

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-46 改 03
提出年月日	2023年5月29日

原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の
耐震性についての計算書に係る補足説明資料

2023年5月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

今回提出範囲：

1. はじめに	1
2. 選定方針	1
3. 代表貫通部の選定	4
4. 除外する貫通部及び部位の除外理由	19
5. 耐震計算書及び強度計算書に記載する代表貫通部について	19
6. 添付資料	20
添付資料-1 配管貫通部の設計手法について	21
添付資料-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	23
添付資料-3 二重型貫通部の端板及び代表貫通部の補強板取付部の耐震評価結果	84
添付資料-4 サプレッションチェンバのオーバル振動に関する影響検討	90

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

1. 概要

本資料は、配管貫通部の耐震評価において、代表貫通部以外の選定対象貫通部の健全性について説明するものである。

2. 許容荷重領域による評価

代表貫通部以外の貫通部の健全性の確認として、各貫通部の許容荷重領域を算出し、各貫通部の配管反力が許容荷重領域内となっていることを確認する。配管貫通部の構造概要を図1に示す。

配管貫通部の許容荷重領域は、系統配管から貫通部に加わる配管反力の許容領域であり、貫通部軸方向軸力 P 、貫通部軸直角鉛直方向モーメント M_L 及び貫通部軸直角水平方向モーメント M_C について、以下の式(1)の考え方に基づき算出される。

配管反力による応力 \leq 許容値－原子炉格納容器に作用する荷重による応力・・・(1)

許容荷重領域で確認する対象貫通部及び評価結果を表1、図2～図27に示す。

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。なお、評価部位は図1に示すスリーブ、原子炉格納容器とスリーブとの結合部、補強板取付部とする。

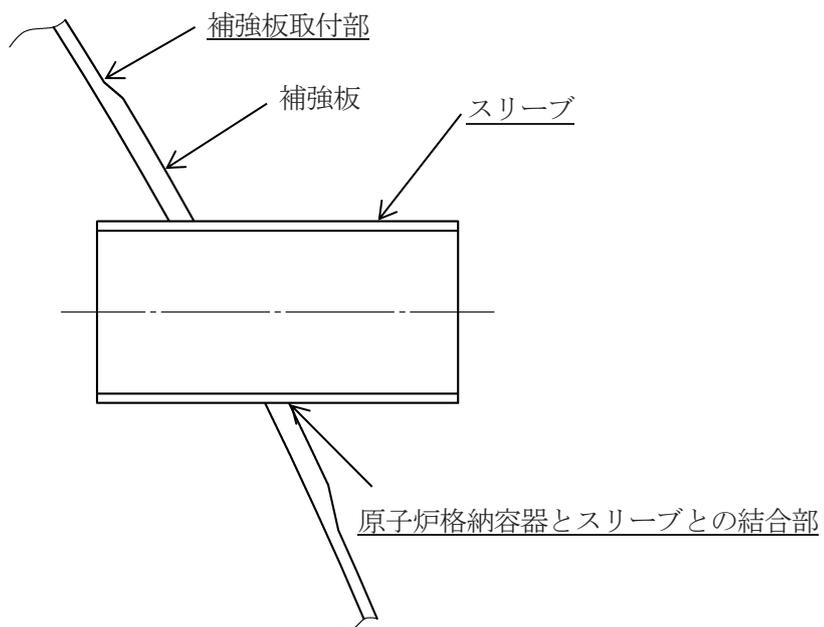
詳細評価による確認結果を表2に示す。なお、各貫通部について、応力分類ごとに最も評価が厳しくなる評価部位のみを記載する。また、簡易弾塑性解析による疲労評価の確認結果を表3に示す。

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。

原子炉格納容器内側

原子炉格納容器外側



注：評価部位を下線部で示す。

図1 配管貫通部の構造概要図

表 1(1/2) 対象貫通部（ドライウエル）

貫通部番号	許容荷重領域評価	
	一次応力	一次+二次応力
X-80	○	×
X-30A	○	×
X-30B	○	○
X-61	○	×
X-62	○	×
X-98	○	○
X-99	○	○
X-82A	○	×
X-82B	○	○

表 1(2/2) 対象貫通部（サブプレッションチェンバ）

貫通部番号	許容荷重領域評価	
	一次応力	一次+二次応力
X-201	○	×
X-202	○	×
X-203	○	×
X-208	○	×
X-210	○	×
X-240	○	×
X-204	○	×
X-205	○	×
X-209	○	×
X-213	○	×
X-233	○	○
X-214	○	○
X-242A	○	×
X-242B	○	○
X-200A	×	×
X-200B	×	×
X-212A	○	○

表 2 詳細評価による確認結果(1/3)

貫通部番号	応力分類	評価部位	許容応力状態	評価結果		裕度 (許容値/発生値)	判定
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
X-80	一次+二次応力	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	IVAS	430	501	1.16	○
X-30A				356	501	1.40	○
X-61				472	501	1.06	○
X-62				726	501	0.69	×
X-82A				354	501	1.41	○

表 2 詳細評価による確認結果(2/3)

貫通部番号	応力分類	評価部位	許容応力状態	評価結果		裕度 (許容値/発生値)	判定
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
X-201	一次+二次応力	補強板取付部	Ⅲ _A S*	690	501	0.72	×
			V _A S	690	501	0.72	×
X-202			Ⅲ _A S*	732	501	0.68	×
			V _A S	732	501	0.68	×
X-203			Ⅲ _A S*	696	501	0.71	×
			V _A S	696	501	0.71	×
X-208			Ⅲ _A S*	630	501	0.79	×
			V _A S	630	501	0.79	×
X-210			Ⅲ _A S*	668	501	0.75	×
			V _A S	668	501	0.75	×
X-240			Ⅲ _A S*	606	501	0.82	×
			V _A S	606	501	0.82	×
X-204			Ⅲ _A S	654	501	0.76	×
			Ⅳ _A S	760	501	0.65	×
			V _A S	760	501	0.65	×
X-205			Ⅲ _A S*	664	501	0.75	×
	V _A S	664	501	0.75	×		

注記*：S_sとS_d*を包絡した耐震条件で評価を実施しているため、許容応力状態Ⅳ_ASの評価を省略する。

表 2 詳細評価による確認結果(3/3)

貫通部番号	応力分類	評価部位	許容応力状態	評価結果		裕度 (許容値/発生値)	判定
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
X-209	一次+二次応力	補強板取付部	Ⅲ _A S*	494	501	1.01	○
			V _A S	494	501	1.01	○
X-213			Ⅲ _A S*	654	501	0.76	×
			V _A S	654	501	0.76	×
X-242A			Ⅲ _A S*	528	501	0.94	×
			V _A S	528	501	0.94	×
X-200A	一次膜応力+ 一次曲げ応力	補強板取付部	V _A S	251	490	1.95	○
	一次+二次応力	原子炉格納容器胴と スリーブとの結合部	Ⅲ _A S*	642	501	0.78	×
			V _A S	642	501	0.78	×
X-200B	一次膜応力+ 一次曲げ応力	補強板取付部	V _A S	250	490	1.96	○
	一次+二次応力	原子炉格納容器胴と スリーブとの結合部	Ⅲ _A S*	646	501	0.77	×
			V _A S	646	501	0.77	×

注記* : S_sとS_d*を包絡した耐震条件で評価を実施しているため、許容応力状態Ⅳ_ASの評価を省略する。

表3 疲労評価結果(1/2)

貫通部 番号	許容応力 状態	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
X-62	IV _A S	726							0.994	
X-201	III _A S*	690							0.640	
	V _A S	690							0.351	
X-202	III _A S*	732							0.838	
	V _A S	732							0.459	
X-203	III _A S*	696							0.664	
	V _A S	696							0.364	
X-208	III _A S*	630							0.371	
	V _A S	630							0.206	
X-210	III _A S*	668							0.535	
	V _A S	668							0.297	
X-240	III _A S*	606							0.286	
	V _A S	606							0.159	
X-204	III _A S	654							0.467	
	IV _A S	760							0.504	
	V _A S	760	0.552							

注：設計・建設規格 PVB-3140 により運転状態 I，II において疲労解析を要しないことを確認しているため，疲労累積係数は地震動のみによる疲労累積係数とする。

注記*： S_s と S_{d*} を包絡した耐震条件で評価を実施しているため，許容応力状態 IV_AS の評価を省略する。

表3 疲労評価結果(2/2)

貫通部 番号	許容応力 状態	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
X-205	Ⅲ _A S [*]	664							0.515	
	V _A S	664							0.286	
X-213	Ⅲ _A S ^{*1}	654							0.510	
	V _A S	654							0.260	
X-242A	Ⅲ _A S ^{*1}	528							0.145	
	V _A S	528							0.081	
X-200A	Ⅲ _A S ^{*1}	642							0.904	
	V _A S	642							0.495	
X-200B	Ⅲ _A S ^{*1}	646							0.935	
	V _A S	646							0.512	

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^{*2}

N_a : 許容繰り返し回数

N_c : 等価繰り返し回数

E_o : 縦弾性係数

E : 運転温度の縦弾性係数

注: 設計・建設規格 PVB-3140 により運転状態Ⅰ, Ⅱにおいて疲労解析を要しないことを確認しているため, 疲労累積係数は地震動のみによる疲労累積係数とする。

注記*1： S_s と S_d^* を包絡した耐震条件で評価を実施しているため，許容応力状態 IV_{AS} の評価を省略する。

*2： S_d に (E_o/E) を乗じた値である

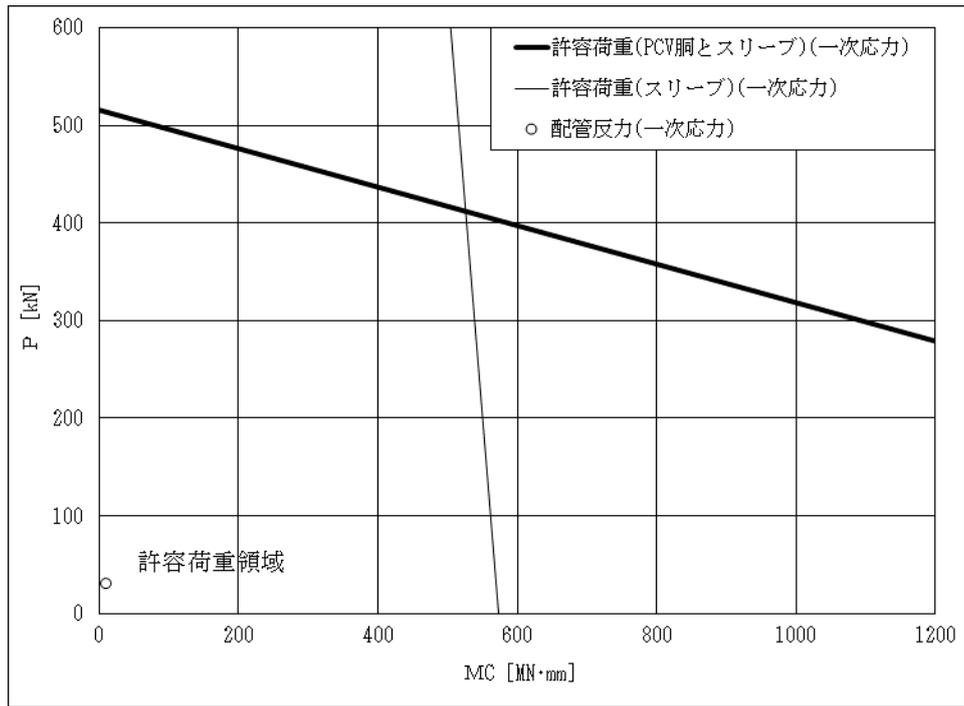
$$E_o = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}$$

$$E = 1.98 \times 10^5 \text{ MPa (サブプレッションチェンバ側 (X-213 以外) III_{AS} 及び IV_{AS} : 104^\circ\text{C})}$$

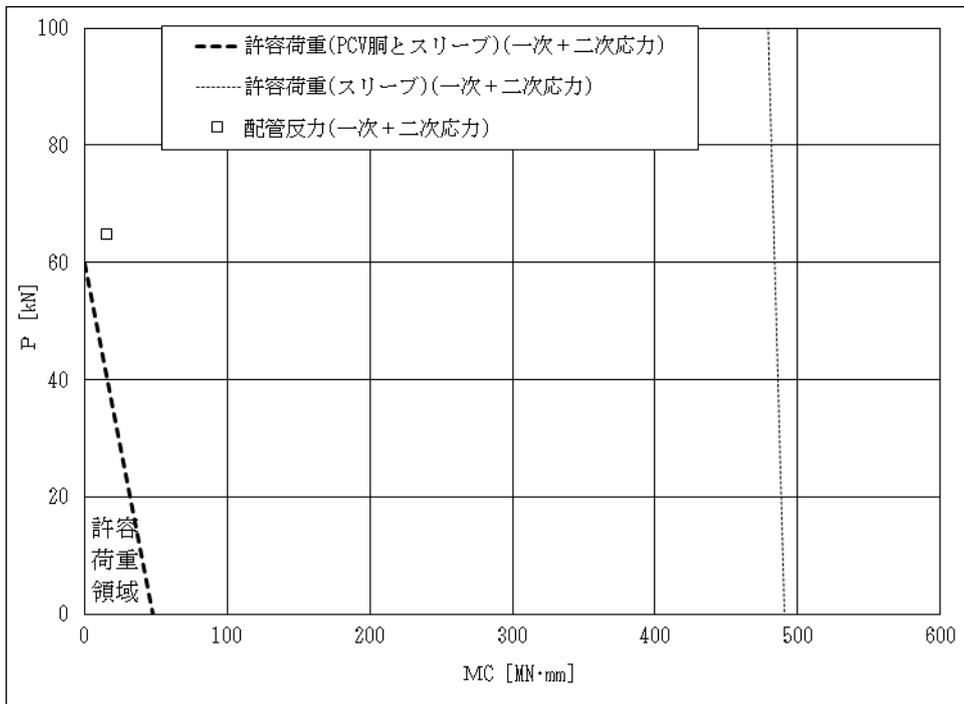
$$E = 1.93 \times 10^5 \text{ MPa (ドライウエル側 III_{AS} 及び IV_{AS} : 171^\circ\text{C})}$$

$$E = 1.92 \times 10^5 \text{ MPa (サブプレッションチェンバ側 (X-213) III_{AS} : 184^\circ\text{C})}$$

$$E = 1.91 \times 10^5 \text{ MPa (ドライウエル側及びサブプレッションチェンバ側 V_{AS} : 200^\circ\text{C})}$$

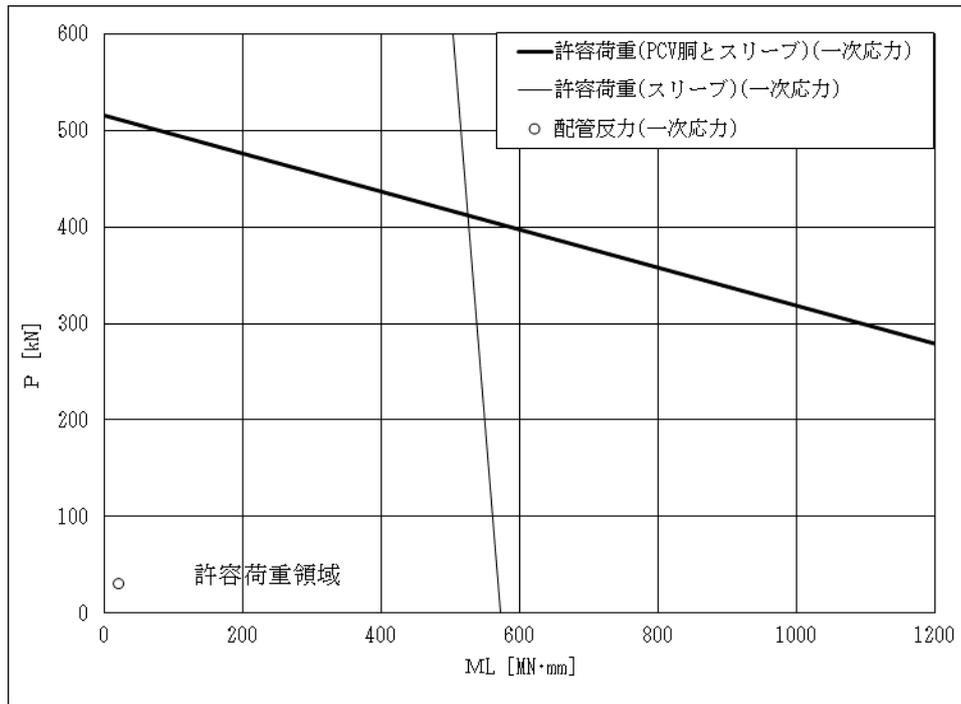


上図：一次応力に対する許容荷重領域

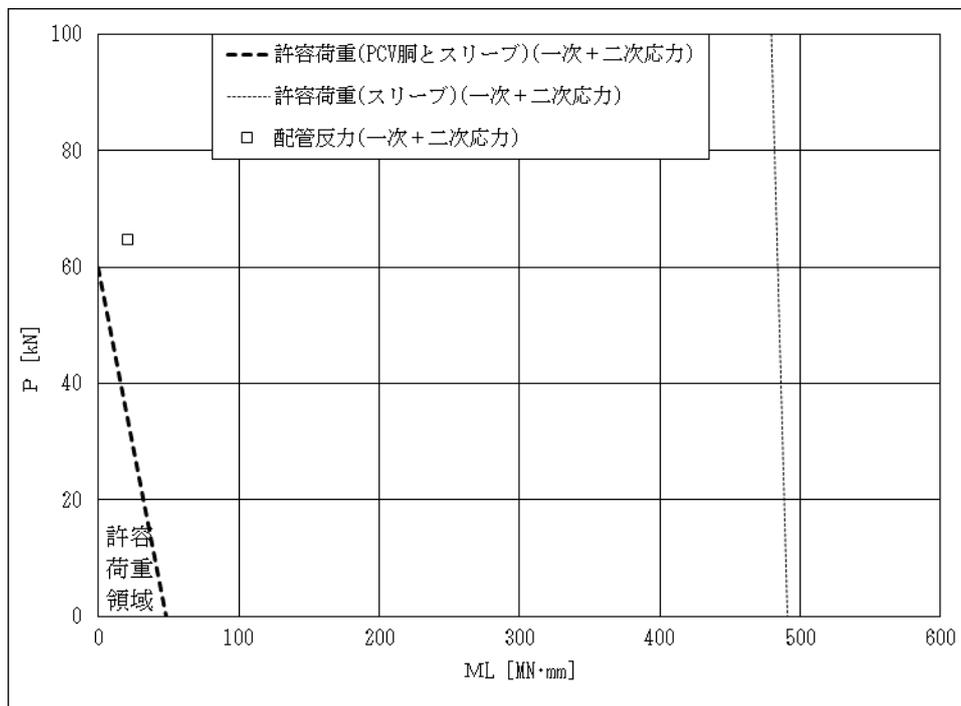


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図2 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-80）（その1：縦軸 P - 横軸 MC ）

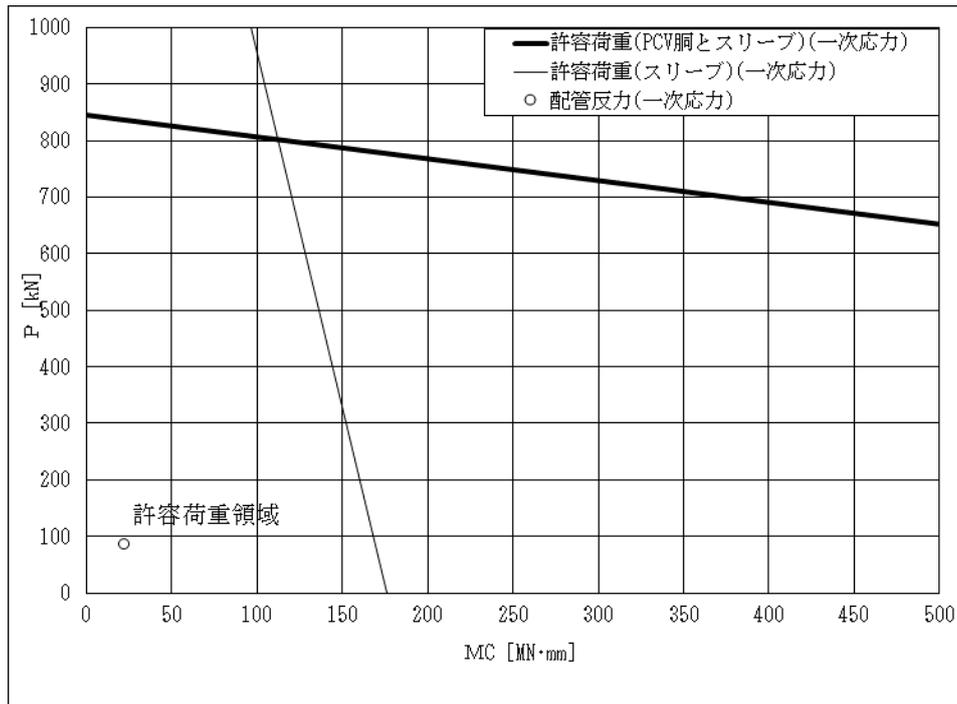


上図：一次応力に対する許容荷重領域

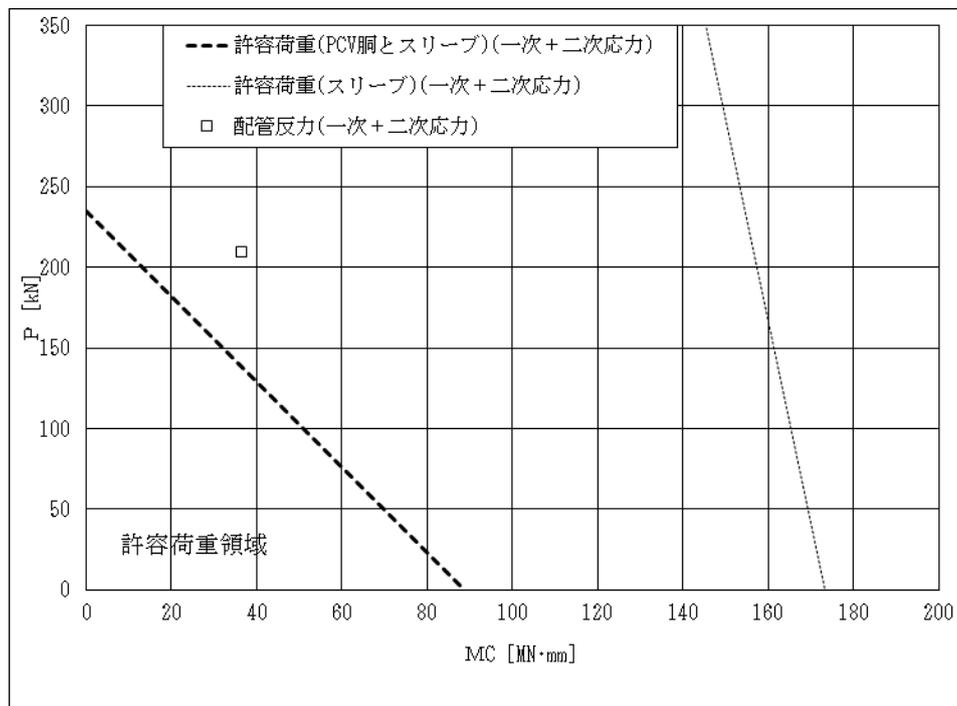


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図2 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-80）（その2：縦軸P－横軸 M_L ）

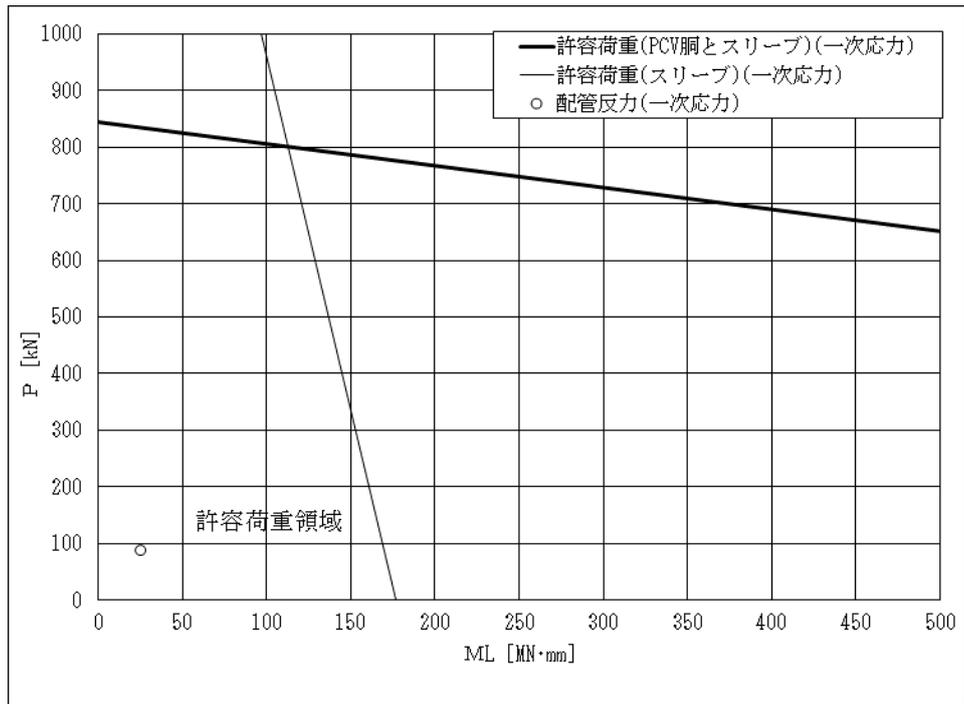


上図：一次応力に対する許容荷重領域

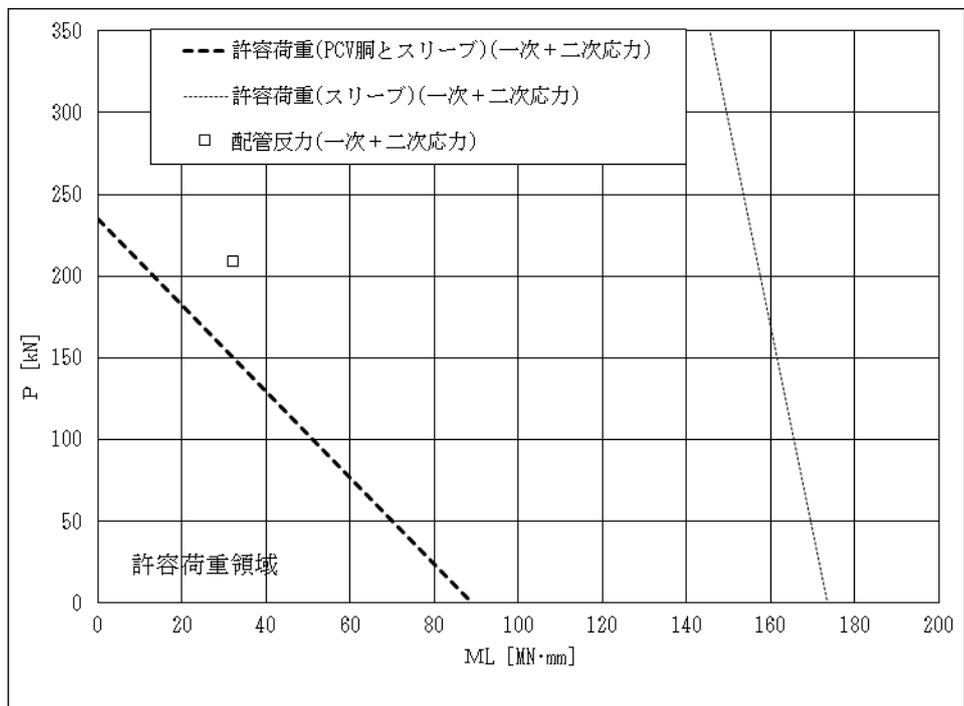


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図3 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-30A）（その1：縦軸P－横軸MC）

