

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK6補足-028-10-84 改0
提出年月日	2024年2月9日

KK6 補足-028-10-84 埋込金物プレートの  
耐震評価方法に係る補足説明資料

2024年2月

東京電力ホールディングス株式会社

## 目次

1. はじめに	1
2. 埋込金物プレートの評価方法	1
3. 両端固定支持はりの適用性の検討	3
3.1 両端固定支持はりのモデル化の考え方	3
3.2 コンクリートの健全性の確認方法	4
3.3 コンクリートの評価手順及び評価結果	5
3.4 コンクリートの評価方法の保守性	5
4. まとめ	5
別紙 1 埋込金物プレート評価に用いる引張荷重の算定手法	
別紙 2 柏崎刈羽原子力発電所第 6 号機と柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機との埋込金物プレート評価の差異	
別紙 3 埋込金物代表タイプの評価内容	

1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所第6号機における埋込金物のプレートの評価は、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG 4601-1987）に記載された埋込板の評価方法を参照し、プラント建設時からプレートを両端固定支持はりとして評価しているが、柏崎刈羽原子力発電所第7号機におけるプレートの強度計算式と差異があることを踏まえて、柏崎刈羽原子力発電所第6号機における埋込金物のプレートの評価方法について説明する。

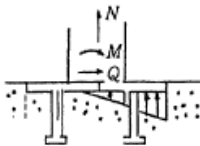

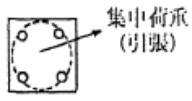
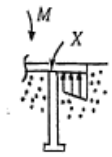


なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-1-12 「配管及び支持構造物の耐震計算について」

2. 埋込金物プレートの評価方法

柏崎刈羽原子力発電所第6号機のプレート評価においてはJEAG 4601-1987を参照しプレートを両端固定支持はりとした評価を実施している。以下にJEAG 4601-1987「表6.6.4-2 埋込金物の評価方法（その1）」を示す。

表6.6.4-2 埋込金物の評価方法（その1）

項目	設計基準	評価方法		
荷重伝達	<ul style="list-style-type: none"> <li>・柱脚設計</li> <li>・（標・機-7）</li> </ul>	 <p>軸力<math>N</math>（引張，圧縮），せん断力<math>Q</math>，曲げモーメント<math>M</math>の荷重に対して左記設計基準にしたがい荷重伝達を評価する。この時標準埋込金物各構成要素の強度評価を下記たて二重線左側に示し，<math>(N, Q)</math>のみ考慮，右側に特殊金物について追加検討する事項を示す。<math>(N, Q, M)</math>を考慮但し，特殊金物にて板の設計は③にて検討している。</p>		
埋込板	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼構造設計規準</li> <li>・JEAG 4601・補-1984（許容応力編）</li> <li>・「告示501号」</li> <li>・建築基準法</li> </ul>	<p>①サポートの大きい場合（広い面積にかかる荷重） <u>スタッド部を固定とし，集中荷重を作用させ，中央部の曲げ応力をチェックする。</u></p> 	<p>②サポートの小さい場合（中央の一点にかかる荷重） スタッドを結ぶ円周に固定されているとし，中央部の曲げ応力をチェックする。</p> 	<p>③コンクリート支圧反力による曲げ応力をX点でチェック</p> 
スタッドシベル		<p>①丸棒部 引張荷重+せん断荷重</p> 	<p>②頂部 左図のように引張荷重がはたらいた時の頂部せん断強度を破線部でチェックする。</p> 	<p>③溶接部 丸棒部の荷重が丸棒部の許容荷重の50%以内ならOK。（溶接部はスタッド材の80%以上の強度を確保している。）</p>

プレートを両端固定支持はりとした強度計算式を以下に示す。

a. 記号の定義

記号	定義	単位
P	引張荷重	N
b	プレート幅	mm
t	プレート厚さ	mm
A	プレート断面積	mm <sup>2</sup>
Z	プレートの断面係数	mm <sup>3</sup>
c	スタッドの間隔	mm
$\sigma$	プレートの曲げ・せん断共存時の応力	MPa
$f_t$	許容引張応力	MPa

