

### 第3章 オリジナルスリーブの設計

#### 3.1 検討概要

既製品スリーブに代えて中層用 GJ に特化した鋳造オリジナルスリーブを実現できれば、接合部のコンパクト化等のメリットが得られる。オリジナルスリーブ実現の準備検討として、昨年度は「壁パネル先付スリーブ」を対象として FEM 解析により構造性能を検証した。それに引き続き、本事業では「鉄骨梁先付スリーブ」を対象として同様に FEM 解析により構造性能を検証する。なお、鋳造スリーブ部分は昨年度と同一であり、図 3-2 に示す鉄骨梁に接合する M27 ボルト接合用の座堀り加工を設けた鋼板金物を FEM 解析の対象とする。FEM 解析の検討では、鋼板厚をパラメータとして部材応力、接合部の耐力性能を確認する。

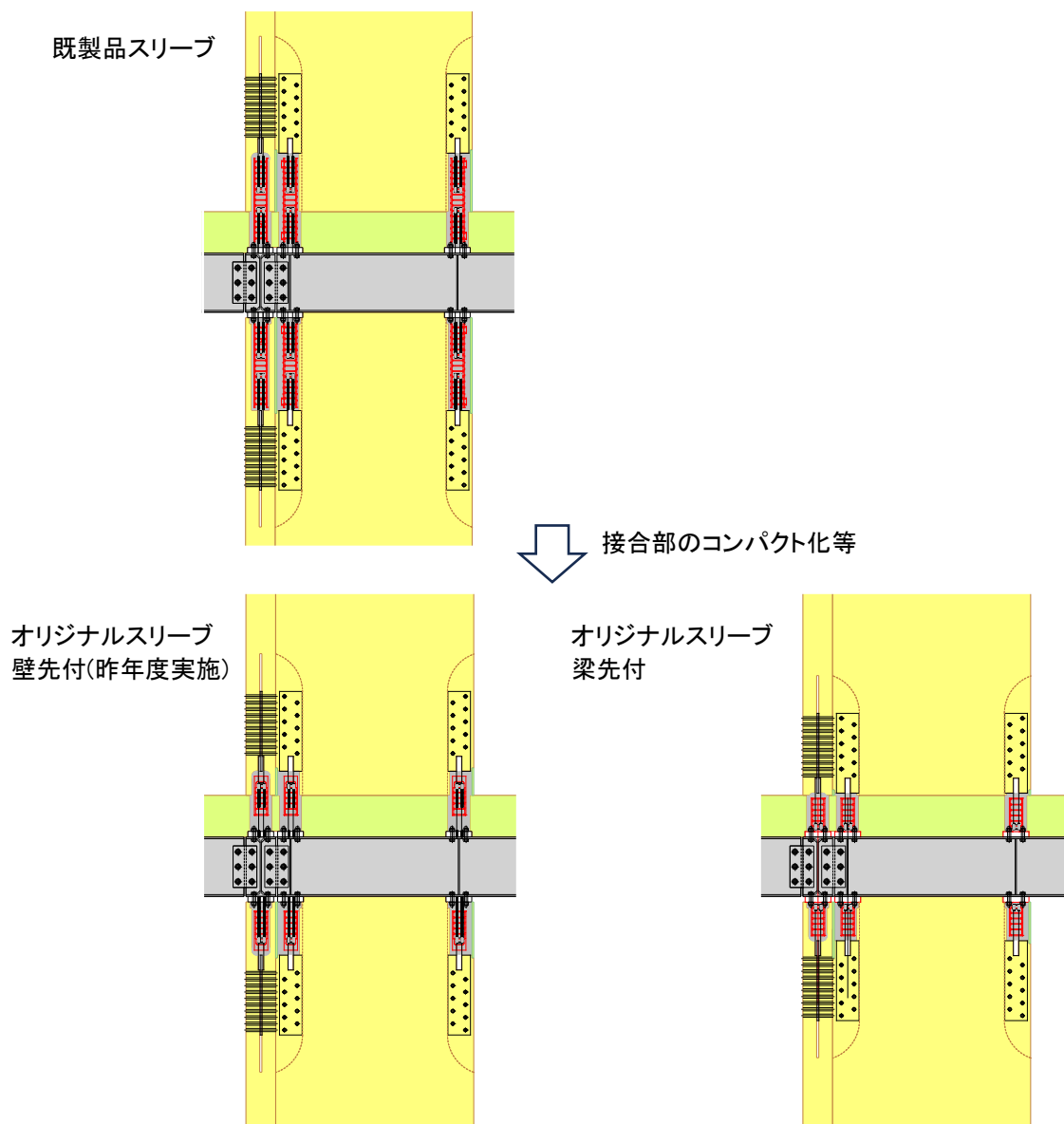


図 3-1 オリジナルスリーブを用いた接合部構成

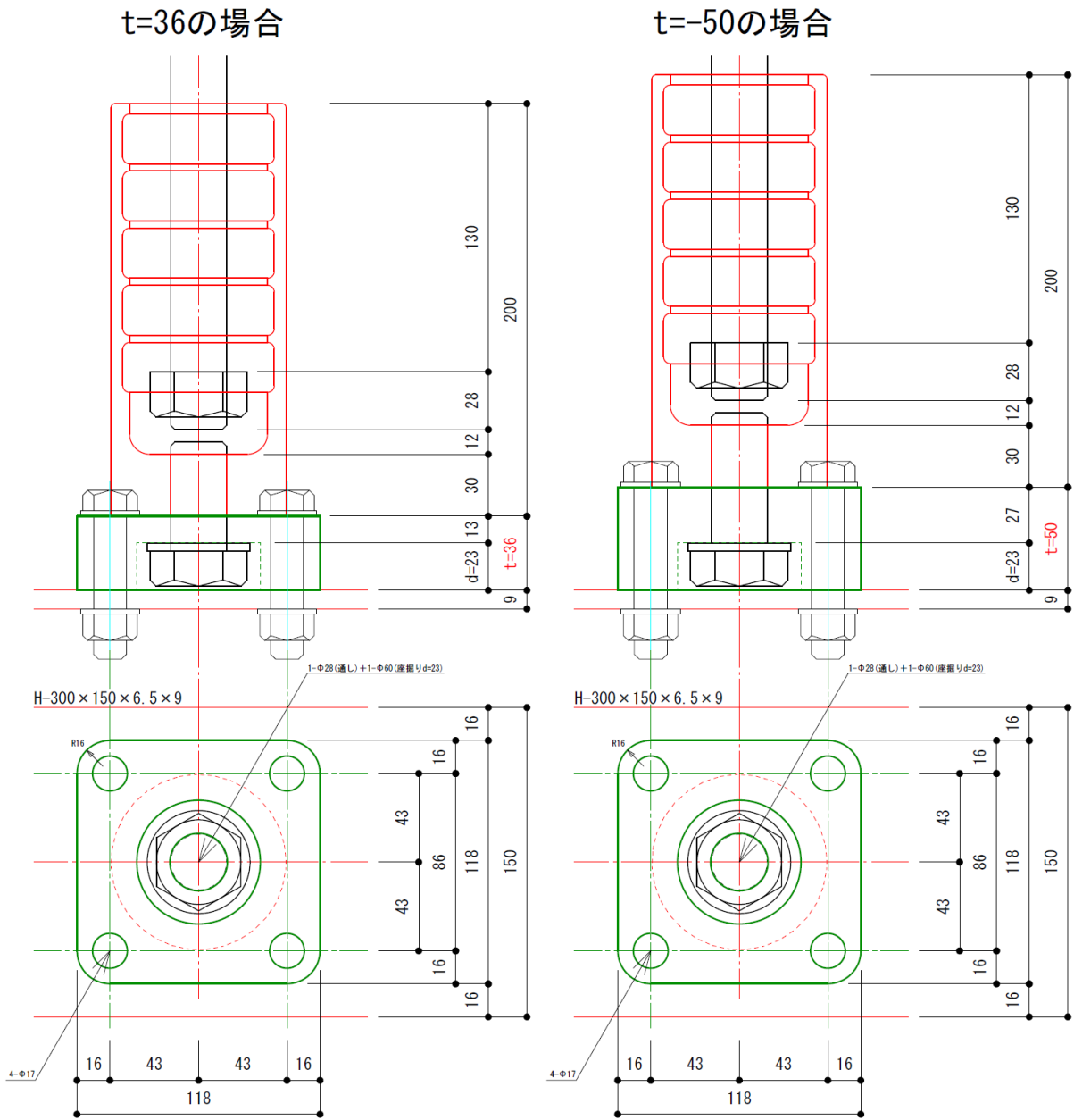


図 3-2 鉄骨梁先付スリーブの構成案  
 (左:鋼板金物厚 36mm の場合, 右:鋼板金物厚 50mm の場合)

### 3.2 解析モデルの設定

解析モデルを図 3-3 に示す。材料定数はすべてヤング係数  $E=205\text{kN/mm}^2$  で、鋼板金物の降伏耐力は SS400 を想定し  $\sigma_y=235\text{N/mm}^2$  で設定し、それ以外のボルトは弾性としすべてのモデルで統一している。また、メッシュサイズも統一している。解析パラメータは鋼板金物の板厚とし、PL-32, 36, 38, 40, 45, 50 の 6 ケースとした。