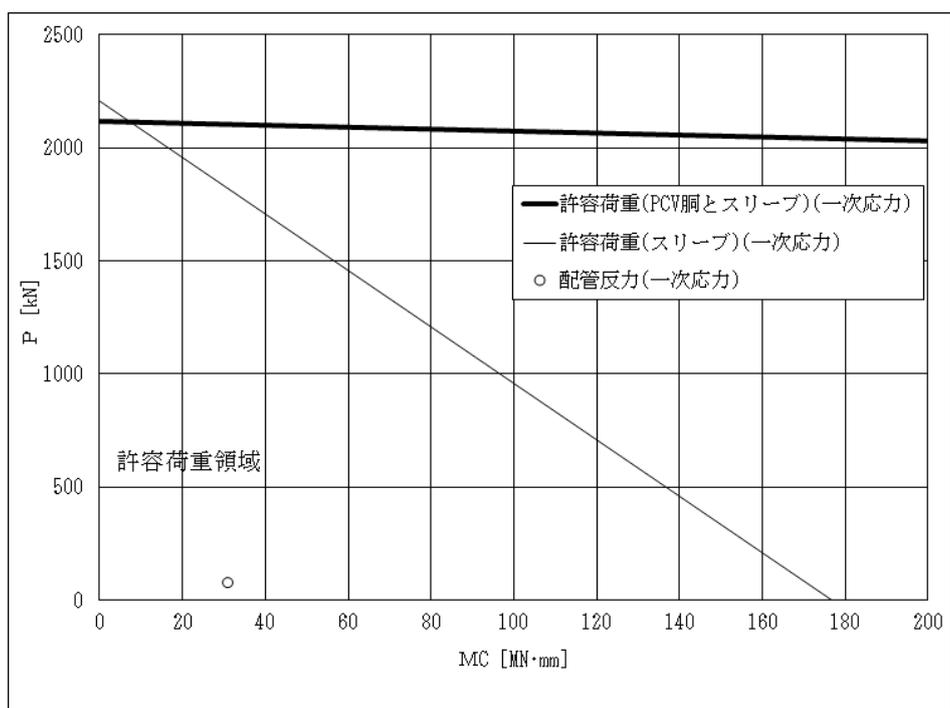


上図：一次応力に対する許容荷重領域

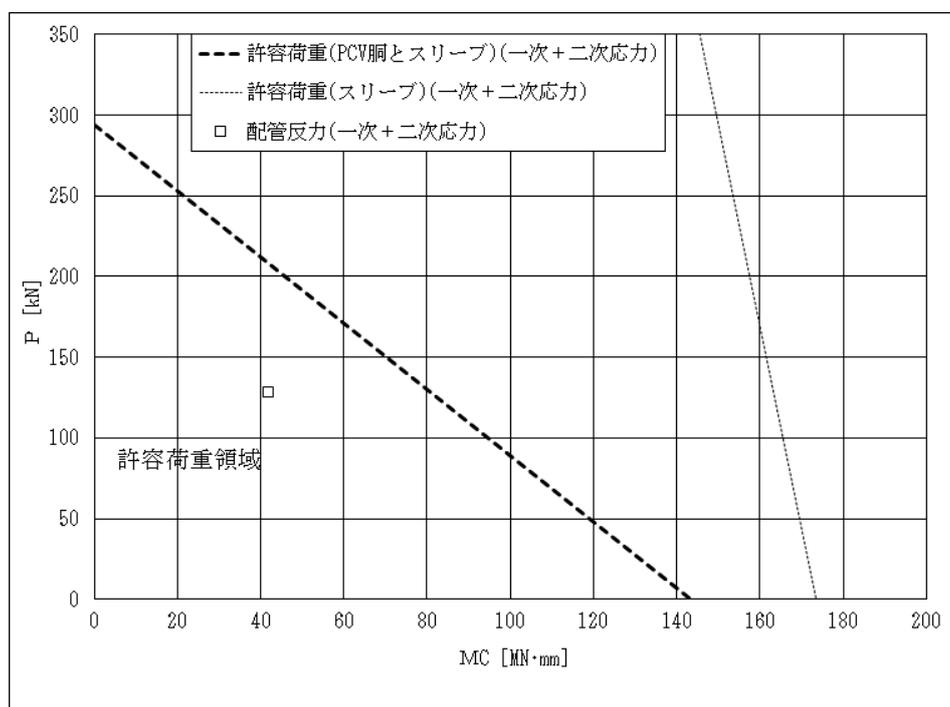


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図3 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-30A）（その2：縦軸P－横軸 M_L ）

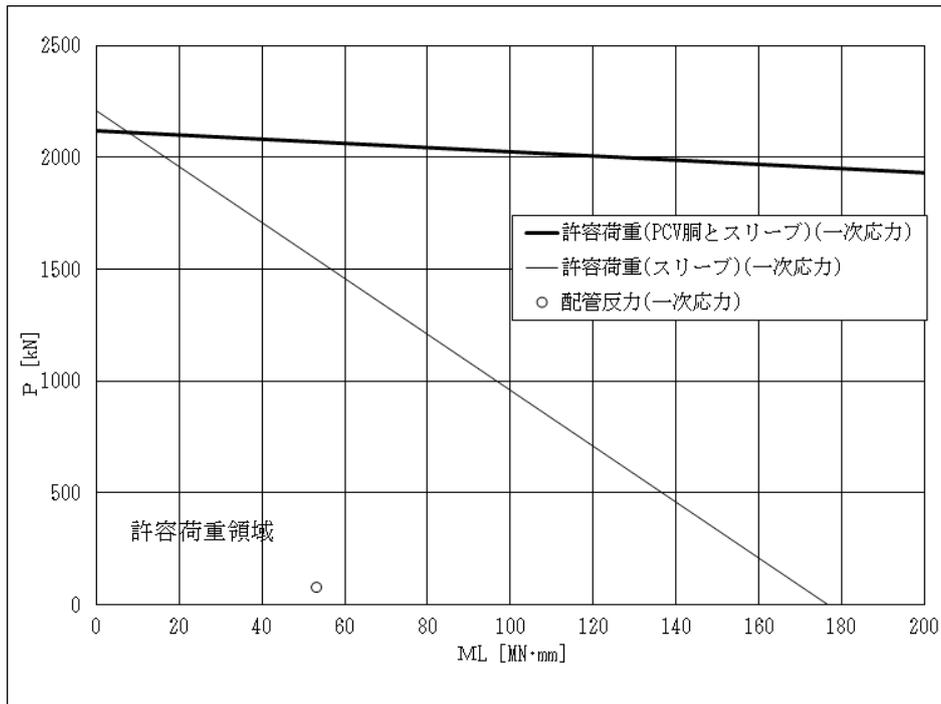


上図：一次応力に対する許容荷重領域

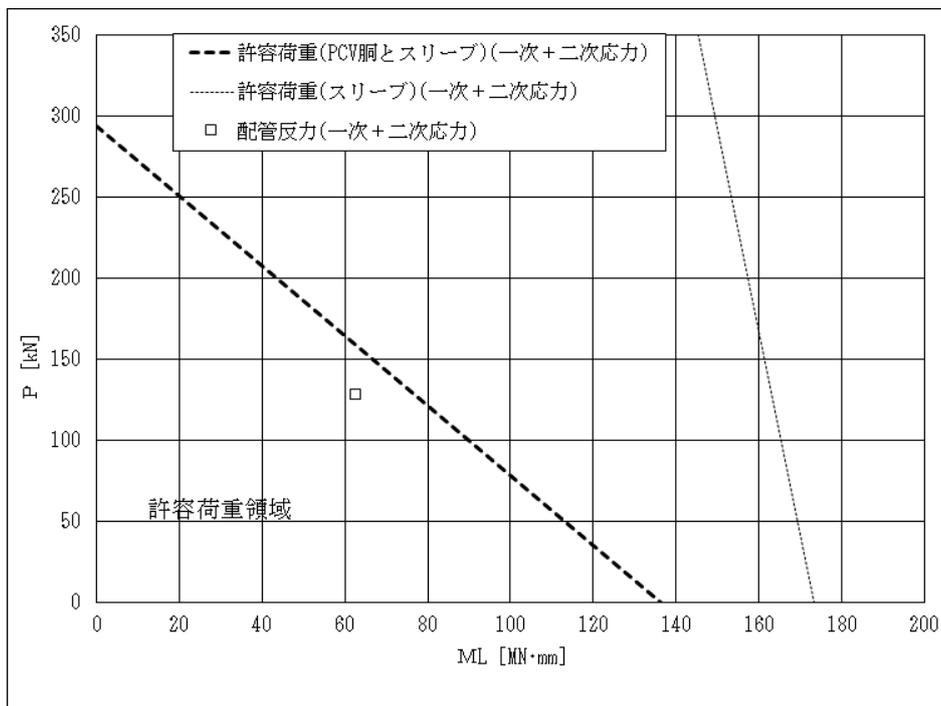


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図4 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-30B）（その1：縦軸 P －横軸 M_C ）

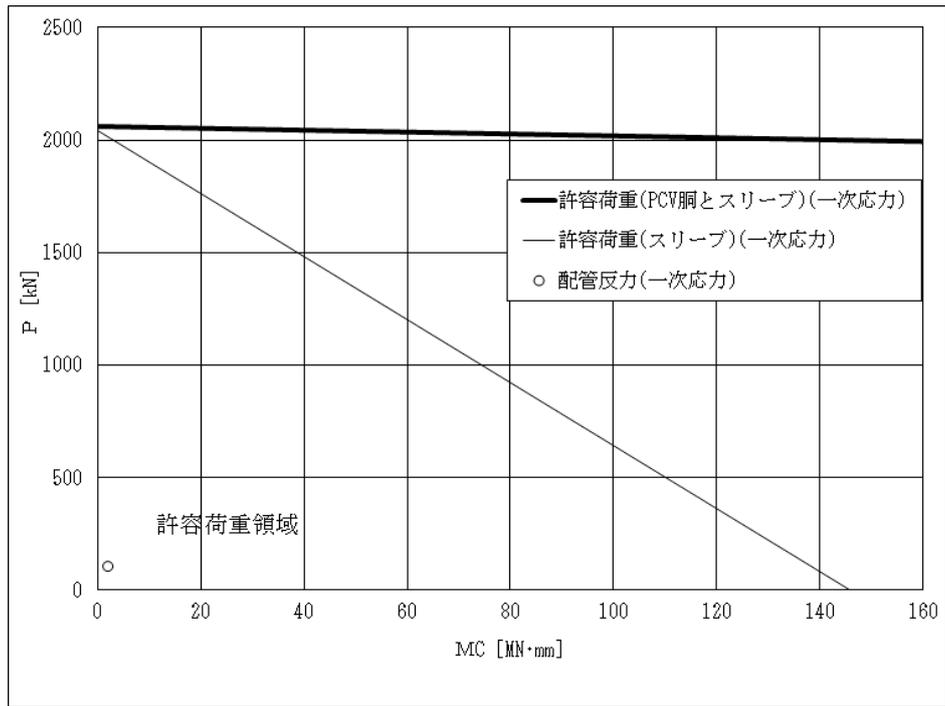


上図：一次応力に対する許容荷重領域

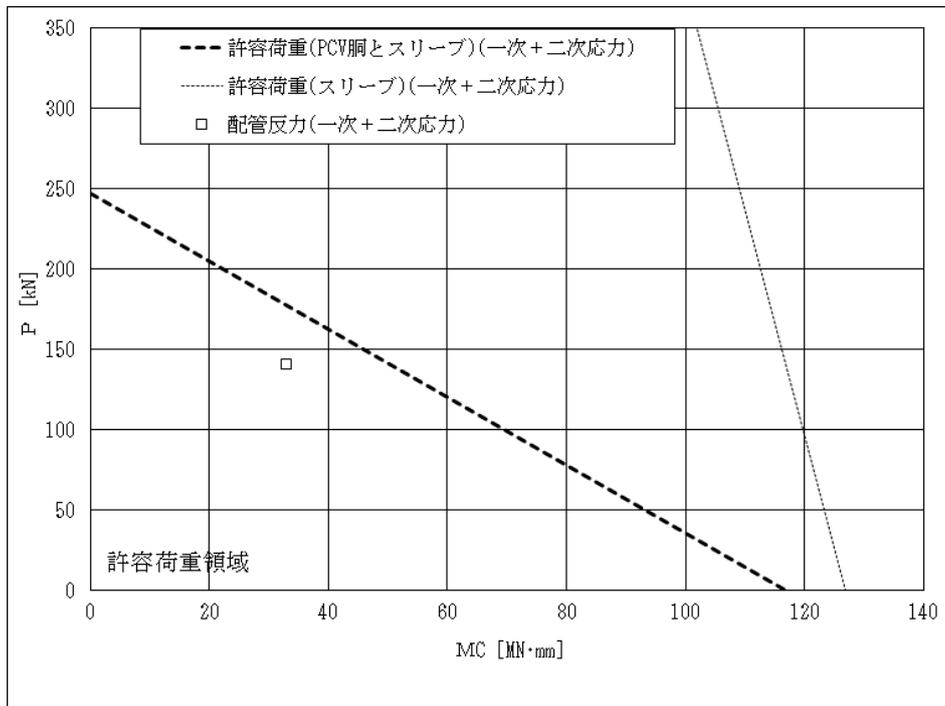


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図4 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-30B）（その2：縦軸 P －横軸 M_L ）

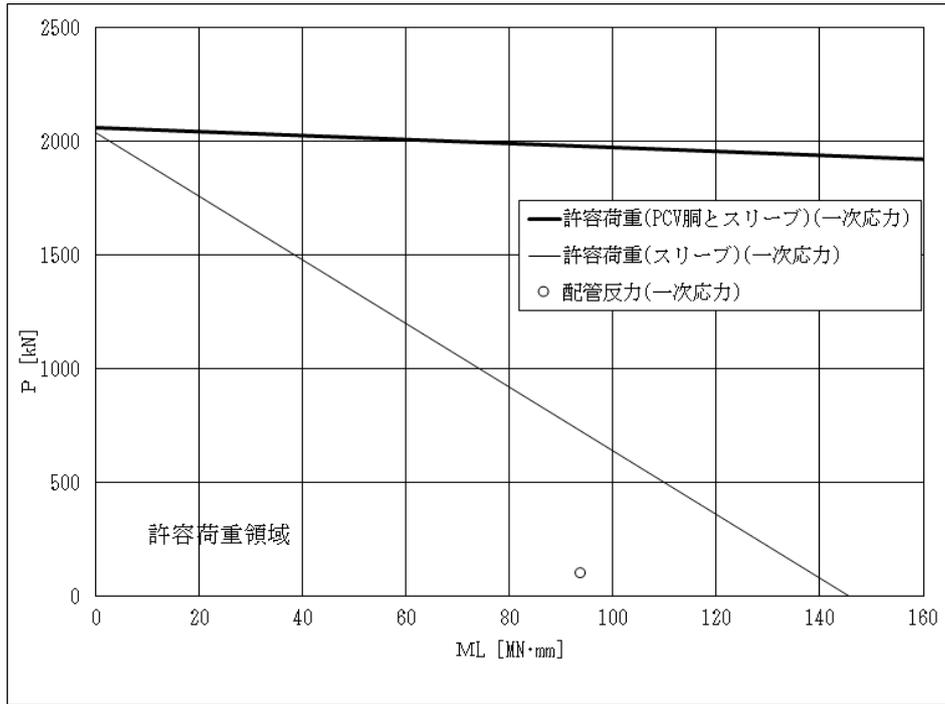


上図：一次応力に対する許容荷重領域

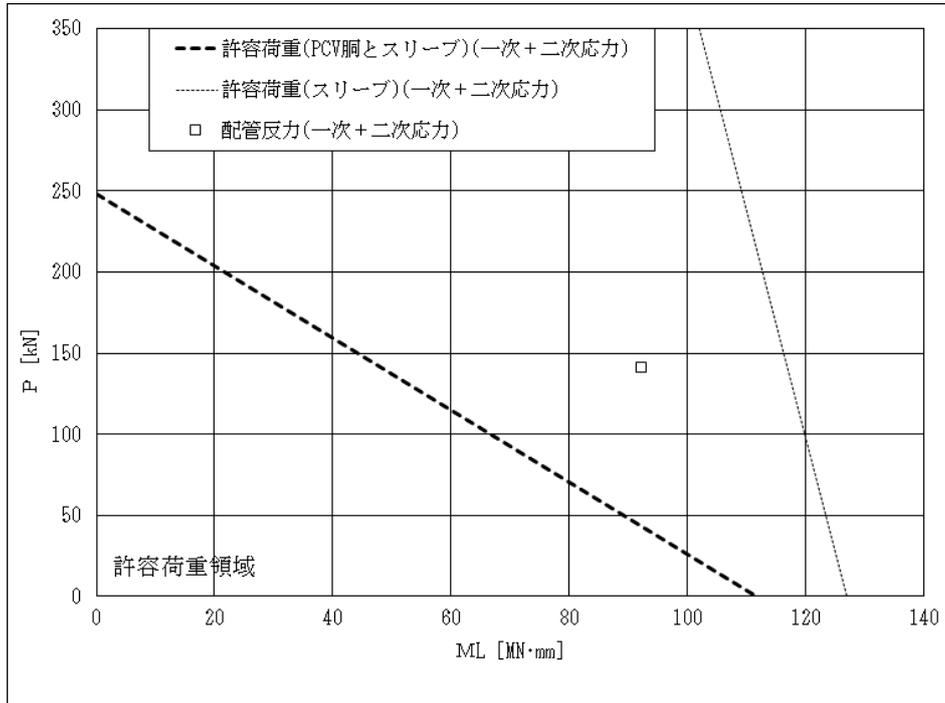


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図5 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-61）（その1：縦軸P－横軸MC）

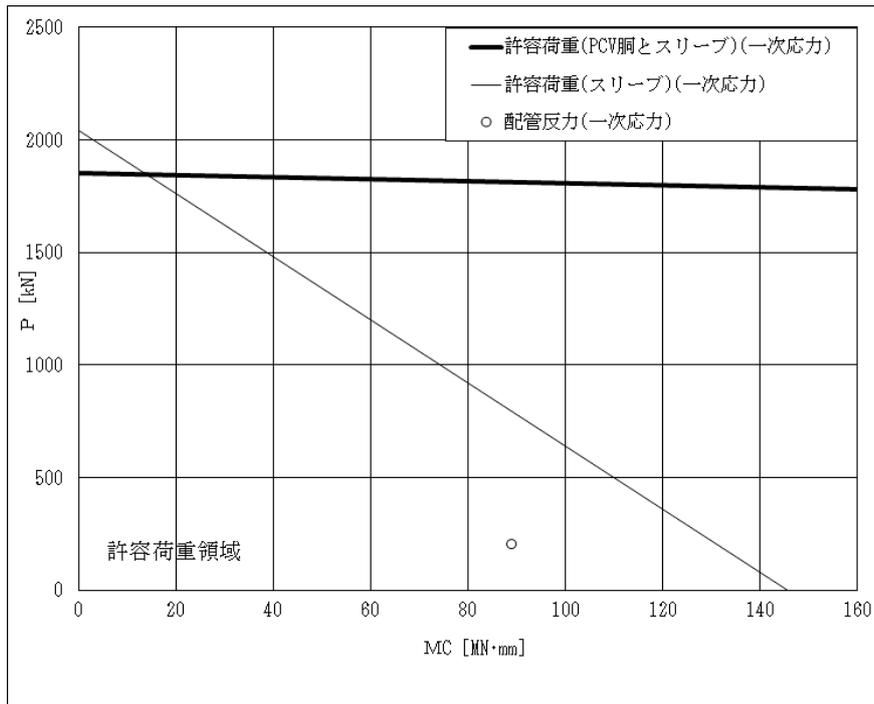


上図：一次応力に対する許容荷重領域

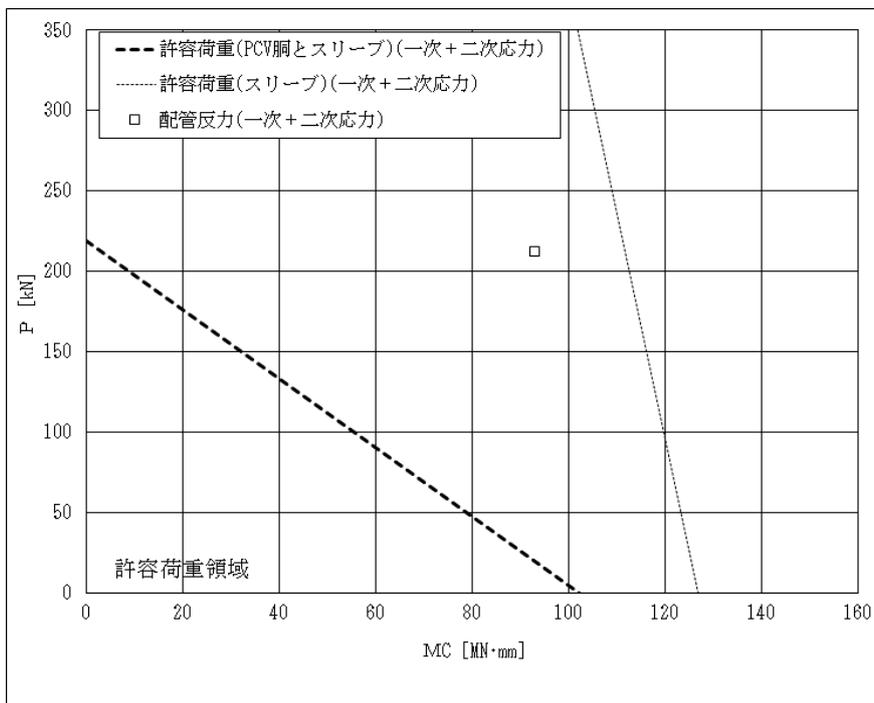


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図5 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-61）（その2：縦軸P－横軸 M_L ）

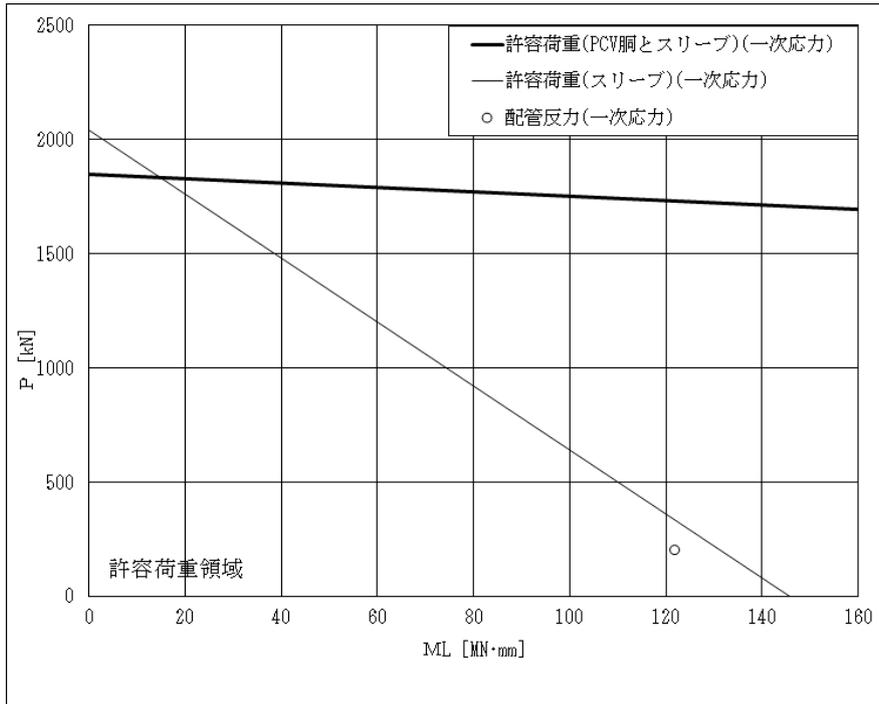


上図：一次応力に対する許容荷重領域

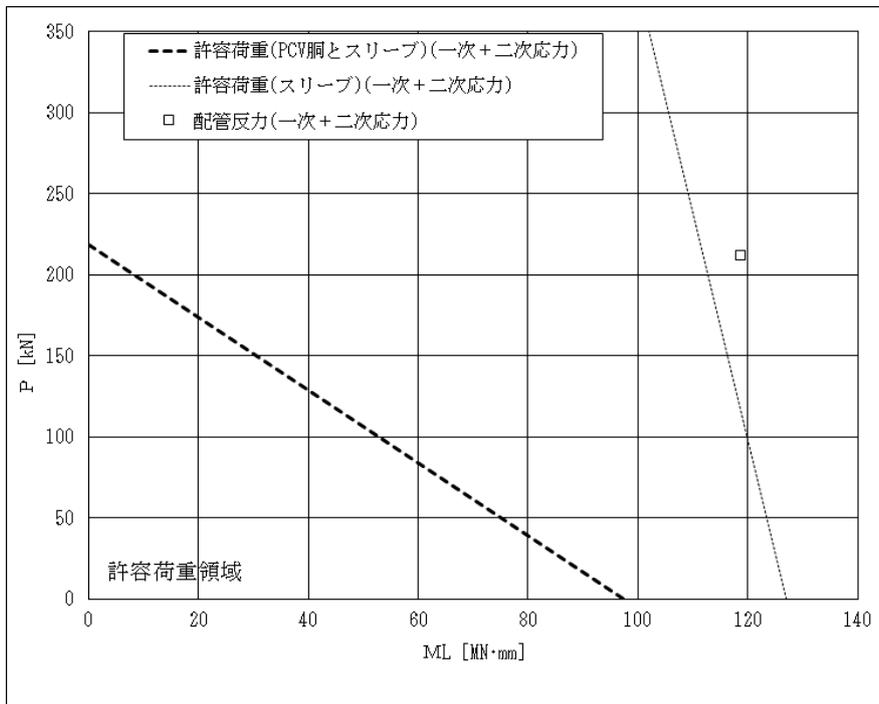


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図6 許容荷重領域による確認結果 (貫通部 No. X-62) (その1：縦軸 P —横軸 MC)

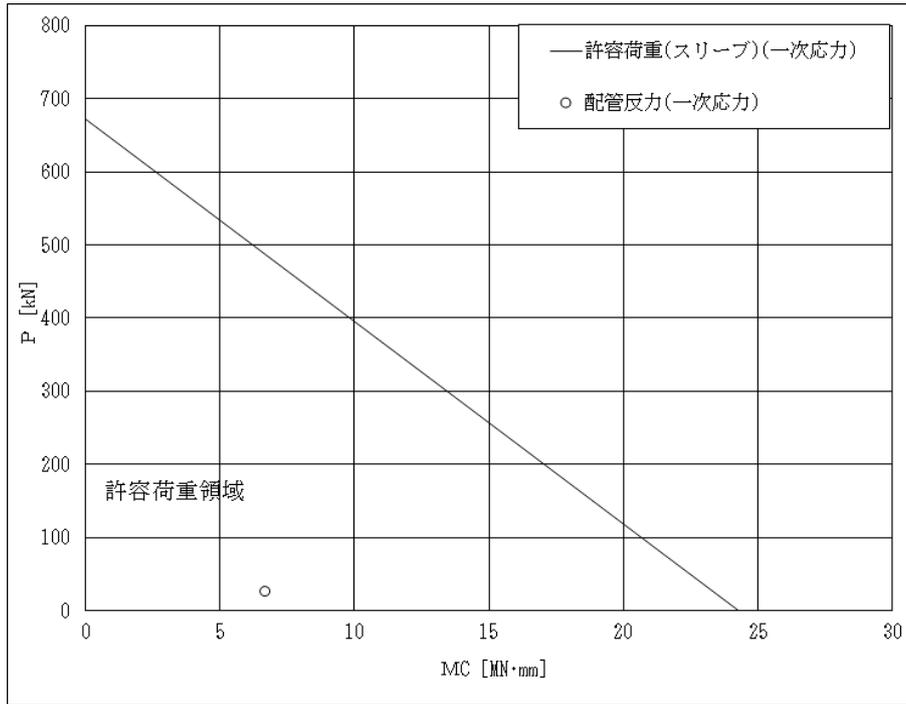


上図：一次応力に対する許容荷重領域

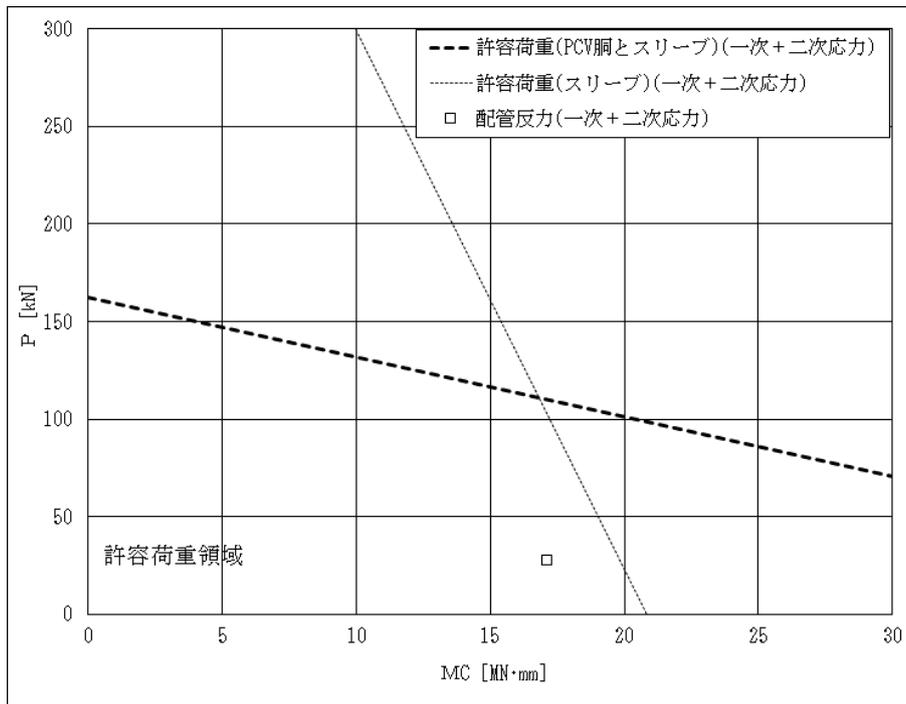


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図6 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-62）（その2：縦軸P－横軸 M_L ）