b. プレートの強度計算式

この時、引張荷重Pは曲げモーメントを考慮しており、その算定方法を別紙1に示す。

なお、柏崎刈羽原子力発電所第7号機においては、埋込金物プレートを  とみなして強度評価を行っていることから、評価方法の差異を別紙2に示す。

### 3. 両端固定支持はりの適用性の検討

#### 3.1 両端固定支持はりのモデル化の考え方

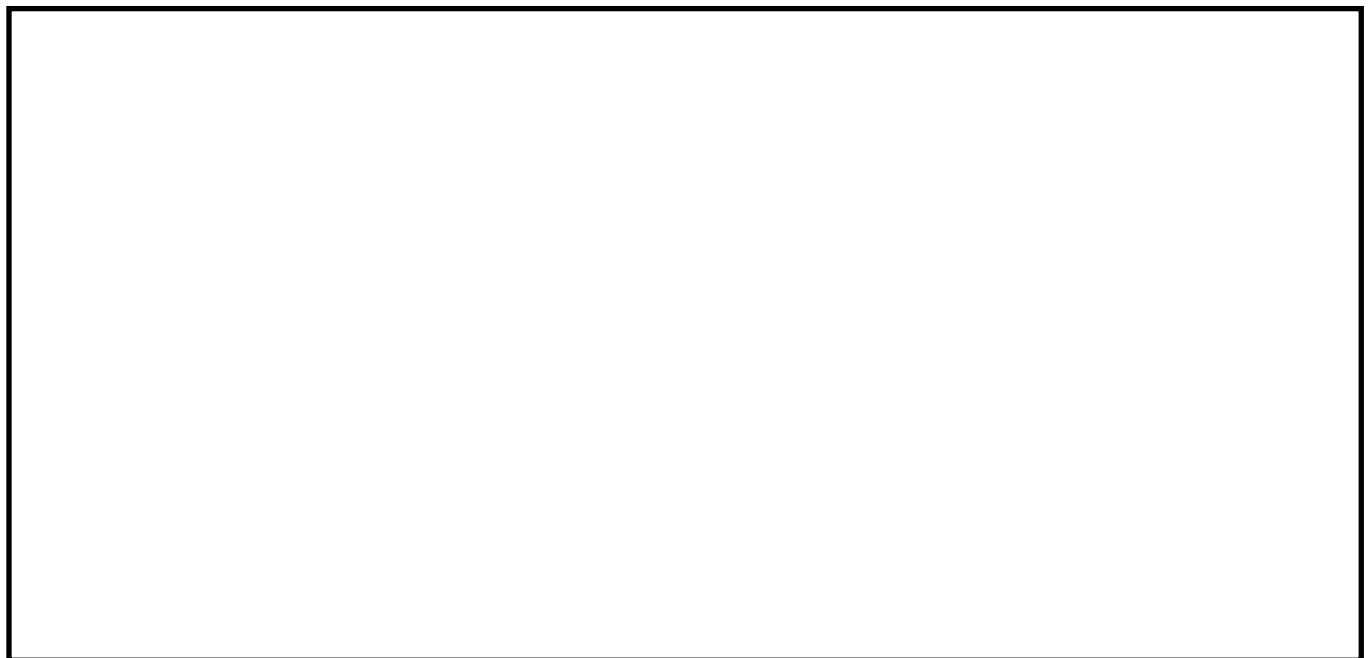
埋込金物のプレートは、コンクリート中に埋め込まれたスタッドボルトにより支持されている。

