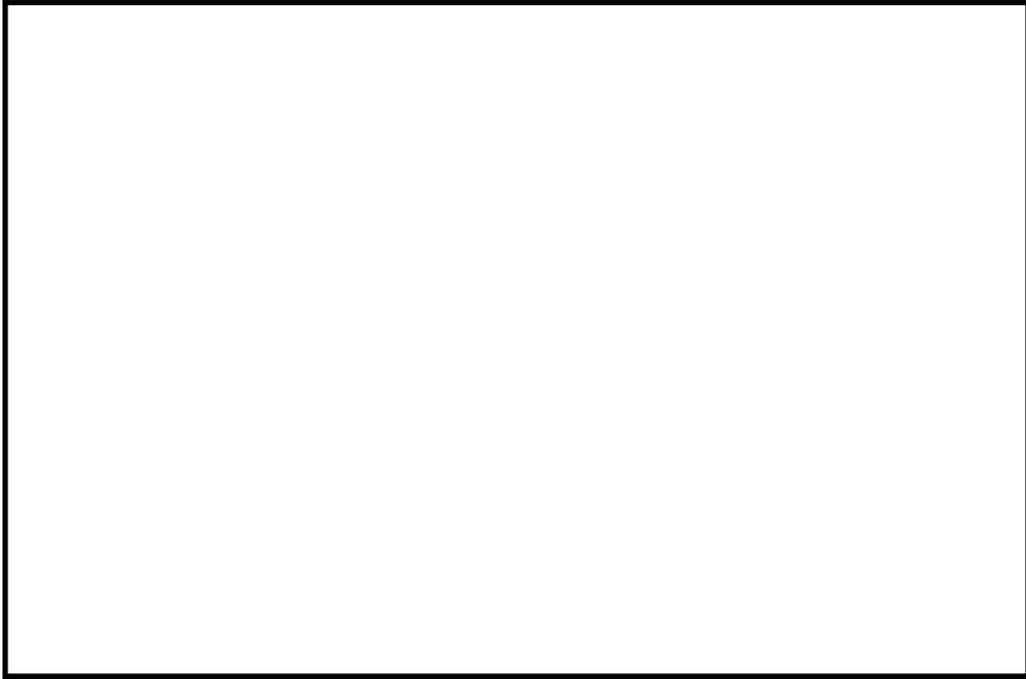


上図：一次応力に対する許容荷重領域

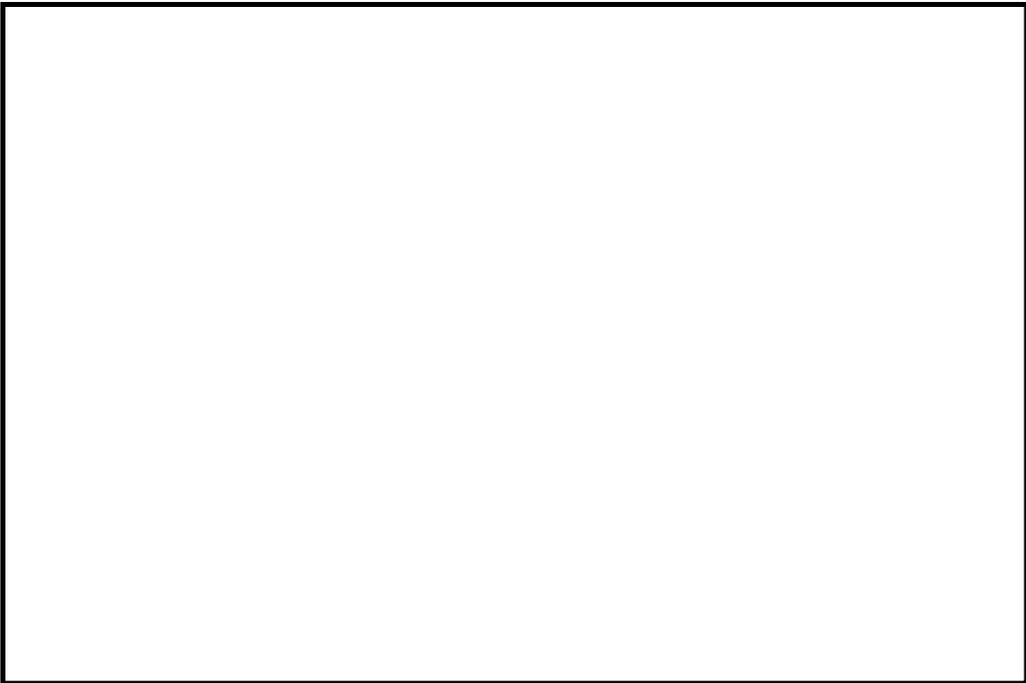


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図6 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その2：縦軸P－横軸M_L）

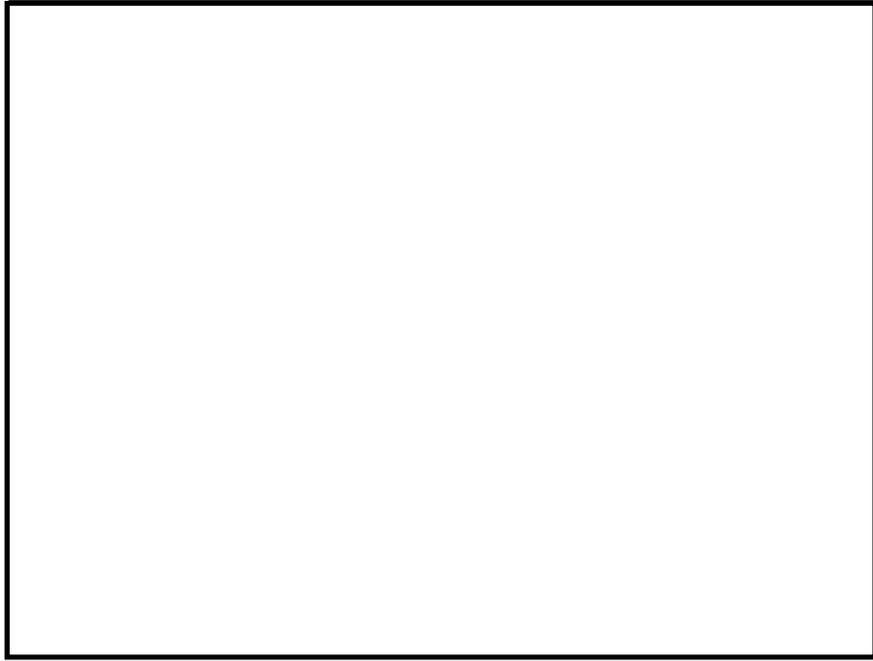


上図：一次応力に対する許容荷重領域

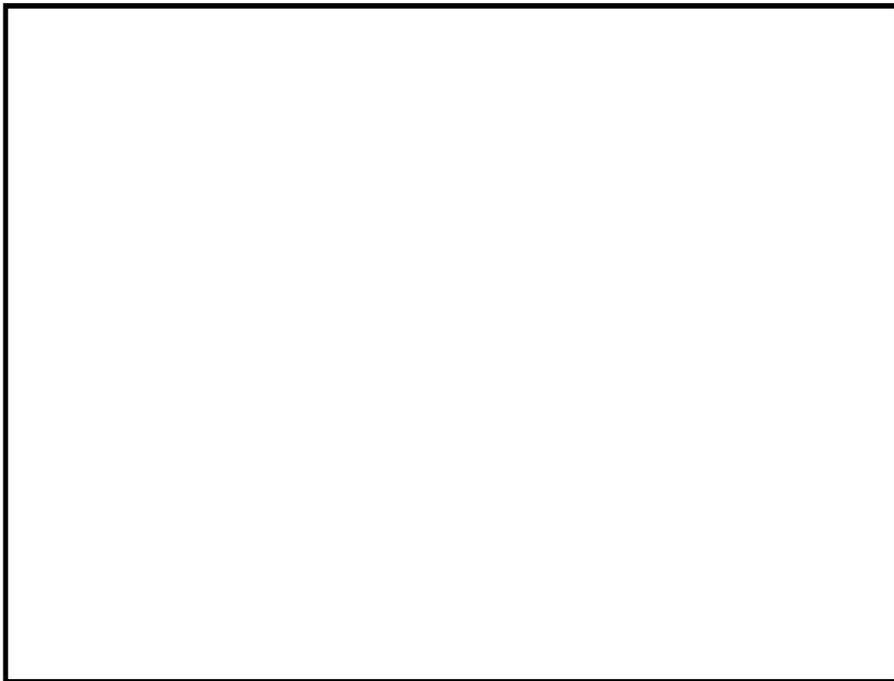


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図7 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その1：縦軸P－横軸M_C)

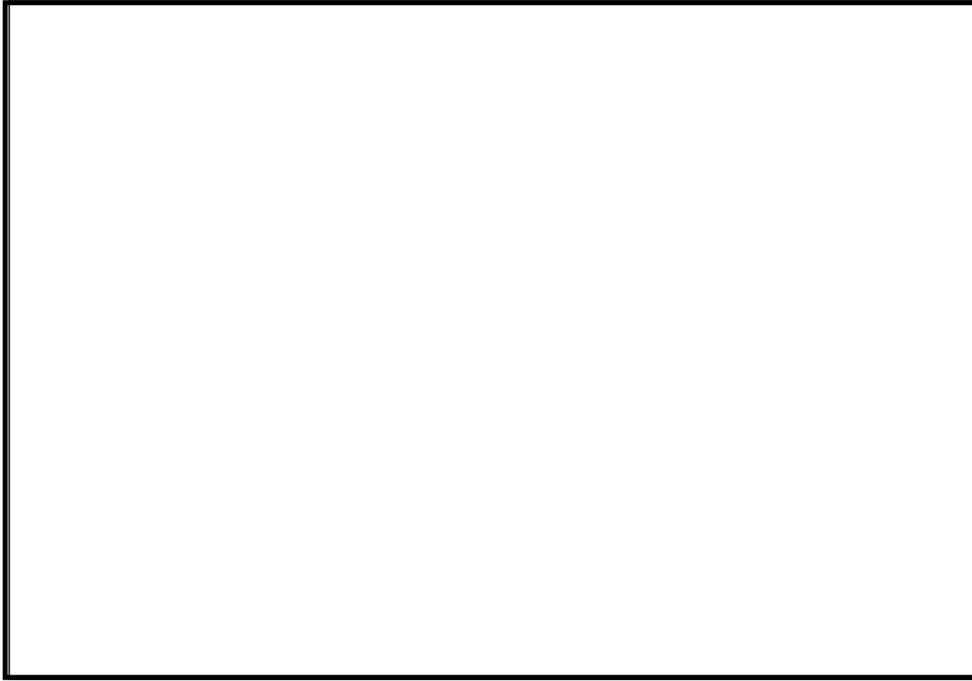


上図：一次応力に対する許容荷重領域

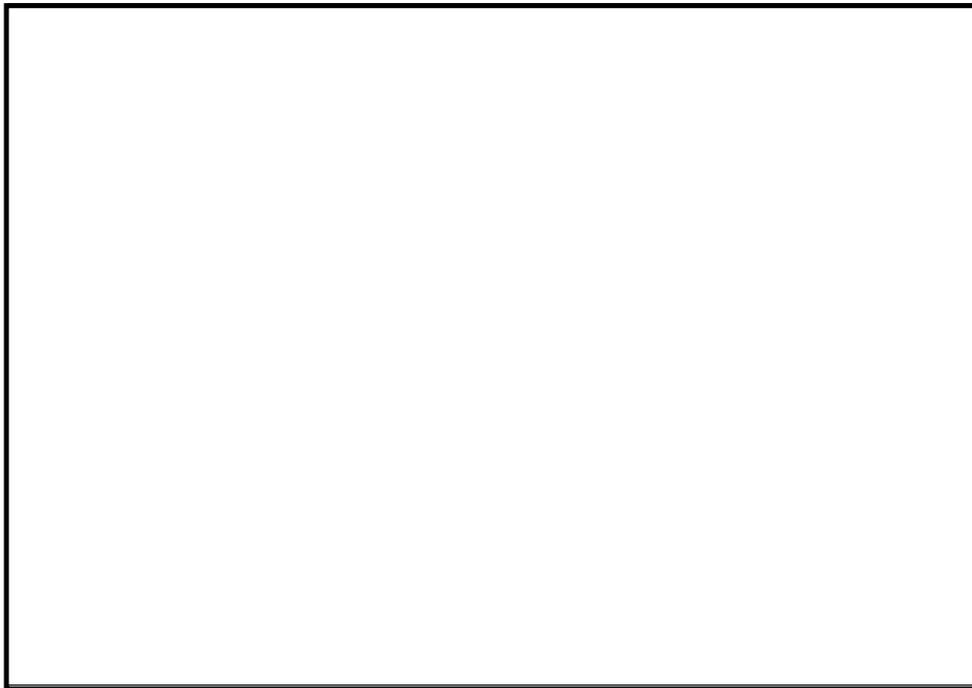


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図7 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その2：縦軸P－横軸M_L）



上図：一次応力に対する許容荷重領域

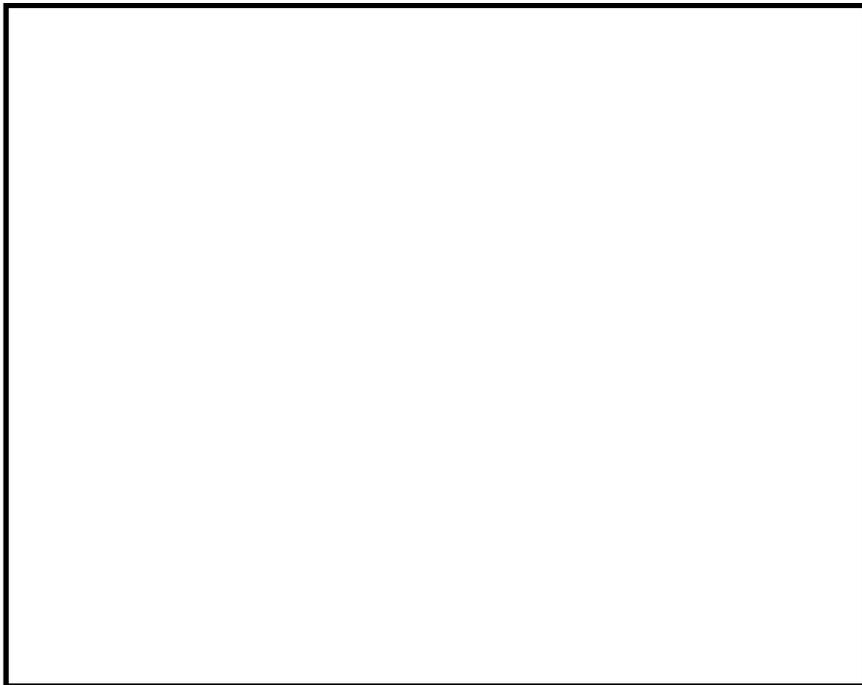


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図8 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その1：縦軸P－横軸M_C)

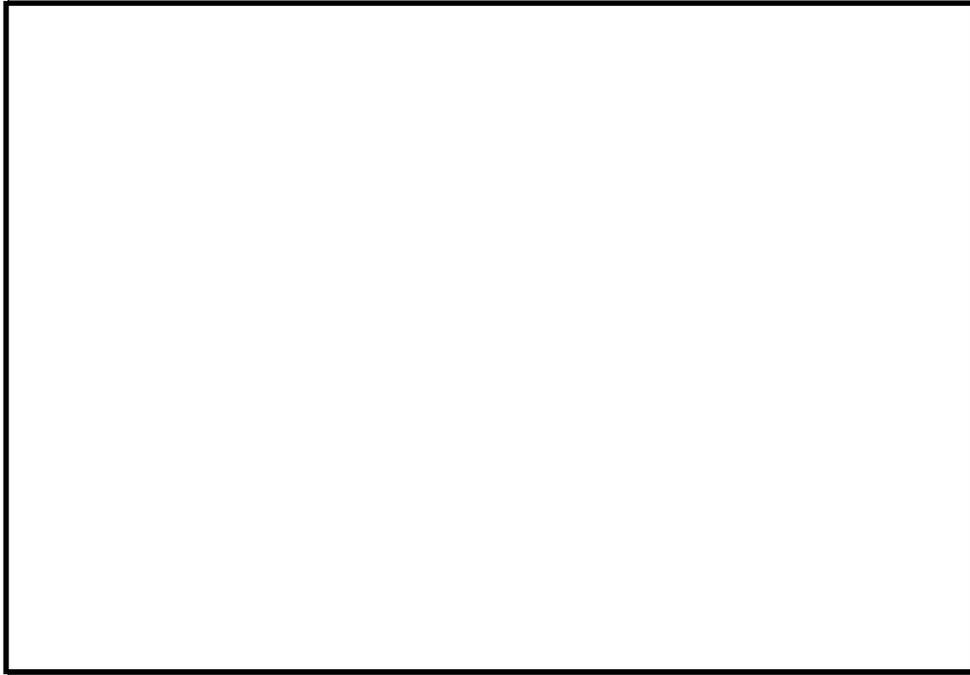


上図：一次応力に対する許容荷重領域

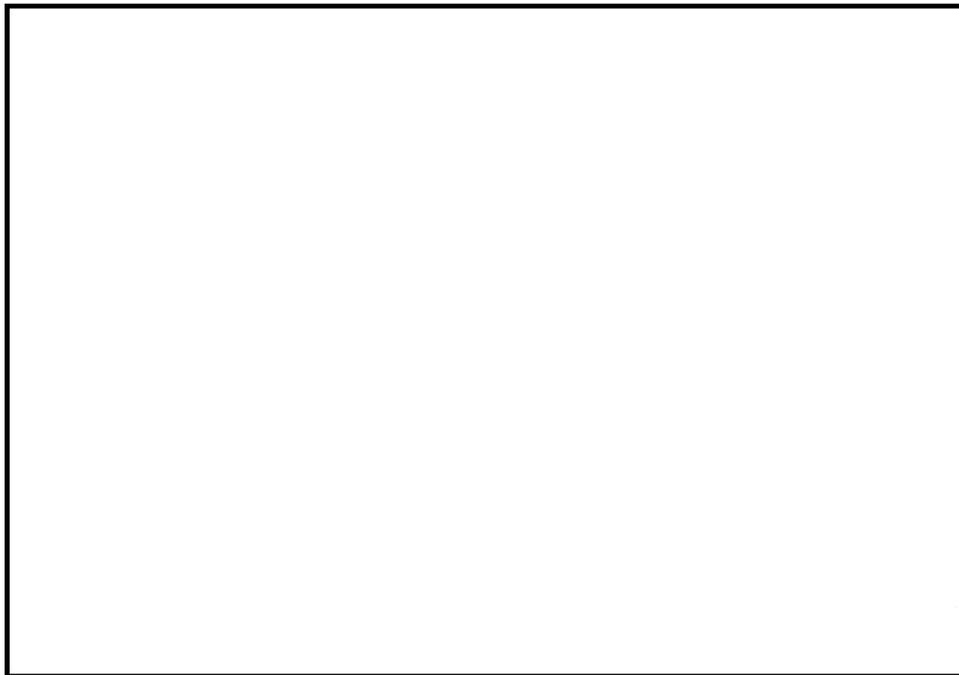


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 8 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2 : 縦軸 P - 横軸 M_L)