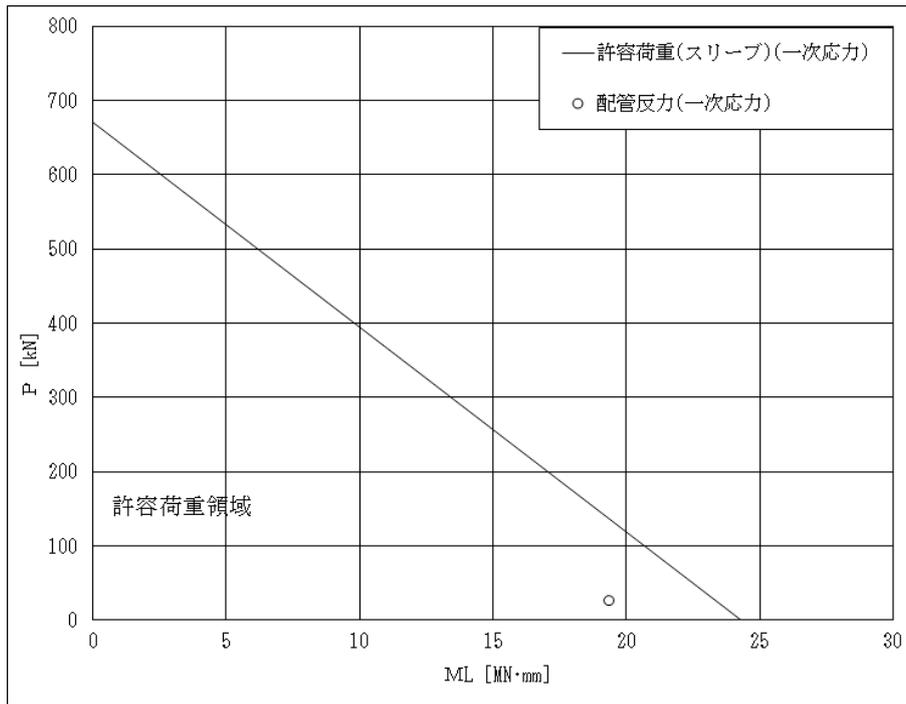


上図：一次応力に対する許容荷重領域

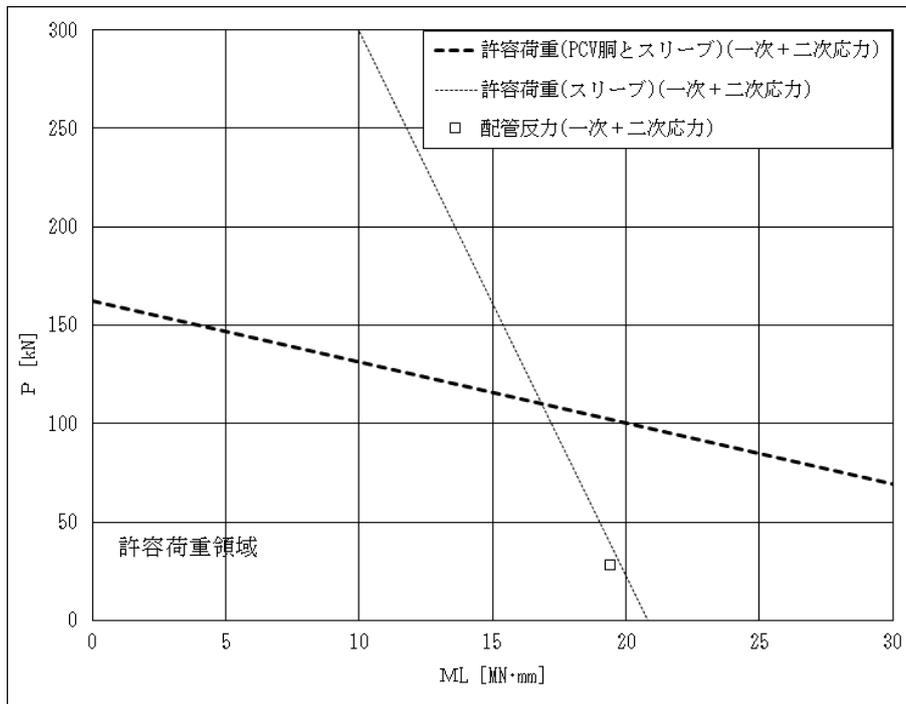


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図7 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-98）（その1：縦軸P－横軸MC）

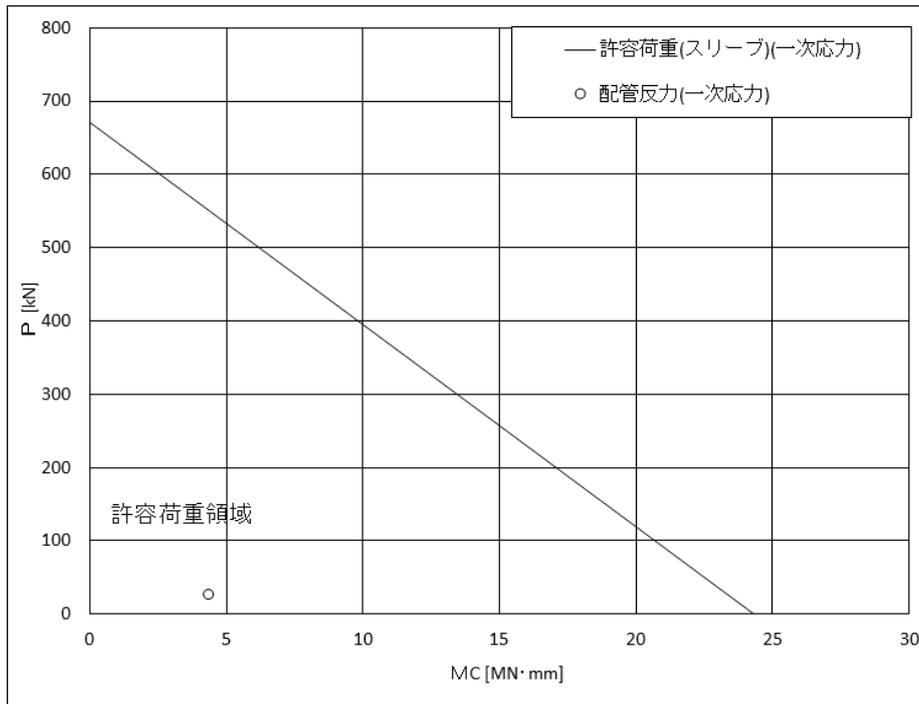


上図：一次応力に対する許容荷重領域

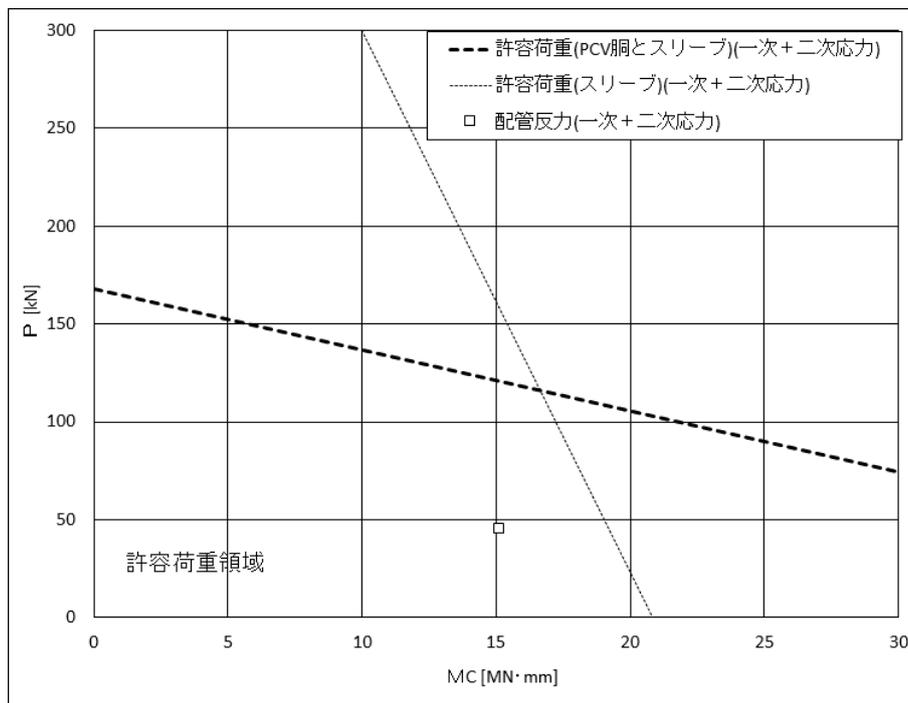


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図7 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-98）（その2：縦軸P－横軸 M_L ）

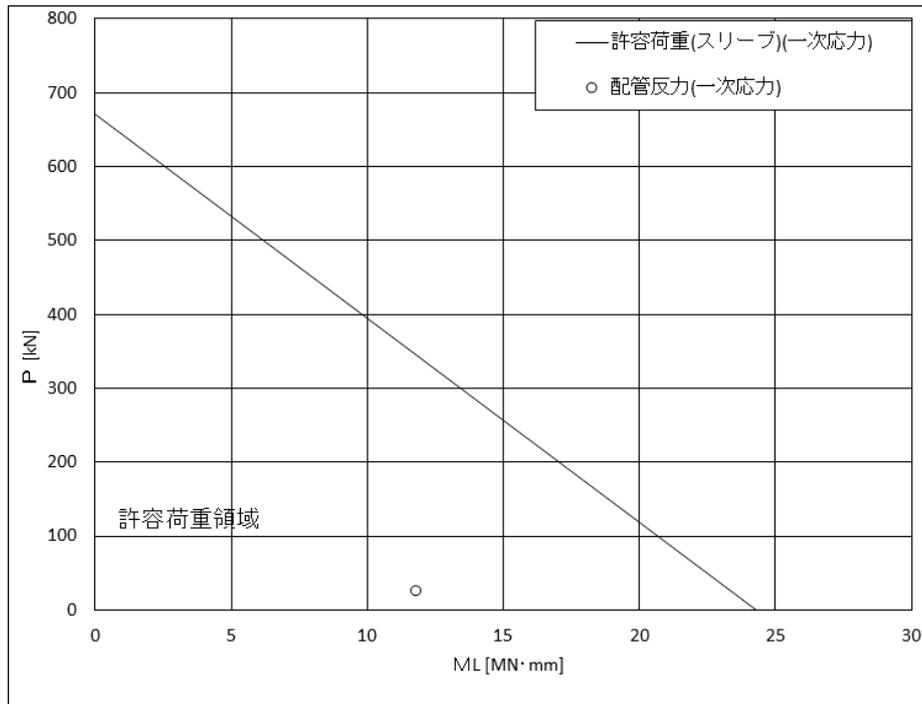


上図：一次応力に対する許容荷重領域

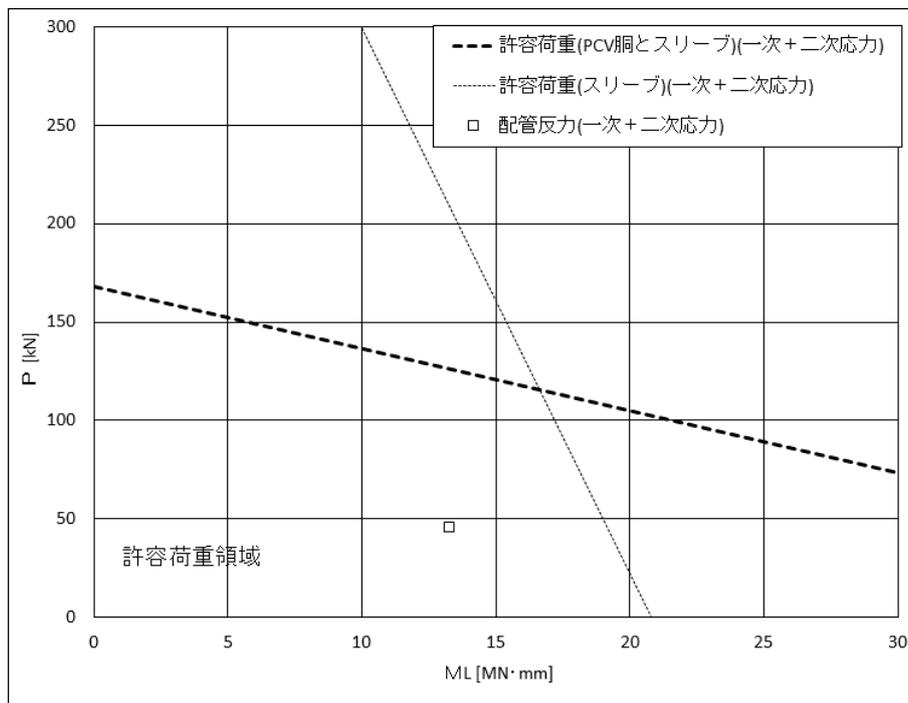


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図8 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-99）（その1：縦軸 P －横軸 MC ）

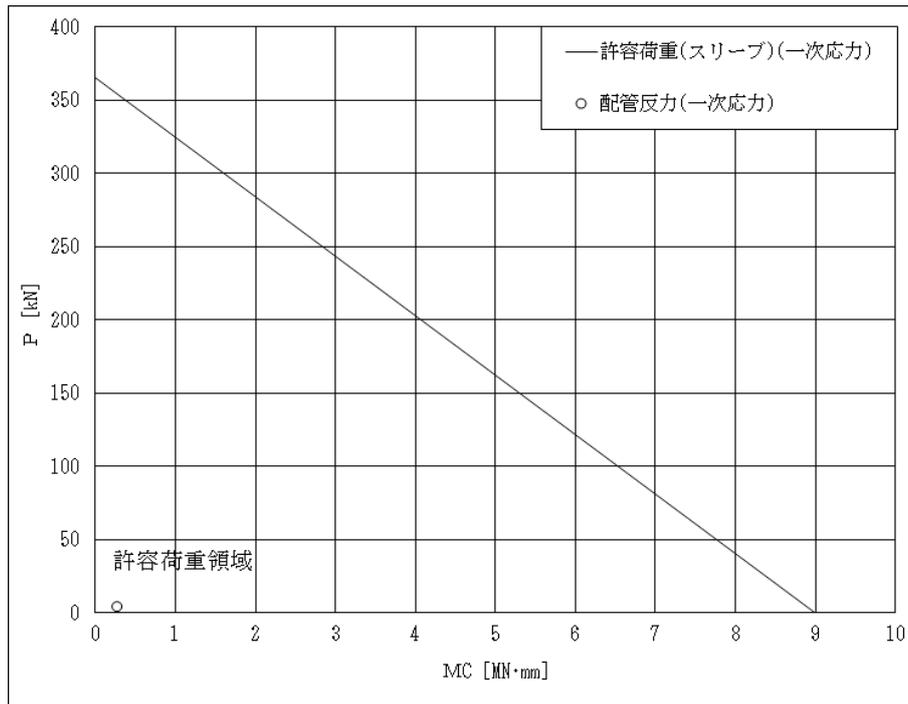


上図：一次応力に対する許容荷重領域

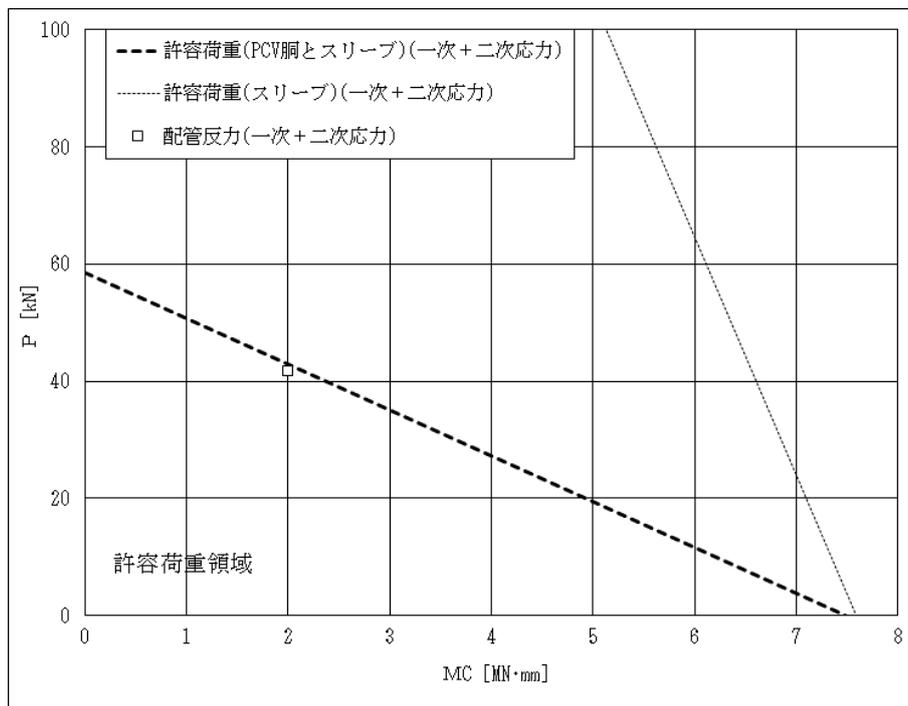


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図8 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-99）（その2：縦軸P－横軸 M_L ）

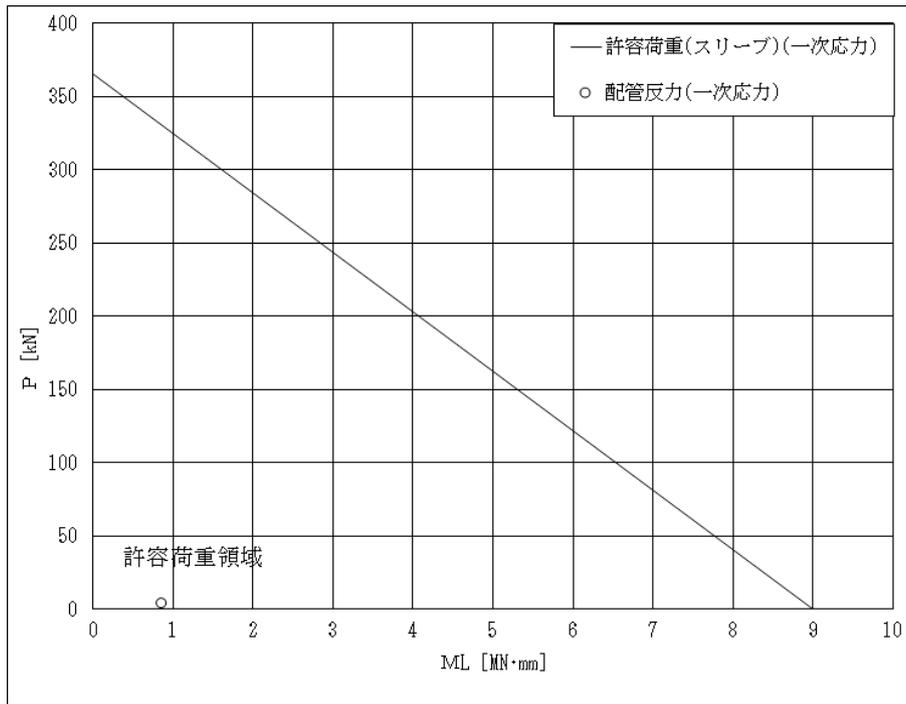


上図：一次応力に対する許容荷重領域

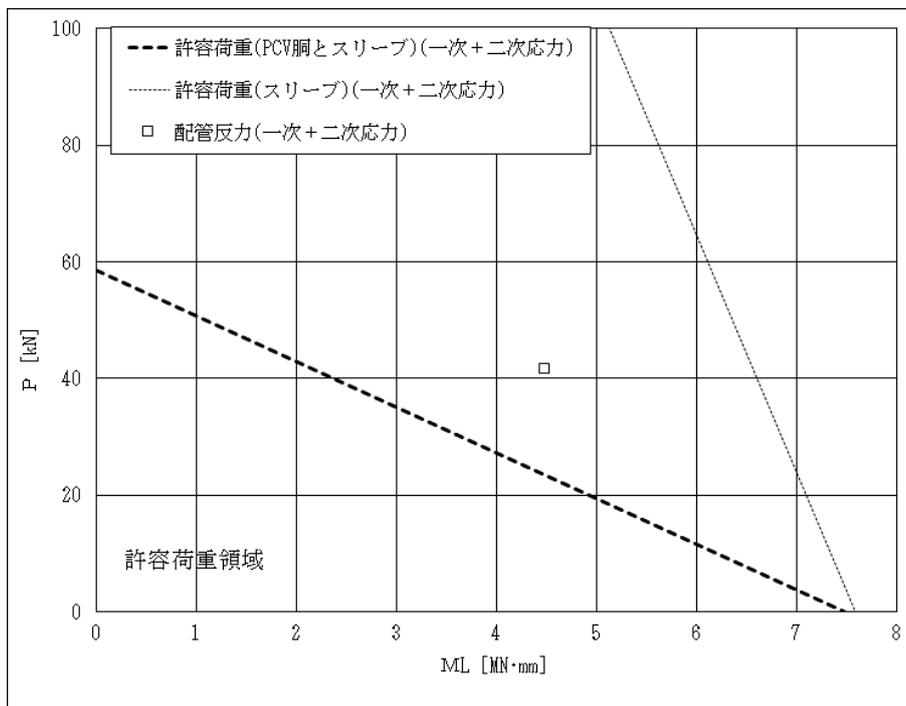


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図9 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-82A）（その1：縦軸 P —横軸 M_C ）

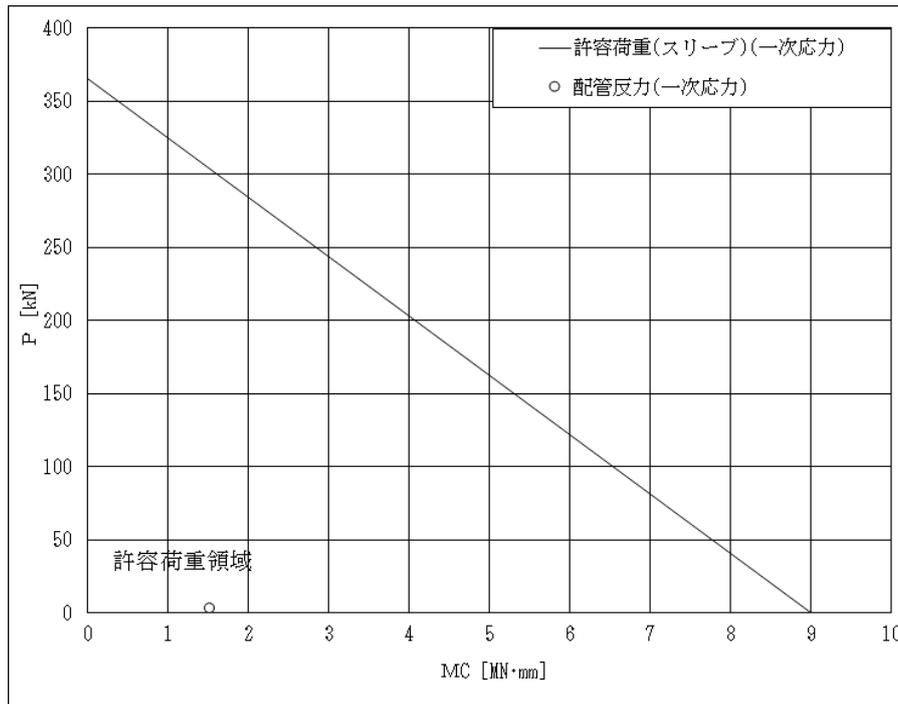


上図：一次応力に対する許容荷重領域

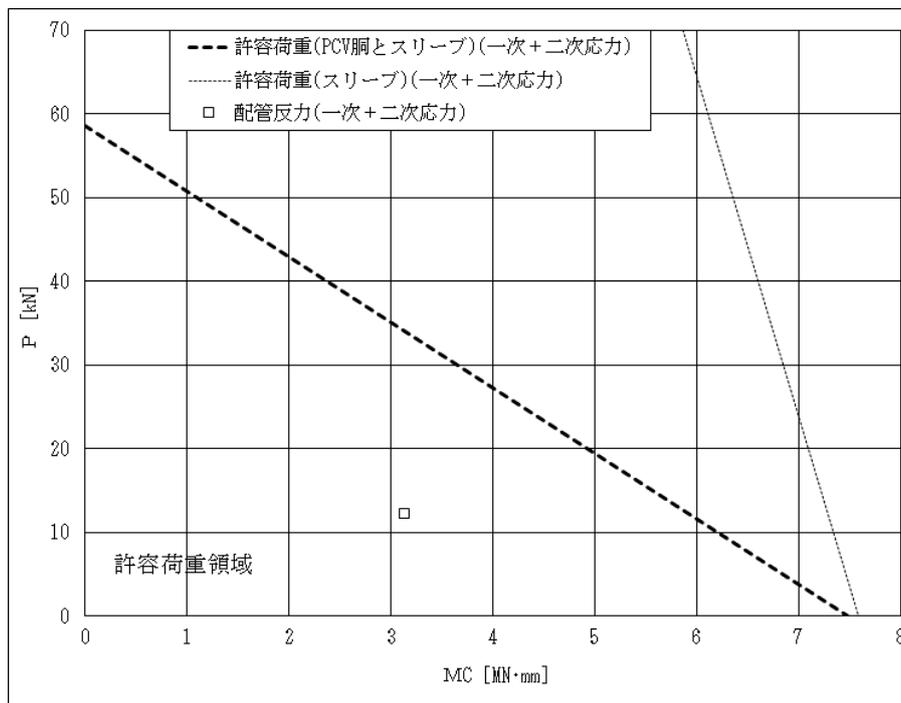


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図9 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-82A）（その2：縦軸P－横軸 M_L ）

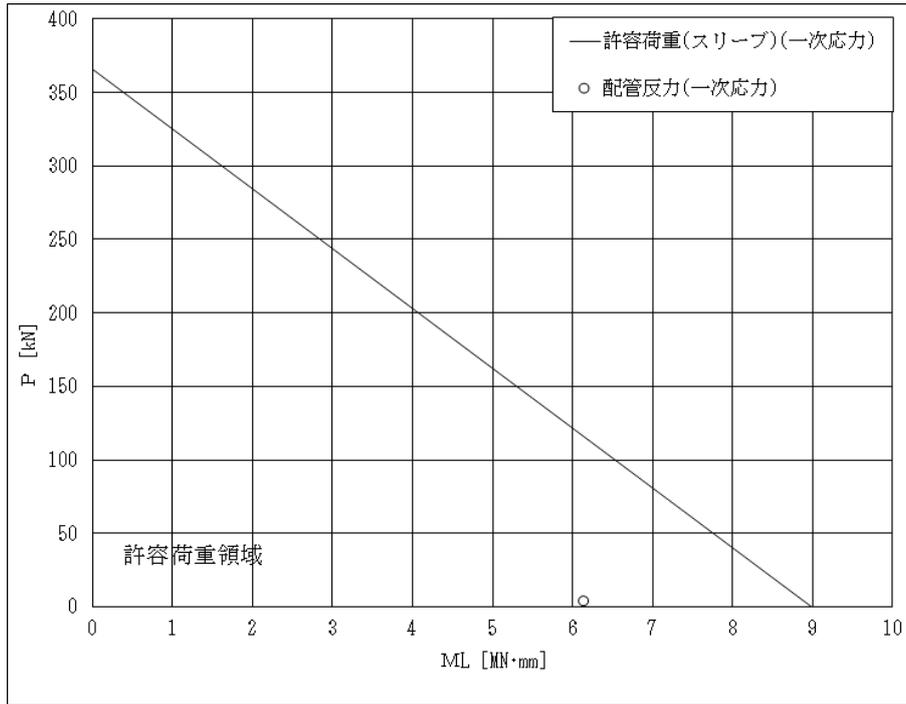


上図：一次応力に対する許容荷重領域

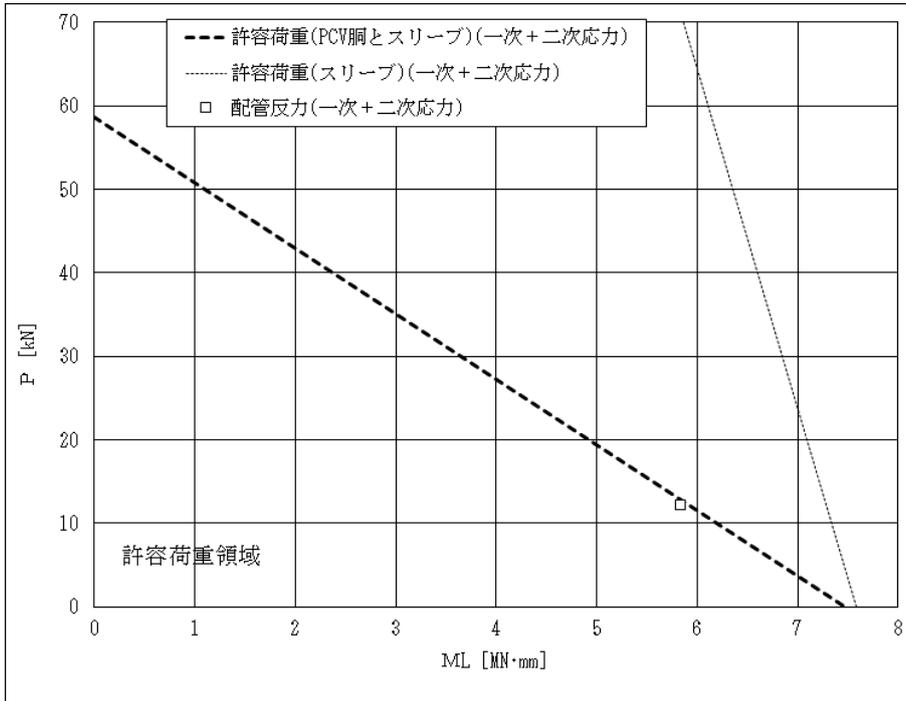


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 10 許容荷重領域による確認結果 (貫通部 No. X-82B) (その 1 : 縦軸 P - 横軸 M_C)