プレートに鉛直方向の荷重が作用した際に、プレートのスタッドボルトの接合部には反力が生じる。またスタッドボルトの接合部を単純支持とした場合、

構造となっている。柏崎刈羽原子力発電所6号機で主として用いている両端固定支持は

りのモデル化の考え方は、埋込金物の実構造を踏まえ、

、両端を固定支持としたものである。



両端固定支持はり

両端単純支持はり

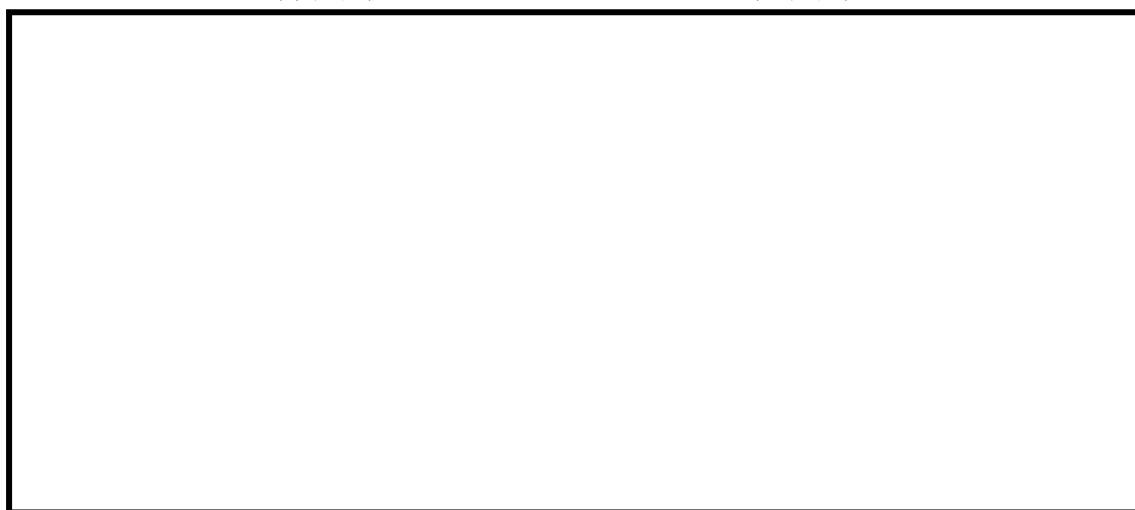
図 3-1 埋込金物のプレートのモデル化の考え方

### 3.2 コンクリートの健全性の確認方法

3.1 項の通り，両端固定支持はりでモデル化した埋込金物の [ ]  
 [ ]，その際に [ ]  
 [ ]  
 [ ]  
 [ ]  
 [ ]，コンクリートの健全性の確認を行う。

(平面図)

(断面図)



記号	定義	単位
P	引張荷重	N
$\ell$	スタッド間距離	mm
t	プレート厚さ	mm
a	スタッドからプレート端部までの距離	mm
S	スタッドからプレート端部までの面積	mm <sup>2</sup>

図 3-2 スタッド～プレート端部におけるコンクリート面の載荷範囲

### 3.3 コンクリートの評価手順及び評価結果

埋込金物に作用する使用荷重を [ ]、  
 [ ]、コンクリートの健全性について確認した。評価結果一覧を表 3-1 に、個別の評価内容を別紙 3 にそれぞれ示す。なお、評価対象の金物は 4 本スタッドタイプで最もプレート幅が小さい金物 [ ] 4 本スタッドタイプで使用荷重が最も大きい金物 [ ]、スタッド本数によらず使用荷重が最も大きい金物 [ ] とした。

表 3-1 評価結果一覧

金物タイプ	発生応力： $\sigma_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	[ ] (N/mm <sup>2</sup> )		評価結果 $\sigma_1 < [ ] : \bigcirc$
		[ ]	[ ]	
[ ]				○
[ ]				○
[ ]				○

注記\*： [ ] [kg/cm<sup>2</sup>]を SI 単位系に換算した値を適用

### 3.4 コンクリートの評価方法の保守性

3.1 項の評価において、コンクリート面で負担する荷重は [ ]  
 [ ]と考えられることから、保守性を有した評価といえる。

## 4. まとめ

柏崎刈羽原子力発電所第 6 号機において埋込金物のプレートは、J E A G 4 6 0 1-1987 に基づき両端固定支持はりとして評価しているが、その前提となるコンクリートの健全性を確認するため代表タイプ [ ] を計算した結果、 [ ]  
 [ ]コンクリート許容圧縮応力以下であることを確認した。

以上により、使用荷重に対するコンクリートの健全性を確認されることから J E A G 4 6 0 1-1987 に基づく両端固定支持はりの考え方は妥当であると判断する。

## 埋込金物プレート評価に用いる引張荷重の算定手法

## 1. はじめに

埋込金物は、発生荷重と使用荷重を比較することにより、評価を実施している。このうち、発生荷重としての引張荷重 $P$ は、支持架構下端部の引張力そのものではなく、下端部に発生する反力6成分（各方向に生じる荷重： $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、各方向に生じる曲げモーメント： $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ ）のうち、曲げモーメントにより発生する引張成分を足し合わせたものである。以降に、引張荷重 $P$ 算定の手法について述べる。