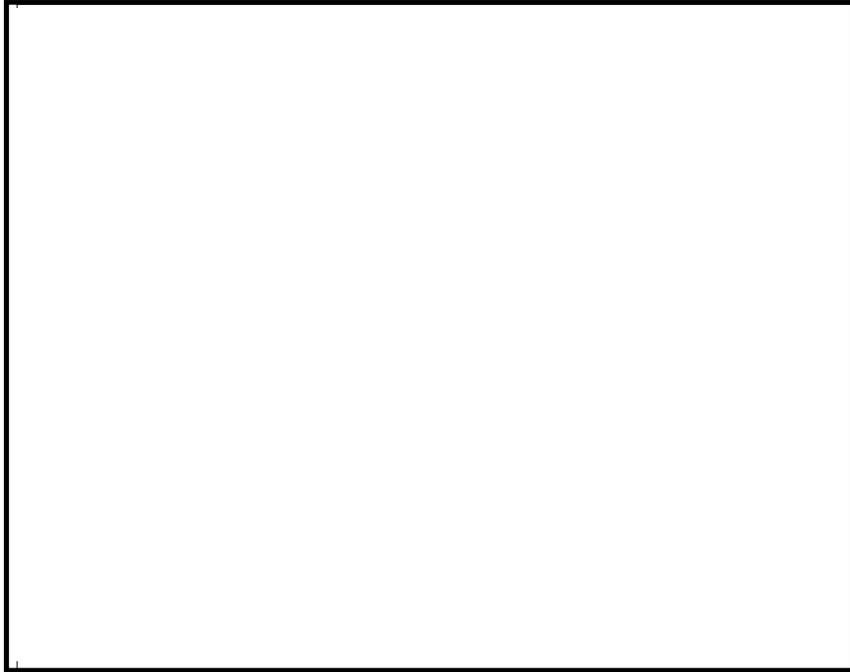


上図：一次応力に対する許容荷重領域

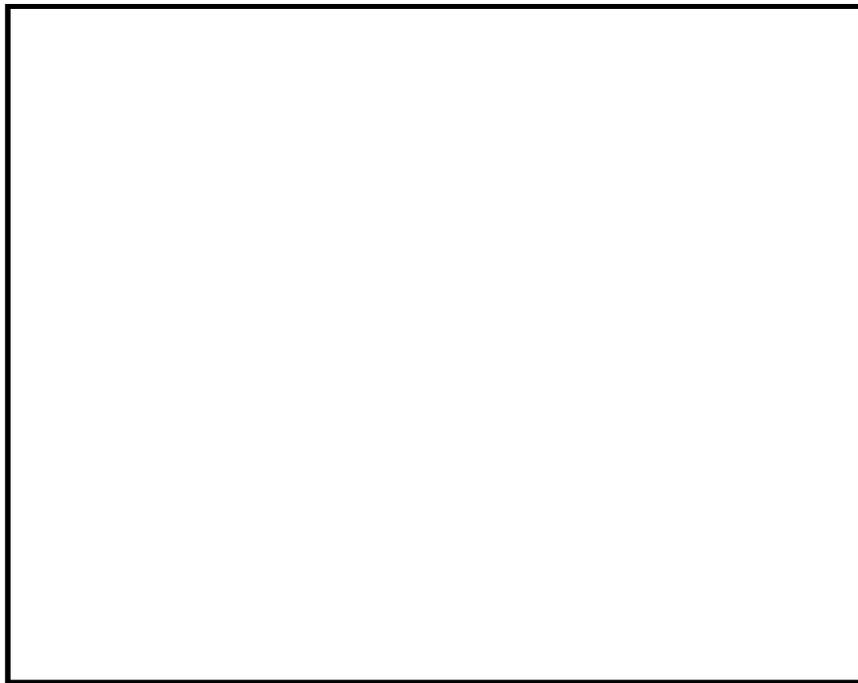


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図9 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その1：縦軸P－横軸 M_C ）

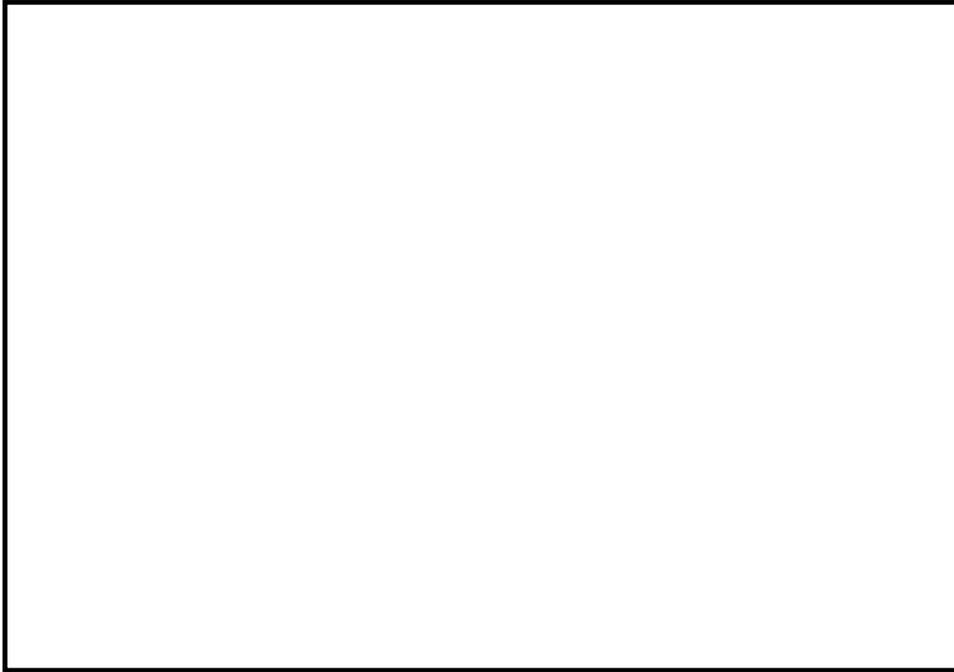


上図：一次応力に対する許容荷重領域

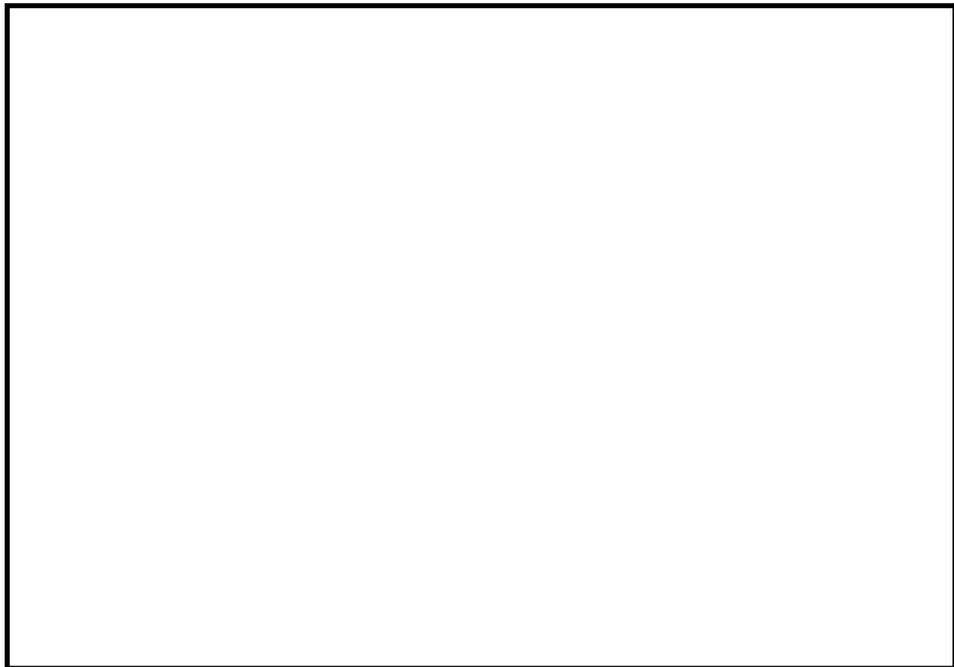


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図9 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その2：縦軸P－横軸M_L）

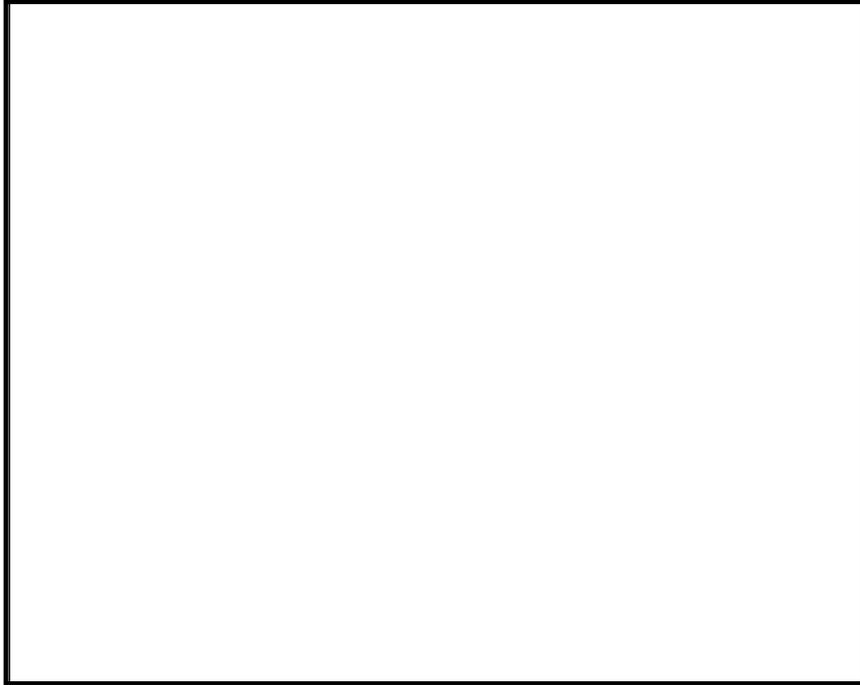


上図：一次応力に対する許容荷重領域

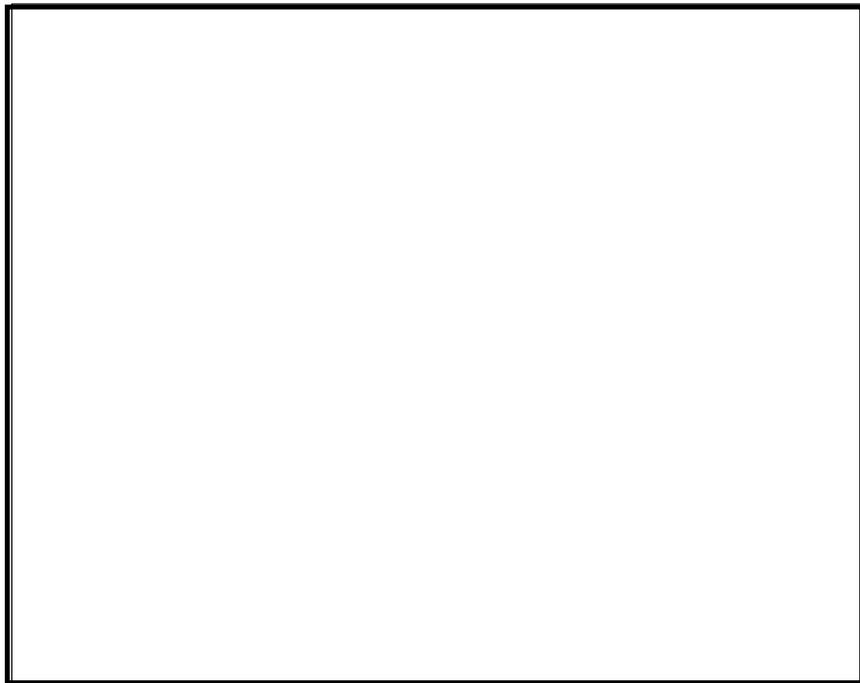


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 10 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）



上図：一次応力に対する許容荷重領域



下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 10 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2：縦軸 P－横軸 M_L)

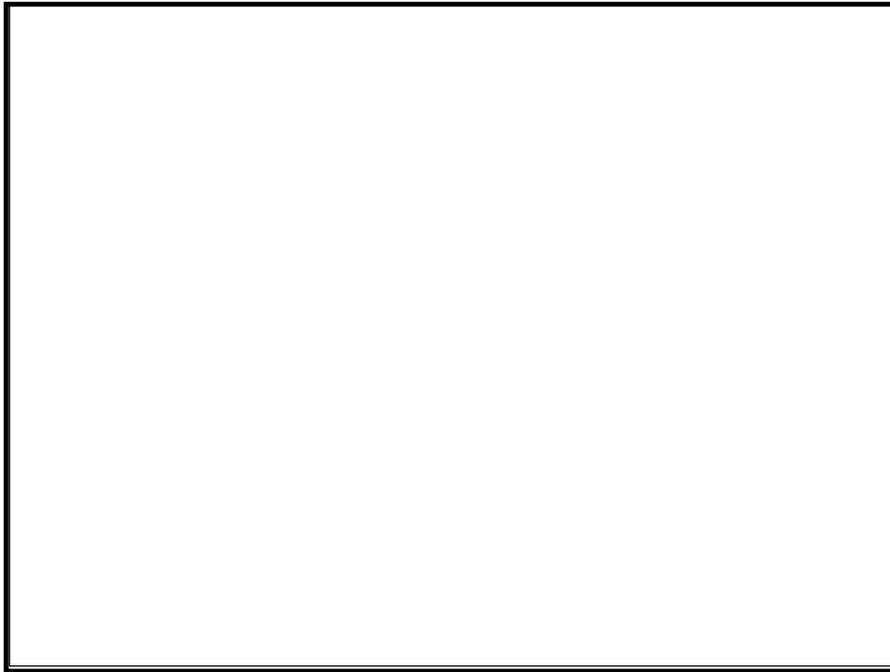


上図：一次応力に対する許容荷重領域

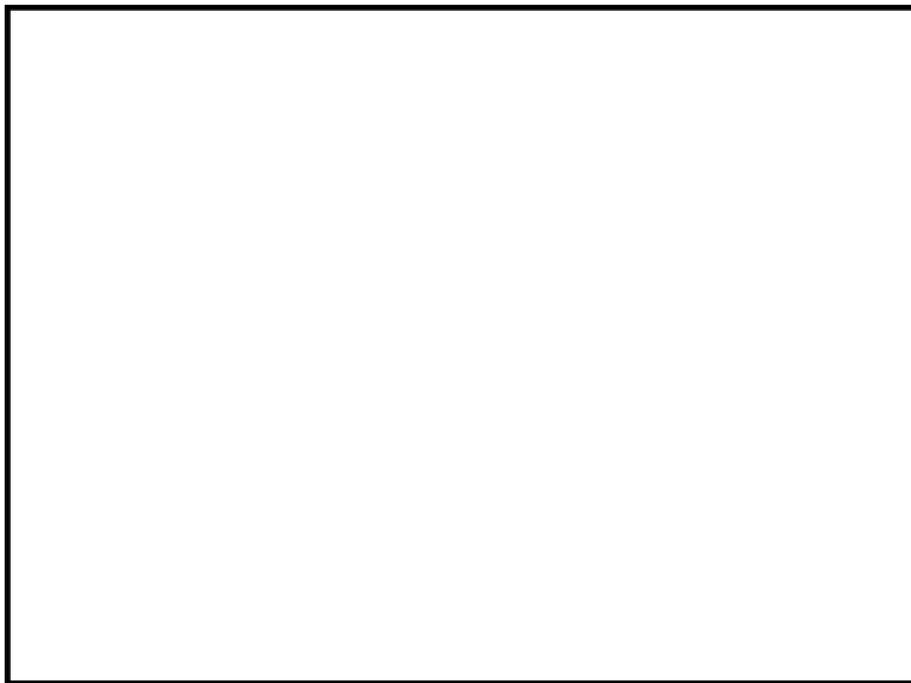


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 11 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 1：縦軸 P－横軸 M_c ）