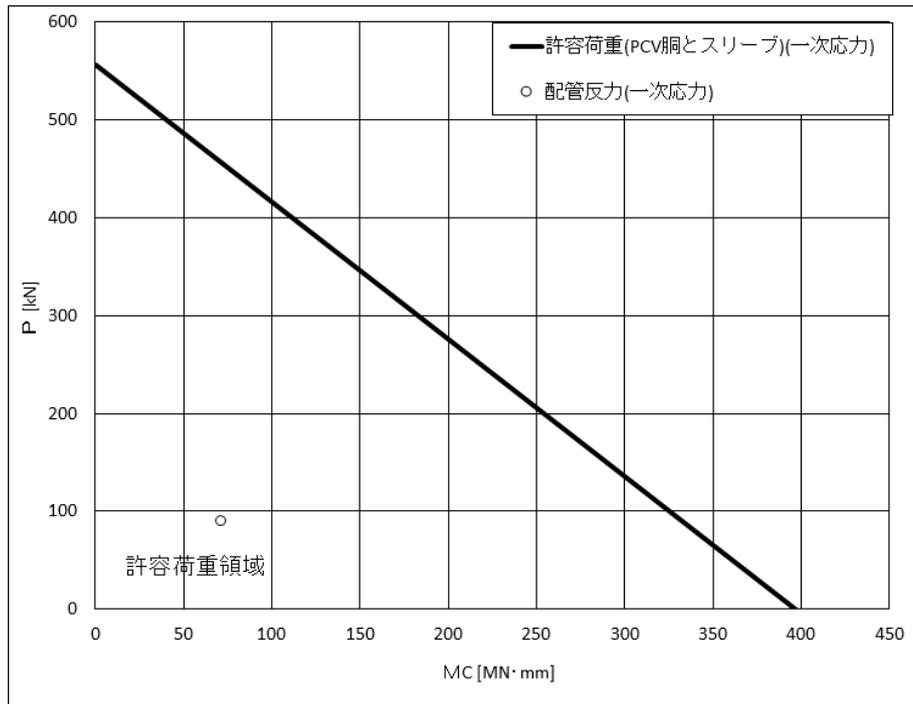


上図：一次応力に対する許容荷重領域

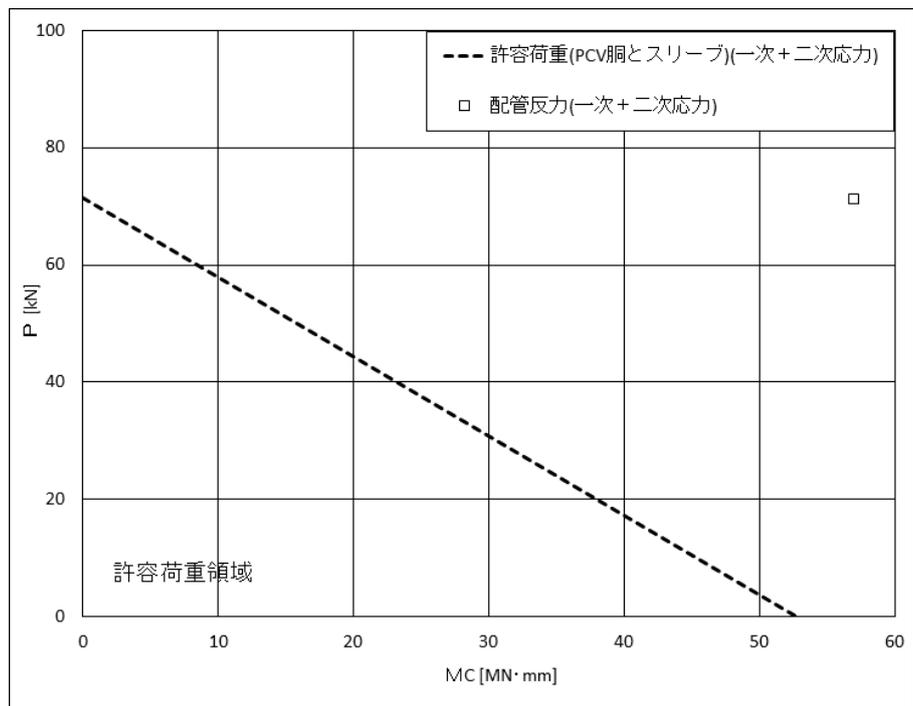


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 10 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-82B）（その 2：縦軸 P - 横軸 M_L ）

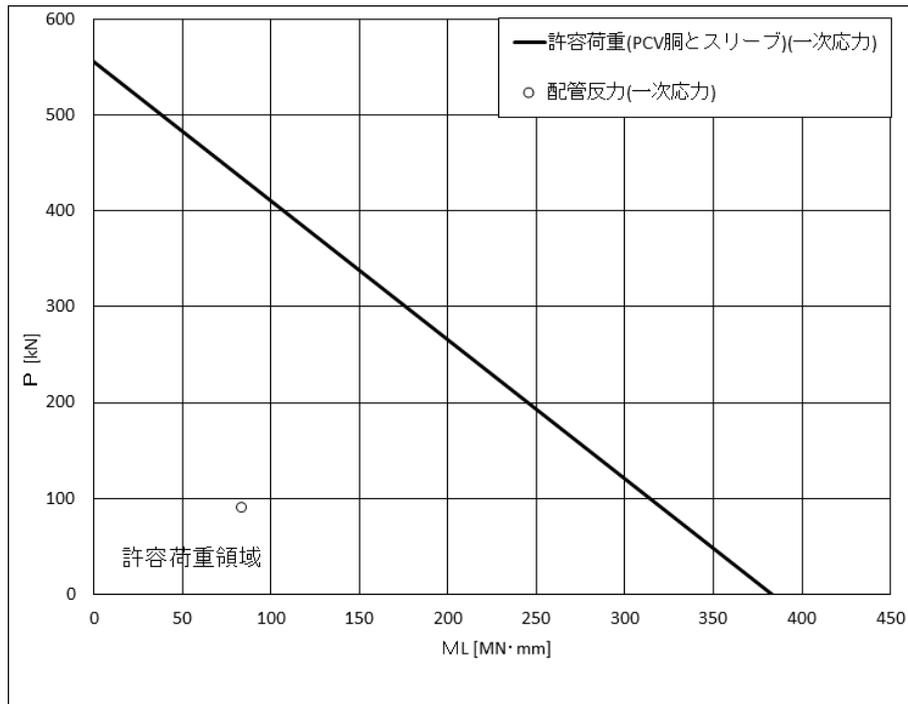


上図：一次応力に対する許容荷重領域

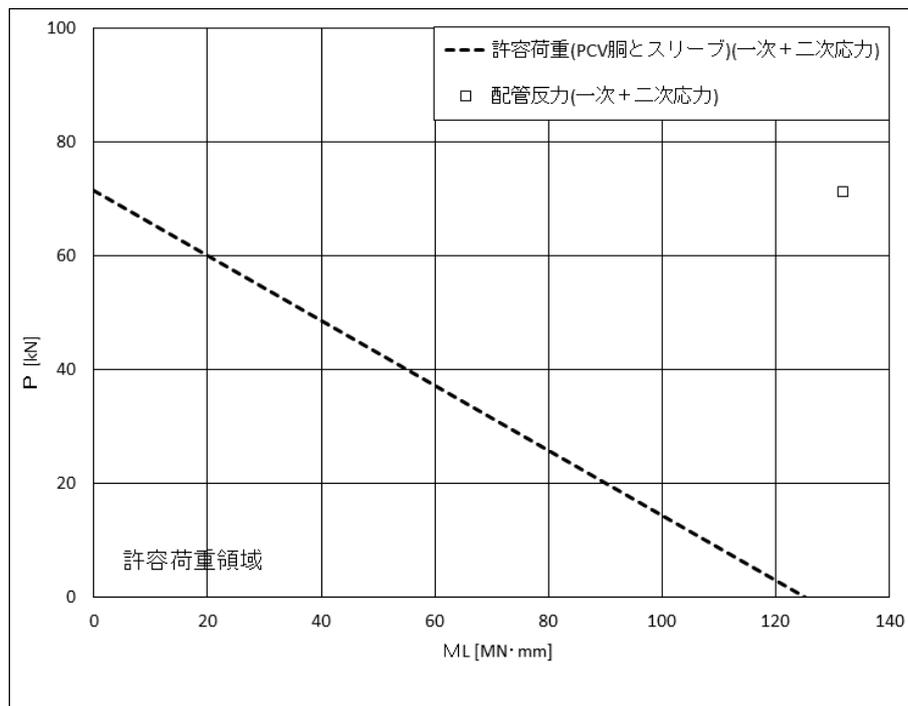


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 11 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-201）（その 1：縦軸 P - 横軸 M_C ）

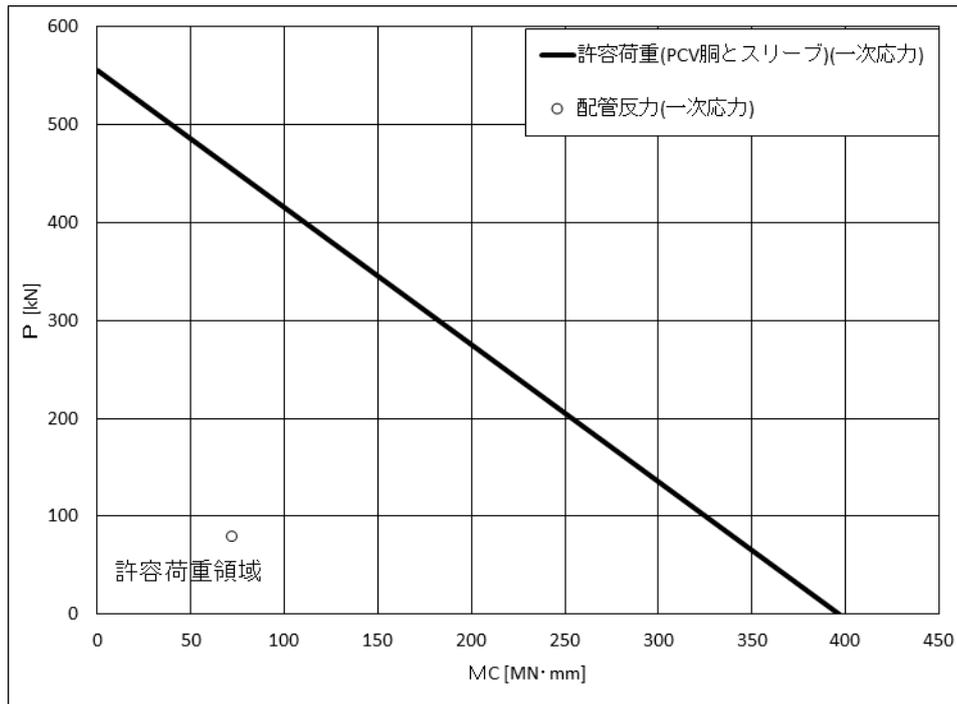


上図：一次応力に対する許容荷重領域

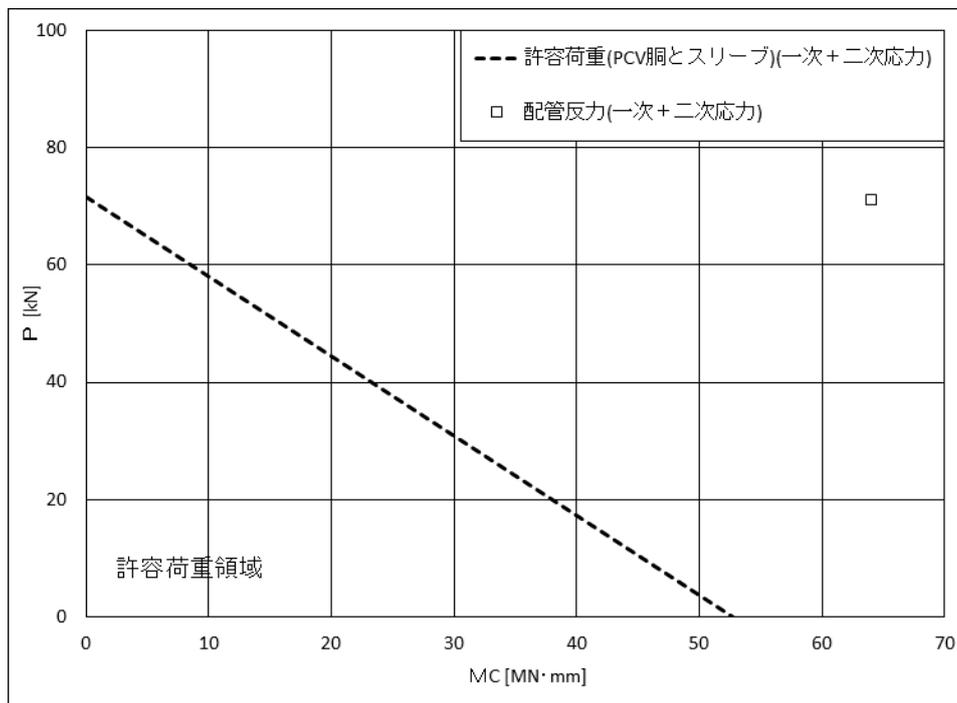


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 11 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X201）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

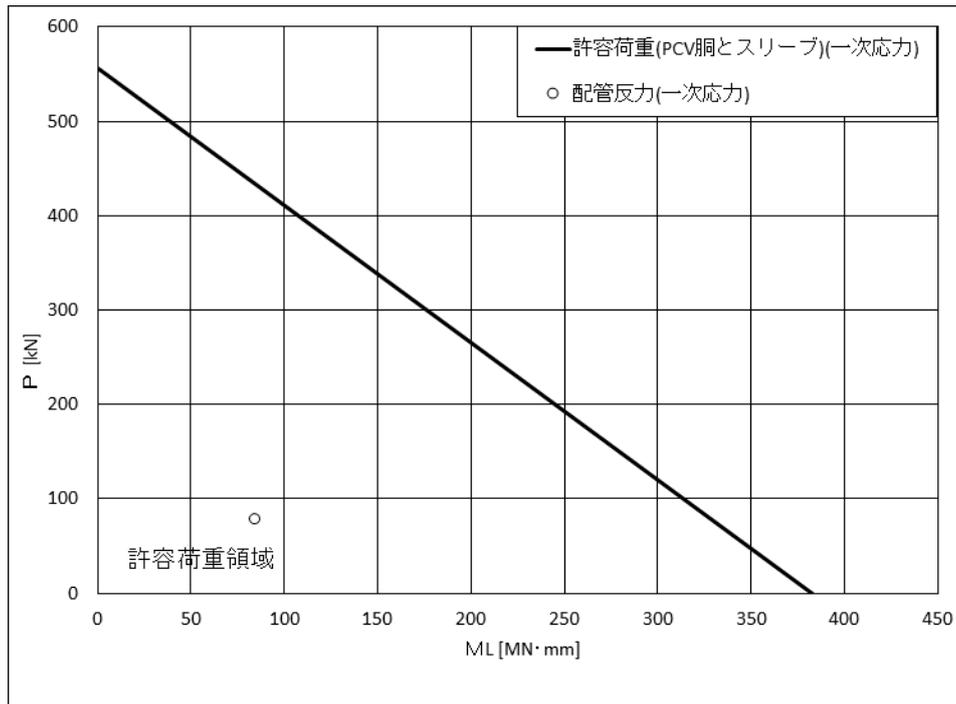


上図：一次応力に対する許容荷重領域

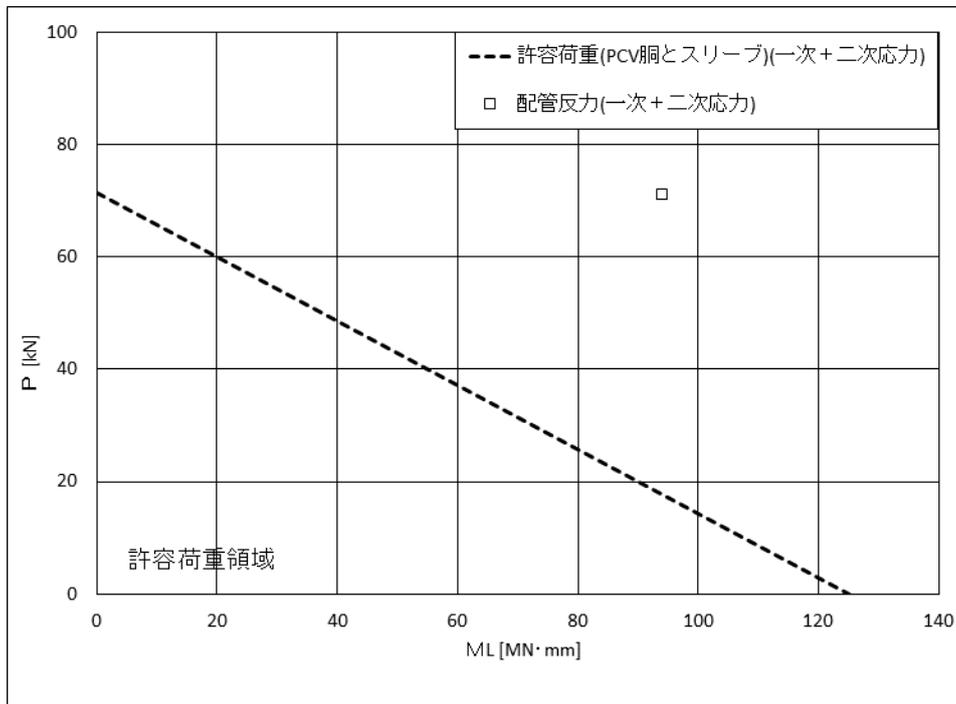


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 12 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-202）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

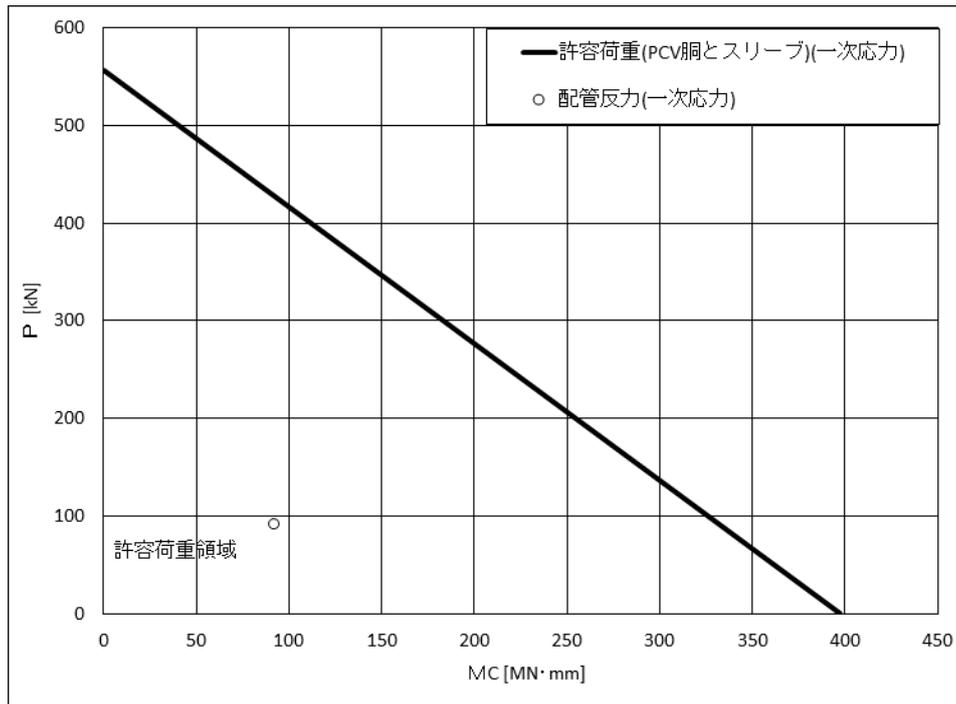


上図：一次応力に対する許容荷重領域

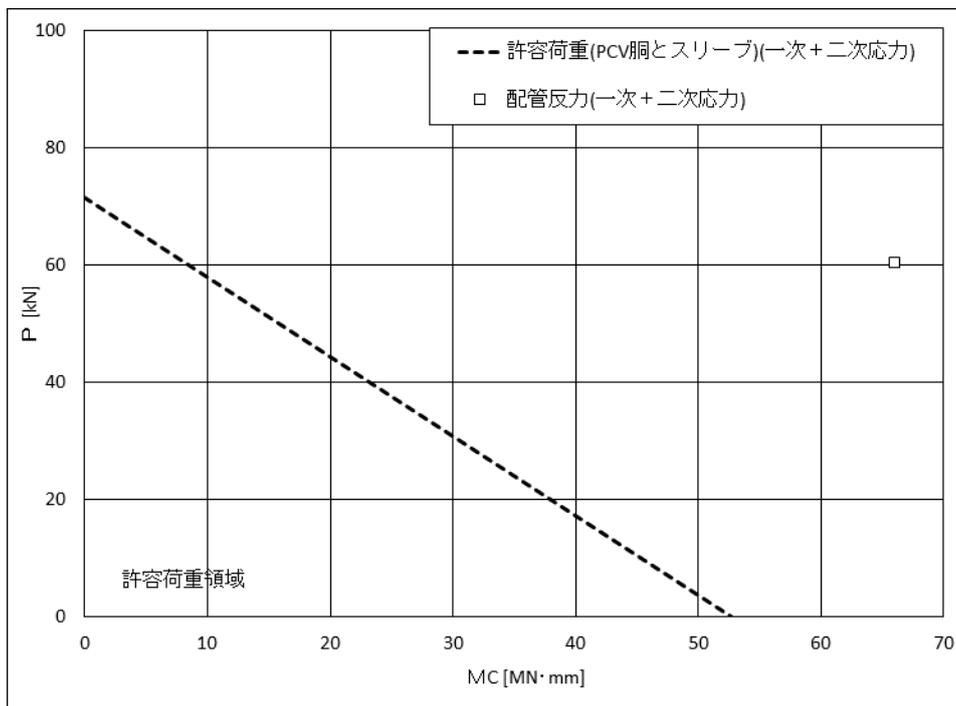


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 12 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-202）（その 2：縦軸 P - 横軸 M_L ）

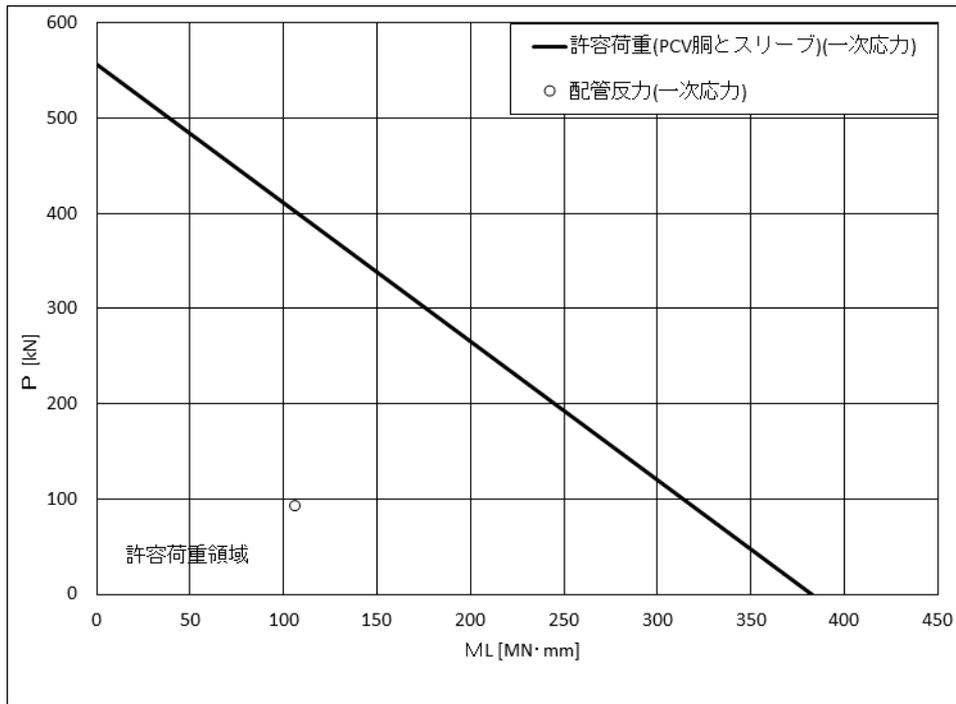


上図：一次応力に対する許容荷重領域

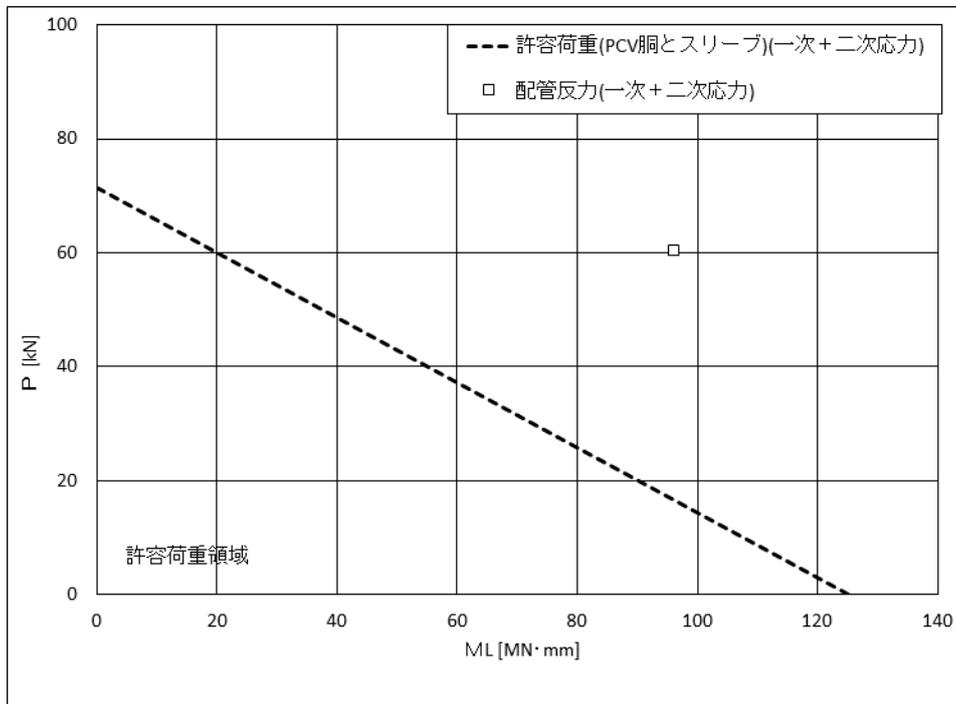


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 13 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-203）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

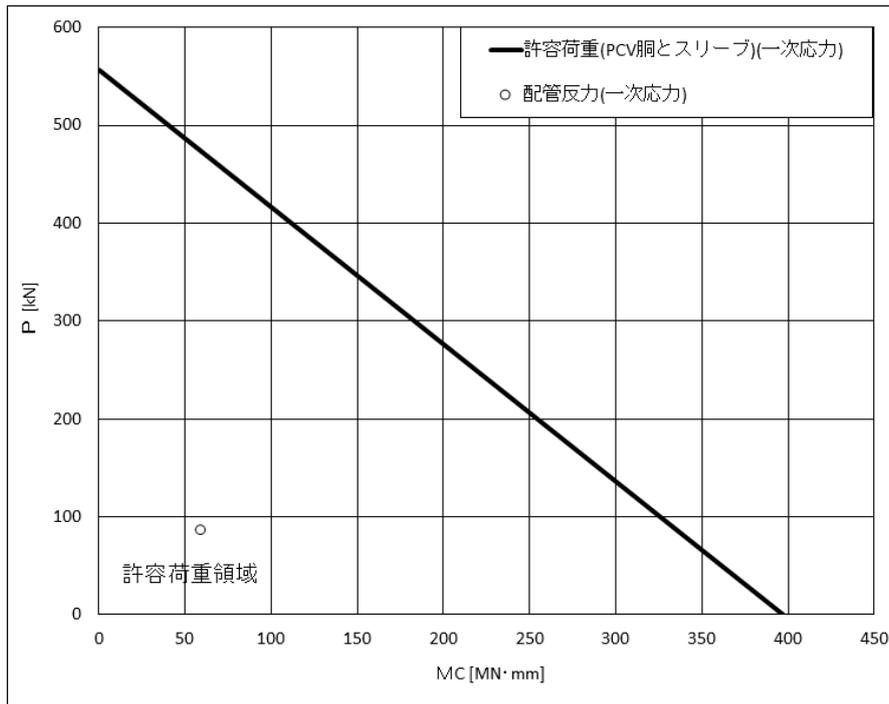


上図：一次応力に対する許容荷重領域

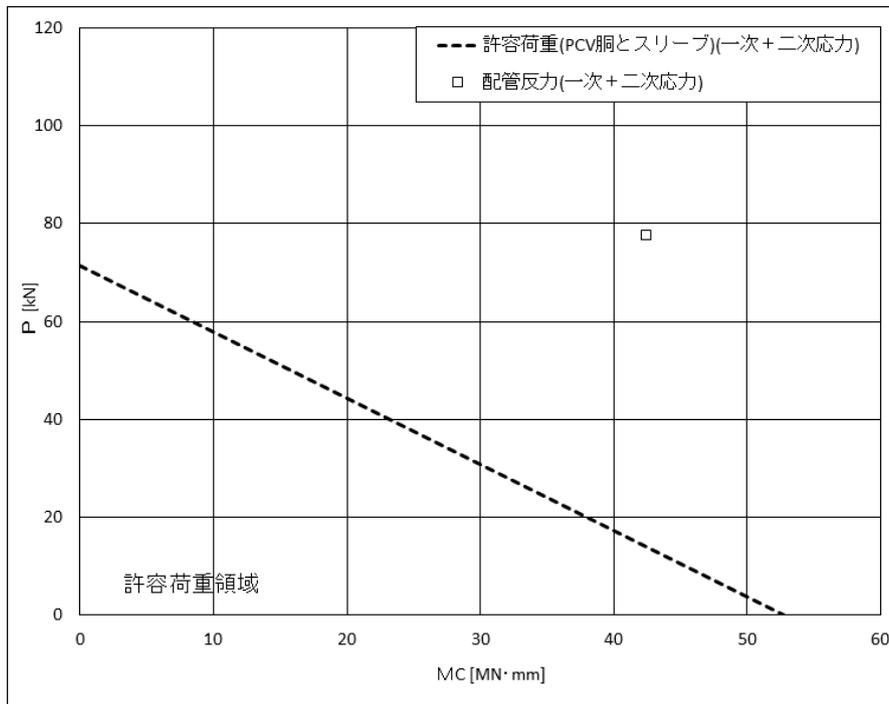


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 13 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-203）（その 2：縦軸 P - 横軸 M_L ）