2. 埋込金物評価用の引張荷重 $P$ の算定手法

埋込金物評価時の発生荷重は、支持架構下端部に発生する引張力に、曲げモーメントにより発生する等価引張力を加味して算定する。

等価引張力の算定フローの例を図1に示す。

また、埋込金物ごとの使用荷重（引張） $P_a$ の算定に当たっては、以下に示す応力又は荷重が許容値以内に収まっている事を確認する。

- ・ベースプレートの曲げ・せん断共存時の応力
- ・スタッドの引張応力
- ・コンクリートのコーン状破壊荷重
- ・コンクリートの支圧破壊荷重

埋込金物評価時は、上記手順にて算定した埋込金物評価用の引張荷重 $P$ と、埋込金物ごとの使用荷重（引張） $P_a$ を用いて、 $P \leq P_a$ となることを確認する。したがって、埋込金物ベースプレートの評価においては、支持架構下部に発生する引張力と曲げモーメントの両者を考慮した評価になっている。



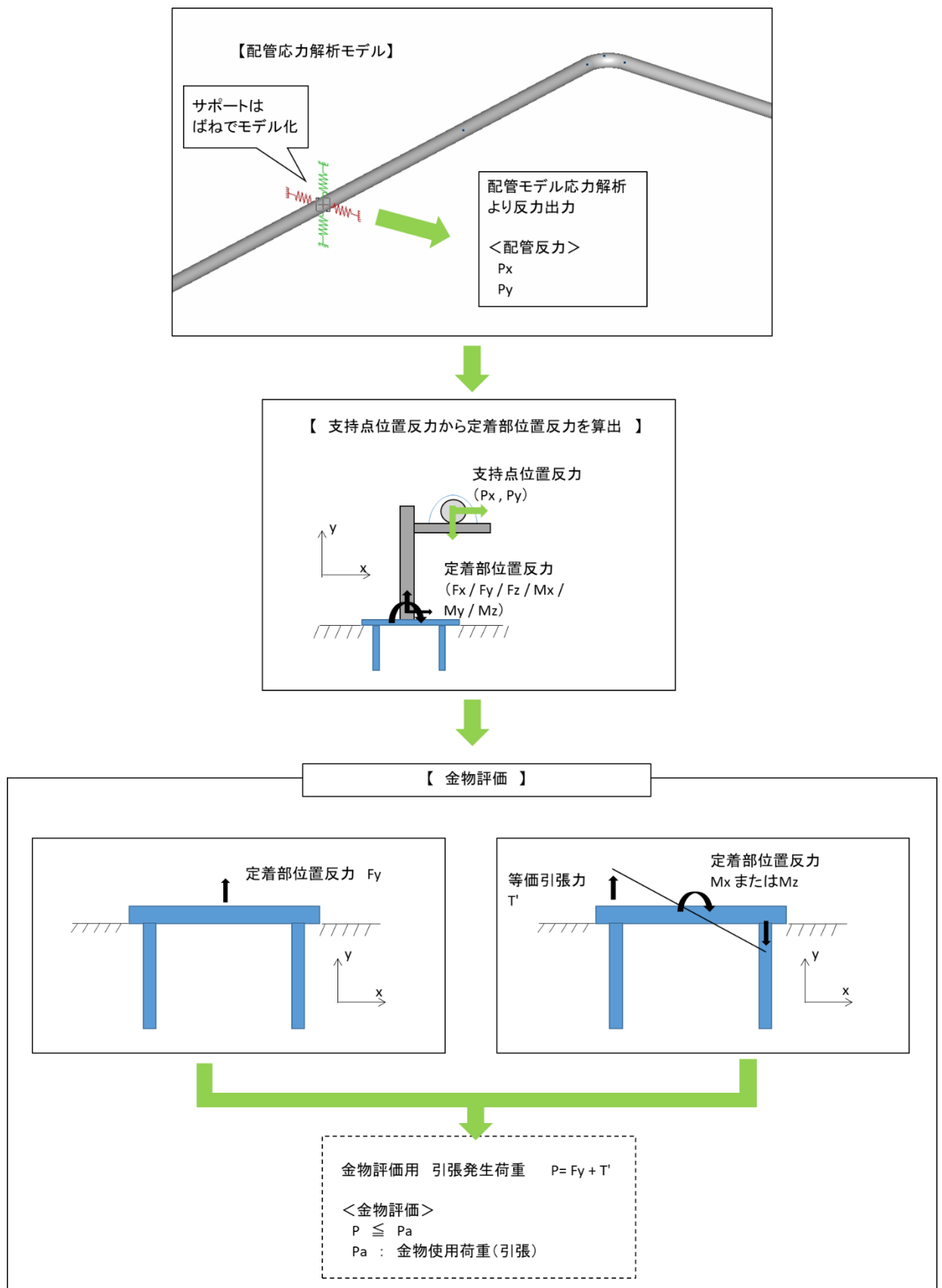


図1 埋込金物評価用引張荷重P算定フロー

柏崎刈羽原子力発電所第 6 号機と柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機との埋込金物プレート評価の差異