上図：一次応力に対する許容荷重領域

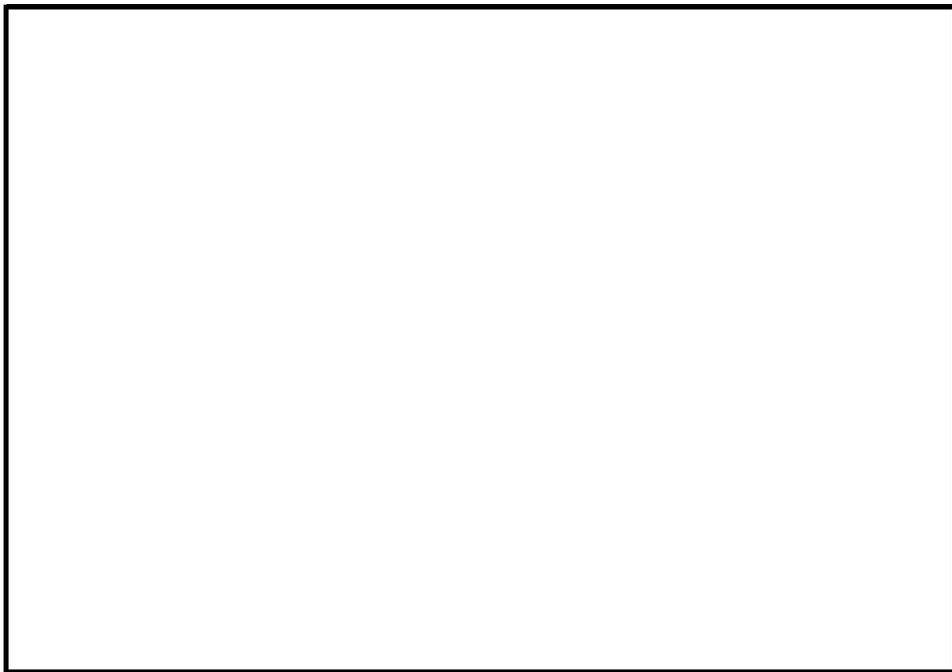


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 11 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2：縦軸 P－横軸 M_L)

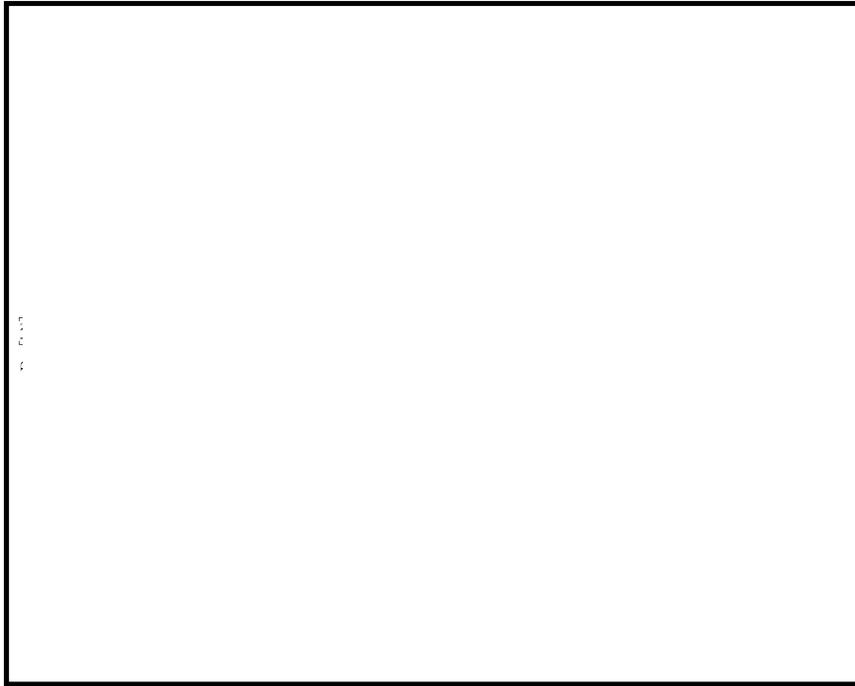


上図：一次応力に対する許容荷重領域

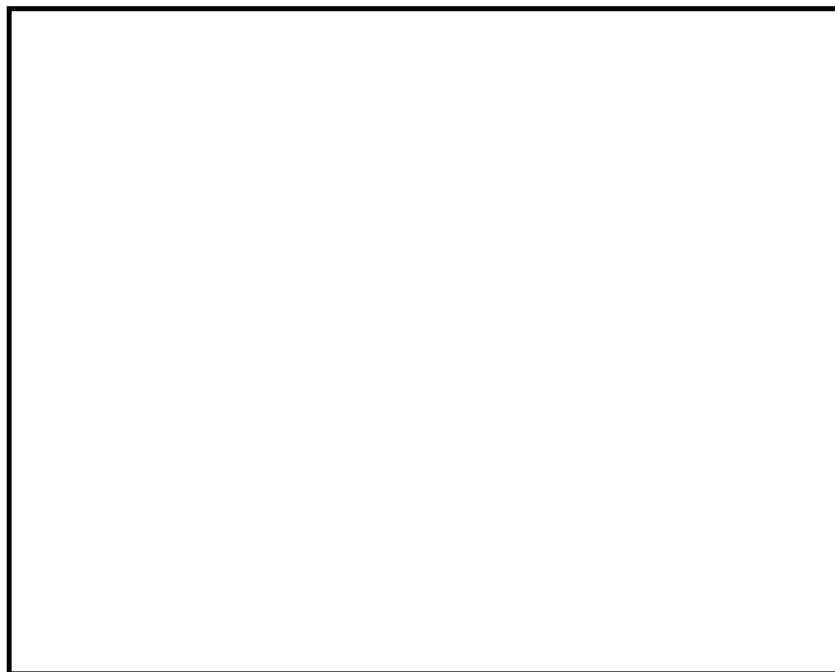


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 12 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1 : 縦軸 P - 横軸 M_C)



上図：一次応力に対する許容荷重領域

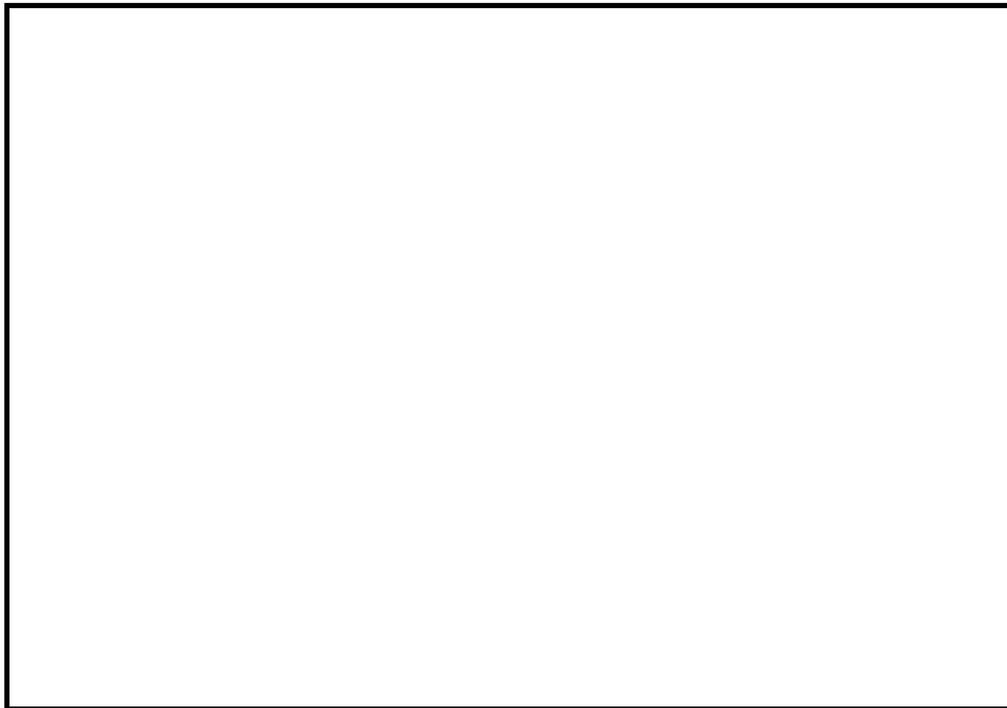


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 12 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2：縦軸 P－横軸 M_L)



上図：一次応力に対する許容荷重領域

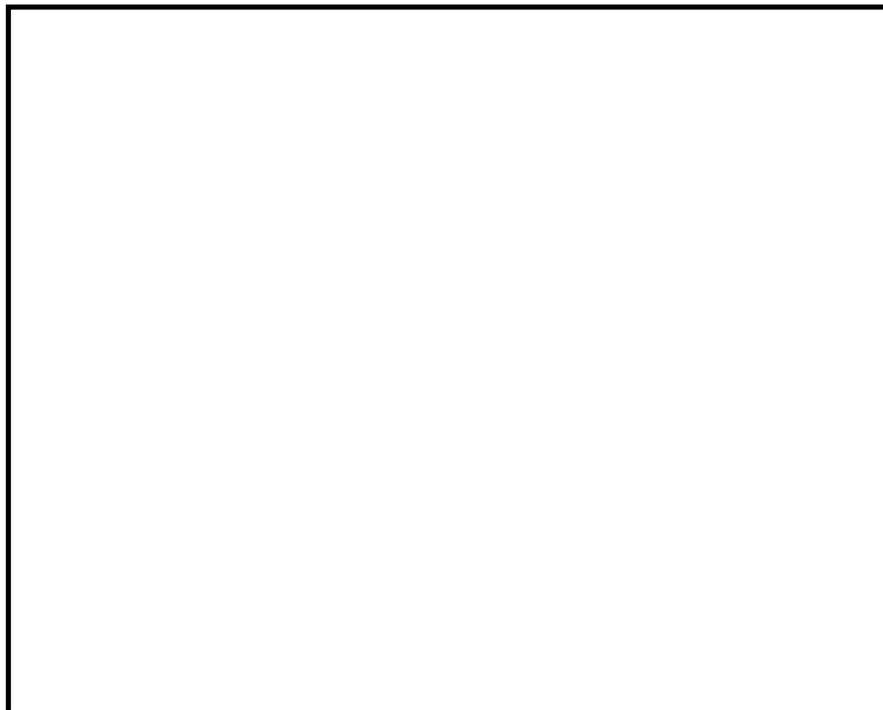


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 13 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1：縦軸 P－横軸 M_C)

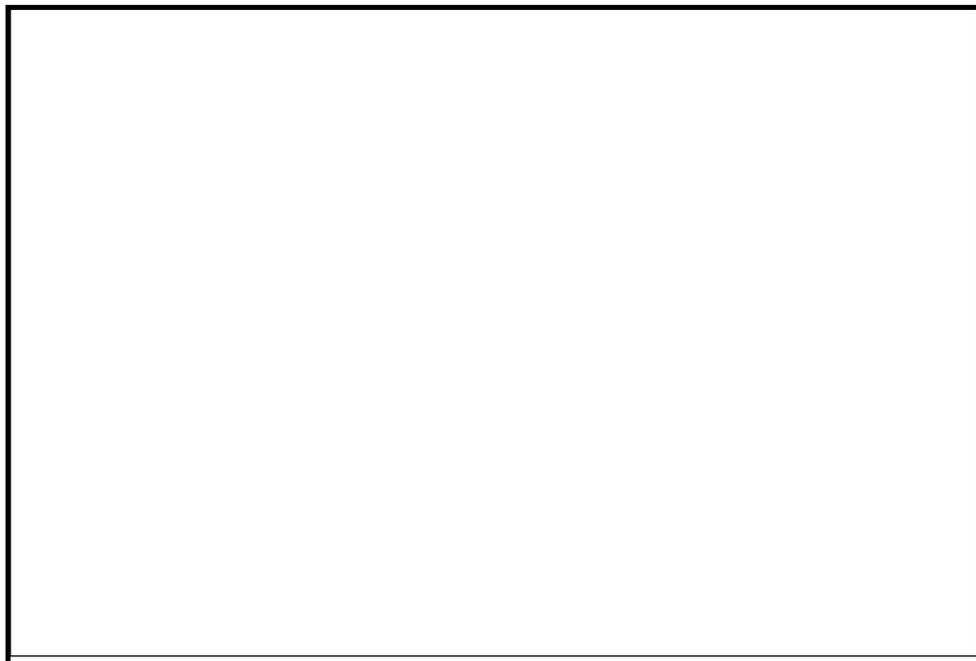


上図：一次応力に対する許容荷重領域



下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 13 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2 : 縦軸 P - 横軸 M_L)

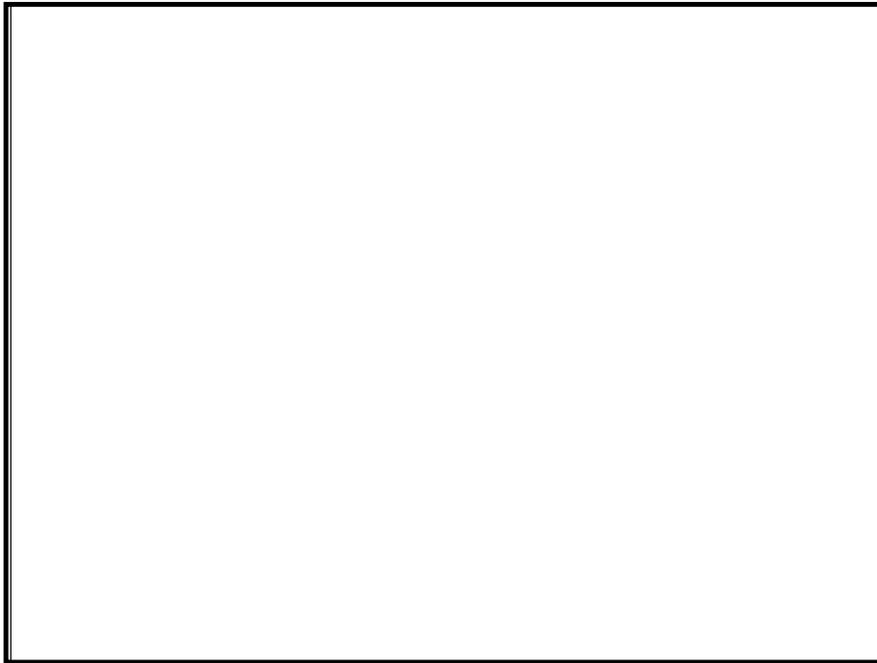


上図：一次応力に対する許容荷重領域

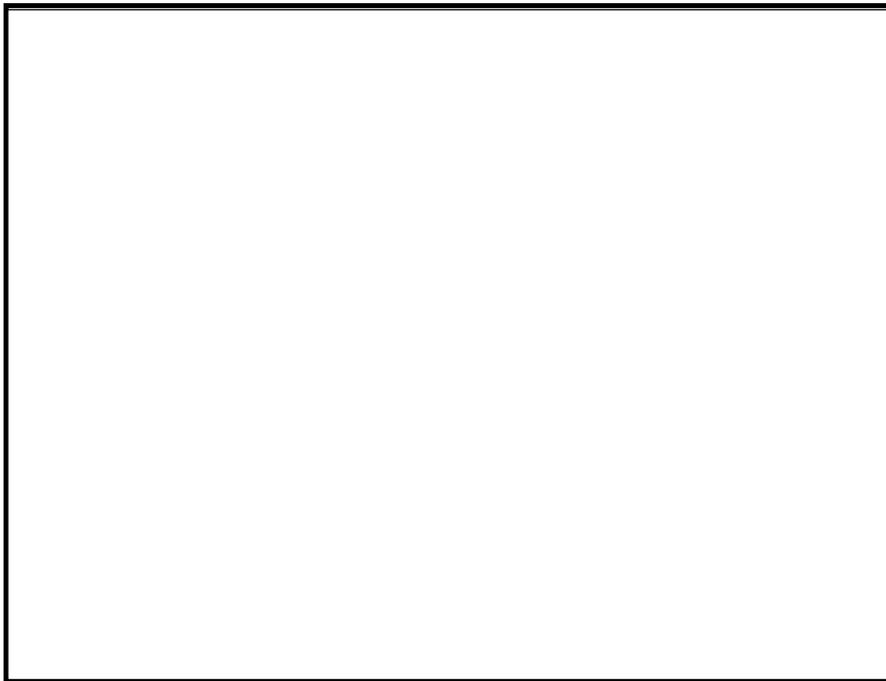


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 14 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1：縦軸 P－横軸 M_C)