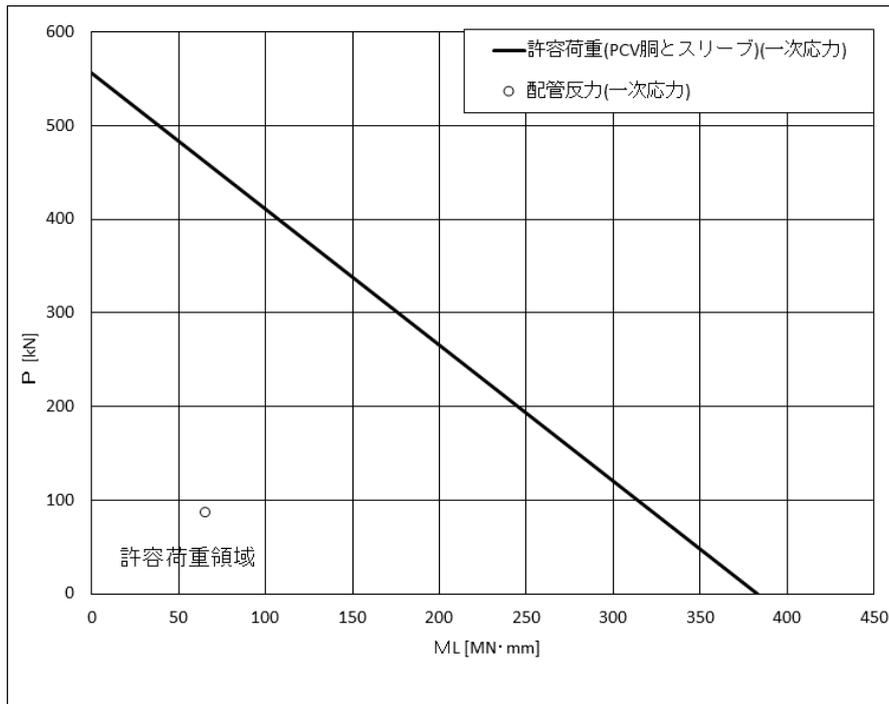


上図：一次応力に対する許容荷重領域

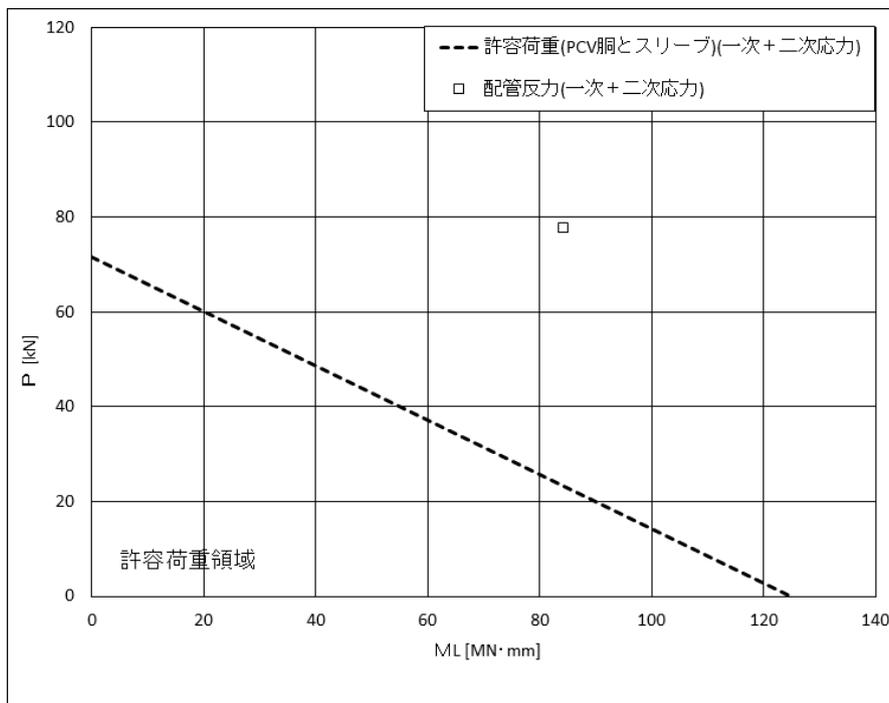


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 14 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-208）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

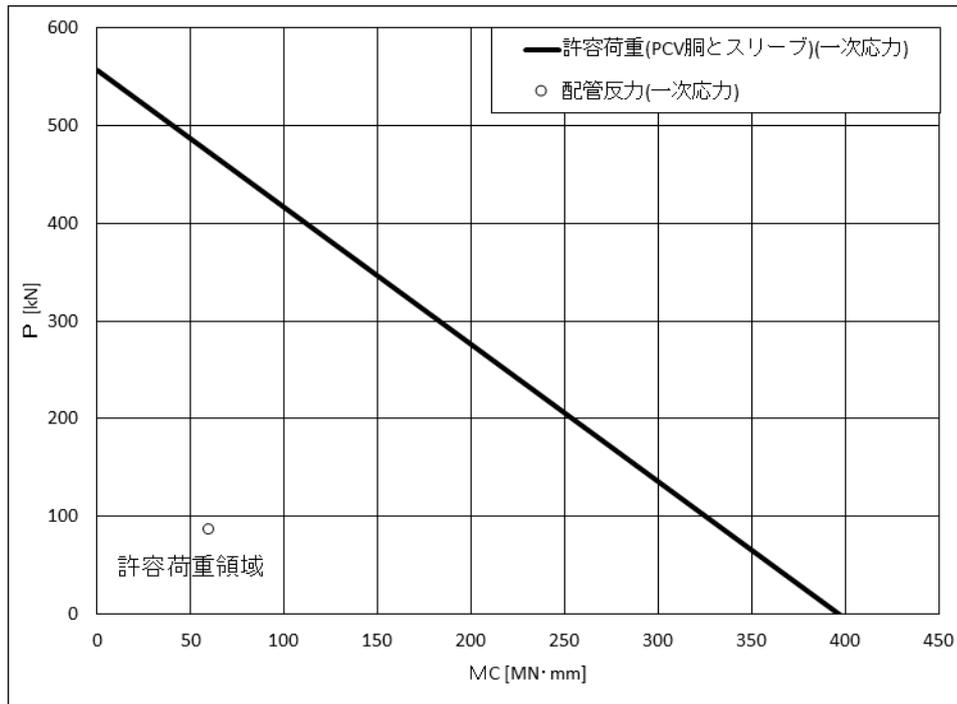


上図：一次応力に対する許容荷重領域

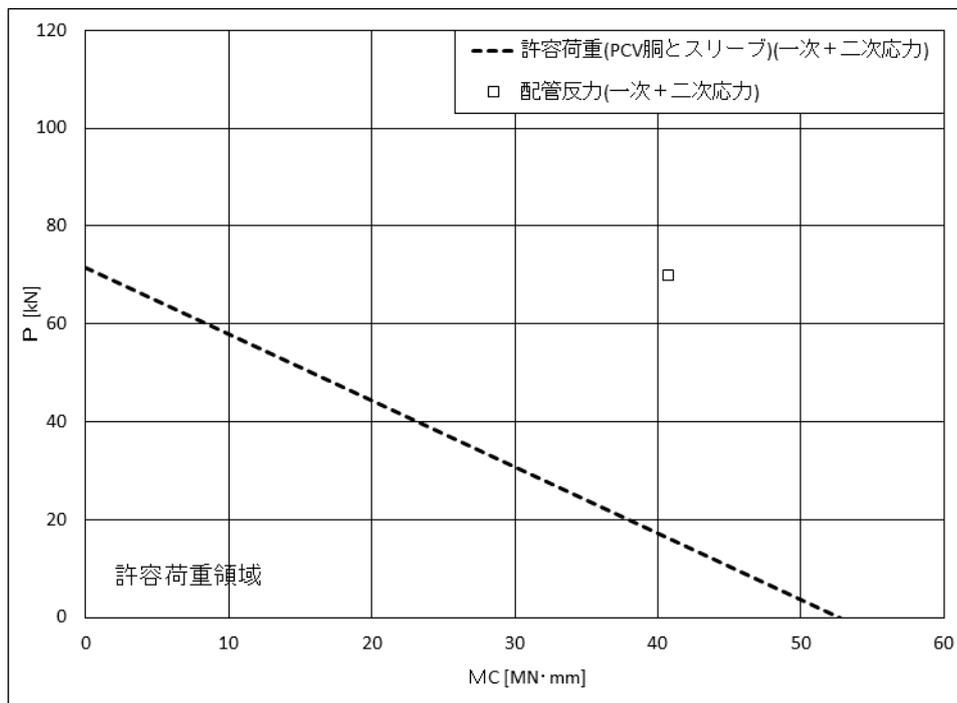


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 14 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-208）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

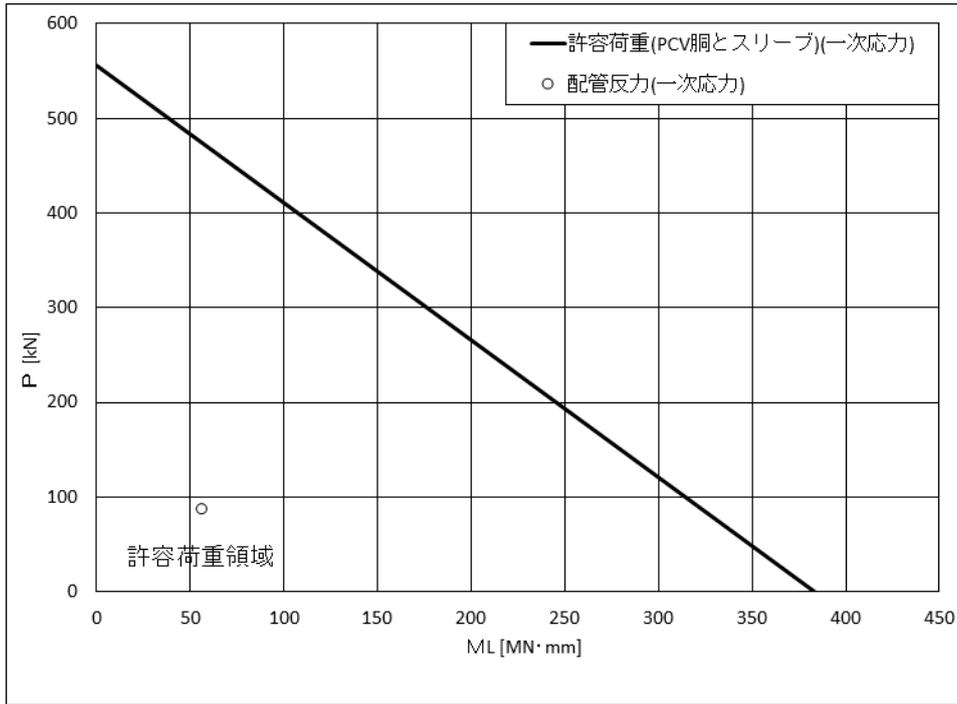


上図：一次応力に対する許容荷重領域

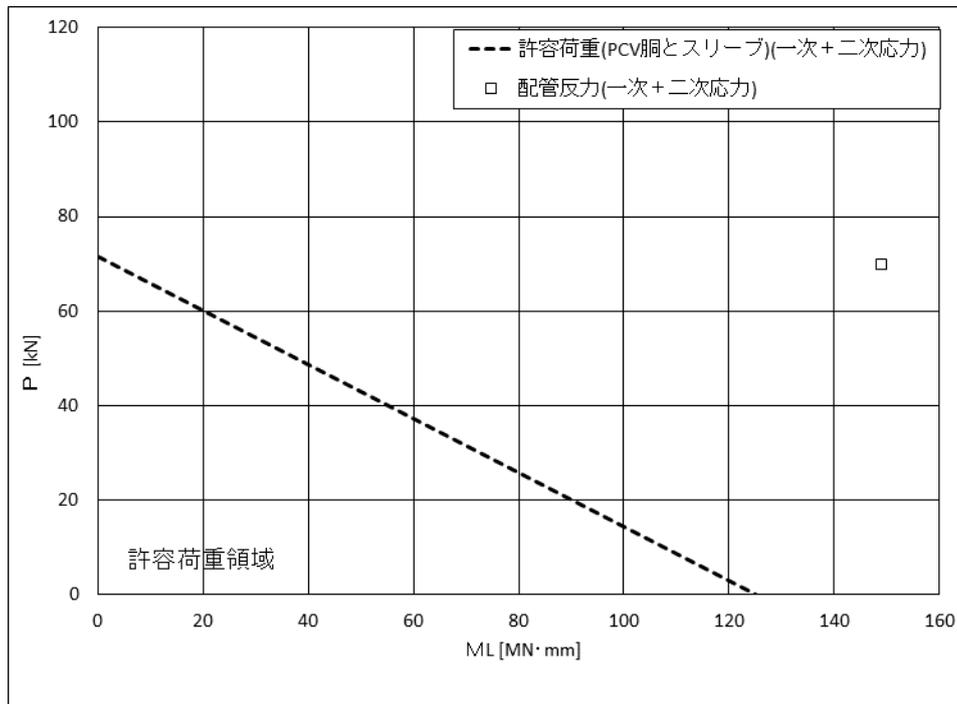


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 15 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-210）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

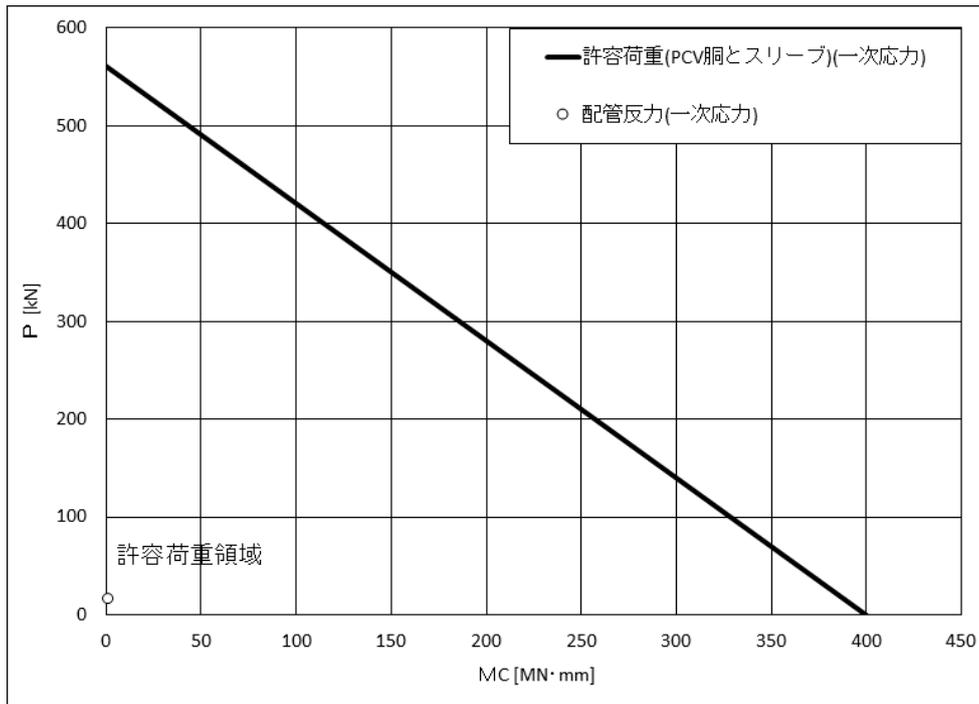


上図：一次応力に対する許容荷重領域

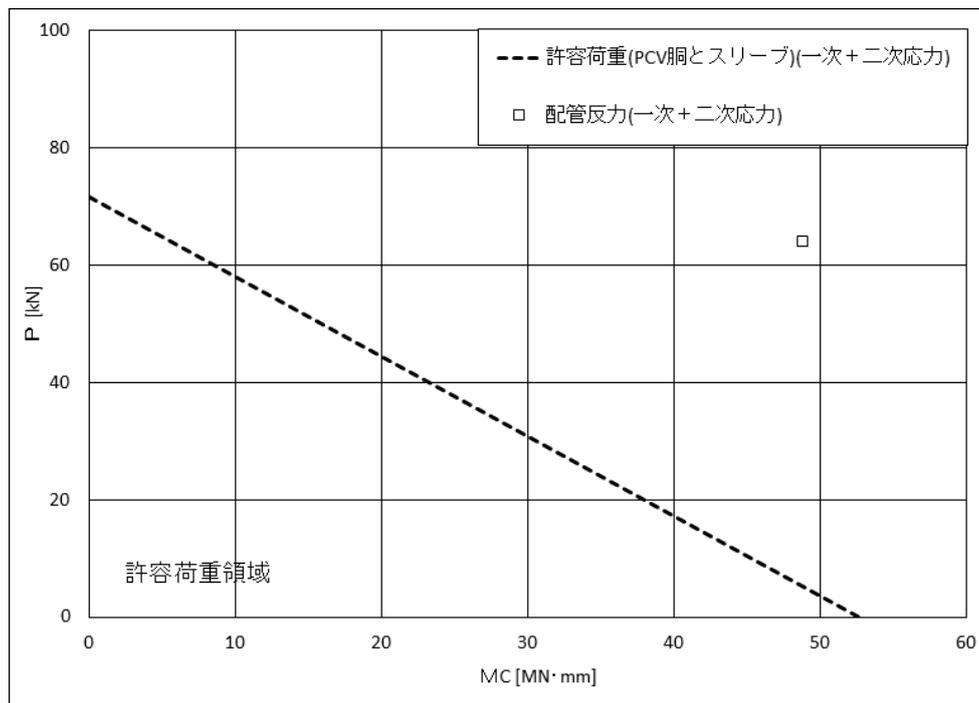


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 15 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-210）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

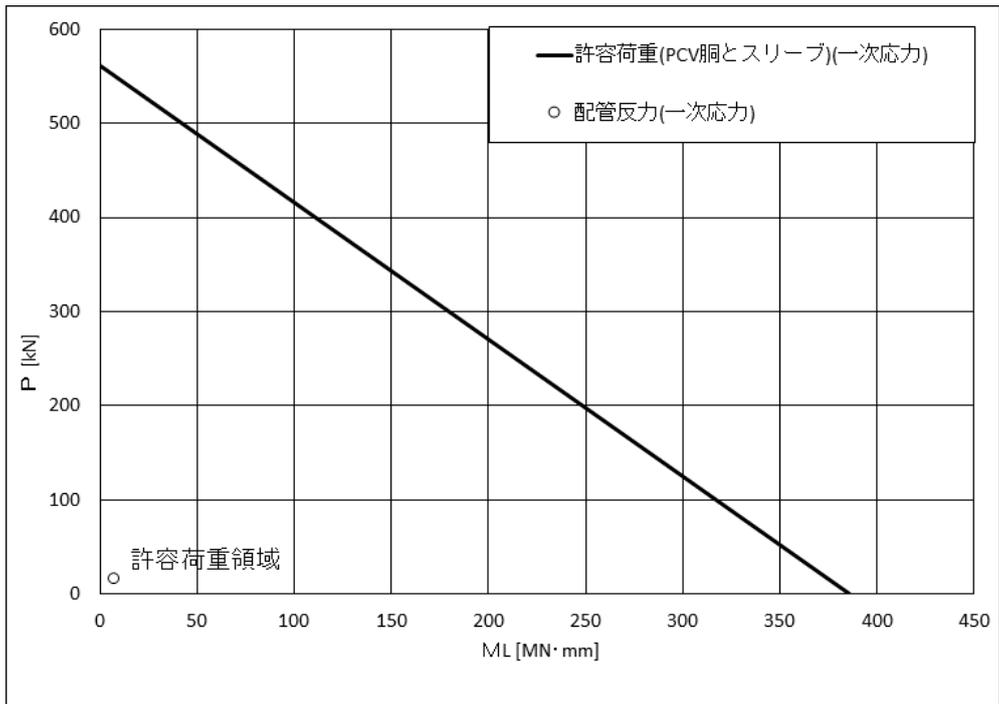


上図：一次応力に対する許容荷重領域

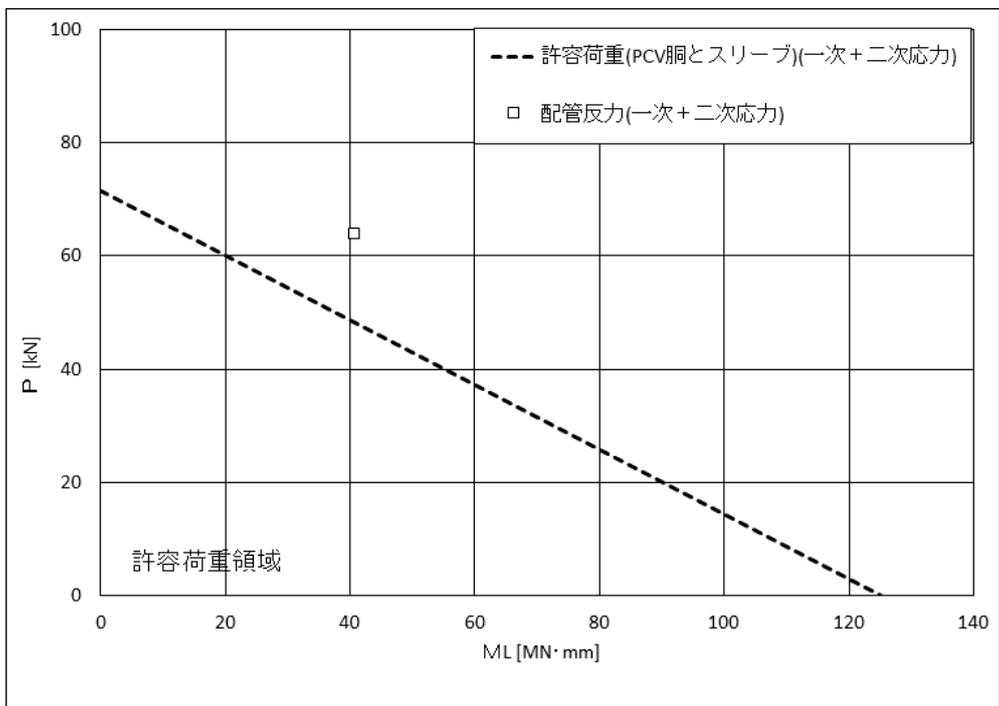


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 16 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-240）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

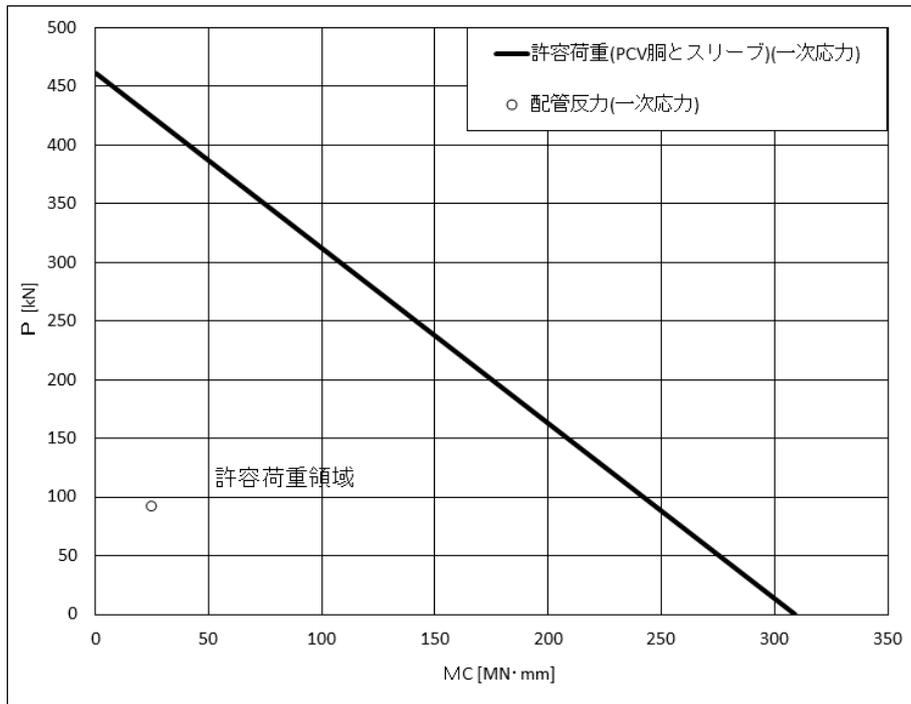


上図：一次応力に対する許容荷重領域

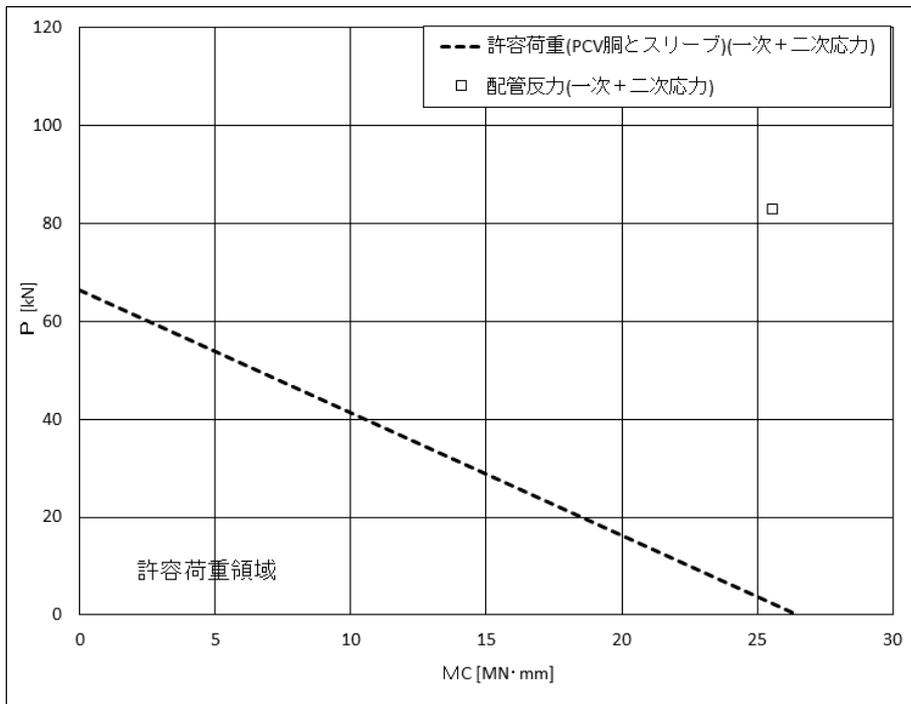


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 16 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-240）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

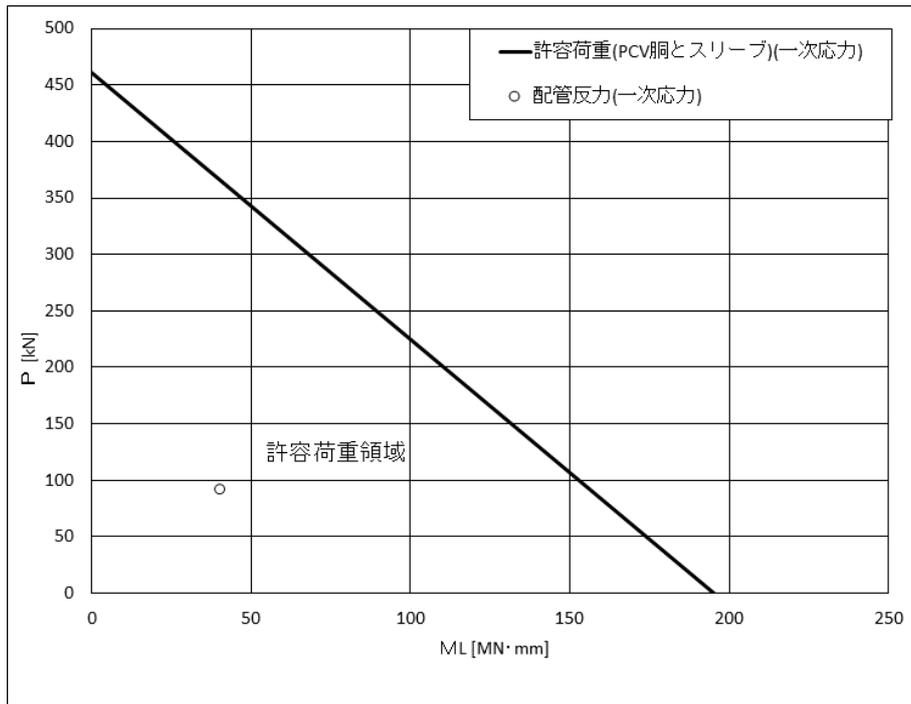


上図：一次応力に対する許容荷重領域

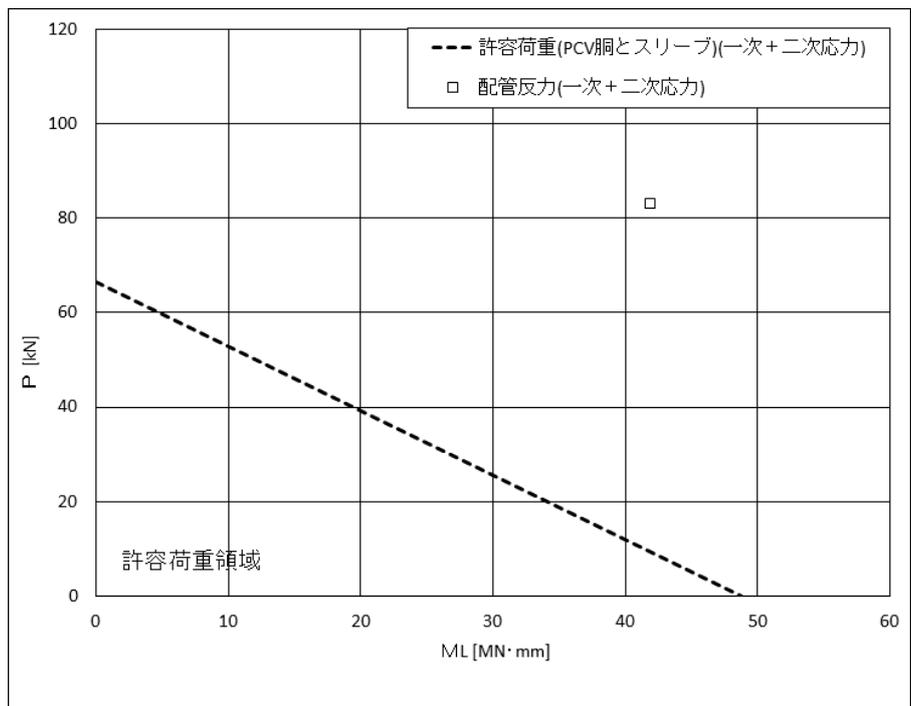


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 17 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-204）（その 1：縦軸 P - 横軸 M_C ）