柏崎刈羽原子力発電所第 6 号機において埋込金物プレートに対する引張力は J E A G 4 6 0 1 - 1987 を踏まえ、図 1 に示すとおり [ ] 両端固定支持はり [ ] の中心に作用するものとしている。

一方、柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機では、埋込金物プレートを [ ] とみなして強度計算を行っている。

表 1 に柏崎刈羽原子力発電所第 6 号機と柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機との埋込金物プレート評価の差異を示す。柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機との差異は、プレートの支持の考え方の違いによる応力算出時の評価式の係数の違いである。

柏崎刈羽原子力発電所第 6 号機の両端固定支持はりとしての評価は、その前提となるコンクリートの健全性を確認し、妥当性を確認している。さらに、埋込金物への取付け部材の大半はボックス鋼などが使用され、 [ ] として評価しているが、実際には埋込金物全体で分散して負担すると考えられることから、保守性を有した評価といえる。

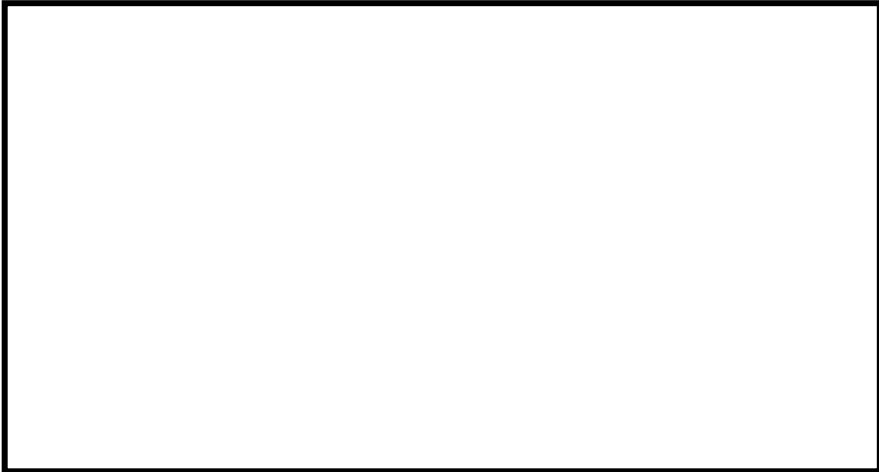


図 1 プレートを両端固定支持はりともみなす概念図

表1 柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との埋込金物プレート評価の差異 (1/2)

	柏崎刈羽原子力発電所第6号機 (両端固定支持はり)	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	
6 評価式	記号の定義		
	記号	定義	単位
	P	引張荷重	N
	b	プレート幅	mm
	t	プレート厚さ	mm
	A	プレート断面積	mm <sup>2</sup>
	Z	プレートの断面係数	mm <sup>3</sup>
	c	スタッドの間隔	mm
	σ	プレートの曲げ・せん断共存時の応力	MPa
	f <sub>t</sub>	許容引張応力	MPa

表1 柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との埋込金物プレート評価の差異 (2/2)

	柏崎刈羽原子力発電所第6号機 (両端固定支持はり)	柏崎刈羽原子力発電所第7号機														
10	記号の定義															
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">記号</th> <th style="text-align: center;">定義</th> <th style="text-align: center;">単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">P</td> <td style="text-align: center;">引張荷重</td> <td style="text-align: center;">N</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\ell</math></td> <td style="text-align: center;">スタッド間距離</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">t</td> <td style="text-align: center;">プレート厚さ</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">b</td> <td style="text-align: center;">プレート幅</td> <td style="text-align: center;">mm</td> </tr> </tbody> </table>	記号	定義	単位	P	引張荷重	N	$\ell$	スタッド間距離	mm	t	プレート厚さ	mm	b	プレート幅
記号		定義	単位													
P		引張荷重	N													
$\ell$		スタッド間距離	mm													
t		プレート厚さ	mm													
b	プレート幅	mm														