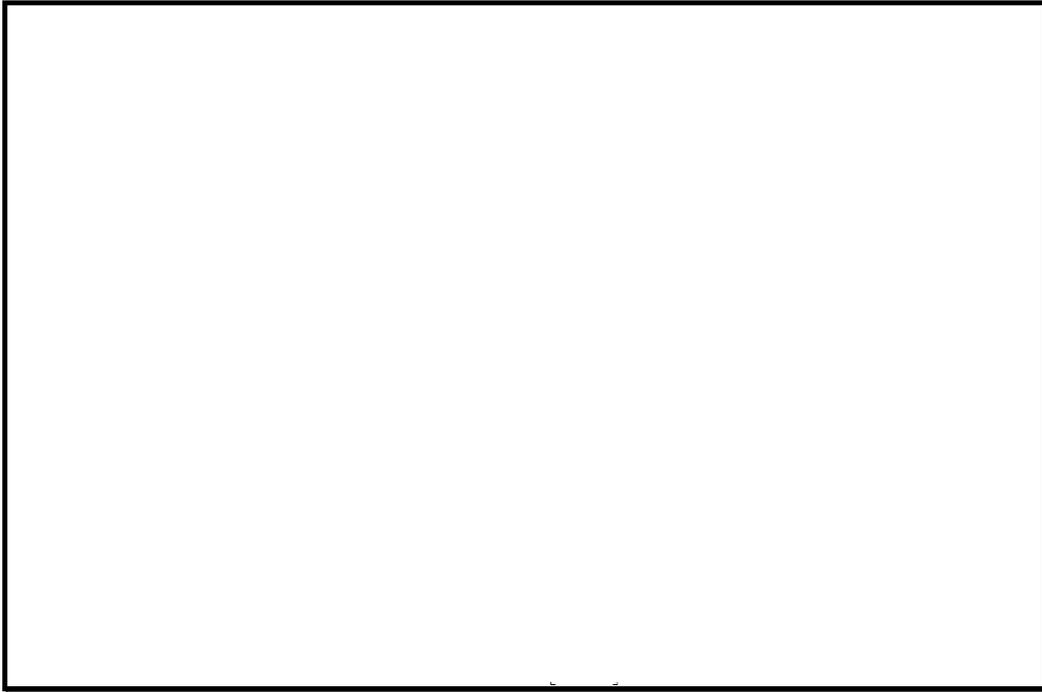


上図：一次応力に対する許容荷重領域

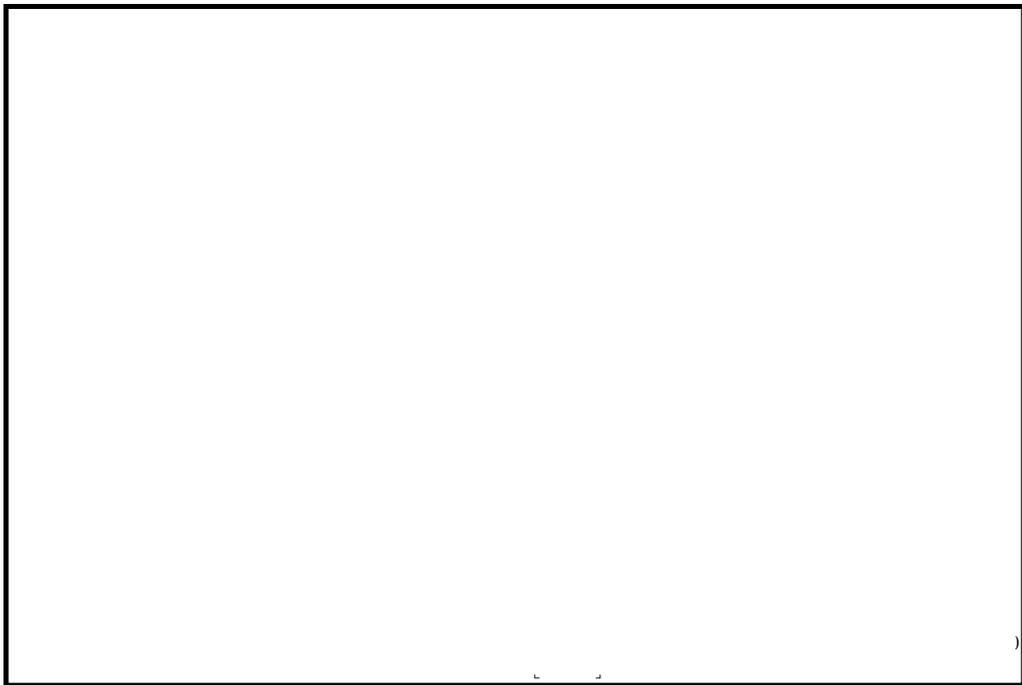


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 14 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

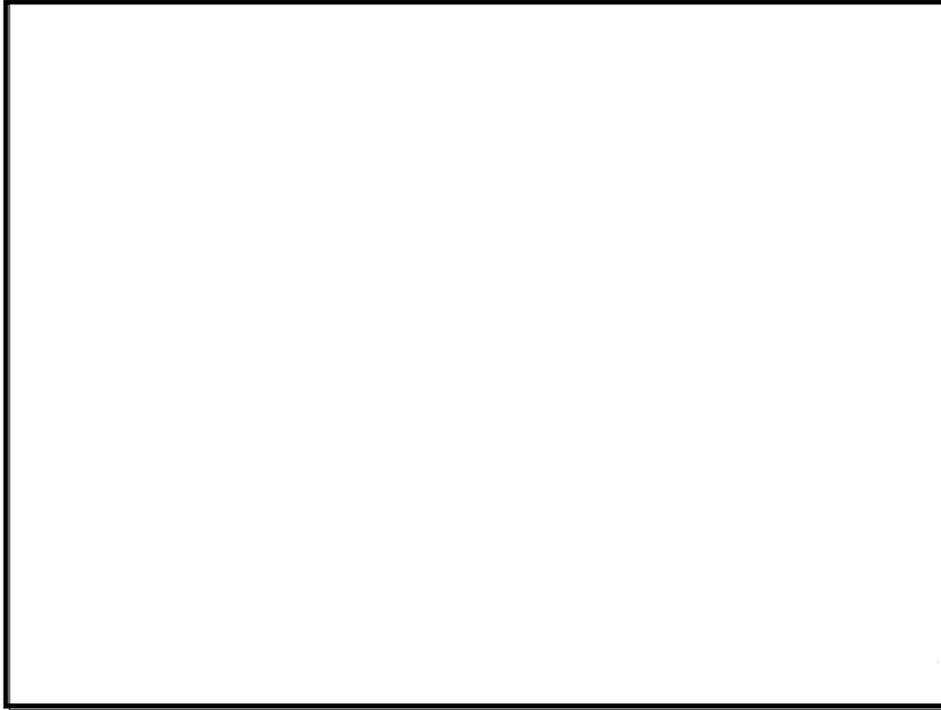


上図：一次応力に対する許容荷重領域

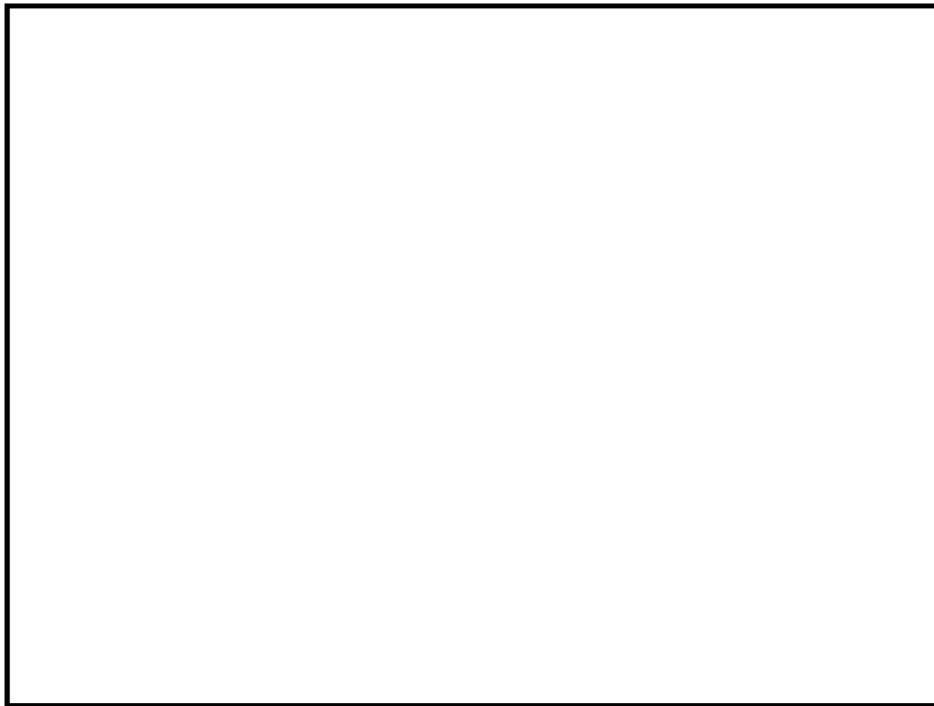


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 15 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）



上図：一次応力に対する許容荷重領域



下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 15 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

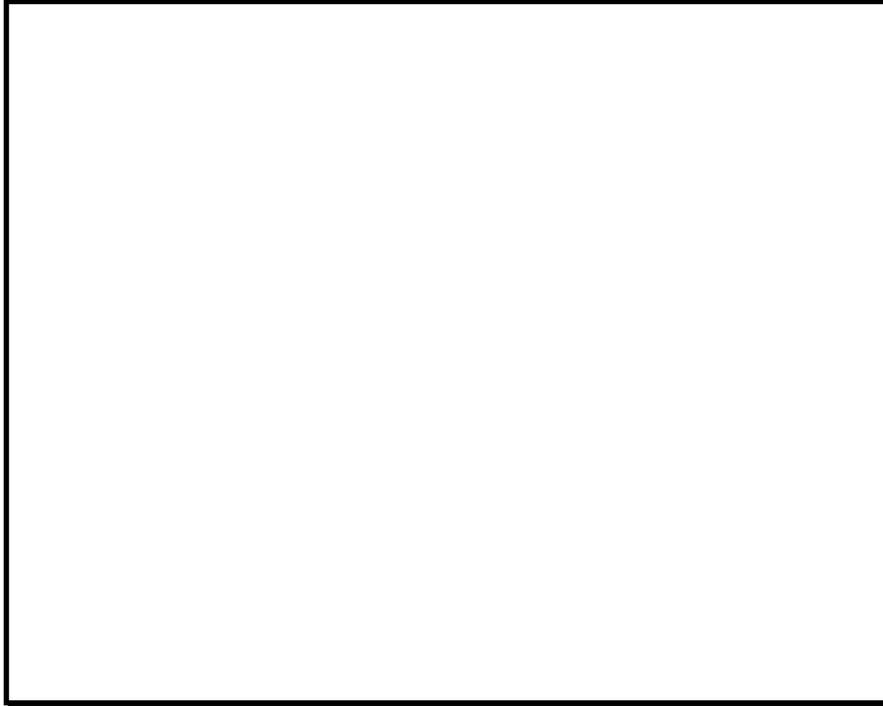


上図：一次応力に対する許容荷重領域

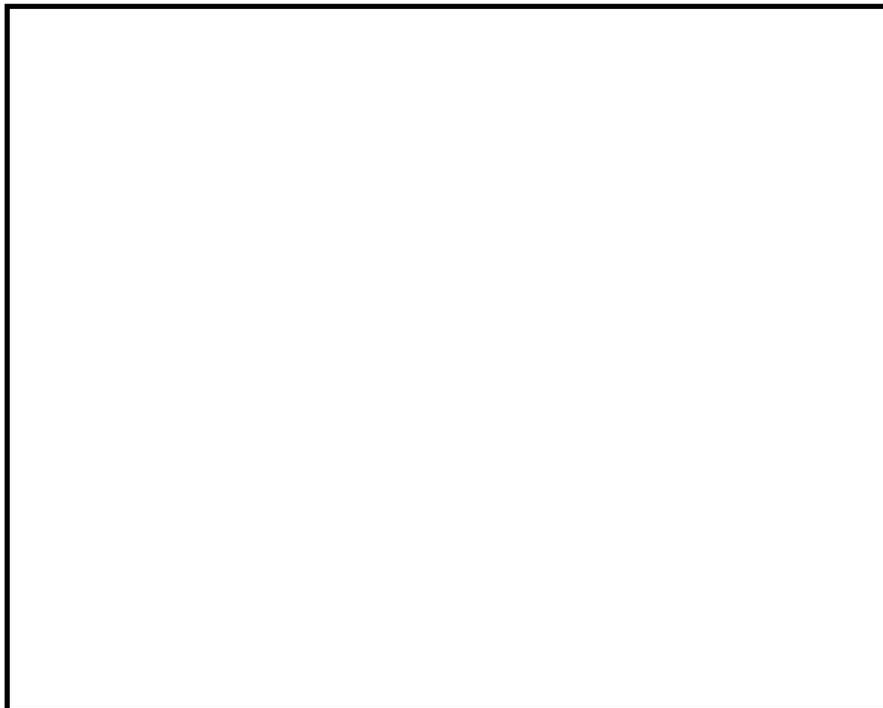


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 16 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1：縦軸 P－横軸 M_C)

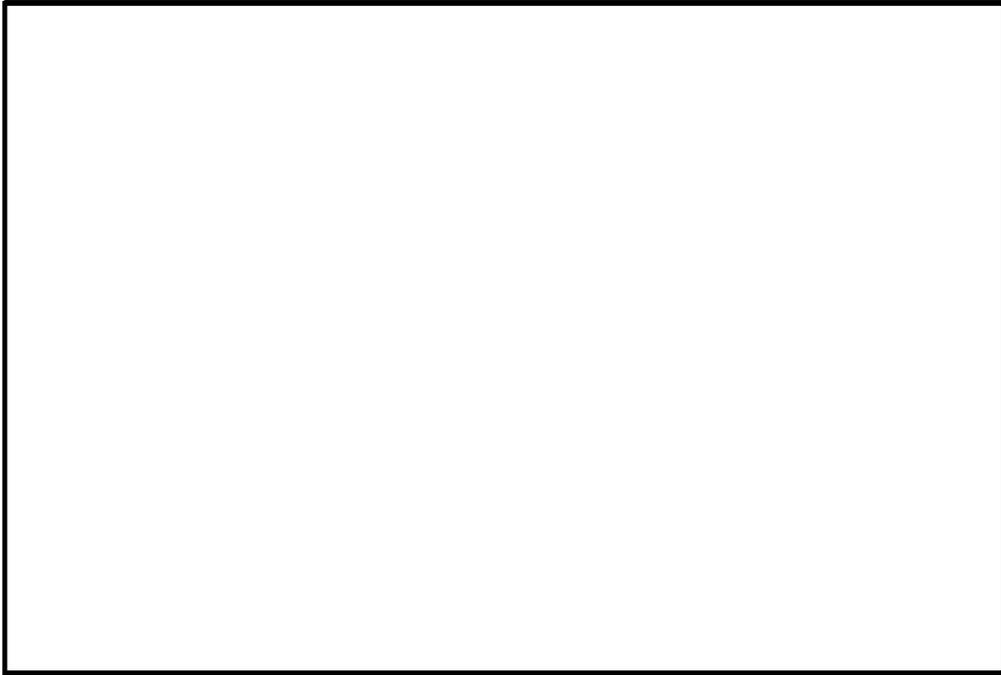


上図：一次応力に対する許容荷重領域

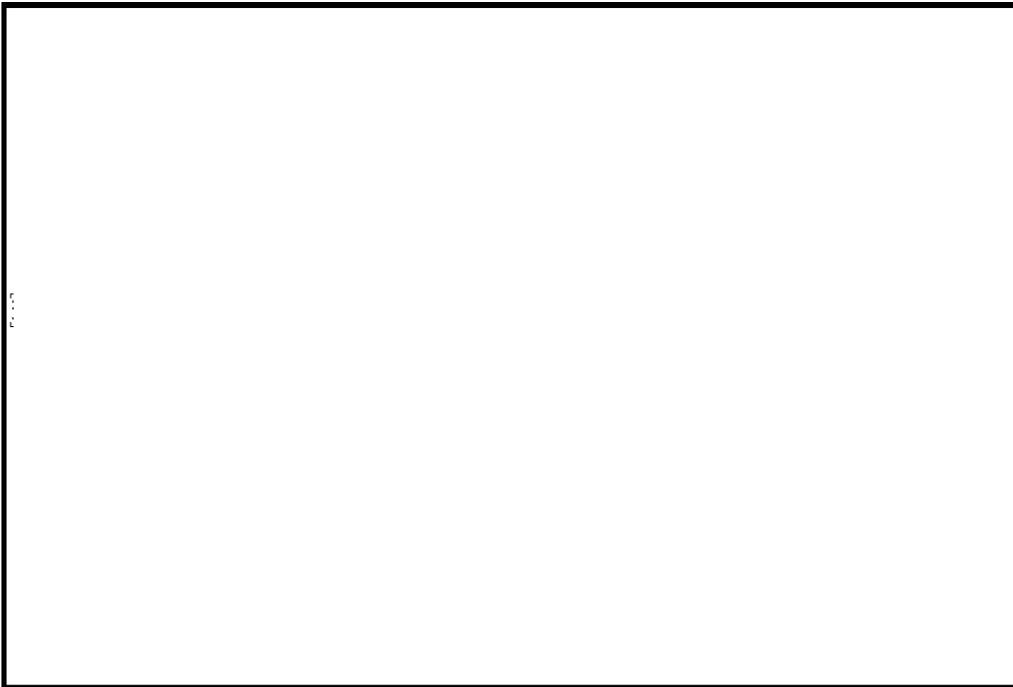


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 16 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2 : 縦軸 P - 横軸 M_L)