解析条件は、図3-4に示す ABR490材の破断耐力時に鋼板金物が降伏しないこととし、解析方法は、応力解析として加力させる荷重は、表3-1を参考に設計用最大耐力  $p_{bu}(=1.3A_b \times F)$  を採用し  $205\text{kN}$  とした。

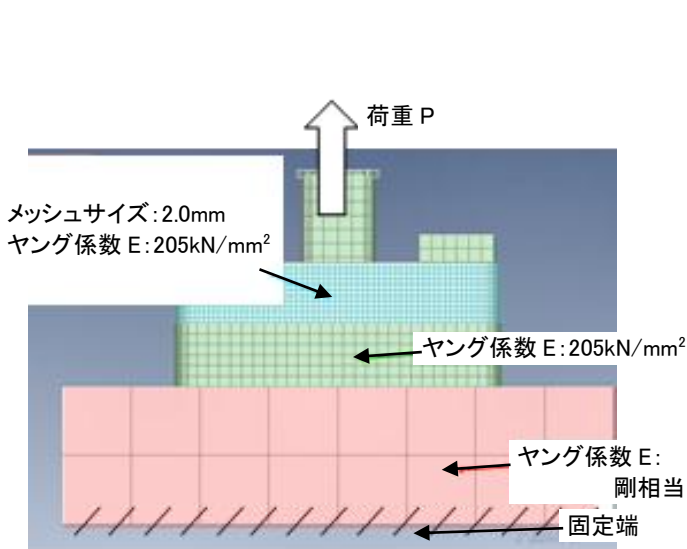


図 3-3 解析モデルの設定

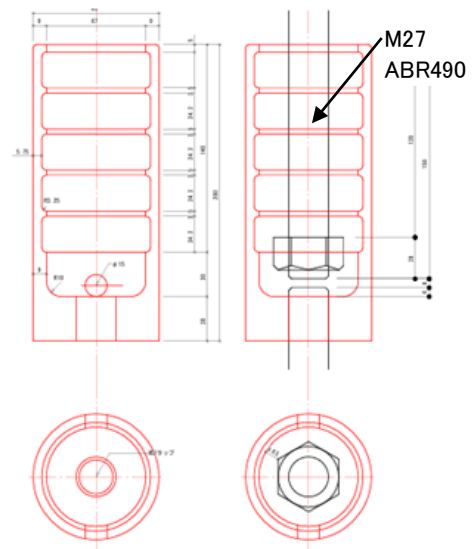


図 3-4 組立図

表 3-1 ABR490の設計耐力一覧(建築用アンカーボルトメーカー協議会より)

ねじの呼び	基準軸径 (mm)	軸部断面積 (mm <sup>2</sup> )	ねじ部有効断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張耐力 (kN) (注1)			せん断耐力 (kN) (注2)	
				短期許容耐力 (注5)	全塑性耐力	設計用最大耐力	短期許容耐力	最大耐力
M16	14.54	166	157	51.0	54.0	70.2	29.4	44.4
M18	16.20	206	192	62.4	67.0	87.0	36.0	54.3
M20	18.20	260	245	79.6	84.5	110	46.0	9.3
M22	20.20	320	303	98.5	104	135	56.9	85.7
M24	21.85	375	353	115	122	159	66.4	99.9
M27	24.85	485	459	149	158	205	86.0	130
M30	27.51	594	561	182	193	251	105	159
M33	30.51	731	694	226	238	309	130	196
M36	33.17	864	817	266	281	366	164	231