## 埋込金物代表タイプの評価内容

## 1. 記号の定義

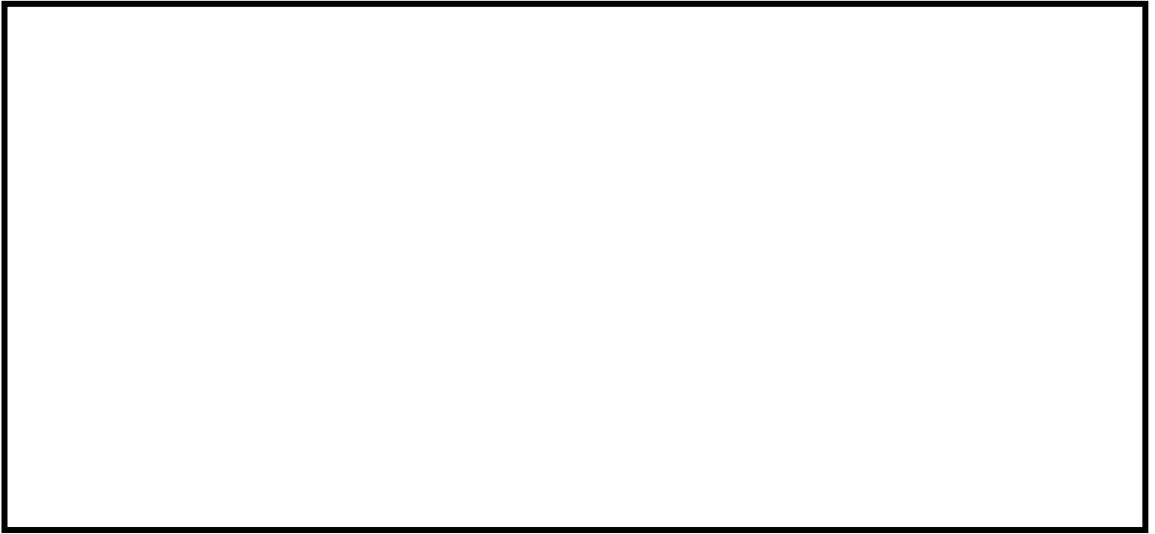
記号	定義	単位
P	使用荷重	N
S	スタッドからプレート端部までの面積	mm <sup>2</sup>
$\sigma_1$	発生応力	N/mm <sup>2</sup>
F <sub>c</sub>	コンクリートの設計基準強度	N/mm <sup>2</sup>

## 2. 評価結果

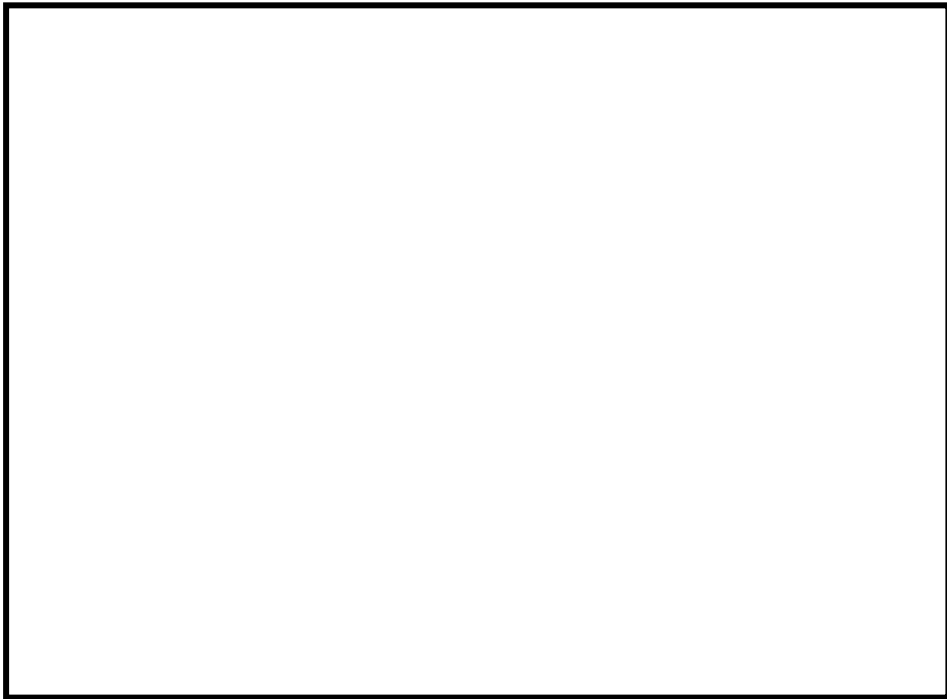
(1)

形状・寸法 

(2)



形状・寸法



(3)



形状・寸法