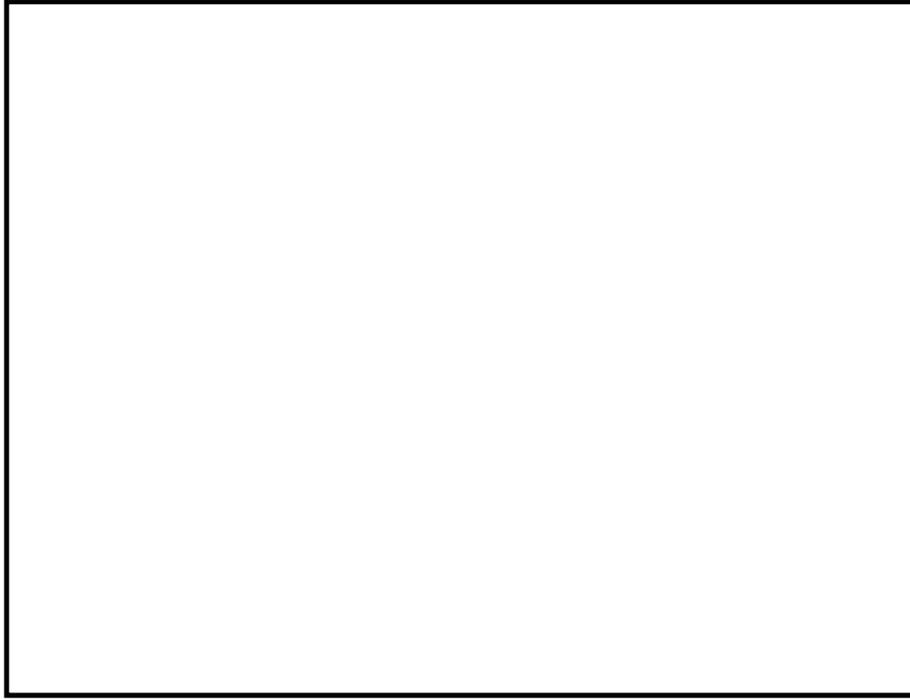


上図：一次応力に対する許容荷重領域

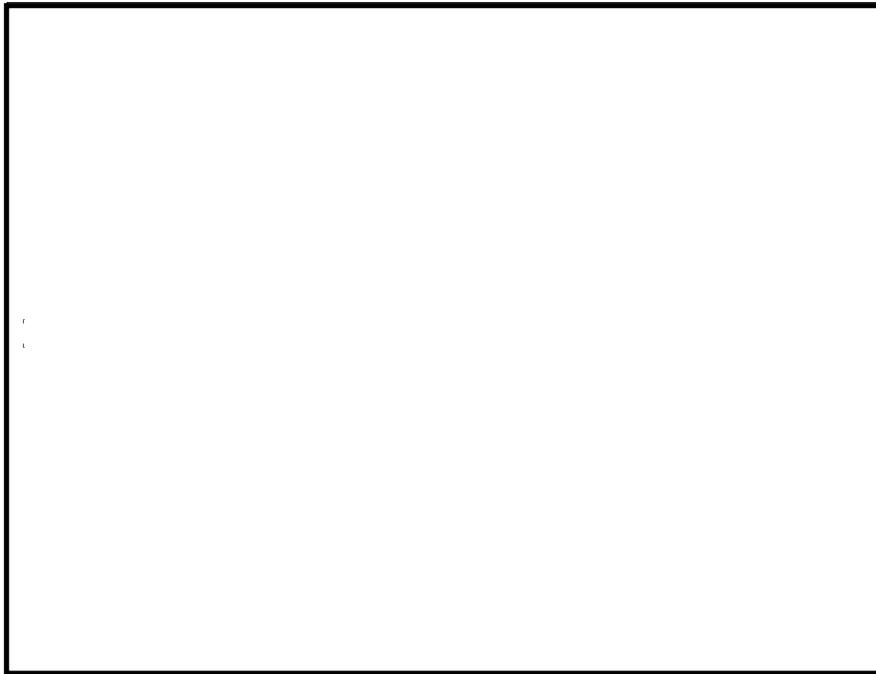


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 17 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No (その 1 : 縦軸 P - 横軸 M_c)



上図：一次応力に対する許容荷重領域

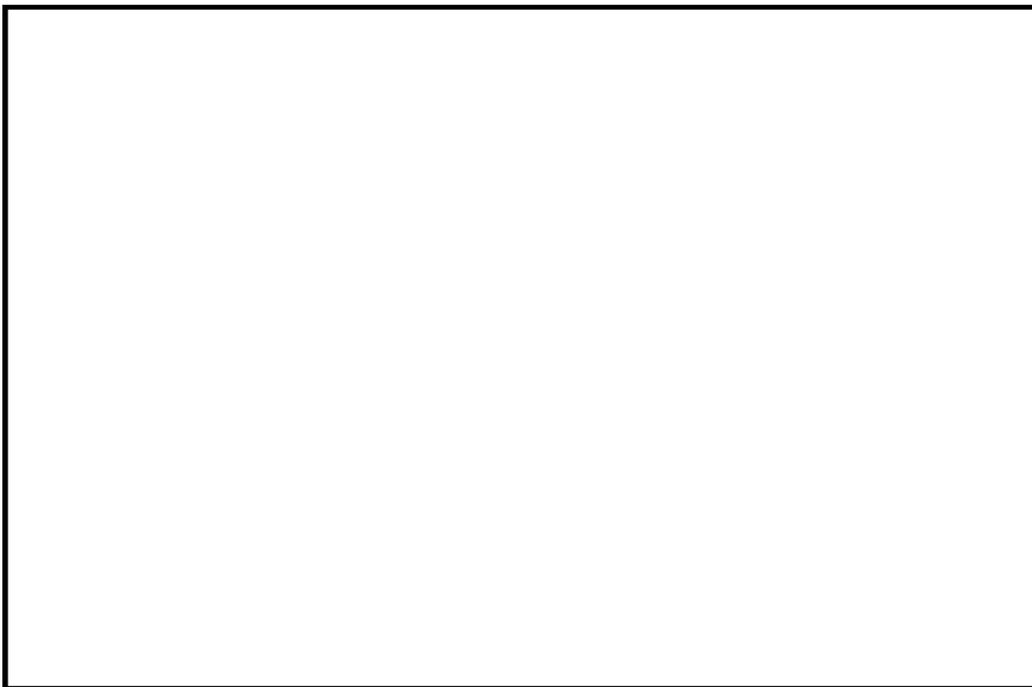


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 17 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

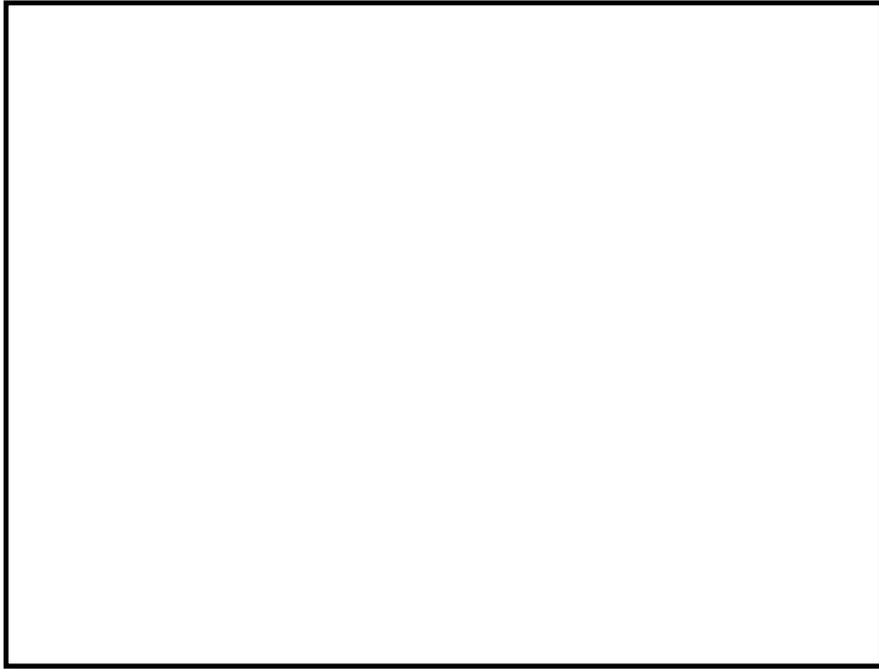


上図：一次応力に対する許容荷重領域

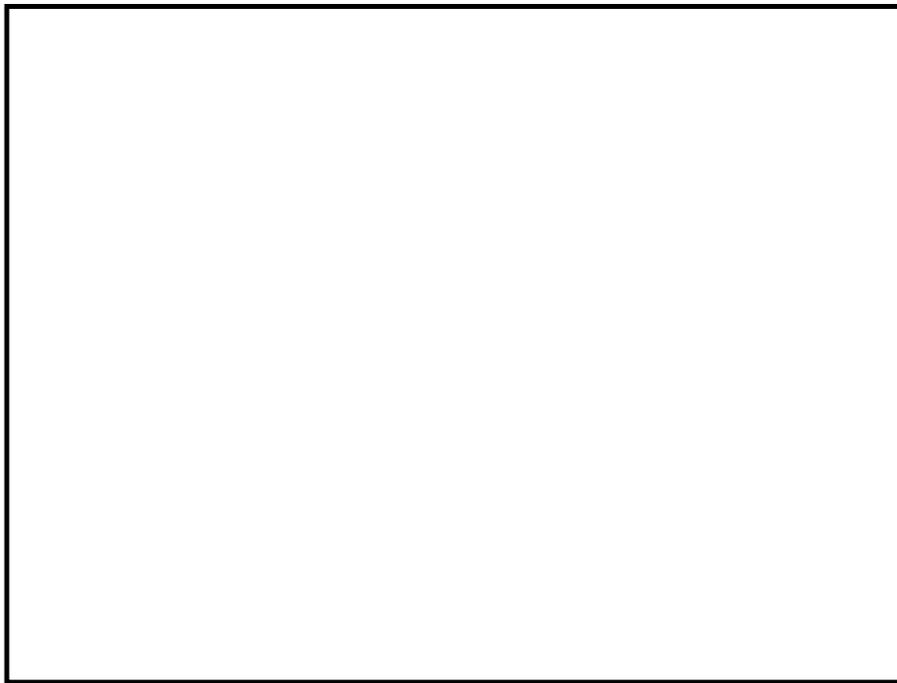


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 18 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1：縦軸 P－横軸 M_C)

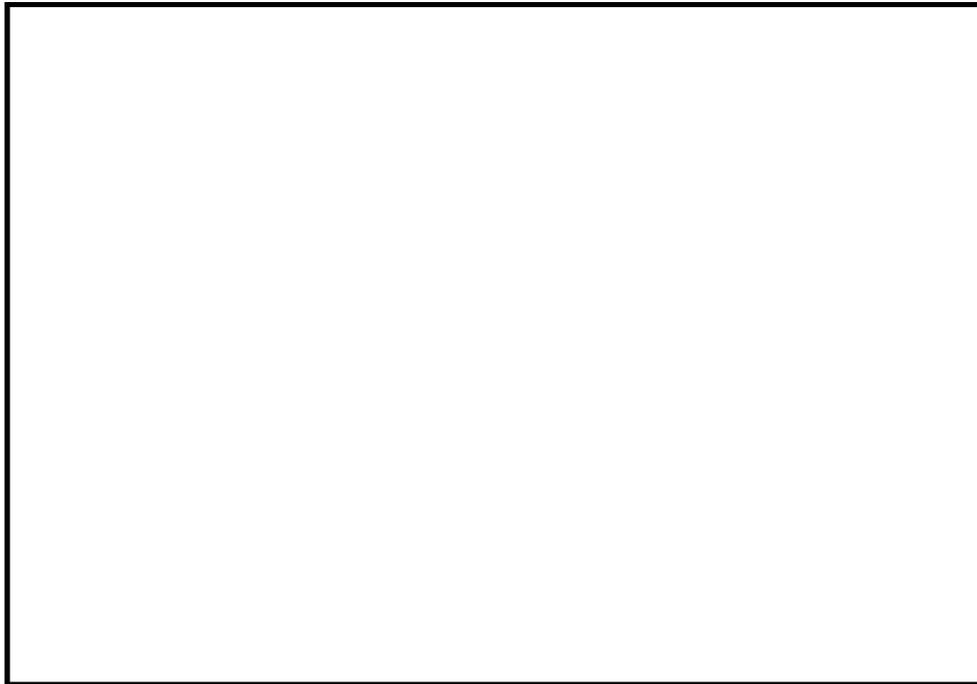


上図：一次応力に対する許容荷重領域

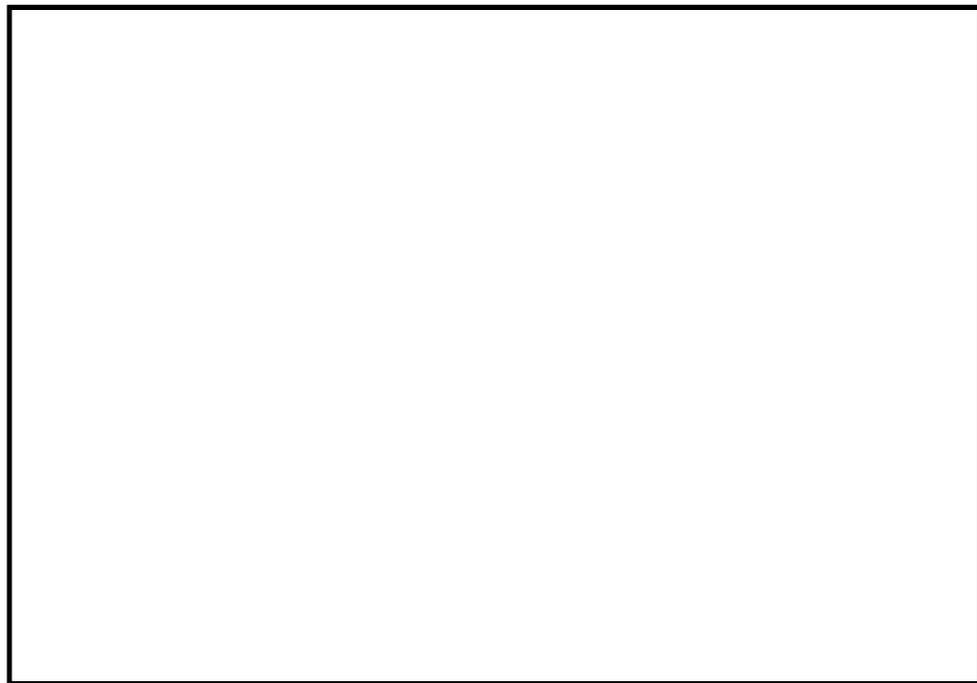


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 18 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2 : 縦軸 P - 横軸 M_L)

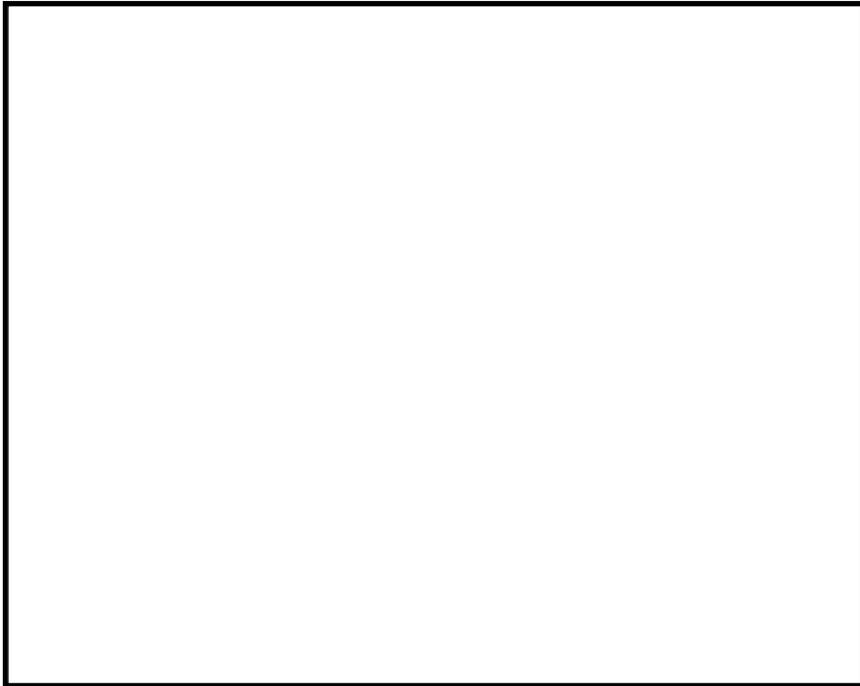


上図：一次応力に対する許容荷重領域

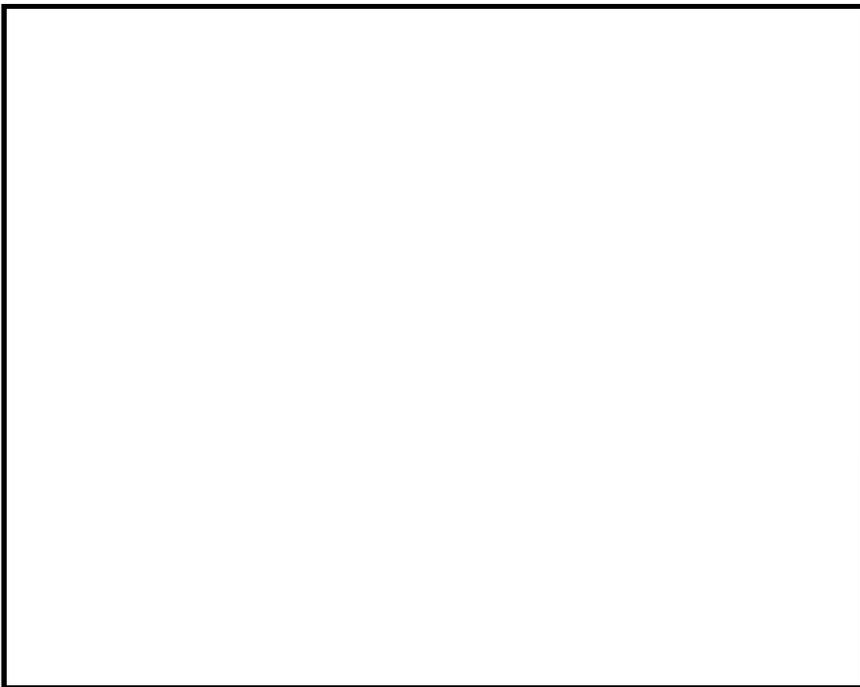


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 19 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