全塑性引張耐力  $p_{bp} = A_b \cdot F$ 、

設計用最大引張耐力  $p_{bu} = 1.3A_b \cdot F$

$A_e$  : ねじ部有効断面積、

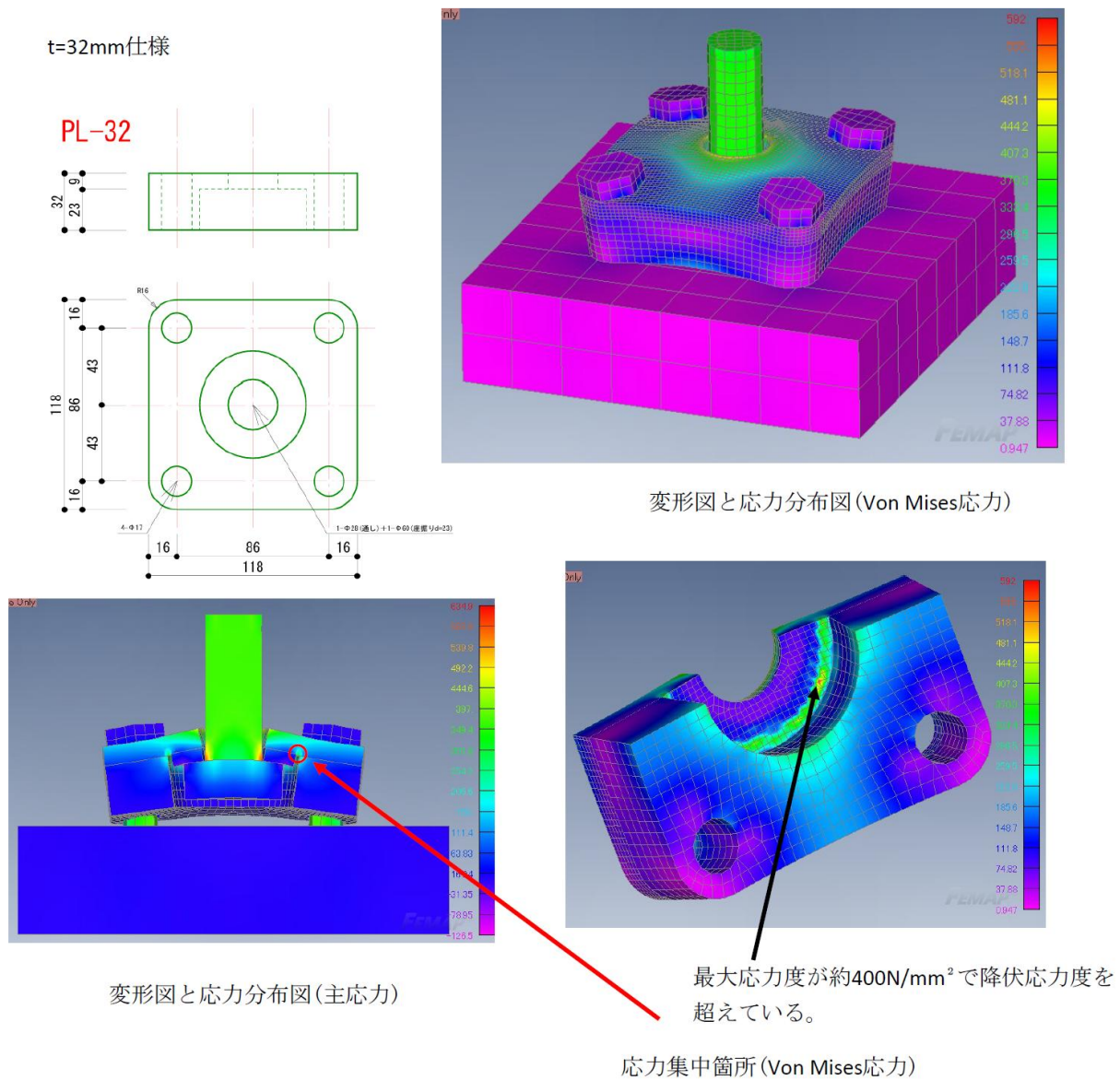
$A_b$  : 軸部断面積、

$F$  : 鋼材の基準強度

### 3.3 解析結果

#### 1) 応力解析

鋼板金物の板厚に応じた解析結果を図3-5-1から図3-5-6までに応力解析結果のコンター図をそれぞれ示す。

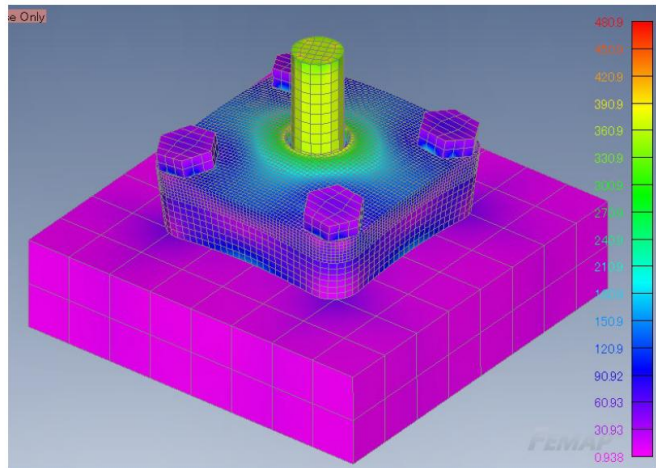
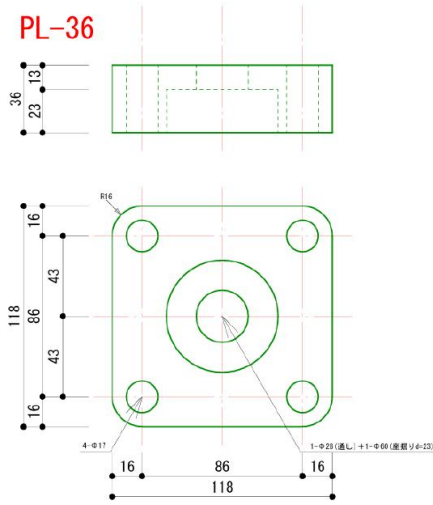


M27ボルトの座金接触部で応力が集中したことで、金物の座彫り付近で降伏している。

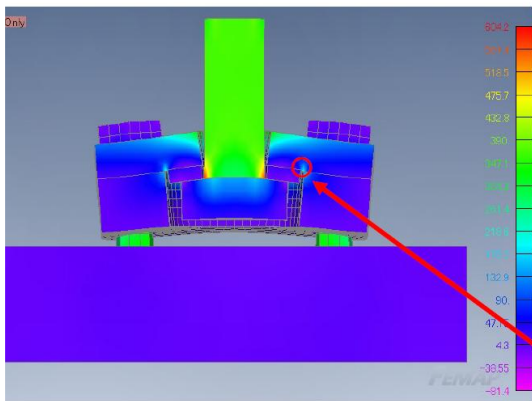
図 3-5-1 金物の厚み t=32mm の場合の応力解析結果

t=36mm仕様

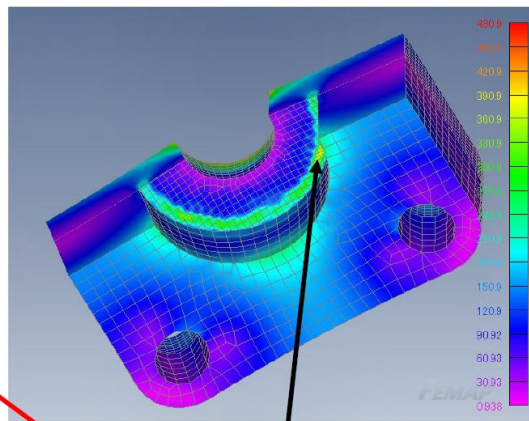
PL-36



変形図と応力分布図 (Von Mises応力)



変形図と応力分布図 (主応力)