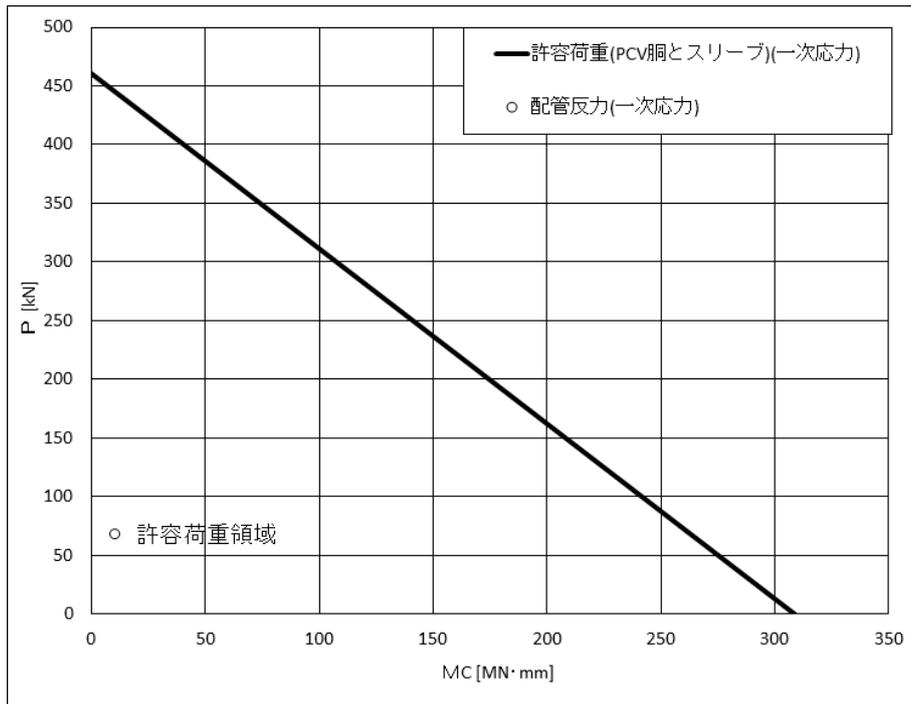


上図：一次応力に対する許容荷重領域

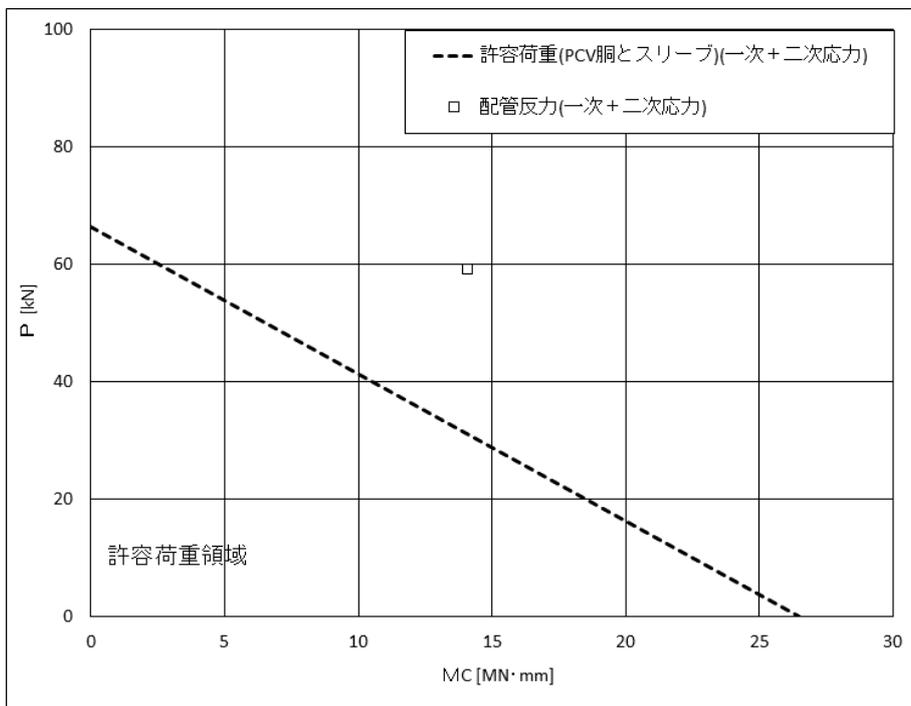


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 17 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-204）（その 2：縦軸 P - 横軸 M_L ）

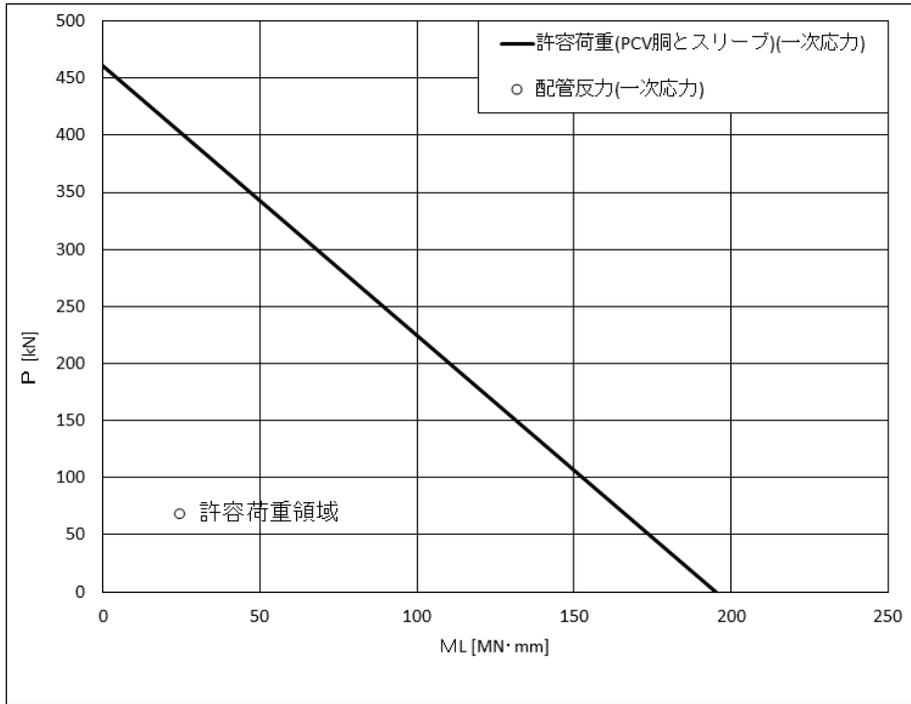


上図：一次応力に対する許容荷重領域

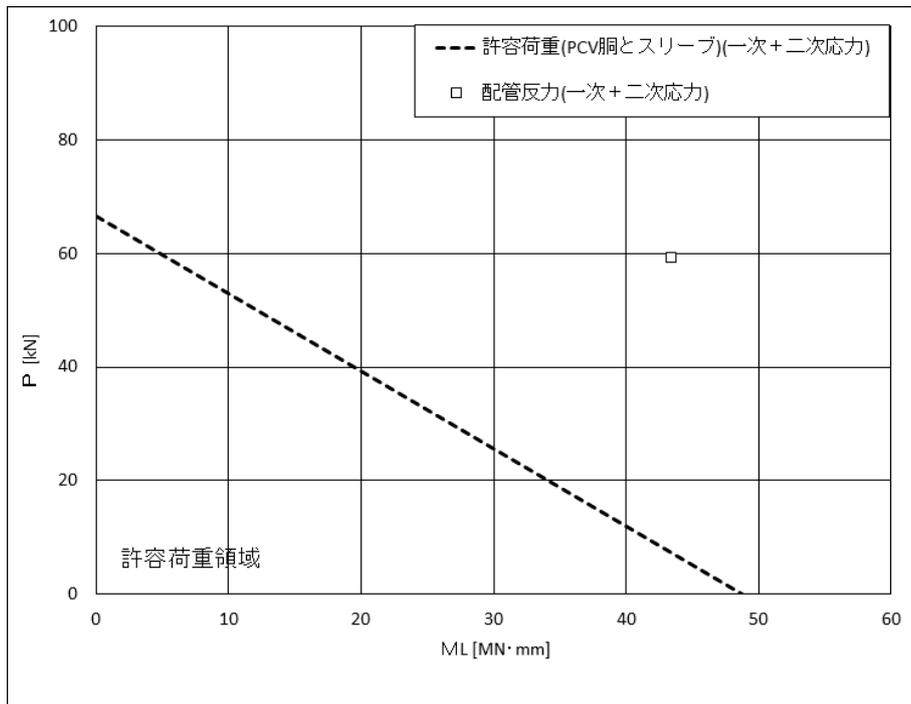


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 18 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-205）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

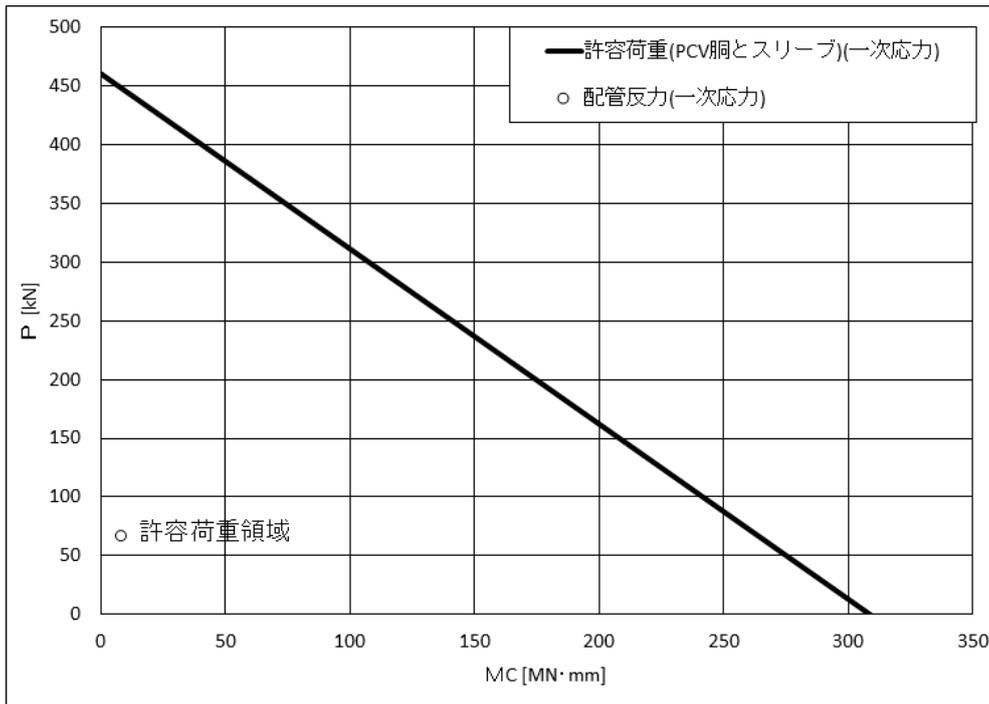


上図：一次応力に対する許容荷重領域

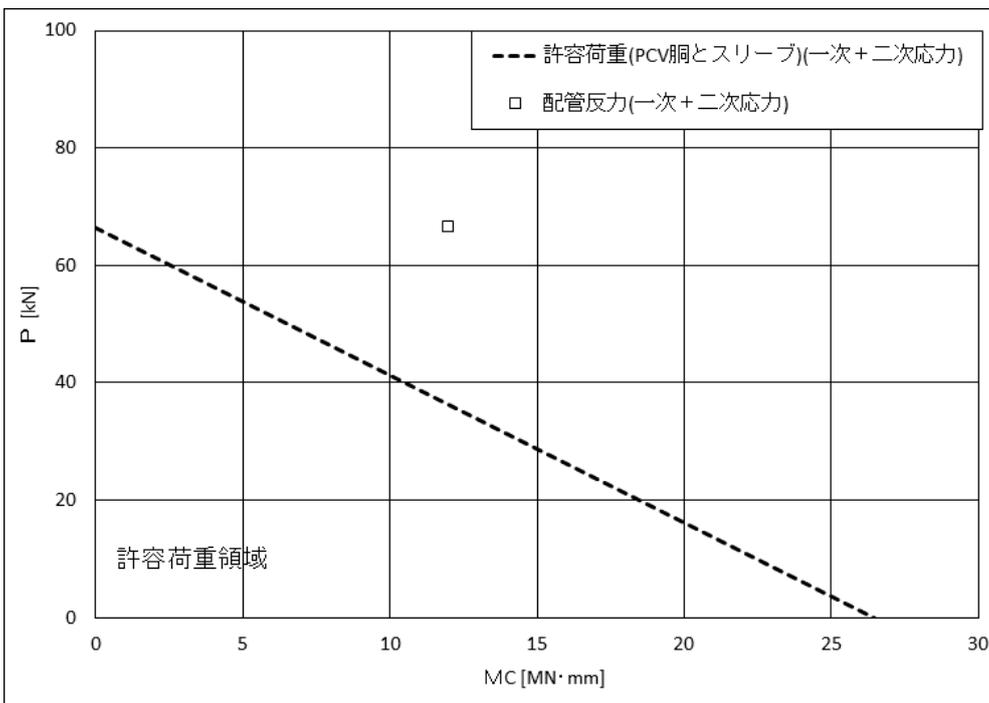


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 18 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-205）（その 2：縦軸 P - 横軸 M_L ）

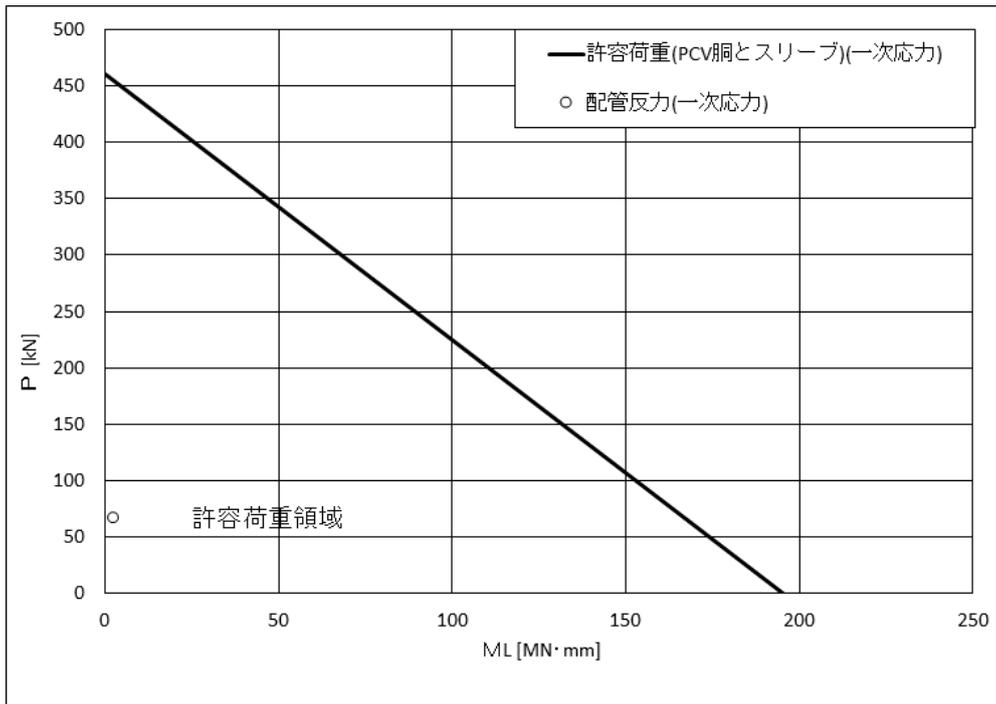


上図：一次応力に対する許容荷重領域

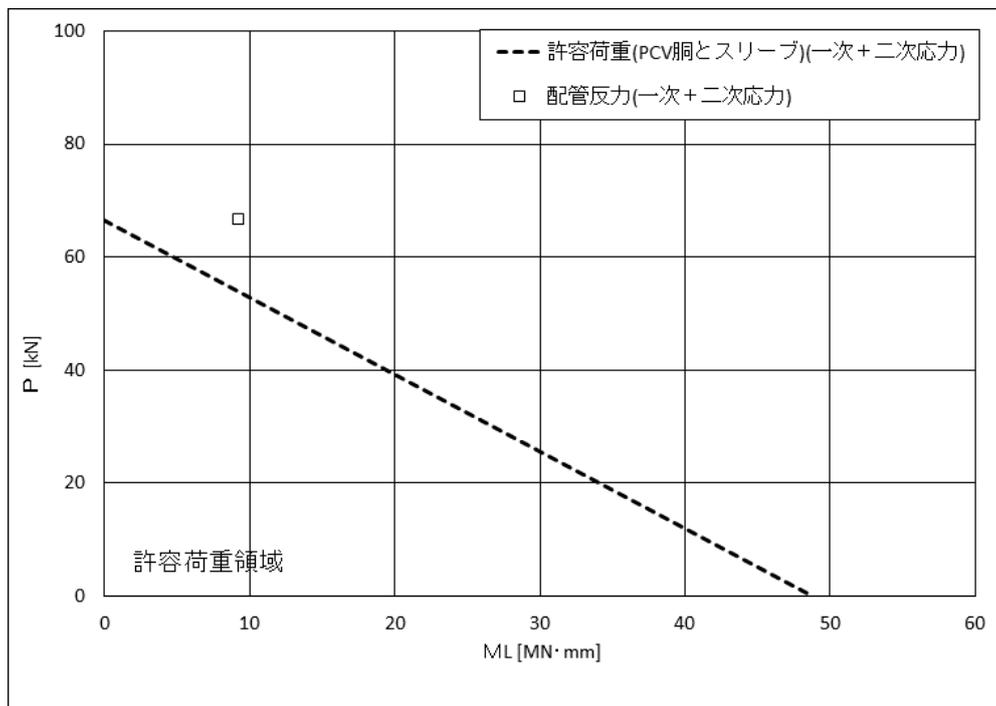


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 19 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-209）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

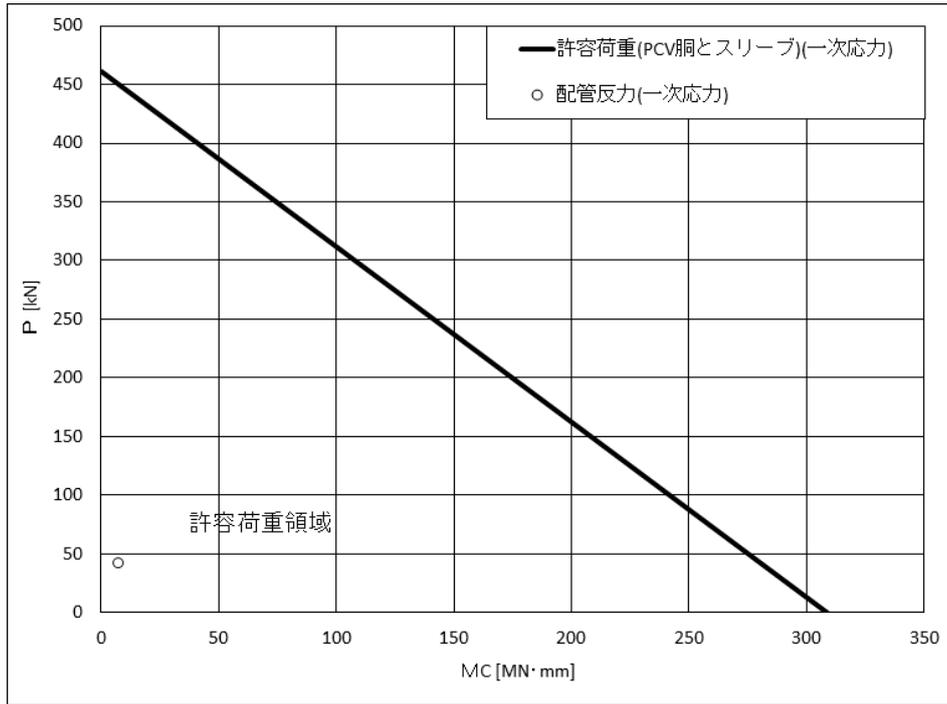


上図：一次応力に対する許容荷重領域

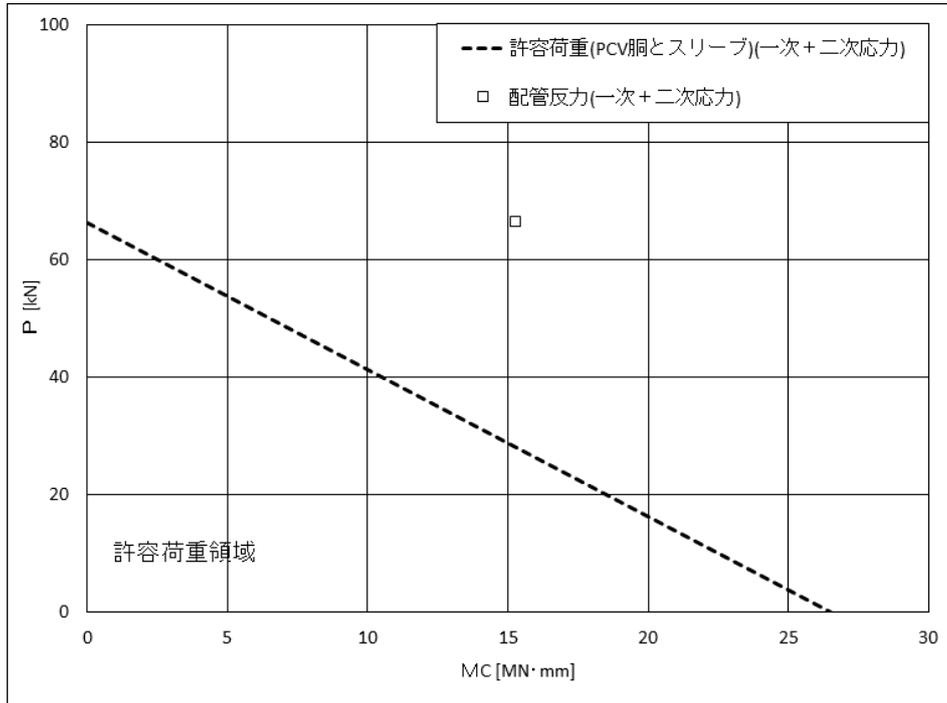


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 19 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-209）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

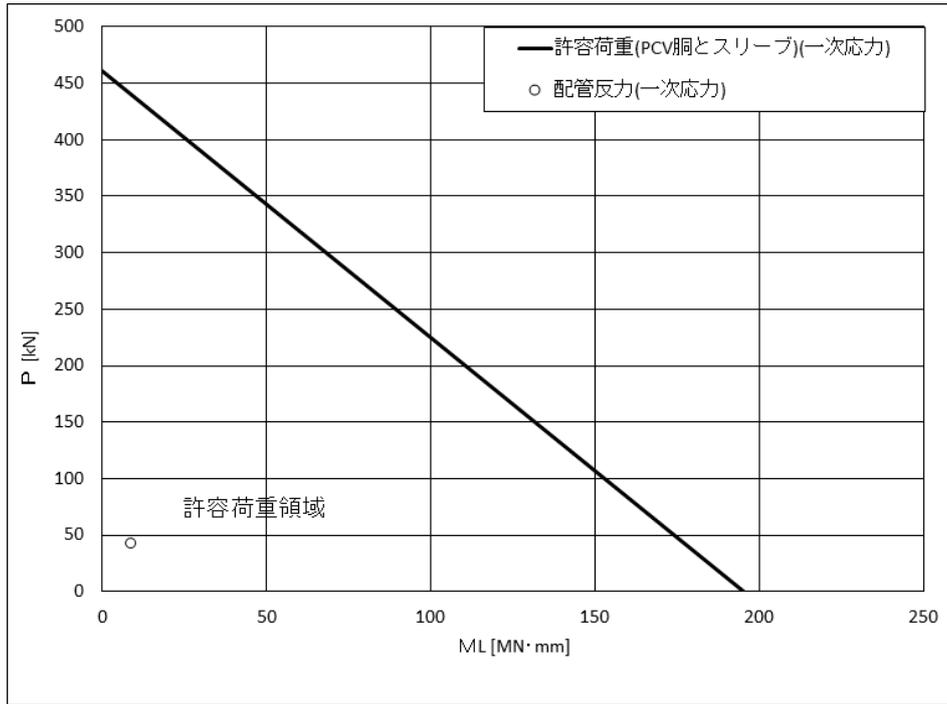


上図：一次応力に対する許容荷重領域

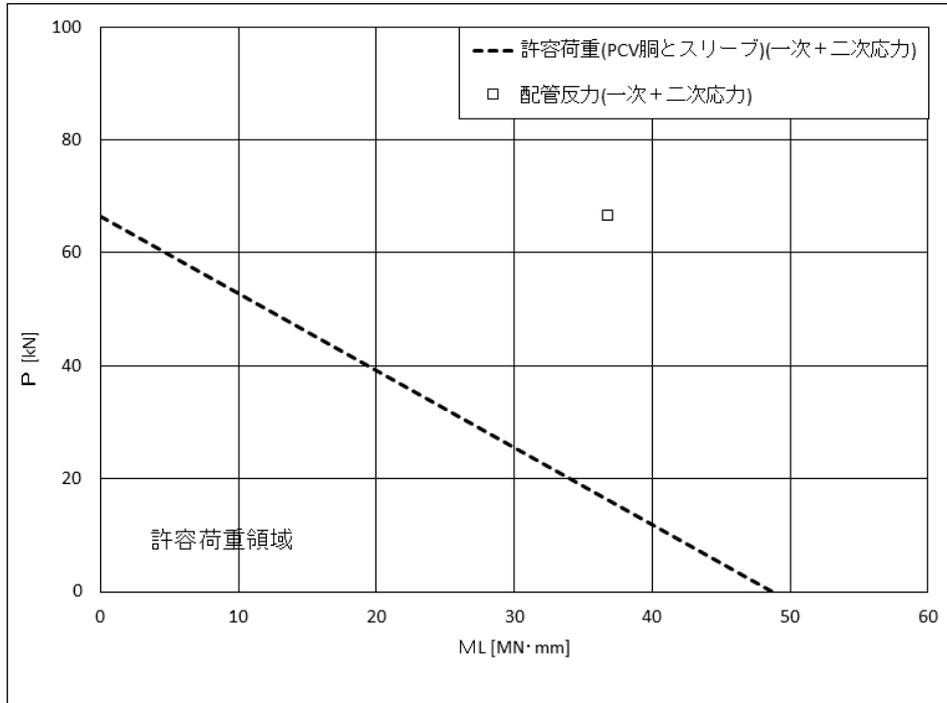


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 20 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-213）（その 1：縦軸 P - 横軸 MC ）