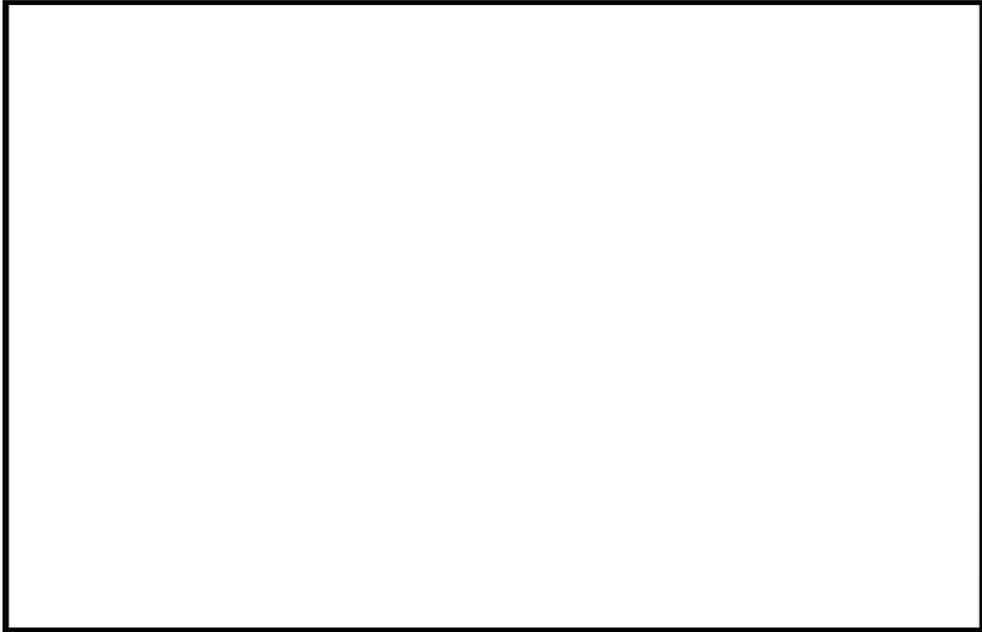


上図：一次応力に対する許容荷重領域

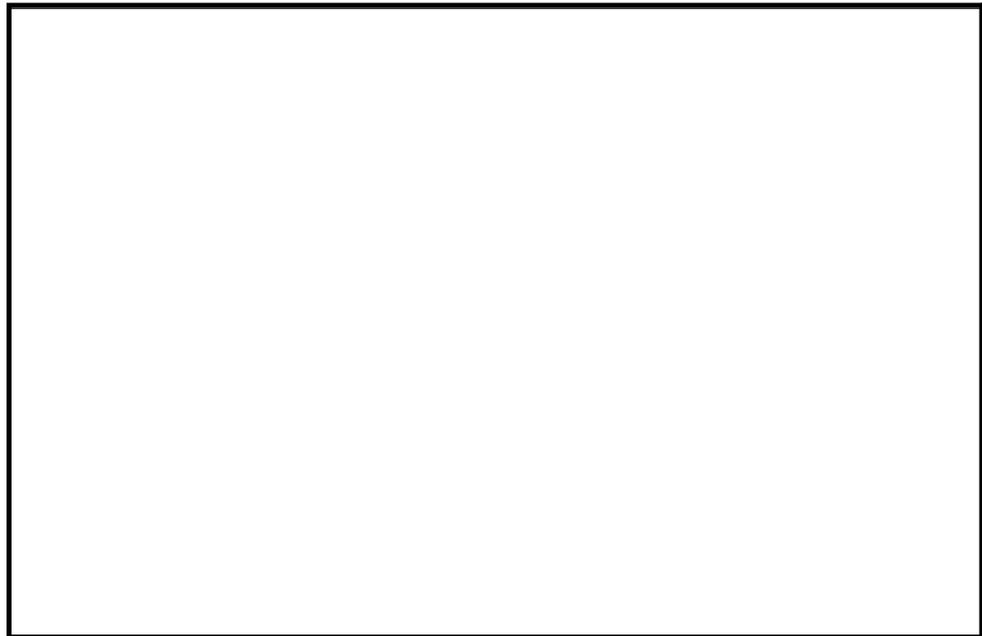


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 19 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）



上図：一次応力に対する許容荷重領域

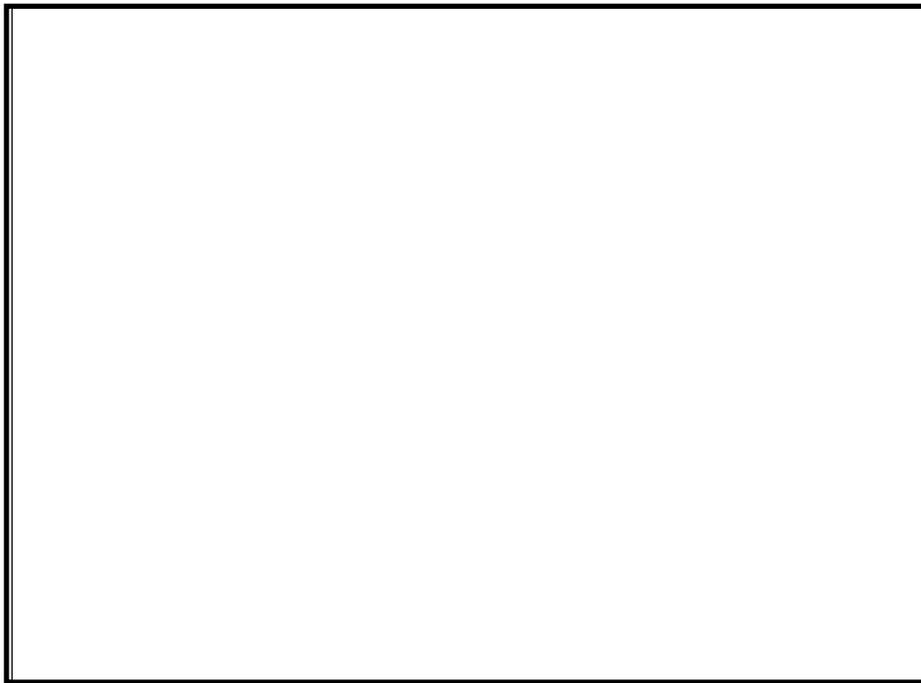


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 20 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 1：縦軸 P－横軸 M_c ）

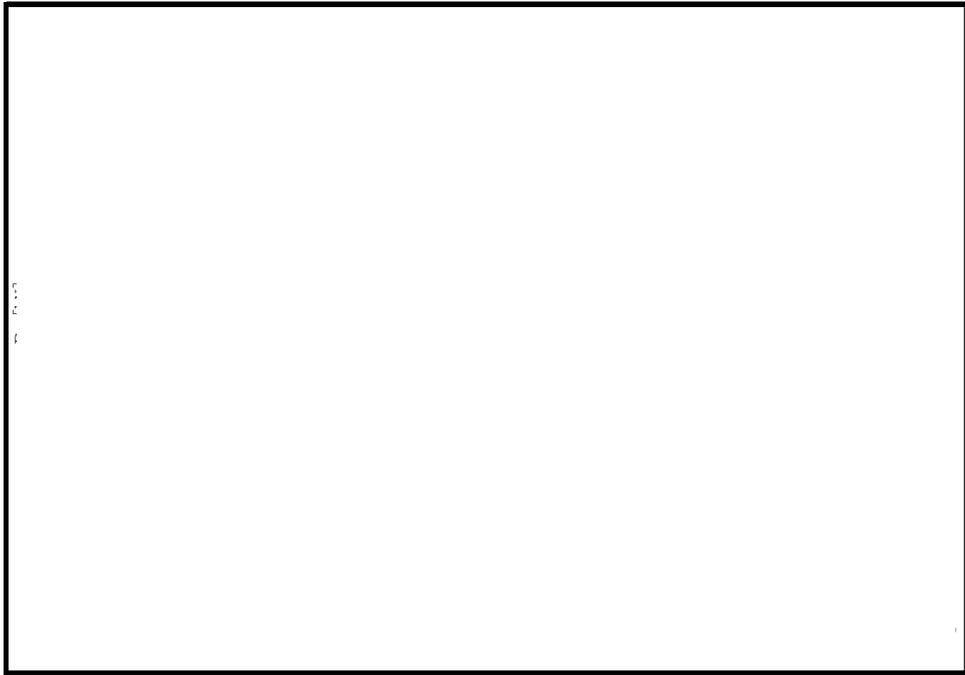


上図：一次応力に対する許容荷重領域

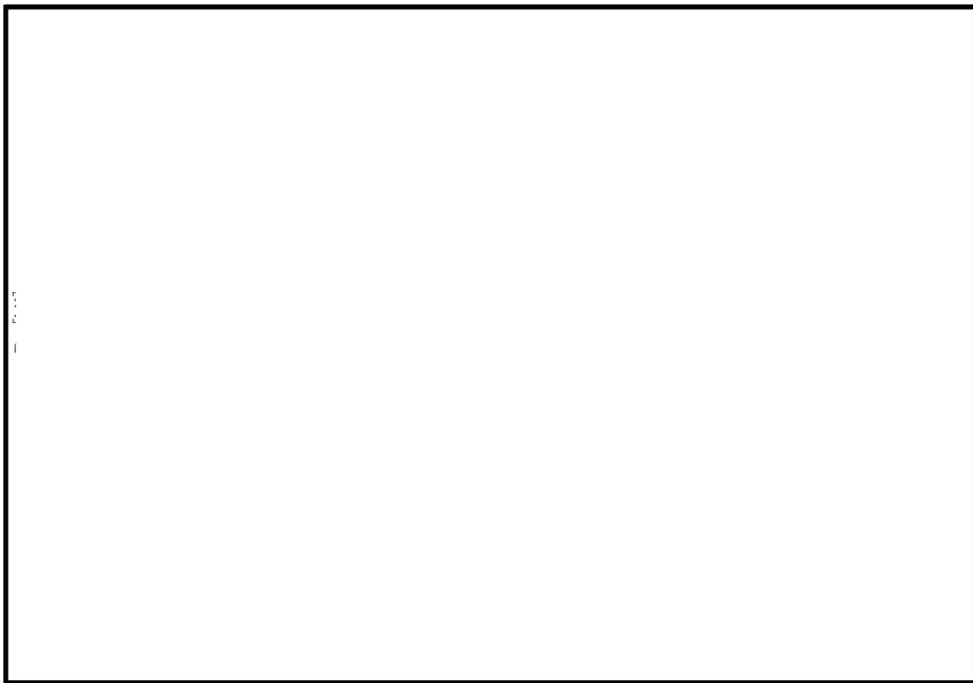


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 20 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

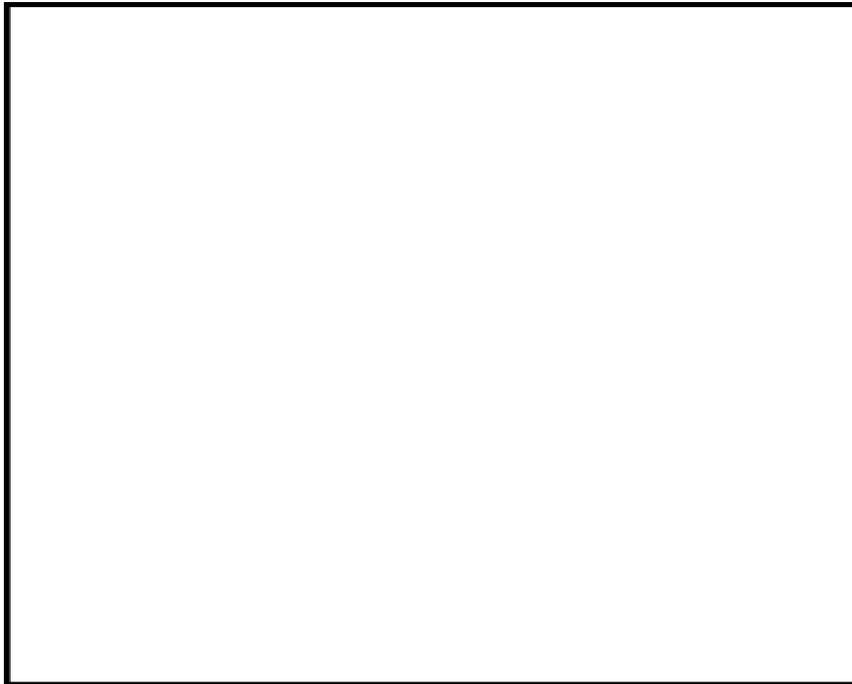


上図：一次応力に対する許容荷重領域

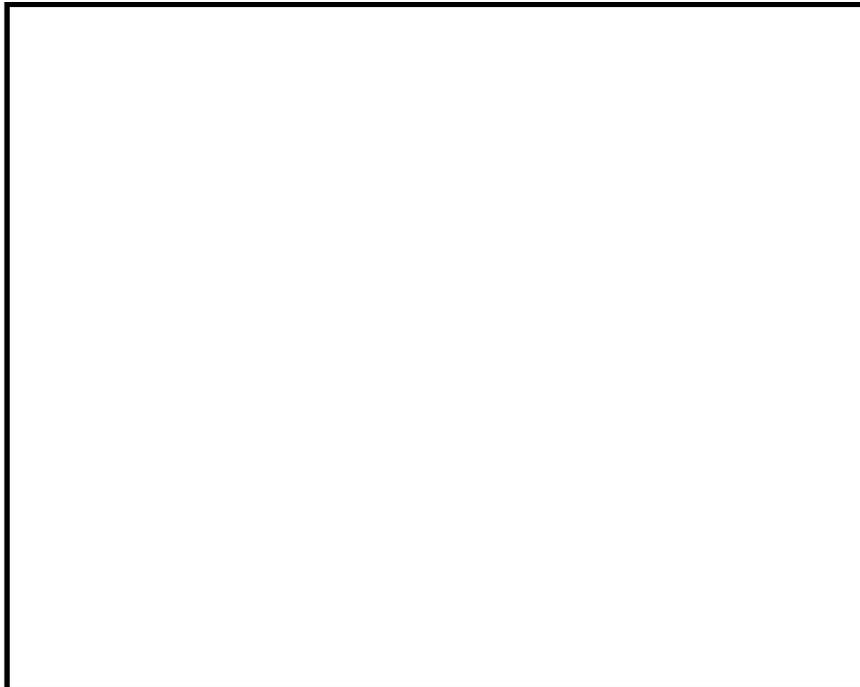


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 21 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1 : 縦軸 P - 横軸 M_C)



上図：一次応力に対する許容荷重領域

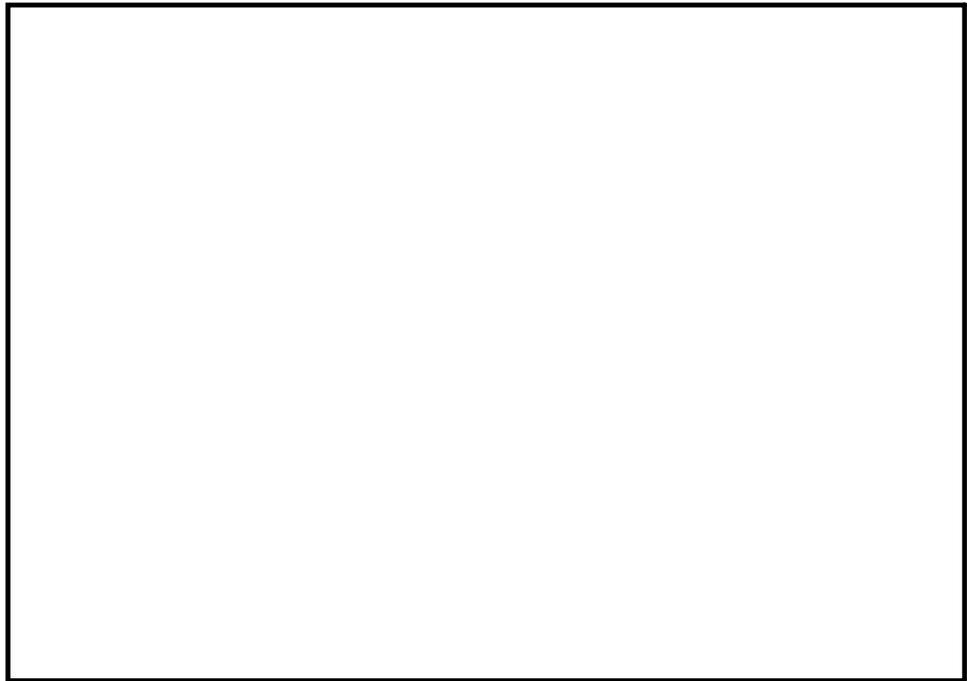


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 21 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 2：縦軸 P－横軸 M_L）