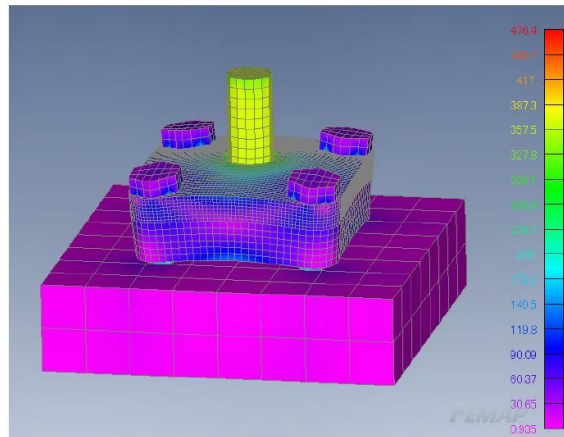
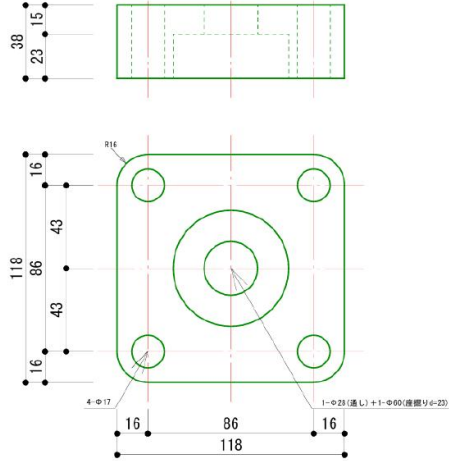
最大応力度が約 $300\text{N/mm}^2$ で降伏応力度を超えている。

応力集中箇所 (Von Mises応力)

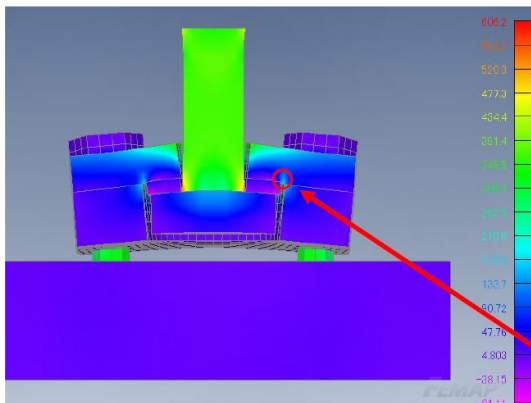
図 3-5-2 金物の厚み t=36mm の場合の応力解析結果

t=38mm仕様

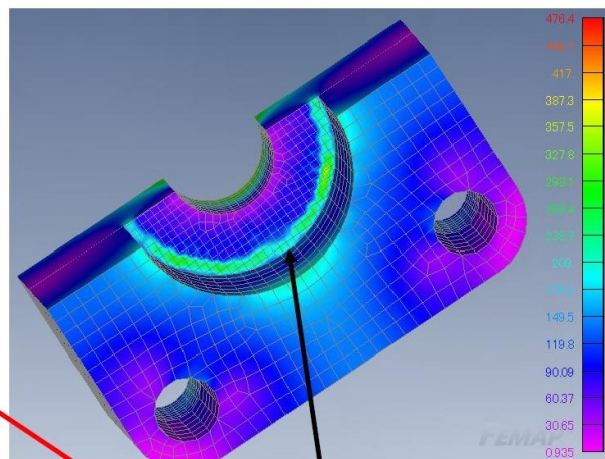
PL-38



変形図と応力分布図 (Von Mises応力)



変形図と応力分布図(主応力)



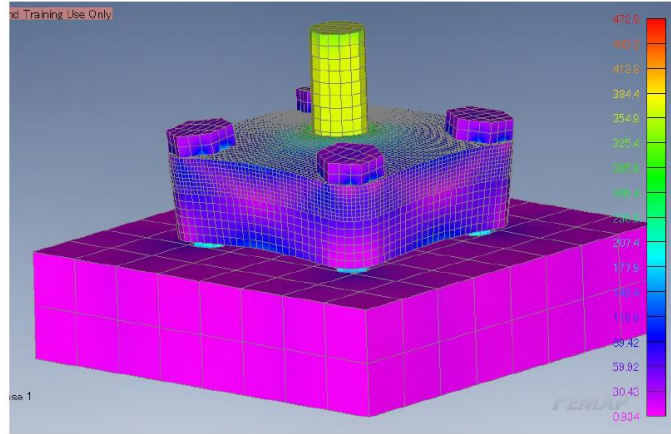
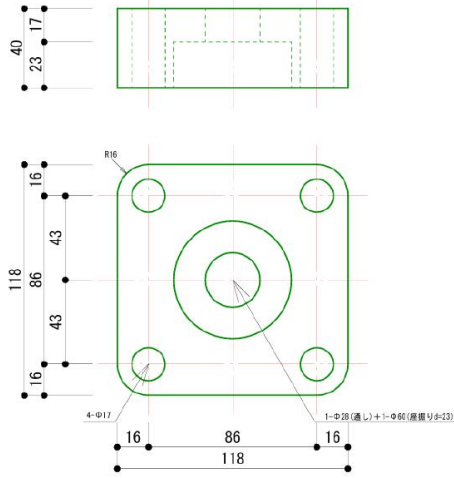
応力集中箇所 (Von Mises応力)

最大応力度が約273N/mm<sup>2</sup>で降伏応力度を  
超えている。

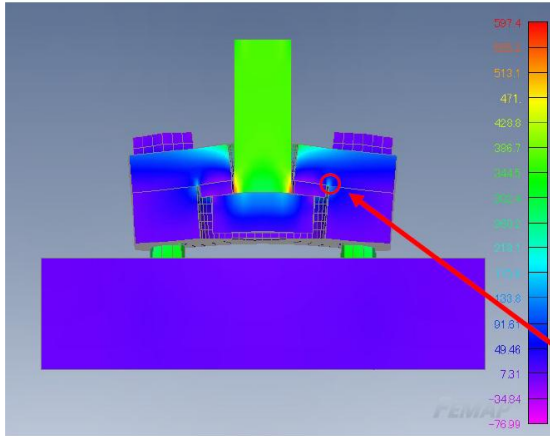
図 3-5-3 金物の厚み t=38mm の場合の応力解析結果

t=40mm仕様

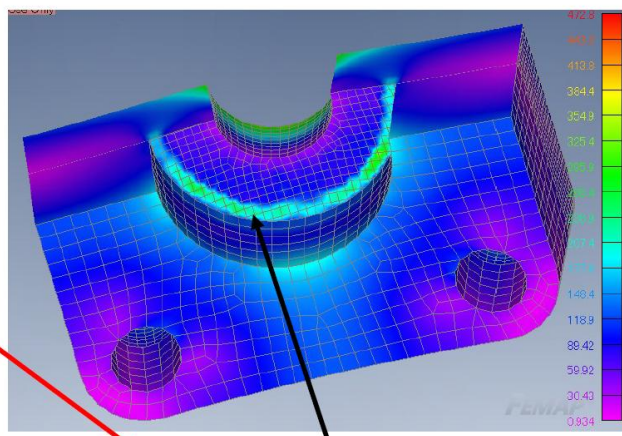
PL-40



変形図と応力分布図 (Von Mises応力)



変形図と応力分布図 (主応力)