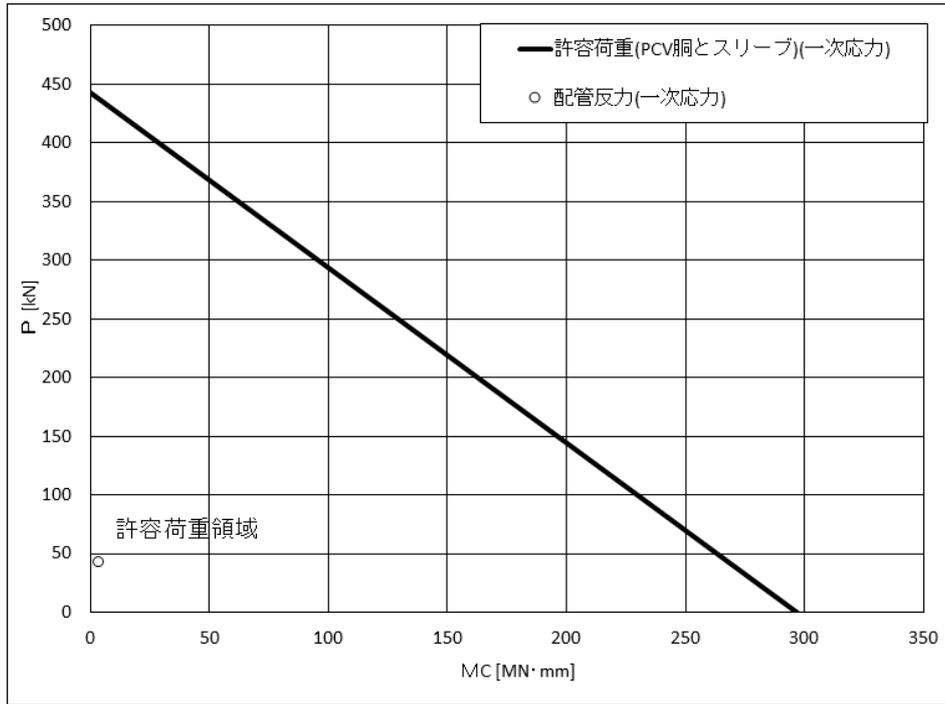


上図：一次応力に対する許容荷重領域

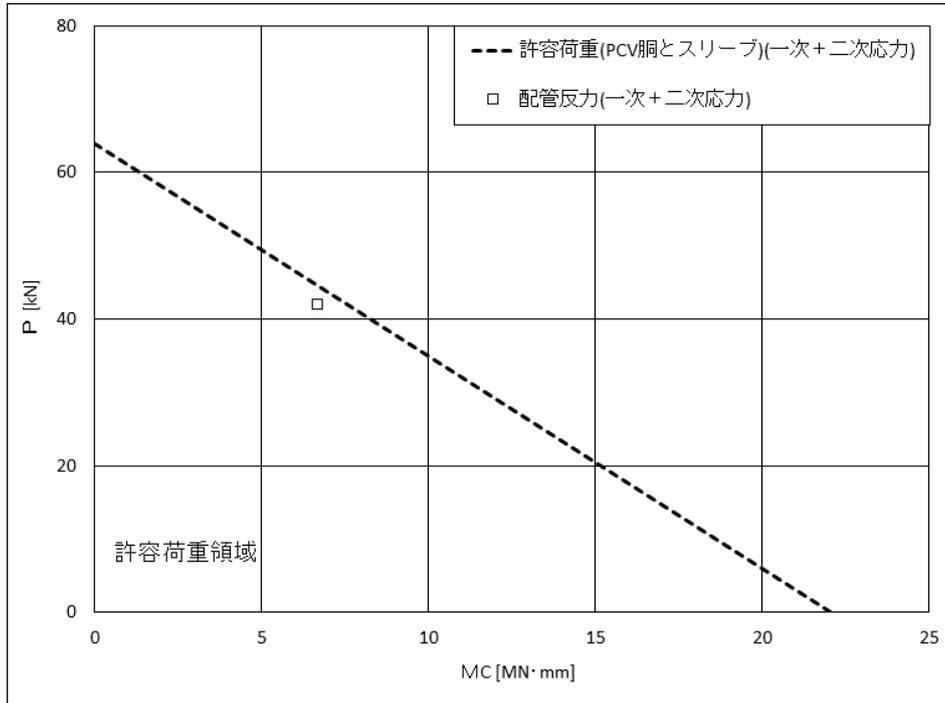


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 20 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-213）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

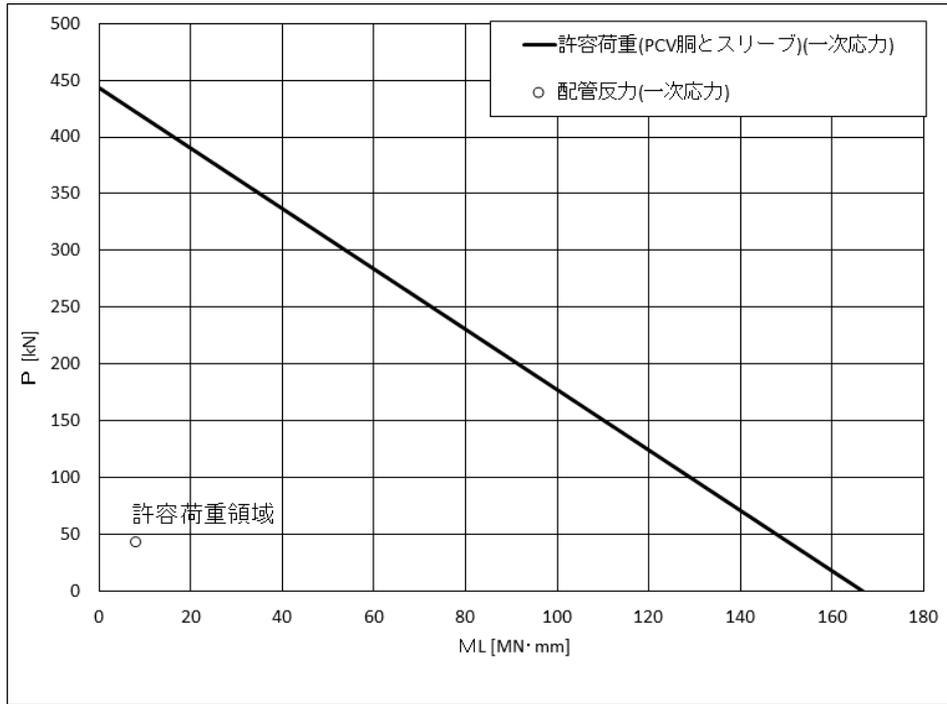


上図：一次応力に対する許容荷重領域

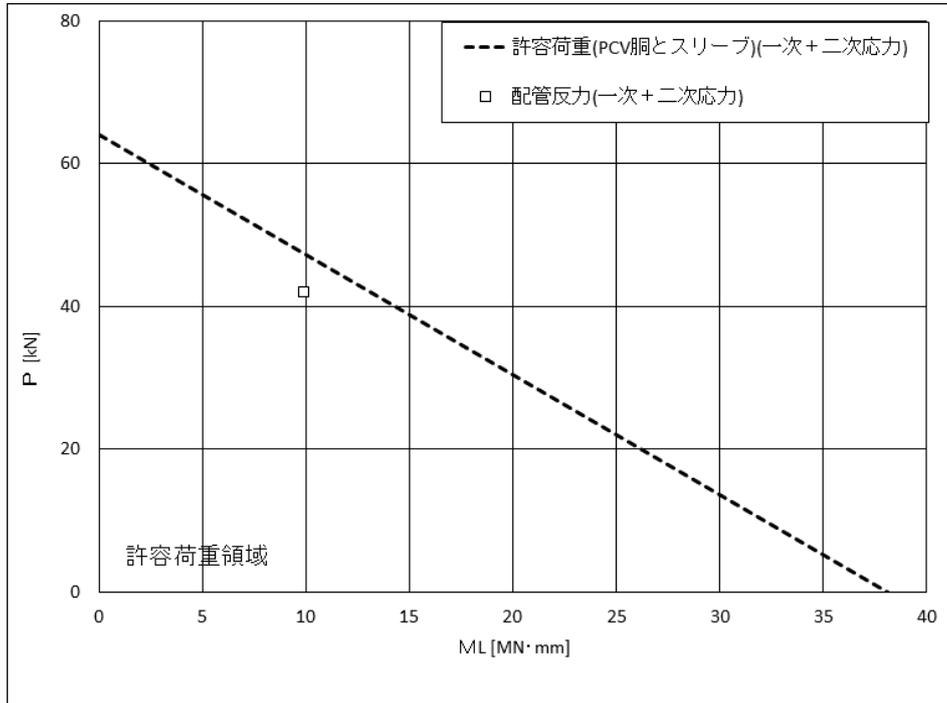


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 21 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-233）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

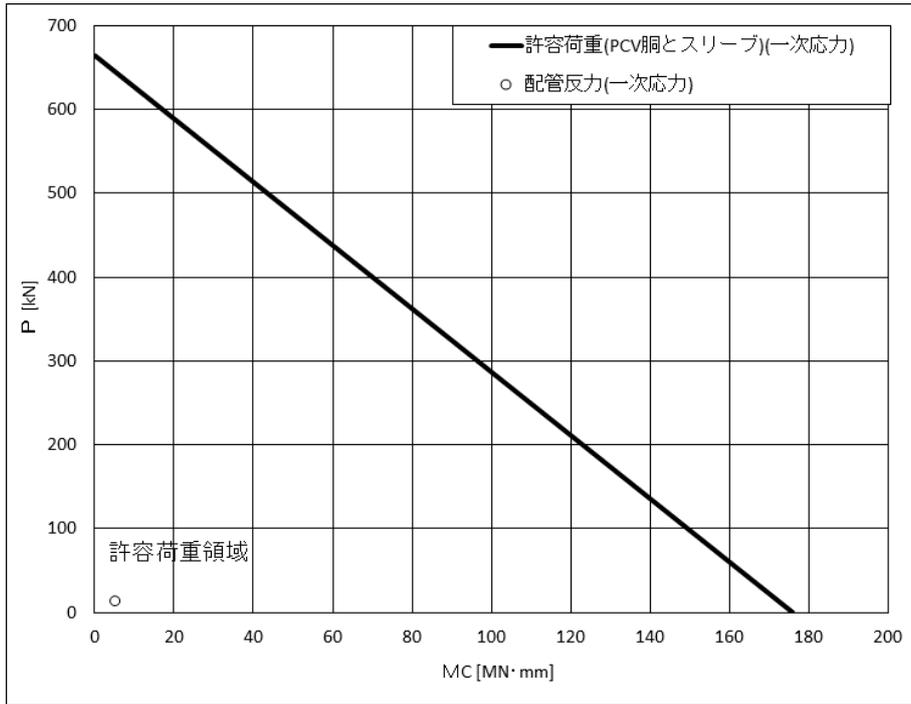


上図：一次応力に対する許容荷重領域

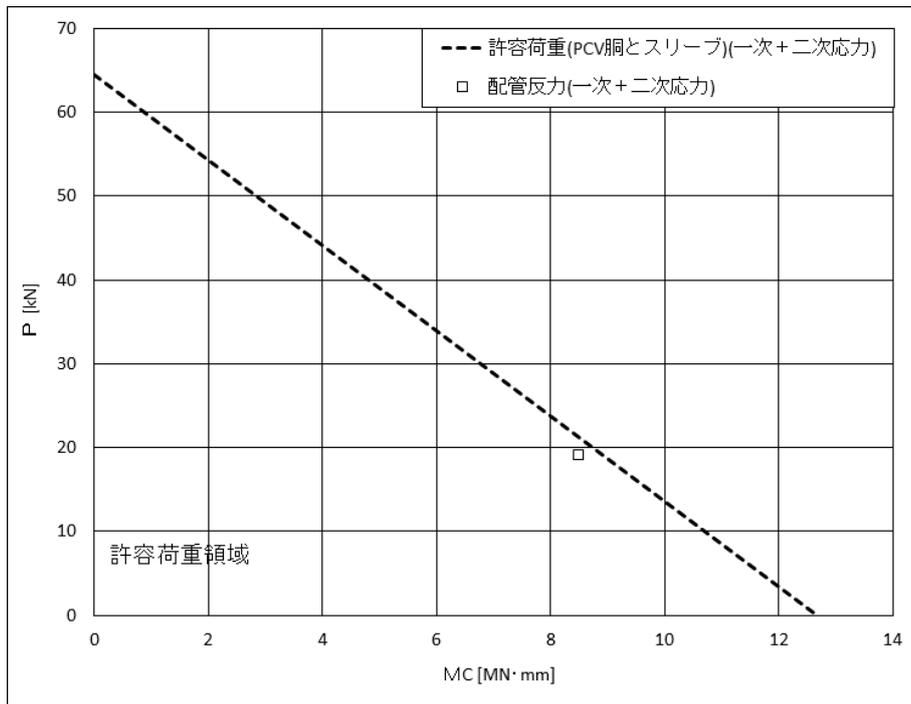


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 21 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-233）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

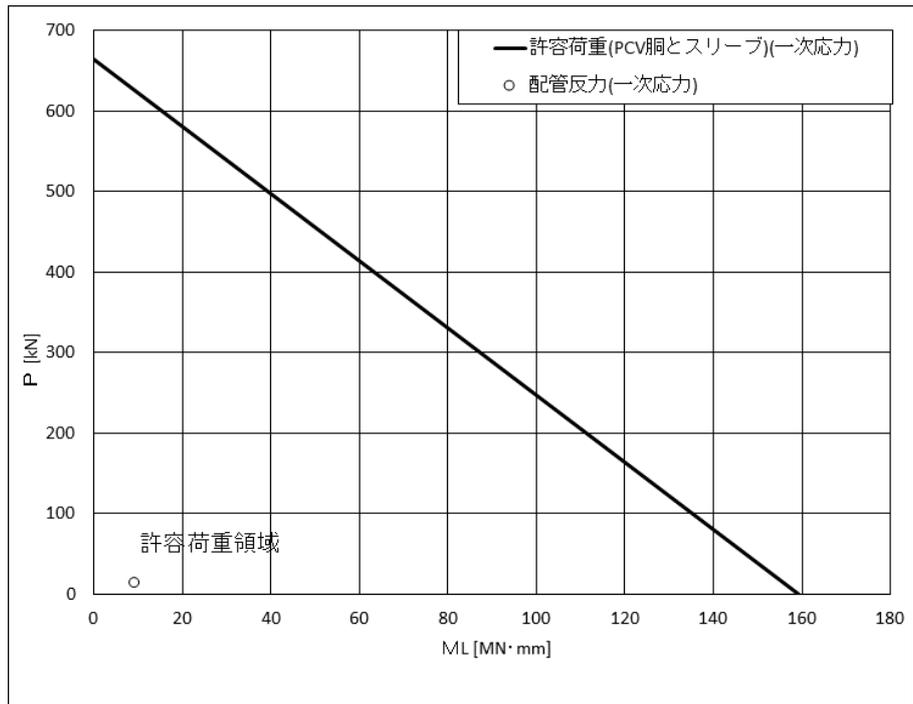


上図：一次応力に対する許容荷重領域

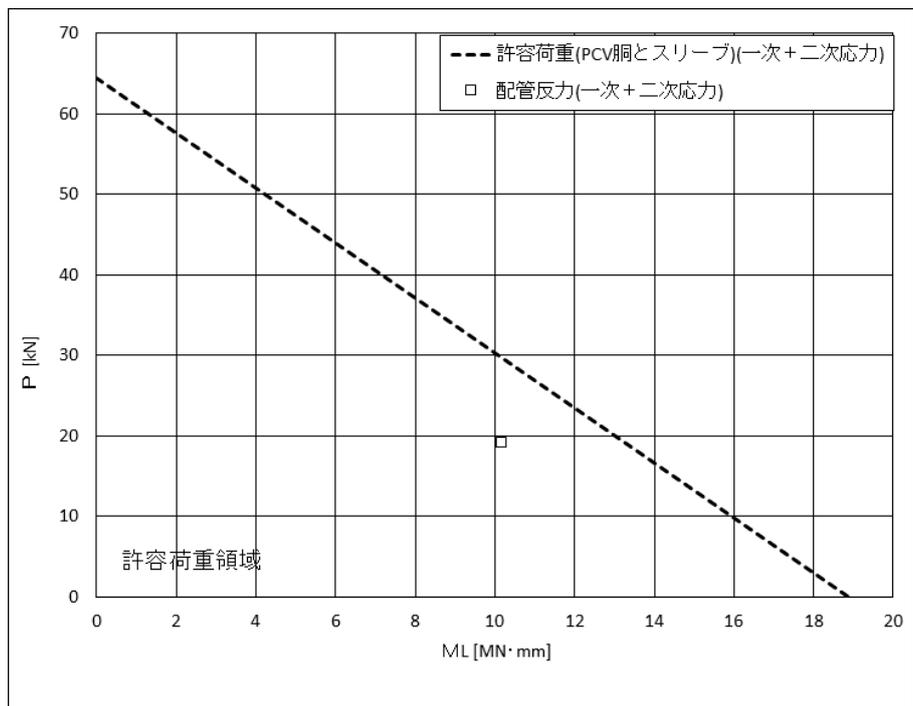


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 22 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-214）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

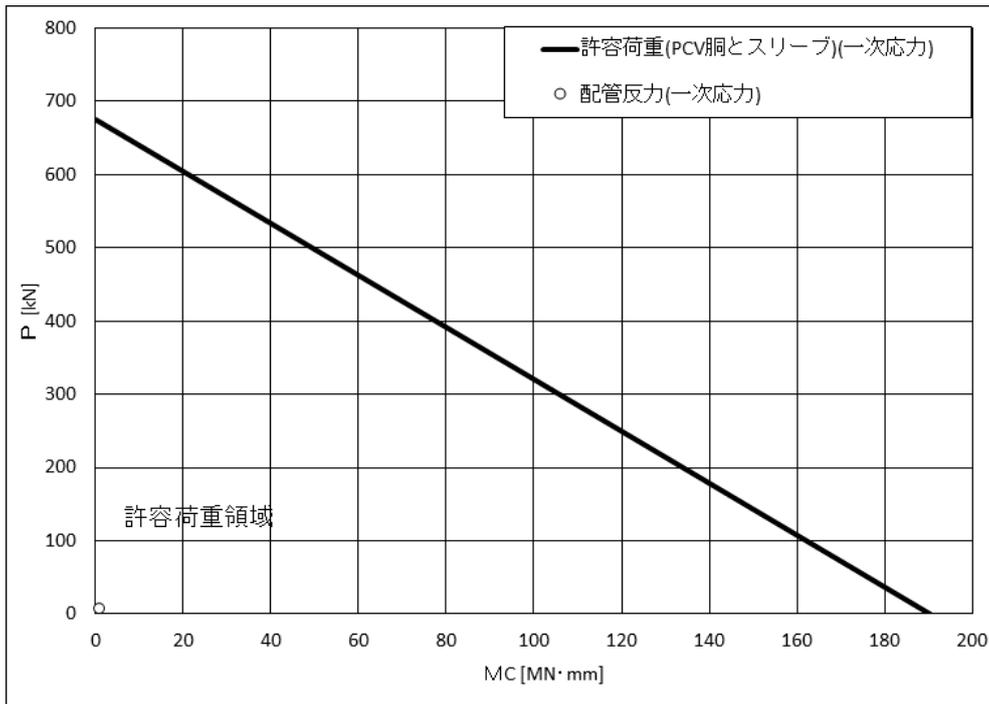


上図：一次応力に対する許容荷重領域

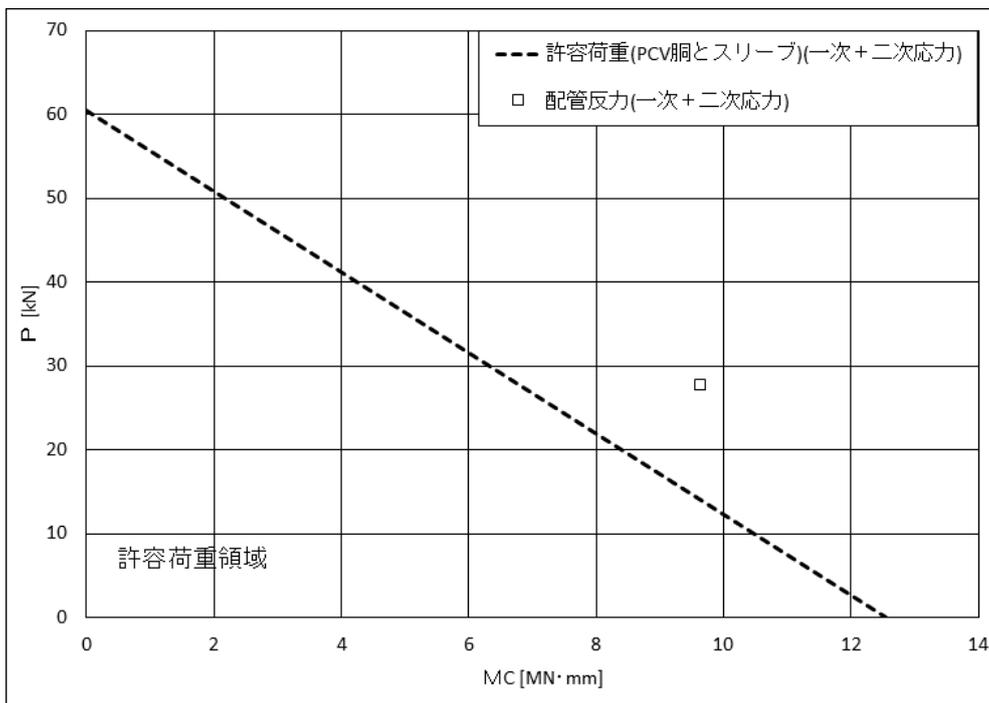


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 22 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-214）（その 2：縦軸 P - 横軸 M_L ）

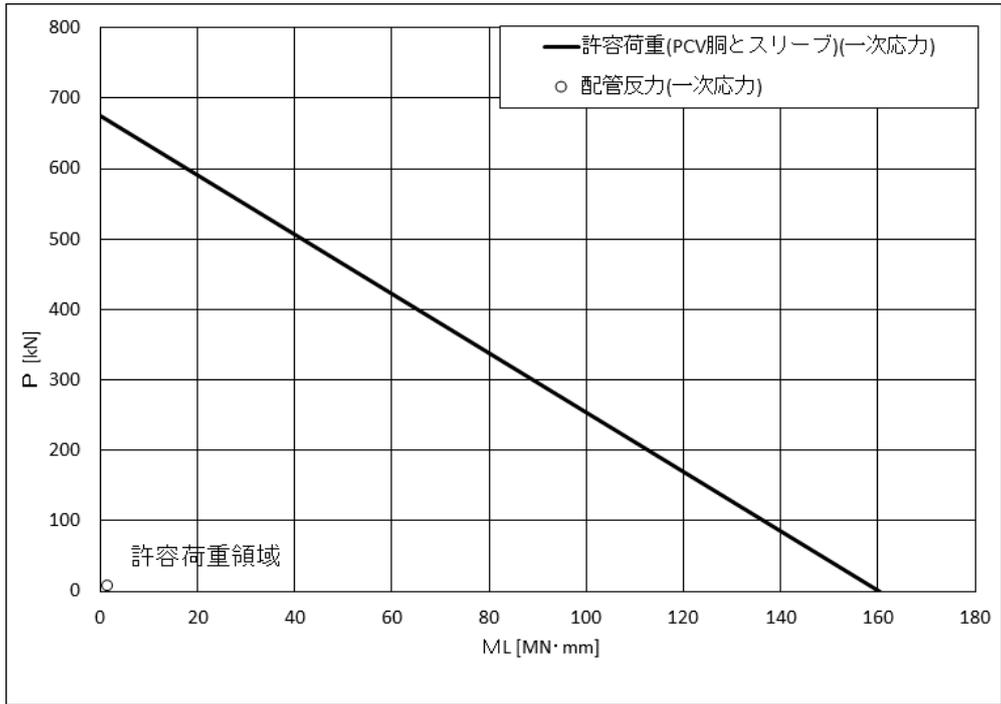


上図：一次応力に対する許容荷重領域

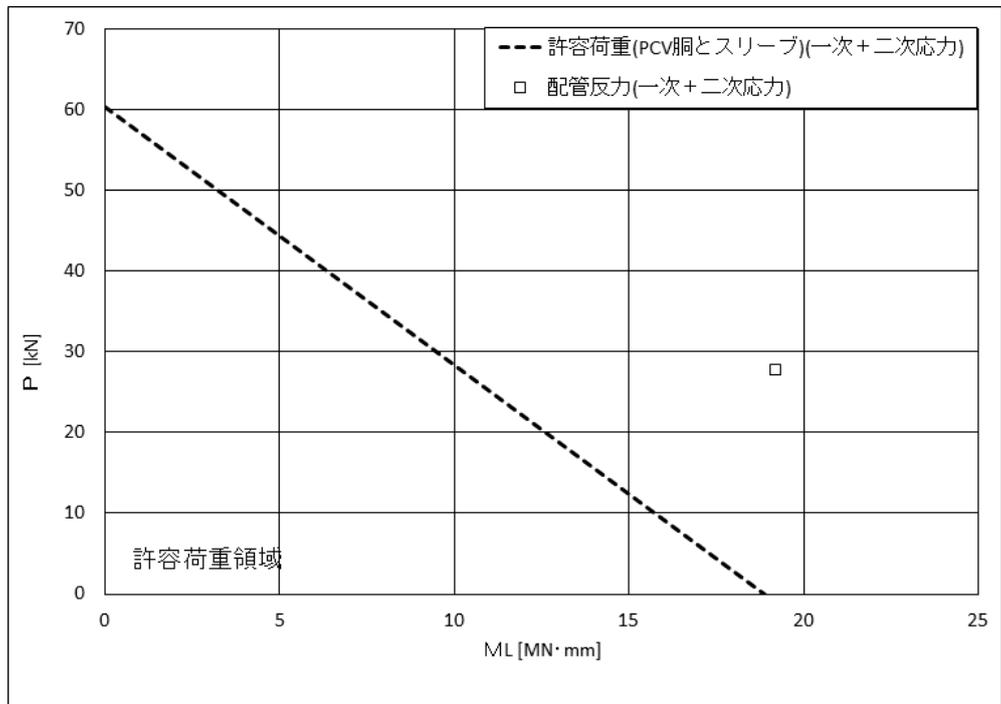


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 23 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-242A）（その 1：縦軸 P －横軸 M_C ）

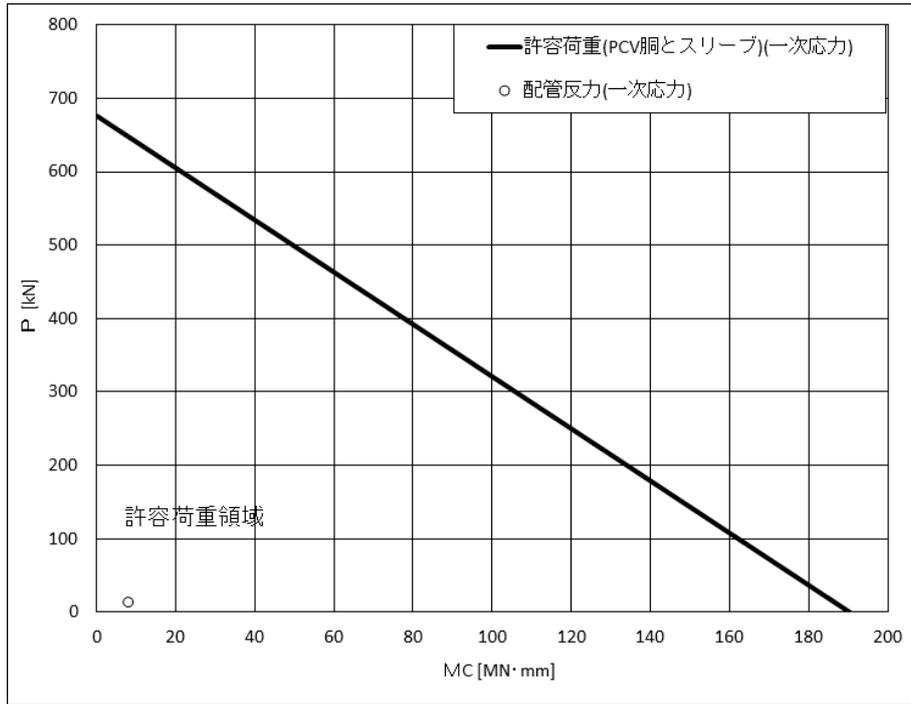


上図：一次応力に対する許容荷重領域

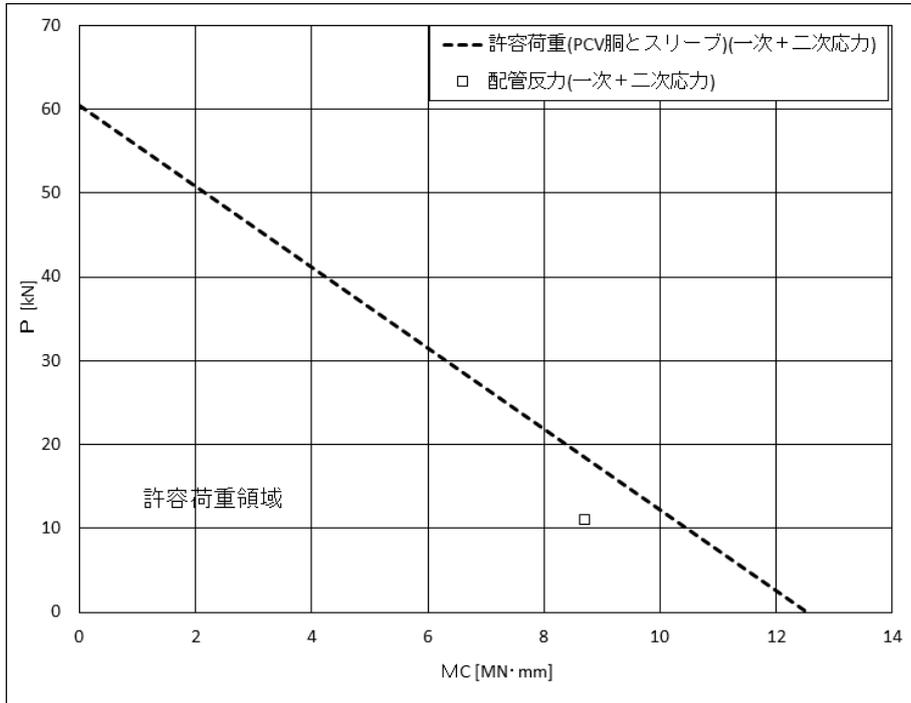


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 23 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-242A）（その 2：縦軸 P - 横軸 M_L ）