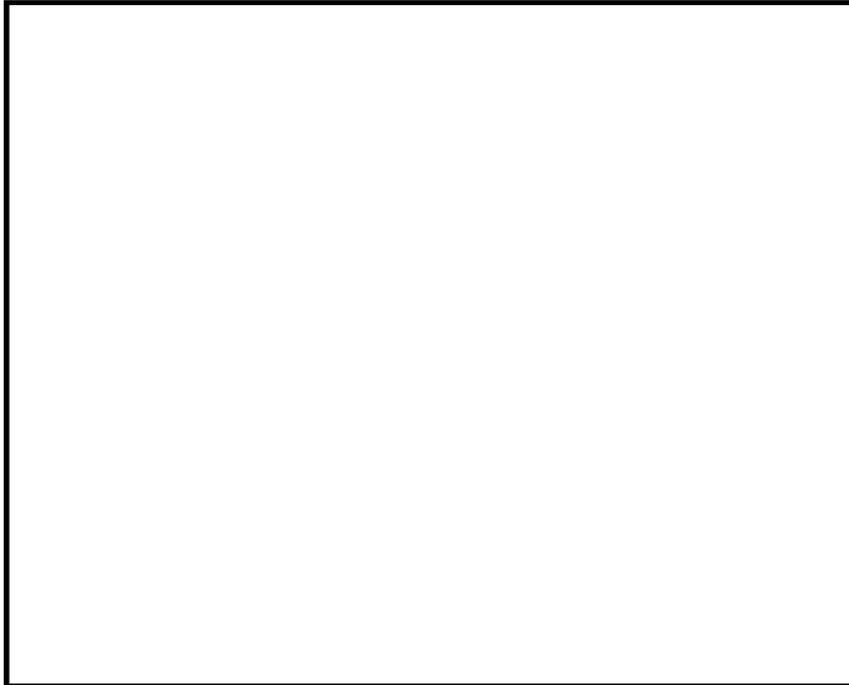


上図：一次応力に対する許容荷重領域



下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 22 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

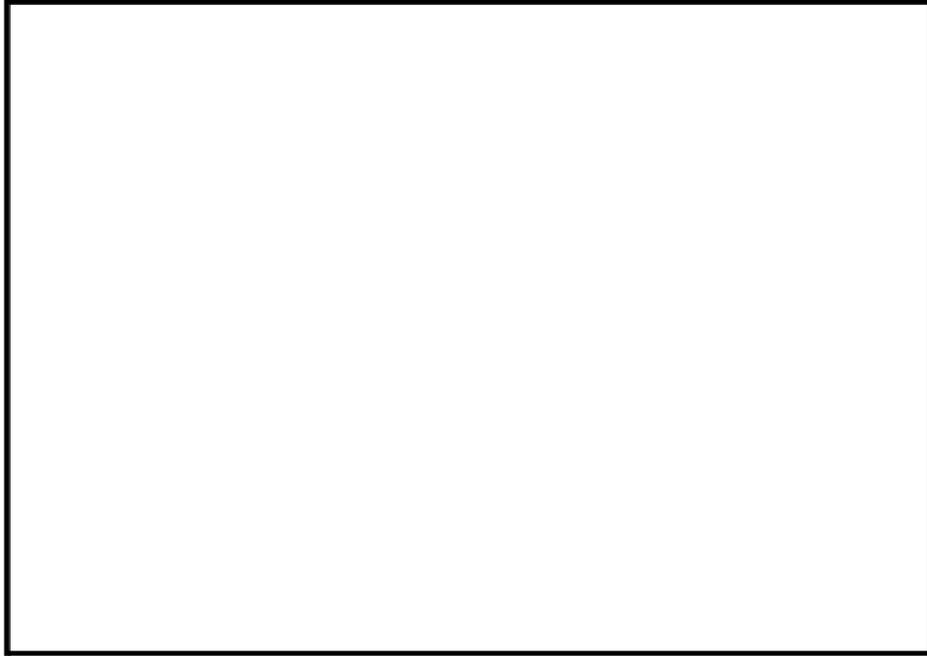


上図：一次応力に対する許容荷重領域

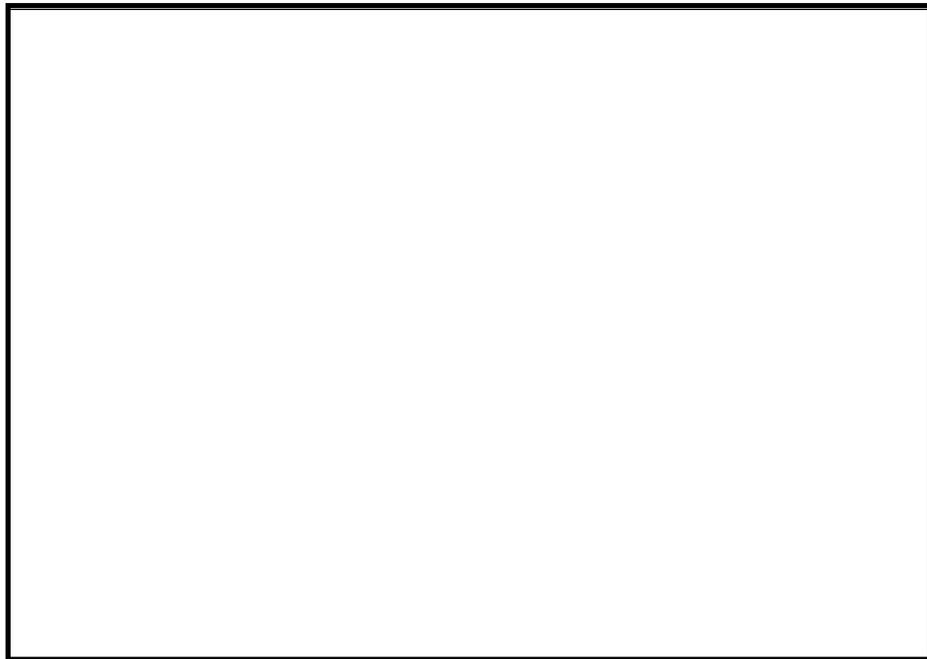


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 22 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

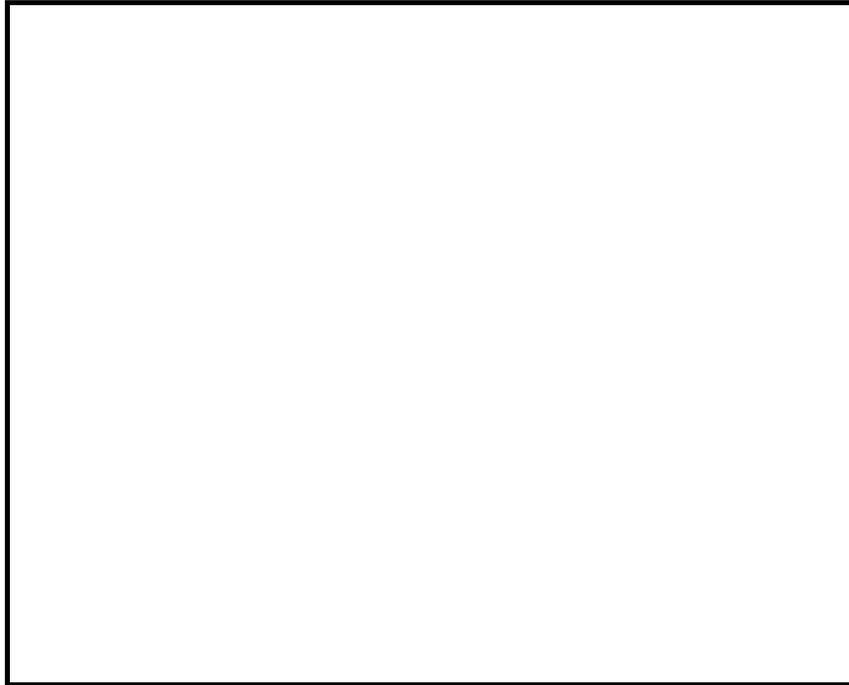


上図：一次応力に対する許容荷重領域

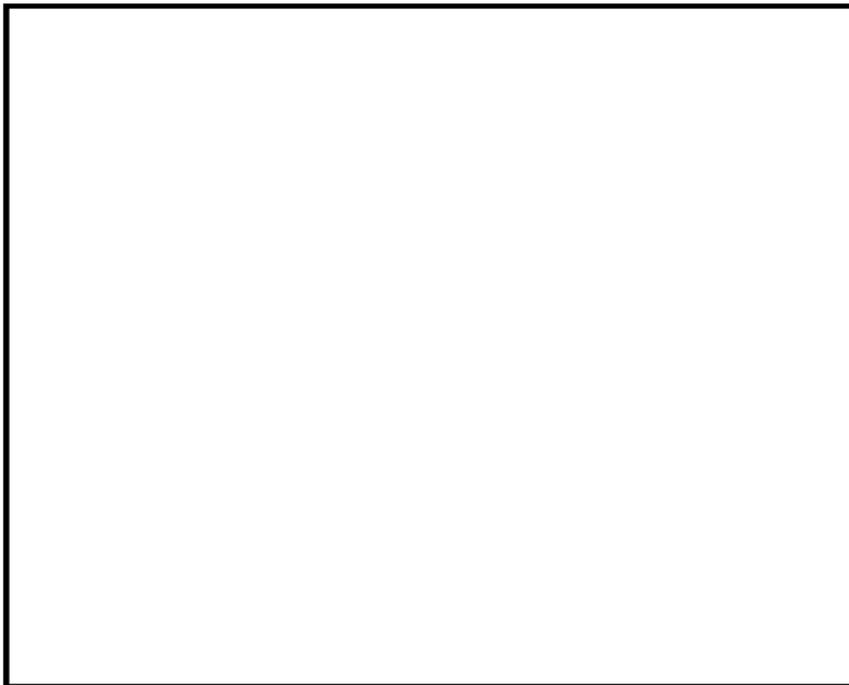


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 23 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

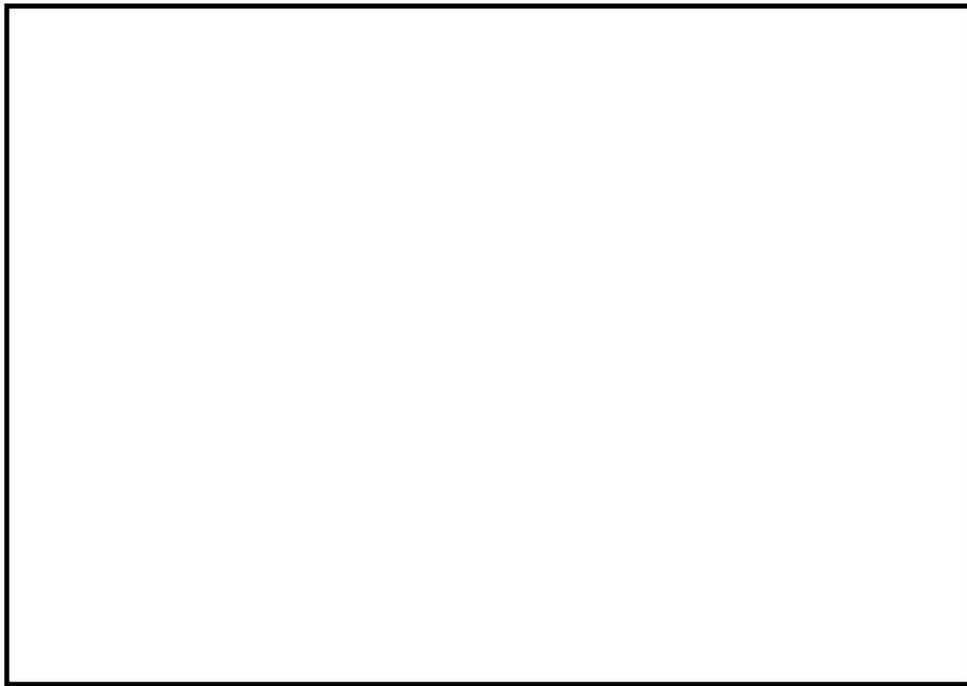


上図：一次応力に対する許容荷重領域

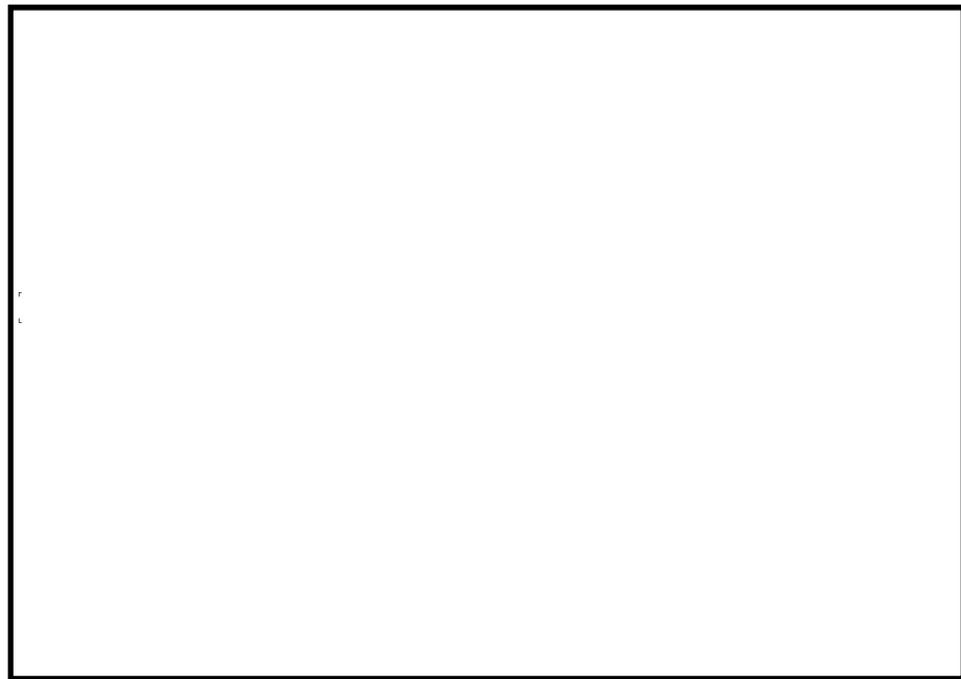


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 23 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. （その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

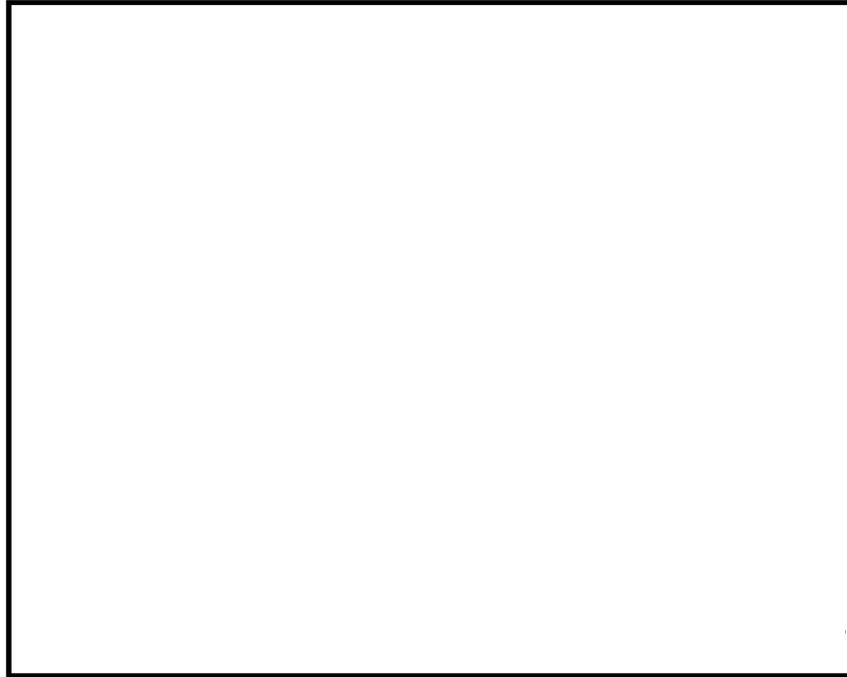


上図：一次応力に対する許容荷重領域

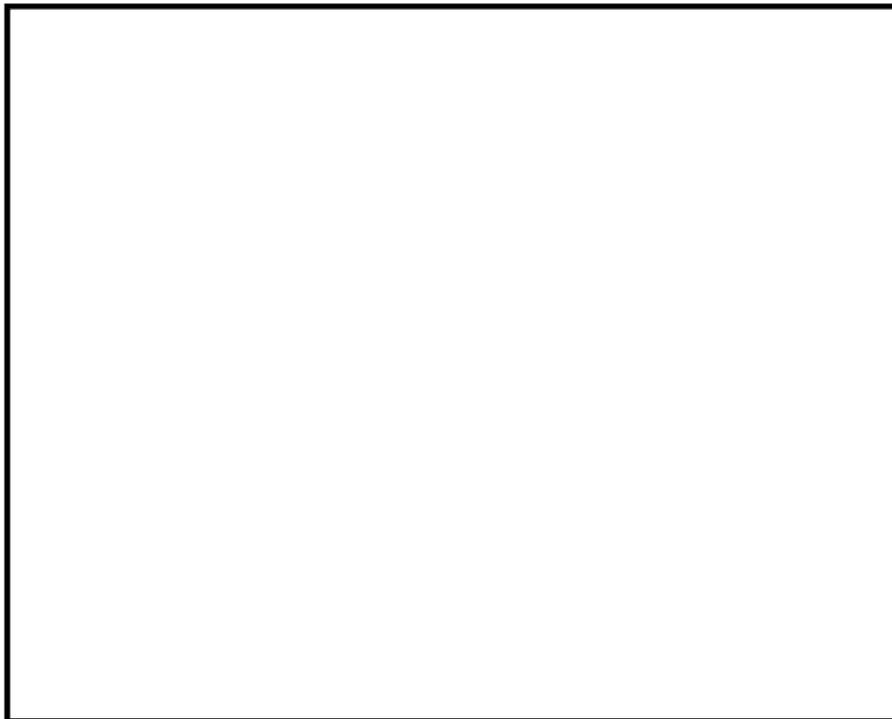


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 24 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1：縦軸 P－横軸 M_C)