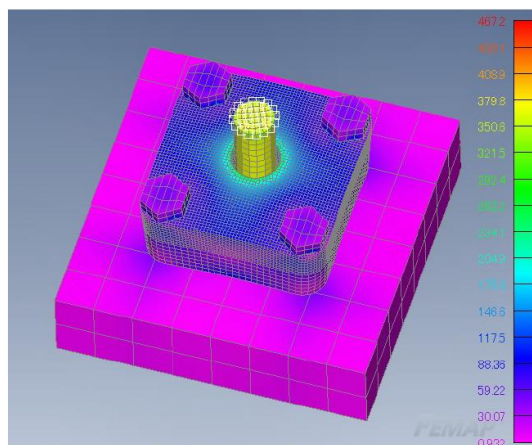
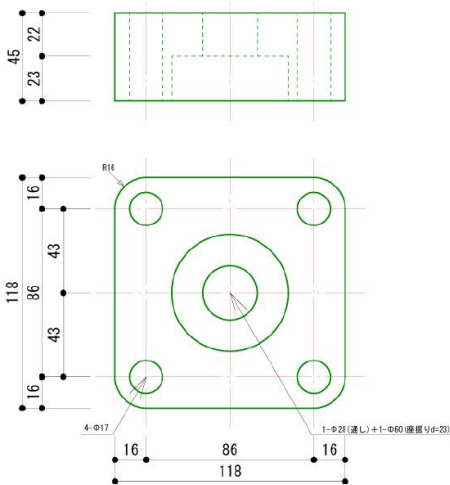
最大応力度が約 $248.71\text{N/mm}^2$ で降伏応力度を超えている。

応力集中箇所 (Von Mises応力)

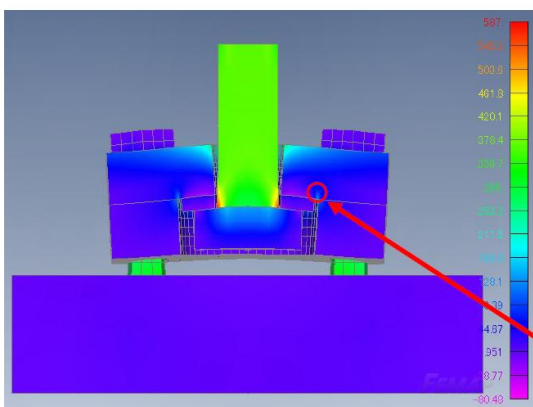
図 3-5-4 金物の厚み t=40mm の場合の応力解析結果

t=45mm仕様

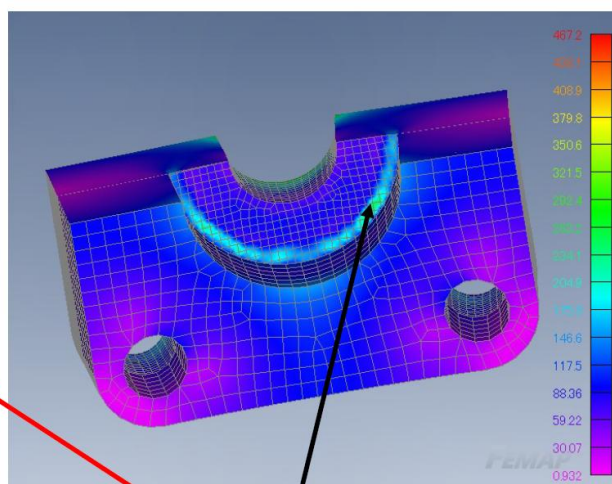
PL-45



変形図と応力分布図 (Von Mises応力)



変形図と応力分布図 (主応力)



最大応力度が約207N/mm<sup>2</sup>で降伏応力度内

応力集中箇所 (Von Mises応力)

図 3-5-5 金物の厚み t=45mm の場合の応力解析結果



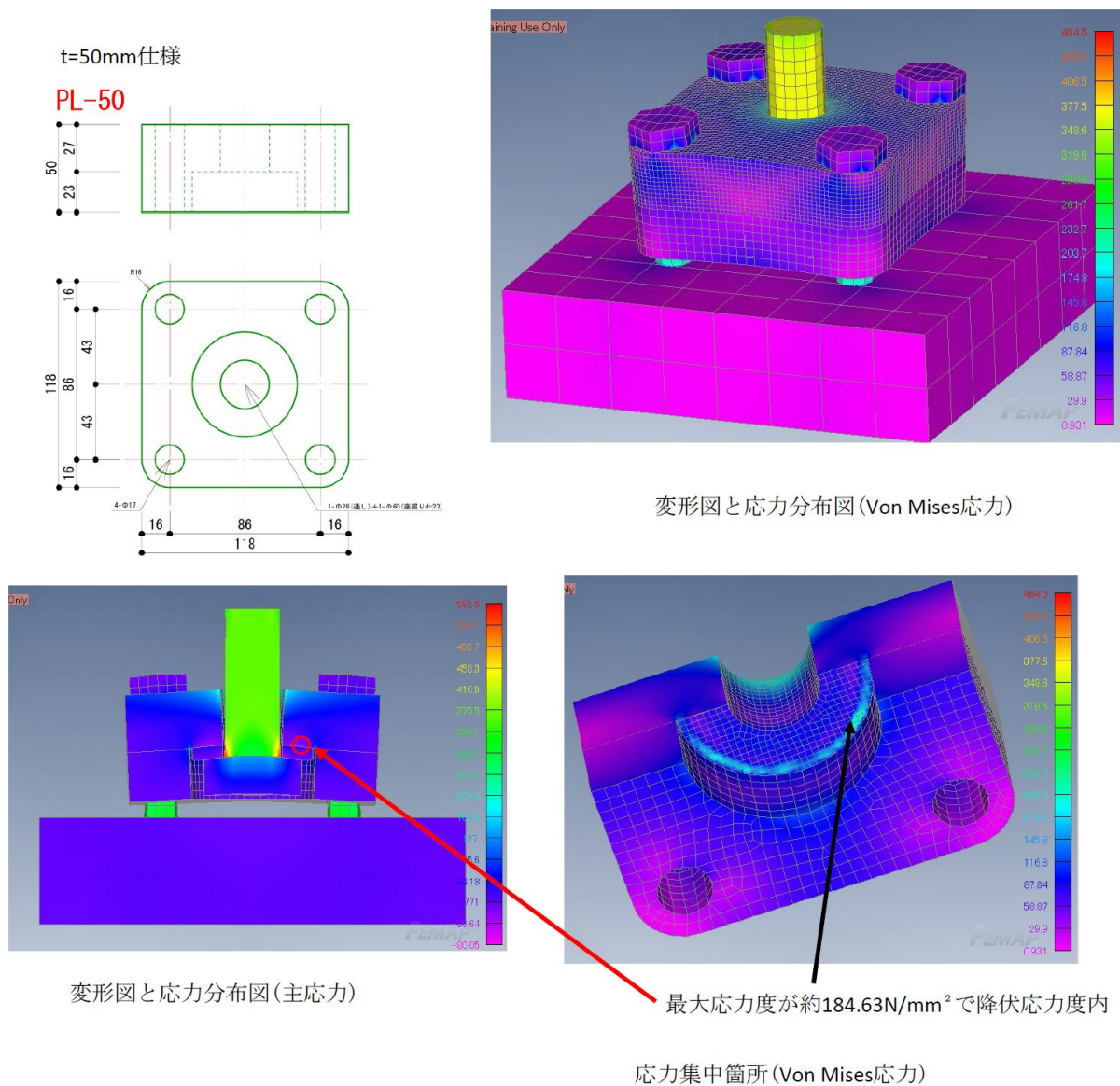


図 3-5-6 金物の厚み  $t=50\text{mm}$  の場合の応力解析結果

応力解析結果から金物に作用する最大応力度の一覧を表 3-2 に示す。

解析は ABR490 の  $P=205\text{kN}$  で解析を行っている。表 3-1 を参考に ABR490 の全塑性耐力  $158\text{kN}$  時の応力を合わせて併記する。いずれの試験体での M27 ボルトのワッシャーの座彫り部分 ( $\phi 60$ ) 地点で最大応力度を計測している。