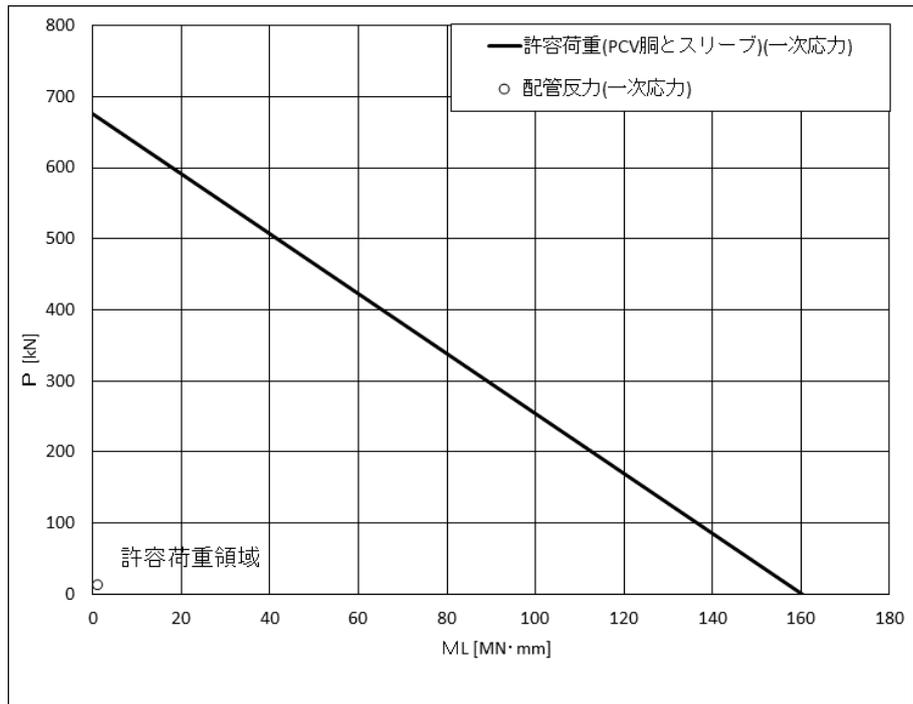


上図：一次応力に対する許容荷重領域

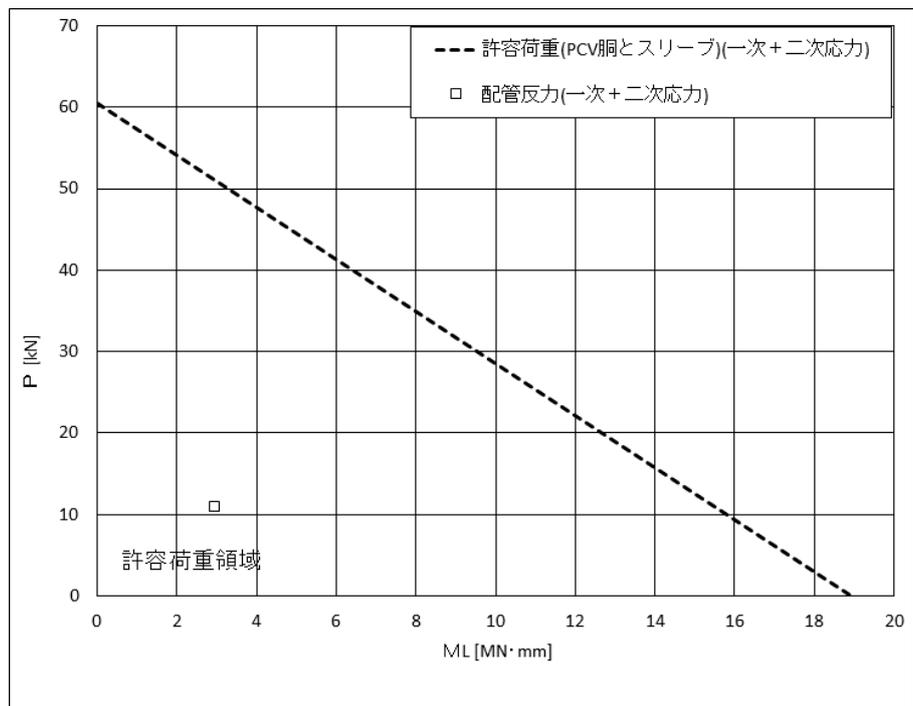


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 24 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-242B）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

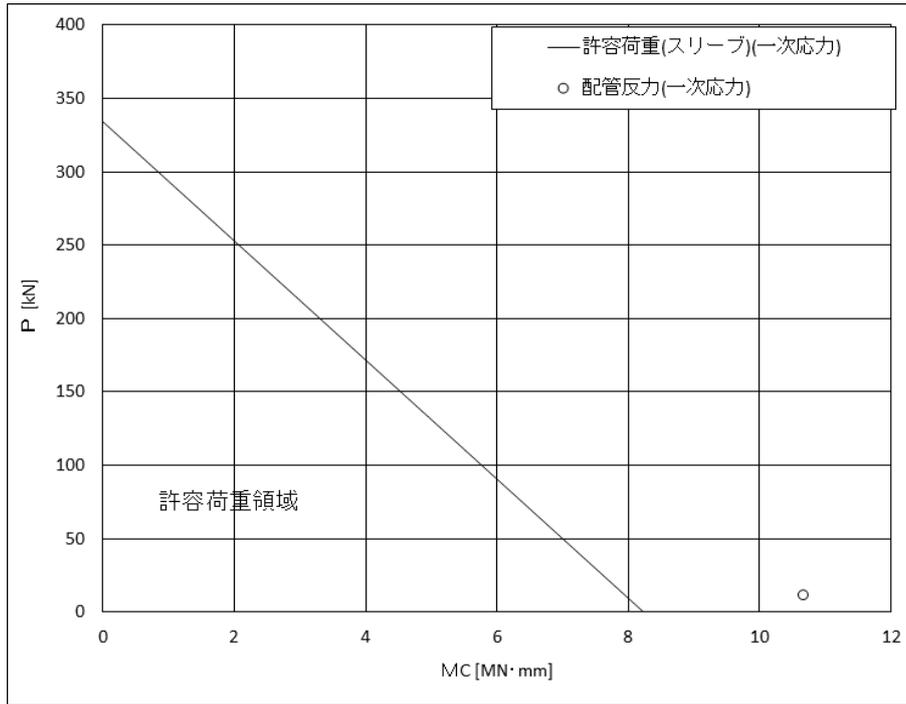


上図：一次応力に対する許容荷重領域

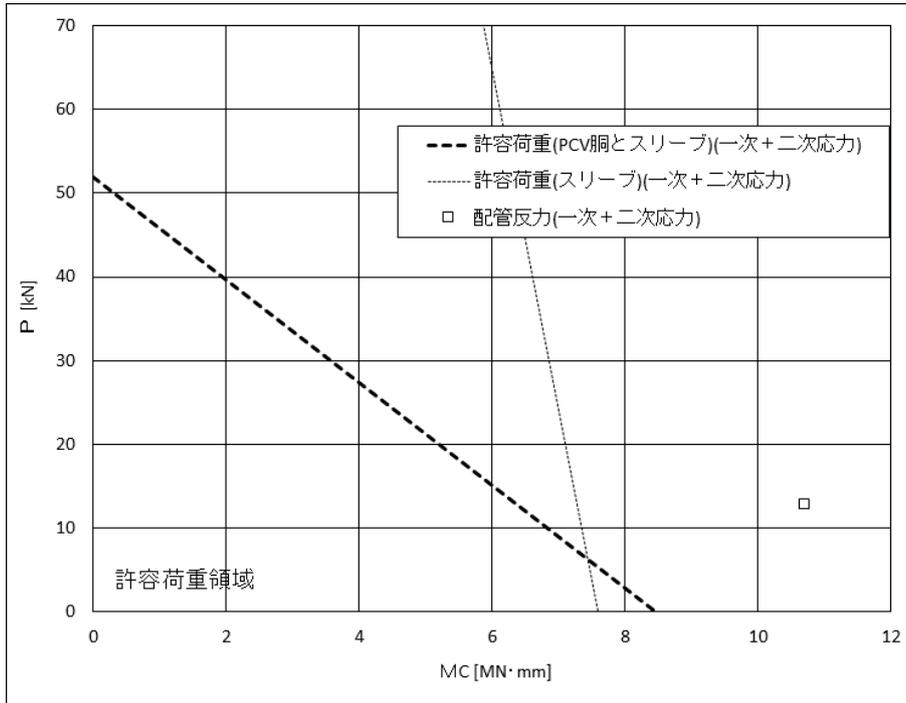


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 24 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-242B）（その 2：縦軸 P - 横軸 M_L ）

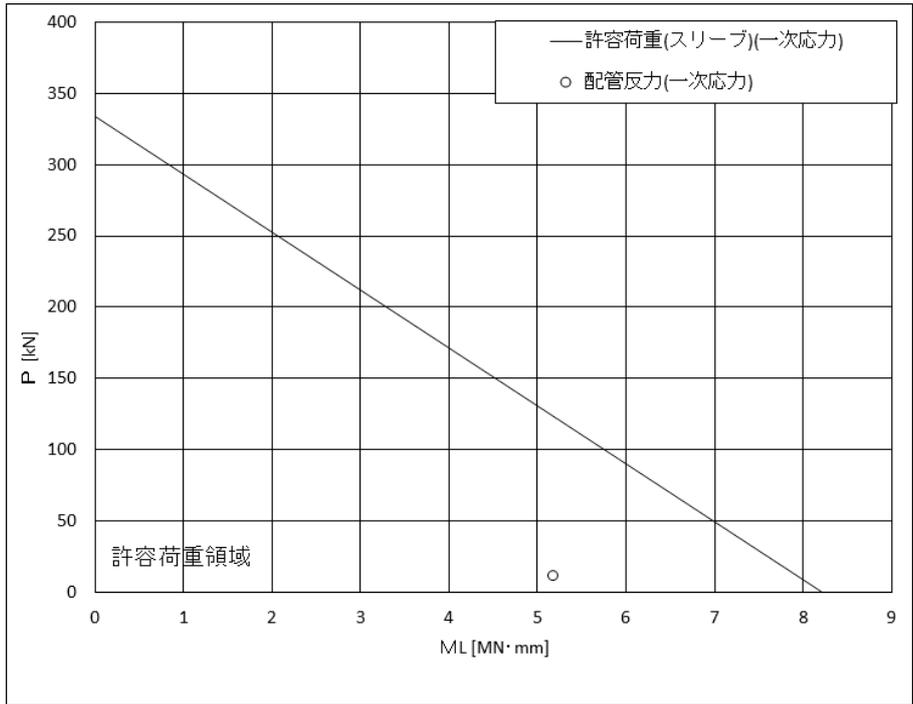


上図：一次応力に対する許容荷重領域

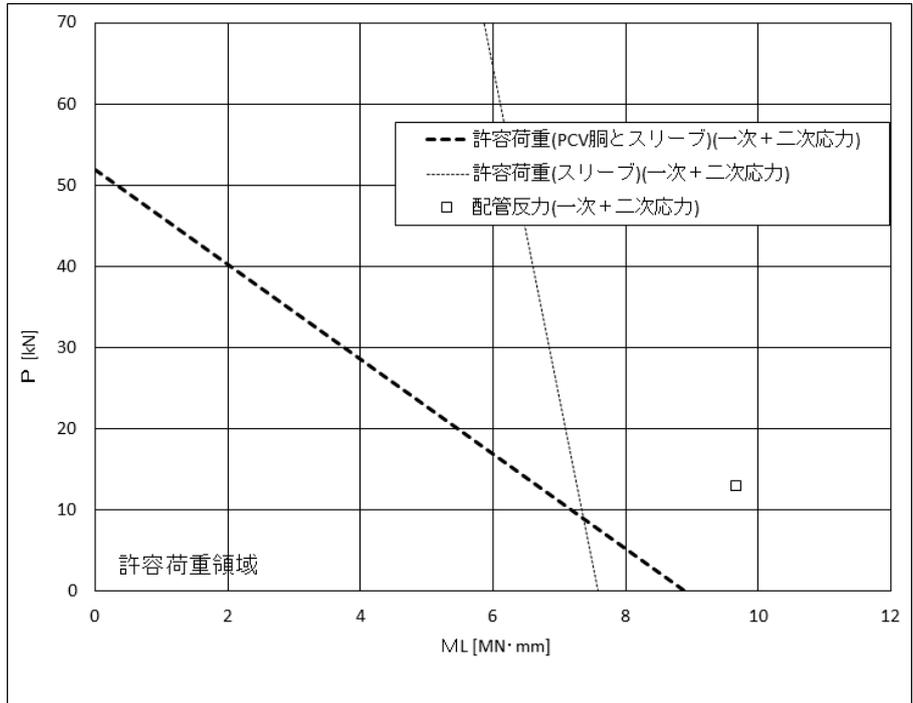


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 25 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-200A）（その 1：縦軸 P - 横軸 M_C ）

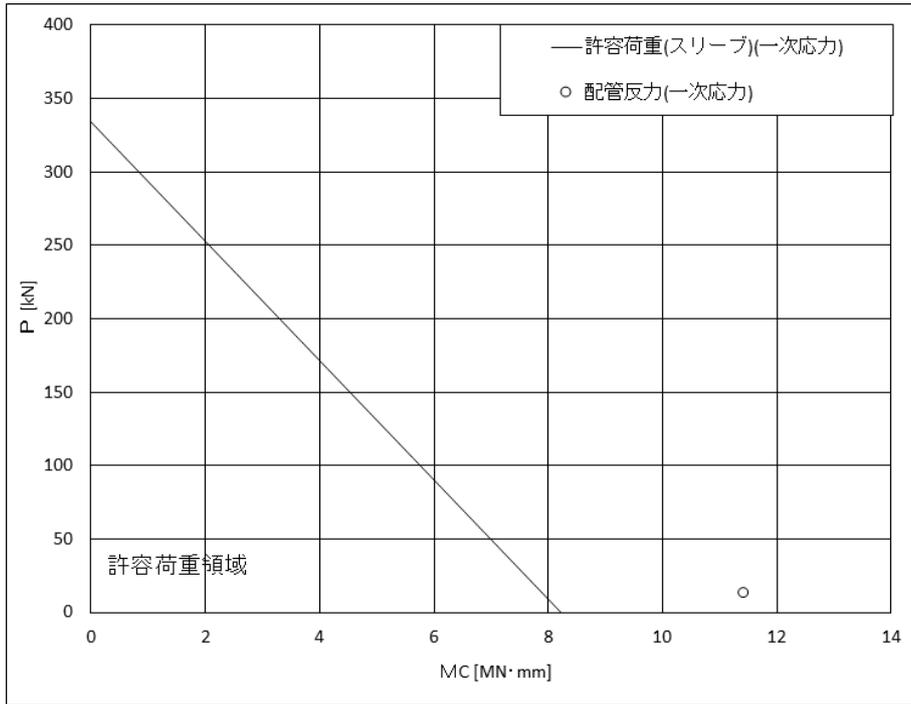


上図：一次応力に対する許容荷重領域

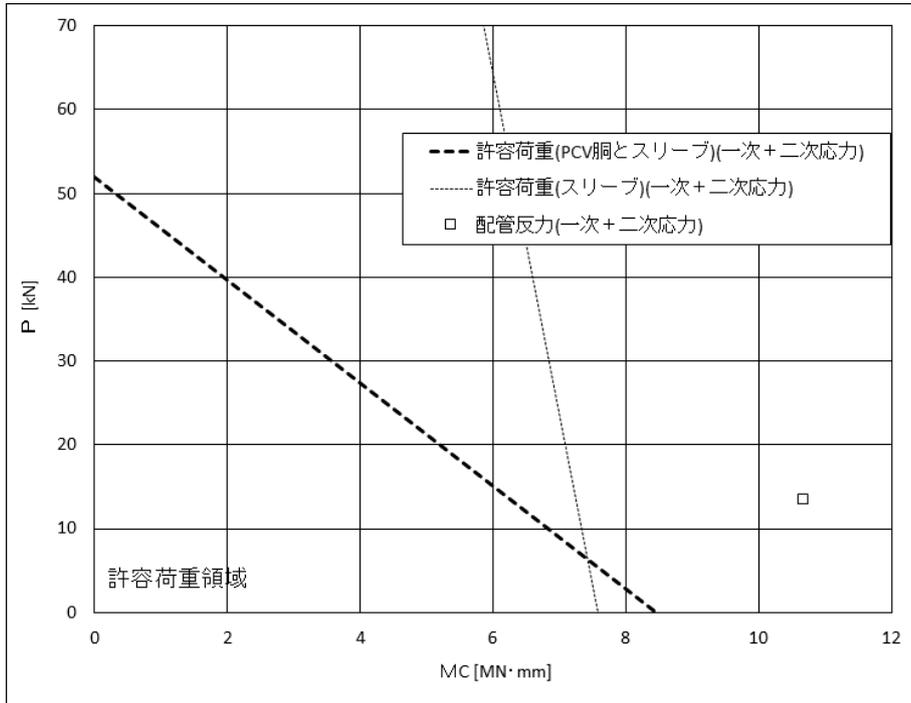


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 25 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-200A）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

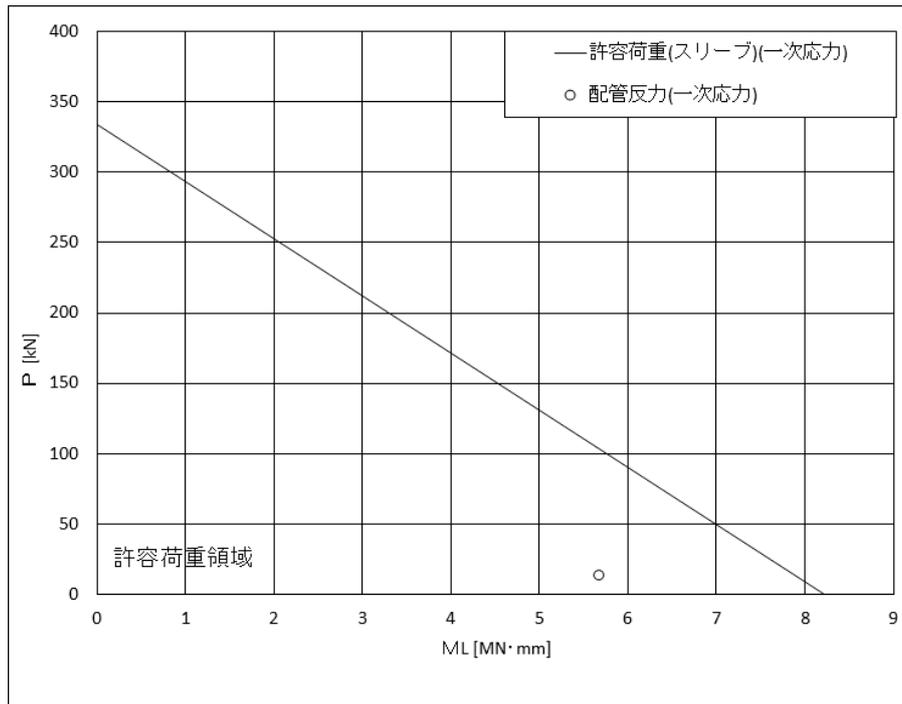


上図：一次応力に対する許容荷重領域

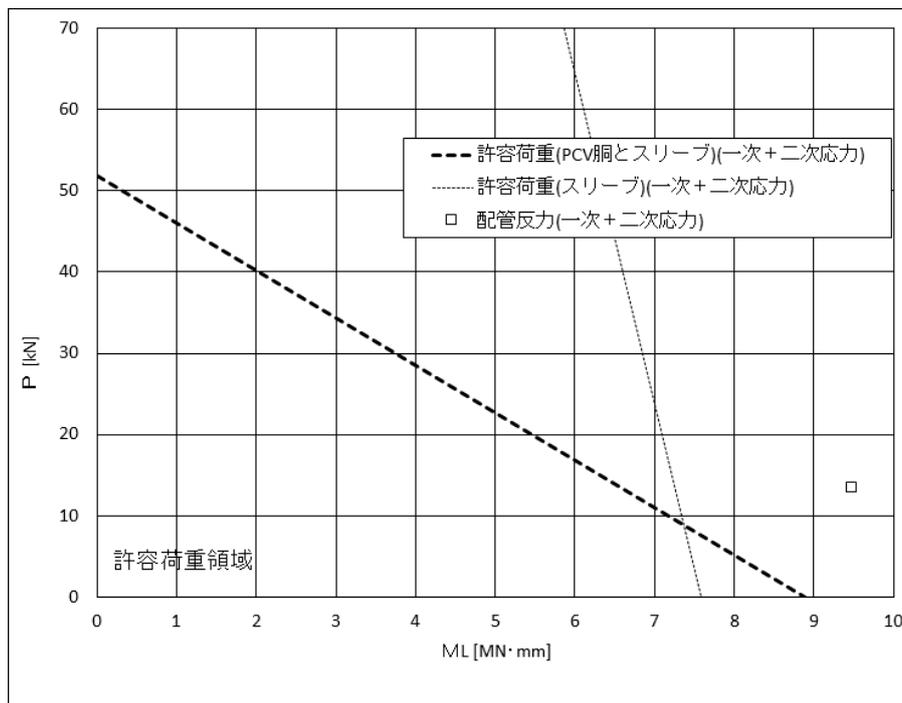


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 26 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-200B）（その 1：縦軸 P－横軸 M_C ）

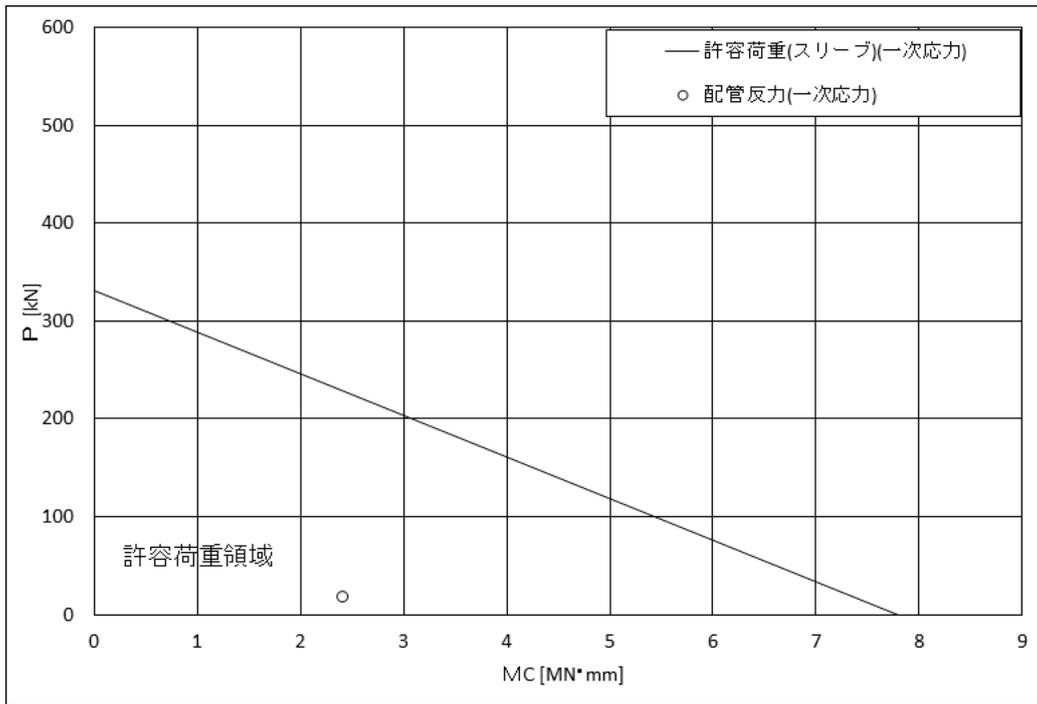


上図：一次応力に対する許容荷重領域

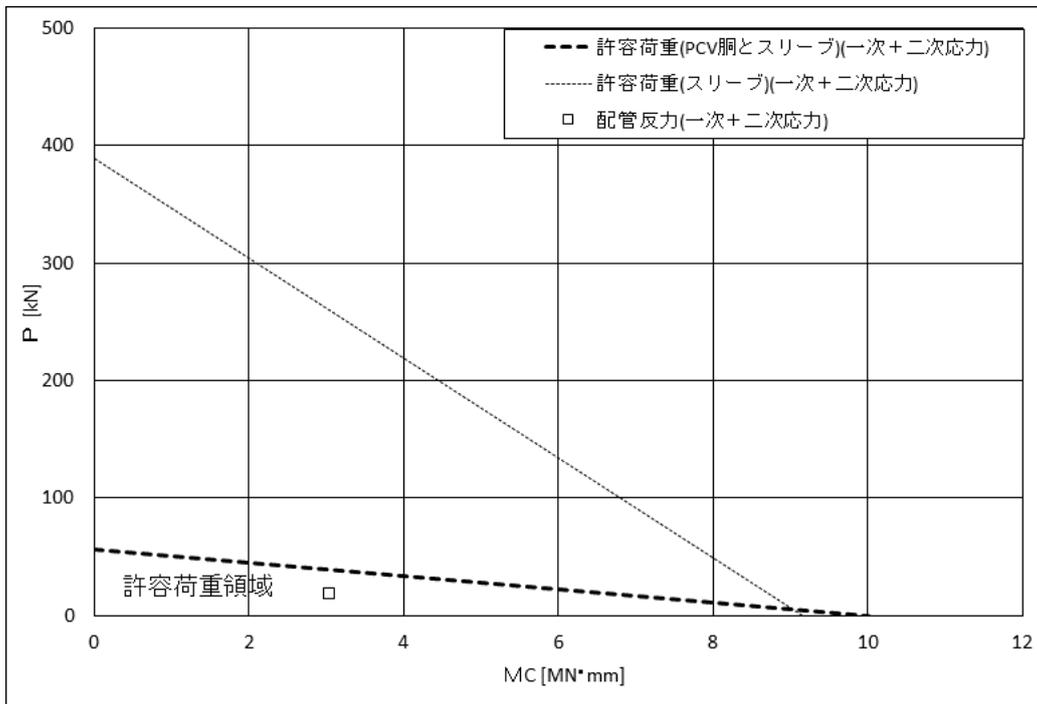


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 26 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-200B）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）

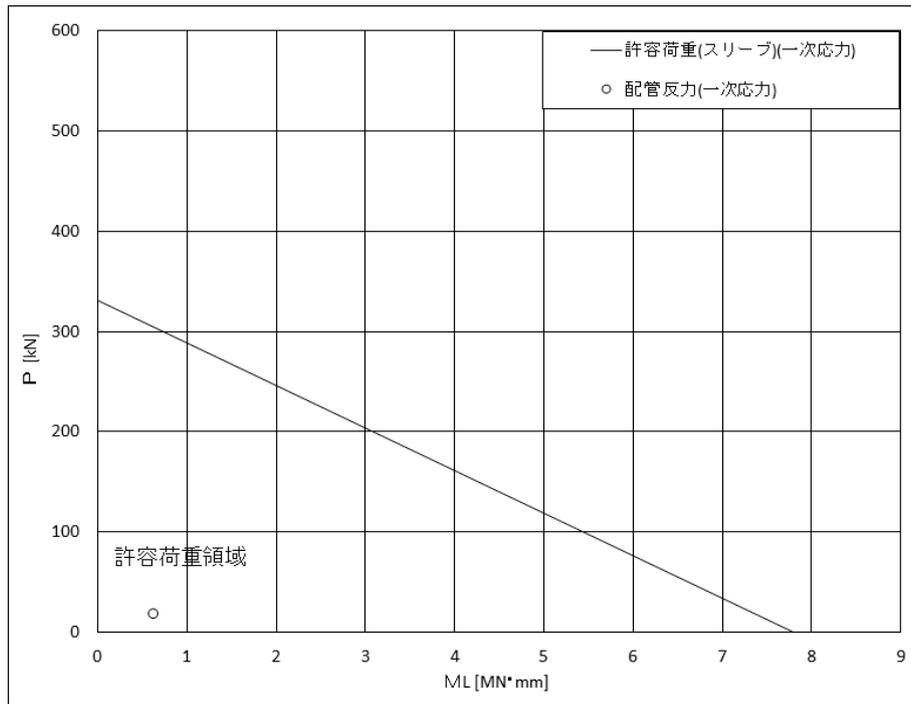


上図：一次応力に対する許容荷重領域

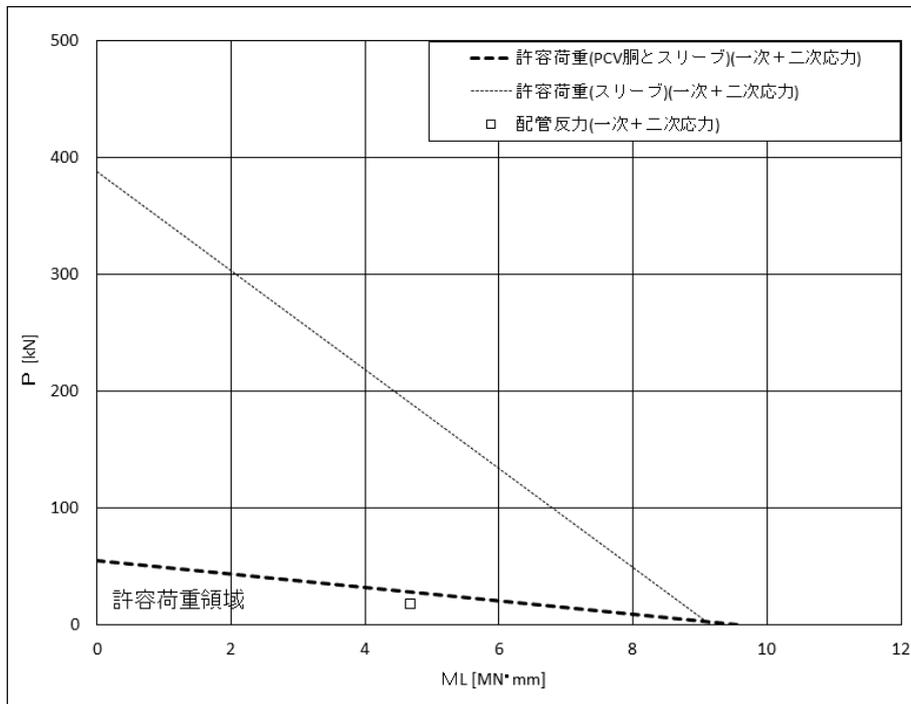


下図：一次+二次応力に対する許容荷重領域

図 27 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-212A）（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 27 許容荷重領域による確認結果（貫通部 No. X-212A）（その 2：縦軸 P－横軸 M_L ）