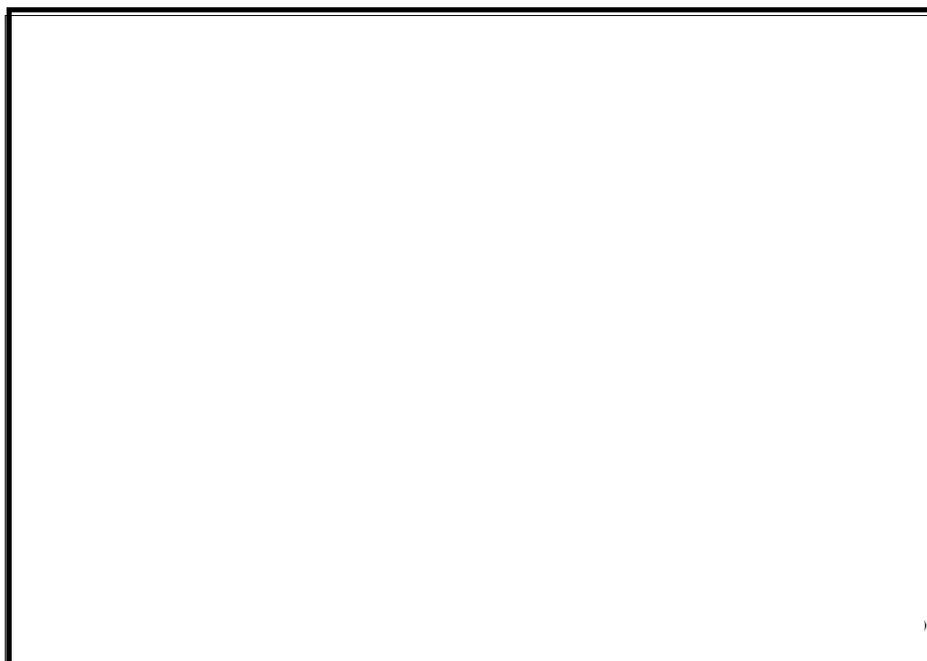


上図：一次応力に対する許容荷重領域



下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 24 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2 : 縦軸 P - 横軸 M_L)

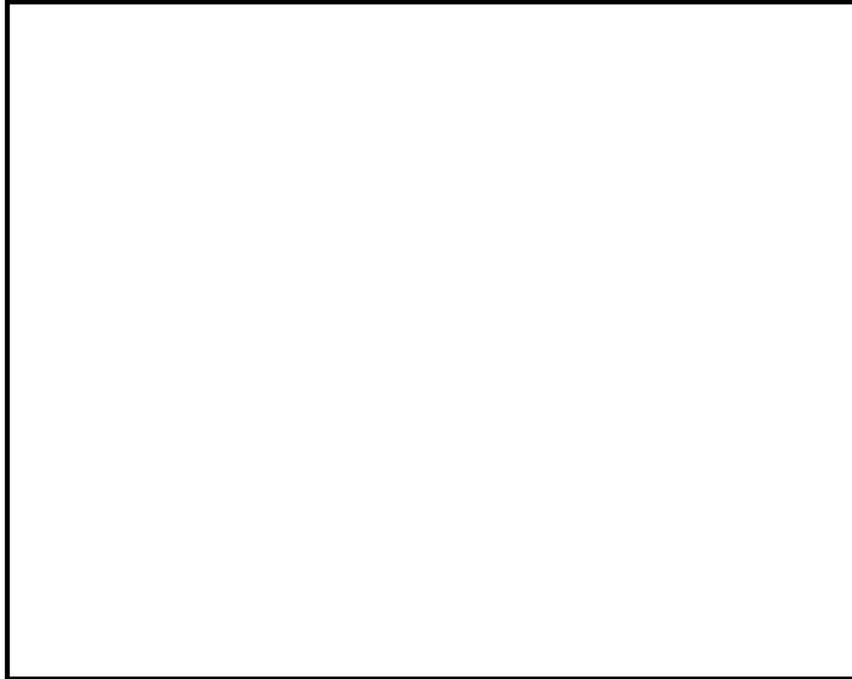


上図：一次応力に対する許容荷重領域

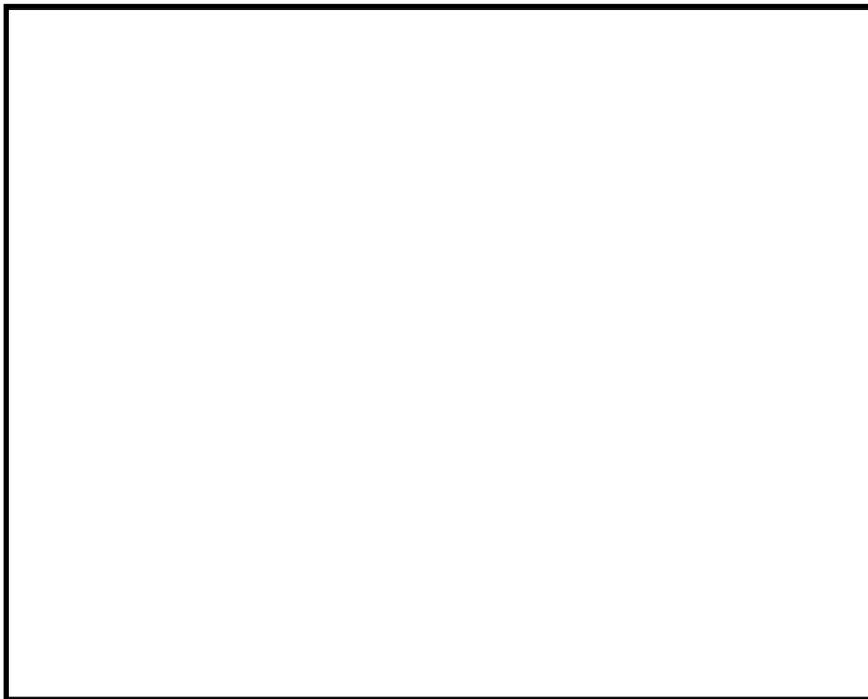


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 25 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1：縦軸 P－横軸 M_C)



上図：一次応力に対する許容荷重領域

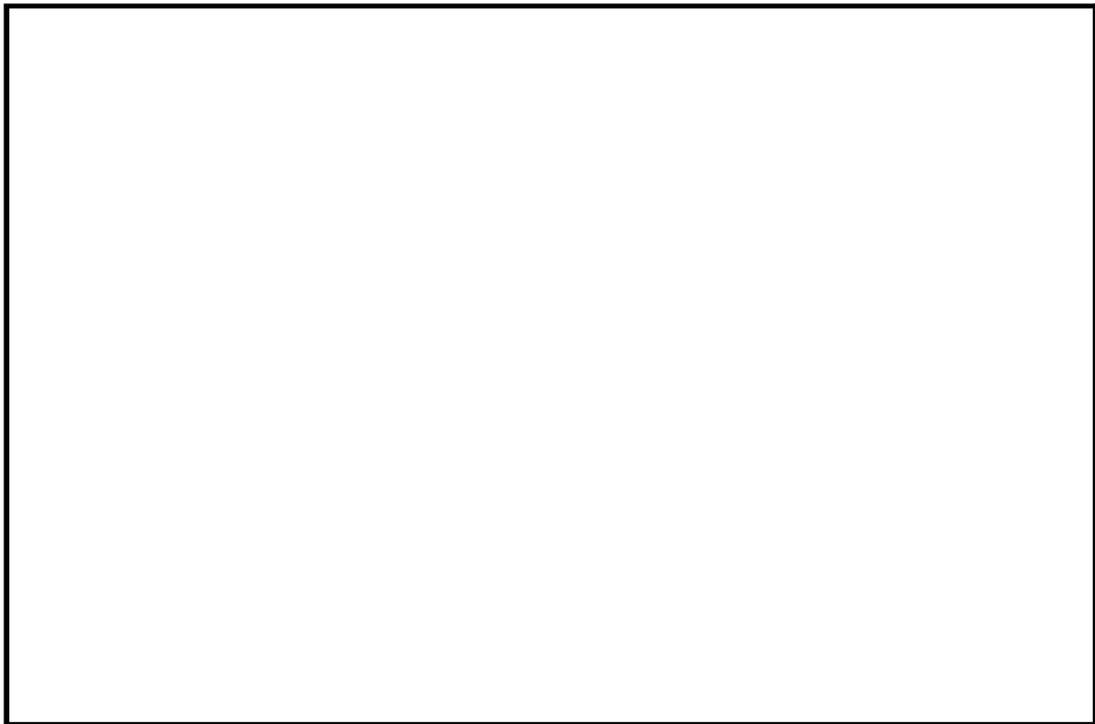


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 25 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2 : 縦軸 P - 横軸 M_L)



上図：一次応力に対する許容荷重領域

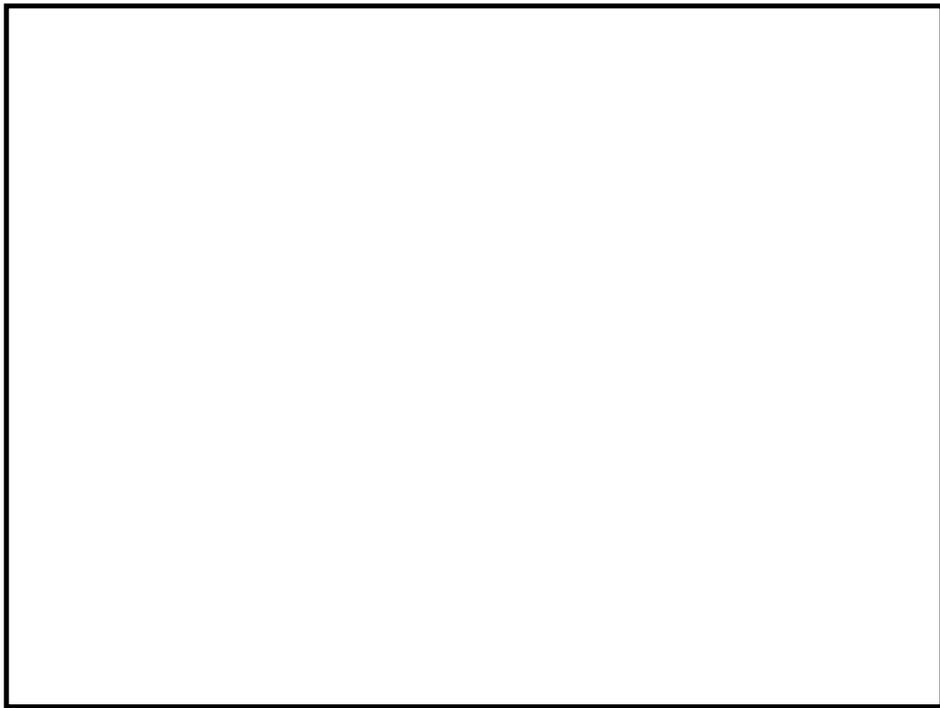


下図：一次＋二次応力に対する許容荷重領域

図 26 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 1 : 縦軸 P - 横軸 M_C)



上図：一次応力に対する許容荷重領域



下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 26 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. (その 2 : 縦軸 P - 横軸 M_L)

別表 配管貫通部一覧

貫通部番号	外径 (mm)	板厚 (mm)	設置高さ EL. (mm)	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	タイプ	用途
							高压炉心スプレイ系ポンプ吸込
							残留熱除去系ポンプB吸込
							低压炉心スプレイ系ポンプ吸込
							残留熱除去系ポンプA吸込
							残留熱除去系ポンプC吸込
							不活性ガス系ドライウェル排気
							不活性ガス系ドライウェル給気
							不活性ガス系サブプレッション・チェンバ排気
							不活性ガス系サブプレッション・チェンバ給気
							残留熱除去系A系格納容器スプレイ冷却系(D/W)
							残留熱除去系B系格納容器スプレイ冷却系(D/W)
							残留熱除去系A系サブプレッション・プール冷却系
							残留熱除去系B, C系 サブプレッション・プール冷却系
							原子炉隔離時冷却系タービン排気
							高压炉心スプレイ系テストライン
							低压炉心スプレイ系テストライン
							不活性ガス系(窒素ガス供給) 及び燃料プール冷却浄化系
							ほう酸水注入系
							可燃性ガス濃度制御系A系(ユニット上流側)
							原子炉補機冷却系(行き)
							原子炉補機冷却系(戻り)
							原子炉隔離時冷却系ポンプ吸込
							残留熱除去系A, B系 格納容器スプレイ冷却系(S/C)
							主蒸気隔離弁漏えい抑制系A, B系排気
							格納容器ドレン系(床ドレン)
							格納容器ドレン系(機器ドレン)
							予備*

注記

外径, 板厚, 最高使用圧力, 最高使用温度はスリーブの値を示す。

- * 評価は現在の系統である格納容器ドレン系(オイルドレン)として実施したが
当該系統は今後廃止され配管は閉止し貫通部は予備となることから配管反力は生じない。

4 ダイアフラム・フロアの耐震性についての計算書
に係る補足説明資料

4-1 ダイヤフラム・フロア 設計震度の考え方について

1. 概要

本資料は、ダイヤフラム・フロアの耐震評価における、鉛直方向設計震度の考え方及び水平地震力と鉛直地震力による荷重の組合せの考え方について説明するものである。

2. 設計震度の考え方

ダイヤフラム・フロアの耐震評価においては、動的震度に対しては 1.2ZPA を適用し、静的震度については $1.0C_v$ を適用している。

なお、本来であればダイヤフラム・フロアは 1.0ZPA で評価する建物・構築物扱いであるため、機器・配管系の評価震度である 1.2ZPA の適用は不要であるが、ダイヤフラム・フロアは、機器・配管の支持構造物であることから、動的影響に対する安全裕度を考慮して動的地震力に対しては保守的に 1.2ZPA を適用している。一方、静的荷重の評価に関しては、設置場所の動的影響がないことから、従来より一律に「 $1.0C_v$ 」を使用していることに従った結果である。

3. 水平地震力と鉛直地震力による荷重の組合せの考え方

ダイヤフラム・フロアの鉛直方向設計震度を整理したものを表 1 に、水平方向地震荷重を整理したものを表 2 に示す。

ダイヤフラム・フロアの評価においては、動的地震力における水平地震力と鉛直地震力による荷重の組合せ法として、水平：鉛直=1：0.4 の場合（ダイヤフラム・フロアにとって支配的な組合せ）における組合せ係数法の考え方を適用している。

なお、静的地震力における組合せは、水平地震力による荷重と鉛直地震力による荷重を絶対値和することが基本であるが、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度については、 $1.2ZPA \times 0.4$ を適用した震度と静的震度の大きい方を評価震度として設定し、水平方向地震荷重についても弾性設計用地震動 S_d による地震荷重と静的地震力による地震荷重の大きい方を評価地震力に設定することにより、保守的に動的地震力及び静的地震力の両方の組合せを包絡した評価としている。

表 1 鉛直方向設計震度

耐震条件	弾性設計用地震動 S_a 又は静的震度		基準地震動 S_s
地震波	1.2ZPA	静的震度	1.2ZPA
	0.57(0.23 ^{*1})	0.24	1.08(0.44 ^{*1})
評価震度	0.24 ^{*2}		0.44

注記 *1 : 組合せ係数法として, 1.2ZPA \times 0.4 を適用した震度

*2 : 1.2ZPA \times 0.4 を適用した震度と静的震度の大きい方を用いる

表 2 水平方向地震荷重 (単位 : kN)

耐震条件	弾性設計用地震動 S_a 又は静的地震力		基準地震動 S_s
地震波	弾性設計用 地震動 S_a	静的地震力	基準地震動 S_s
	11400	11100	18600
評価地震力	11400		18600

以上