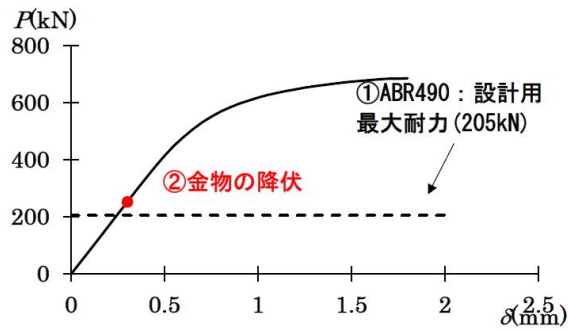
ボルトの設計用最大耐力  $1.3F$  時では金物の板厚  $45\text{mm}$ 、全塑性耐力  $F$  時では金物の板厚  $36\text{mm}$  以上の範囲で金物の降伏応力度  $235\text{N/mm}^2$  を超えないことが確認できた。

表 3-2 各解析結果の金物に作用する最大応力度

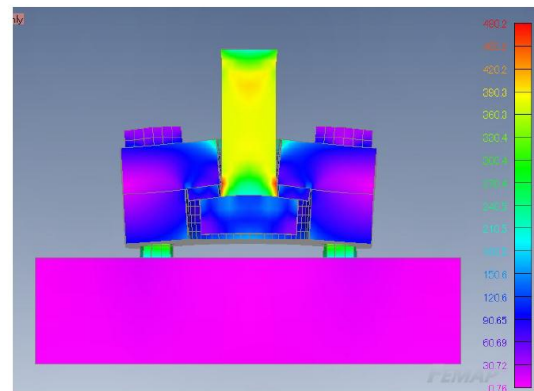
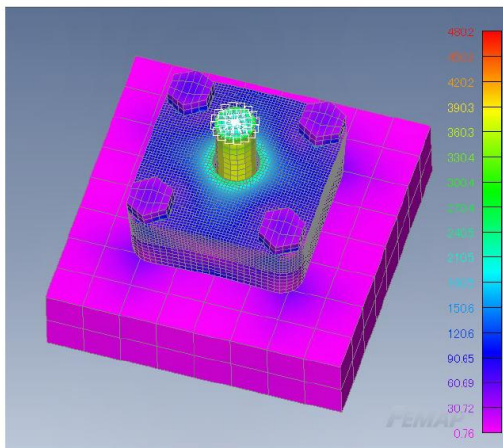
荷重 P	応力集中部の最大応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	金物の板厚					
		32mm	36mm	38mm	40mm	45mm	50mm
205kN	設計用最大耐力 $1.3F$ 時	399.9	303.2	273.6	248.7	207.0	184.6
158kN	全塑性耐力 $F$ 時	307.6	233.2	210.5	191.3	159.2	142.0

## 2) 増分解析結果

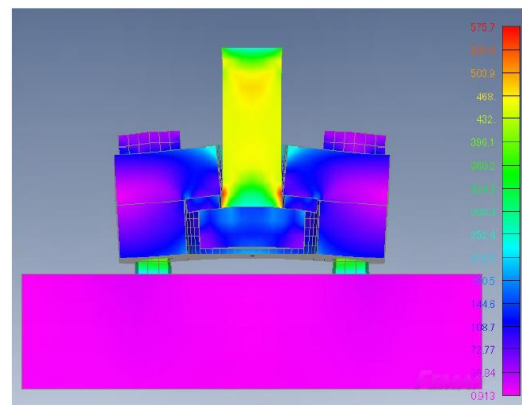
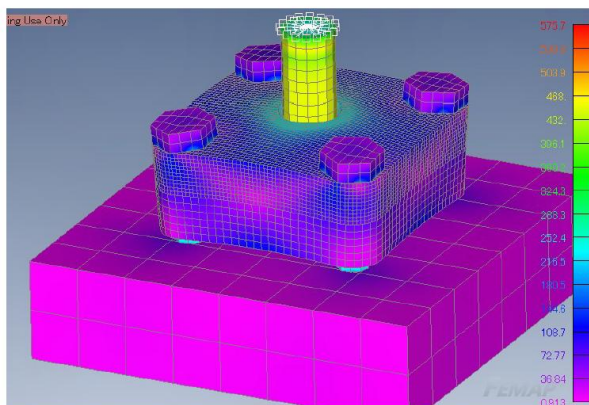
応力解析結果から、降伏耐力に達していない解析は $t=45\text{mm}$ より厚いものである。そこで、PL-32からPL-45までの解析モデル増分解析を行い、その特性について確認する。応力解析で安全であったPL-45のM27ボルトの軸力 $P$ と軸方向変形 $\delta$ のグラフを図3-6に示す。また、図中に示す凡例時のコンター図を(b)、(c)にそれぞれ示す。



(a) 荷重変形( $P$ - $\delta$ )関係



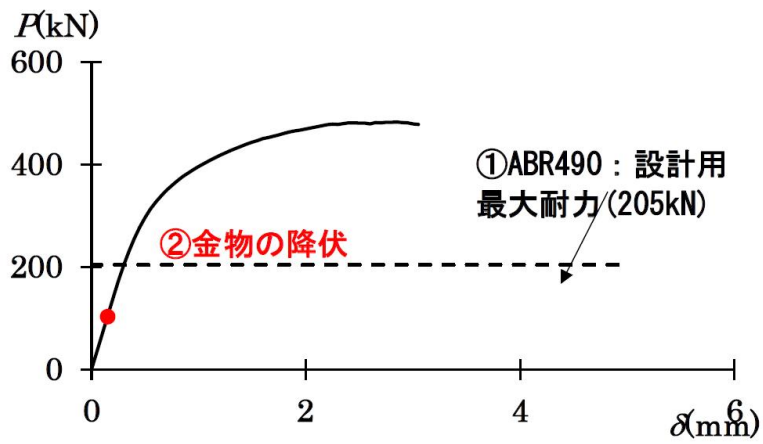
(b) ①時点のコンター図(Von Mises応力)



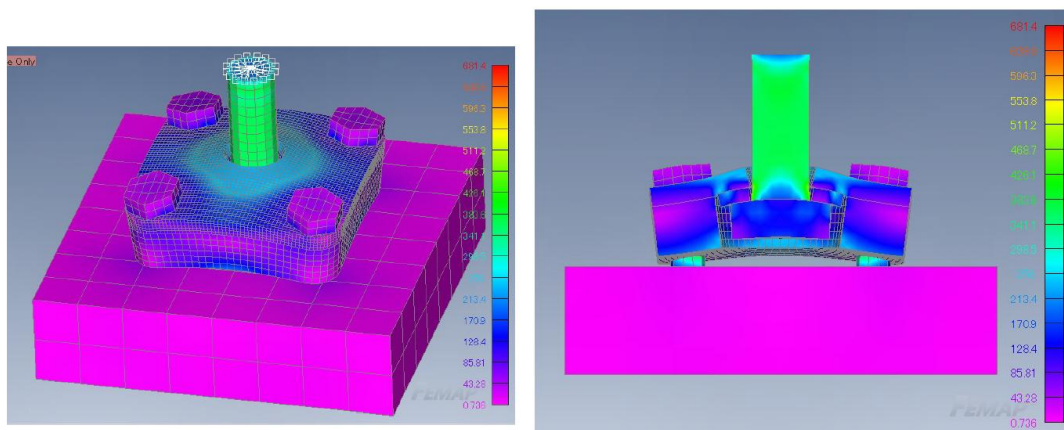
(c) ②時点のコンター図(Von Mises応力)

図 3-6 増分解析結果(鋼板金物 PL-45 の場合)

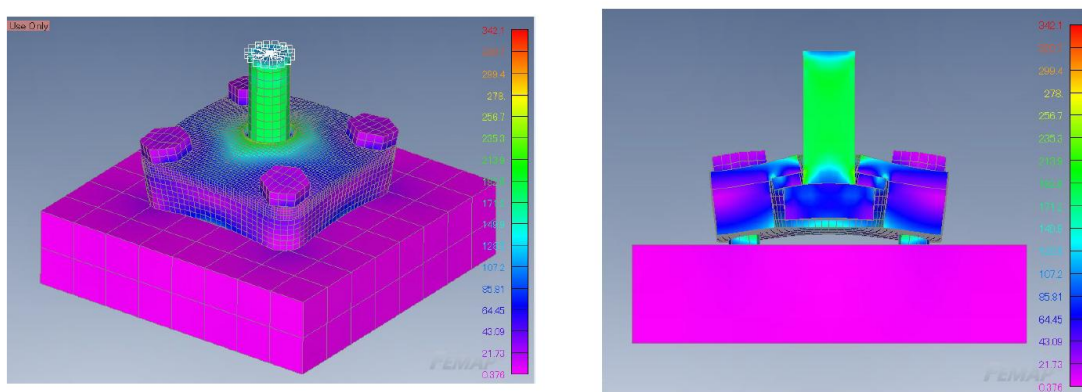
以下にPL-32からPL-40までの増分解析結果を図3-7-1から図3-7-4までに示す。



(a) 荷重変形 (P- $\delta$ )関係

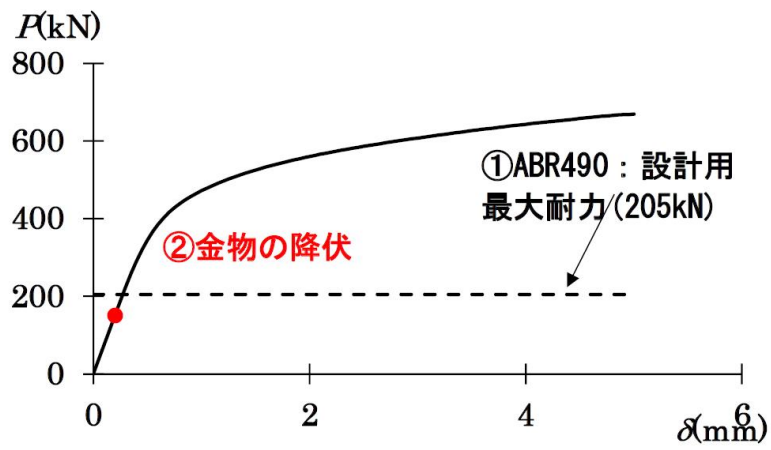


(b) ①時点のコンター図 (Von Mises応力)

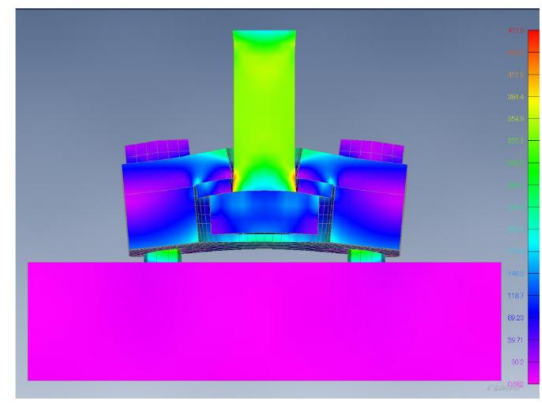
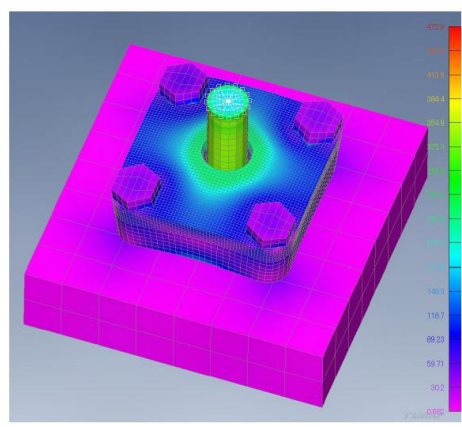


(c) ②時点のコンター図 (Von Mises応力)

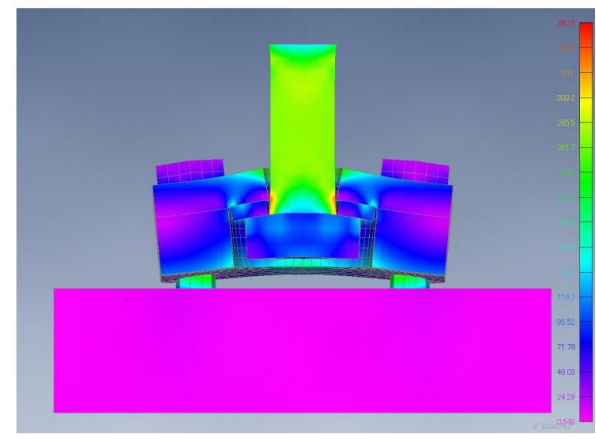
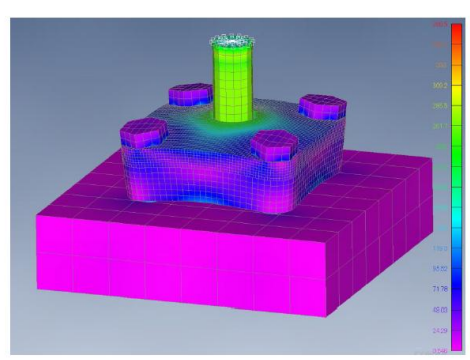
図 3-7-1 増分解析結果 (鋼板金物 PL-32 の場合)



(a) 荷重変形 (P- $\delta$ )関係

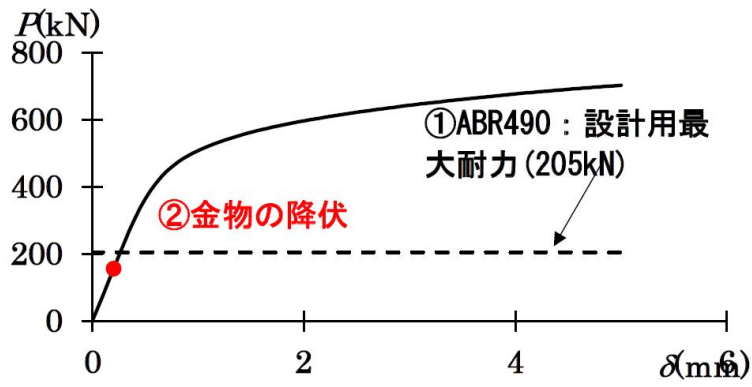


(b) ①時点のコンター図 (Von Mises応力)

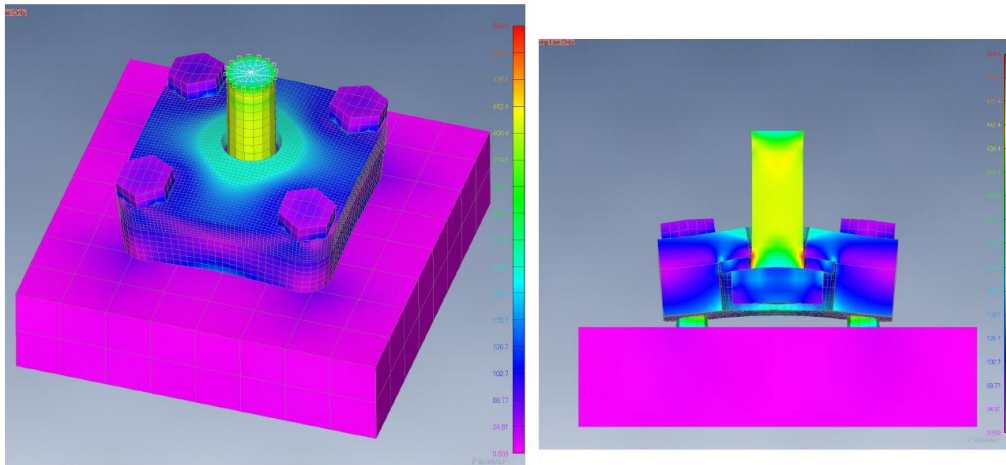


(c) ②時点のコンター図 (Von Mises応力)

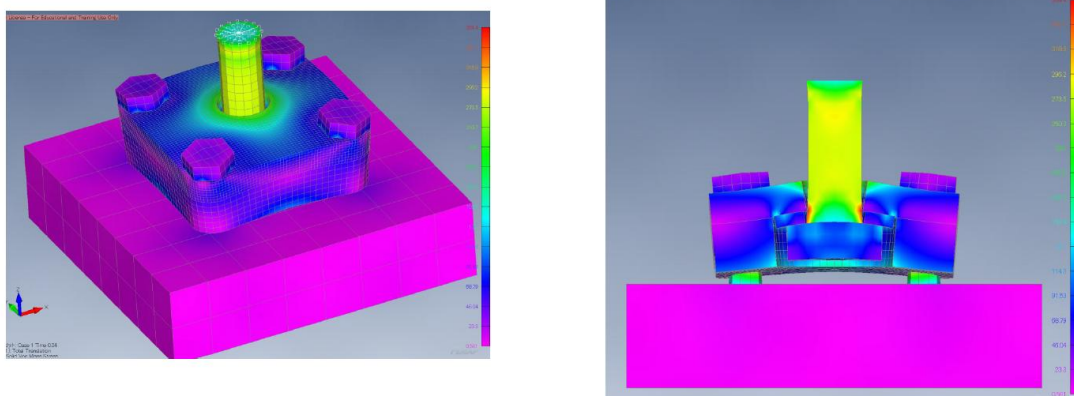
図 3-7-2 増分解析結果 (鋼板金物 PL-36 の場合)



(a) 荷重変形 (P- $\delta$ )関係

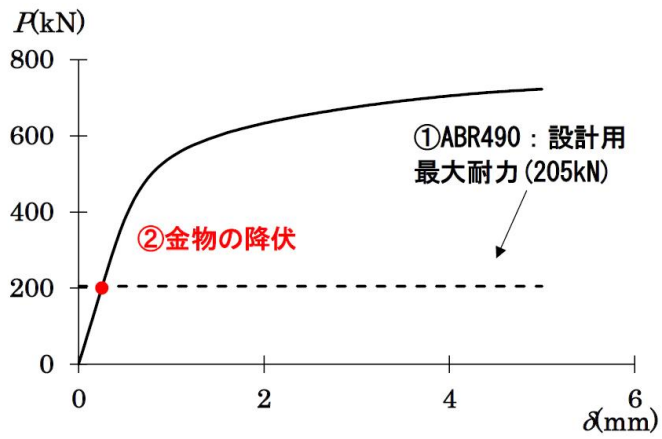


(b) ①時点のコンター図 (Von Mises応力)

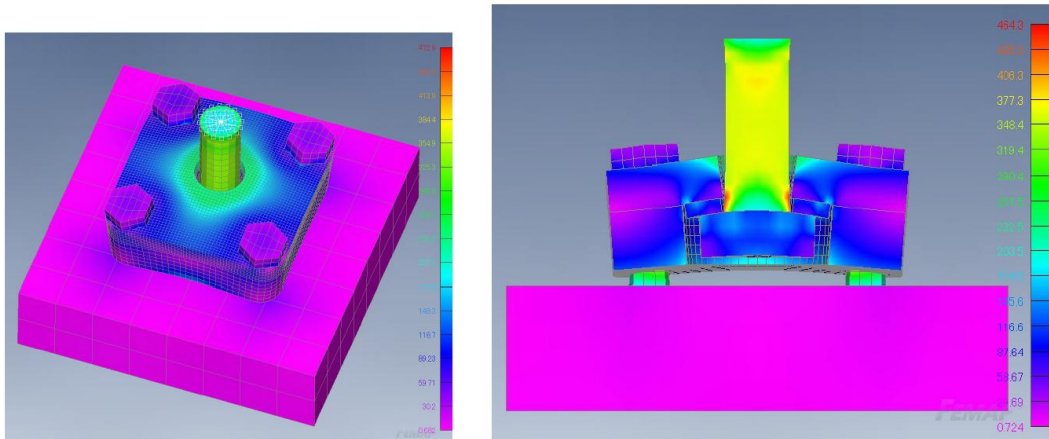


(c) ②時点のコンター図 (Von Mises応力)

図 3-7-3 増分解析結果 (鋼板金物 PL-38 の場合)



(a) 荷重変形 (P- $\delta$ )関係



(b) ①②時点のコンター図 (Von Mises応力)

図 3-7-4 増分解析結果 (鋼板金物 PL-40 の場合)

### 3.4 検討結果まとめ

FEM 解析により、オリジナルスリーブと梁の間に介在する鋼板金物 (SS400) の厚さが 36mm 以上であれば、定着ボルト (M27、ABR490) の破断引張耐力に対して弾性範囲に留まることが確認された。