

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-65 改 02
提出年月日	2022年9月8日

使用済燃料貯蔵ラックのアンカー一部評価

2022年9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

1. はじめに	1
2. 評価項目	1
3. 評価対象	2
4. 評価条件及び発生荷重評価方法	3
5. アンカー部許容引張荷重評価	6
6. 評価結果	9

1. はじめに

使用済燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類され、VI-2-4-2-2「使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書」にて基準地震動 S_s に対する評価を行っている。

本書は、ラックのアンカー部が、基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

2. 評価項目

ラックのアンカー部概略構造図を図1に示す。

アンカー部の機器用金物、埋込ボルト、コンクリートのうち、機器用金物のプレート部上面には基礎ボルトが取り付けられている。埋込ボルトはコンクリート中の鉄筋を避けて配置する必要があるが、基礎ボルト配置のピッチと一致しないため、ラックのアンカー部では2段構造の機器用金物を用いて異なるボルト配置に対応している。

耐震評価は、機器用金物、埋込ボルト、コンクリートのうち、最も裕度が小さいコンクリートのコーン状破壊について行う。

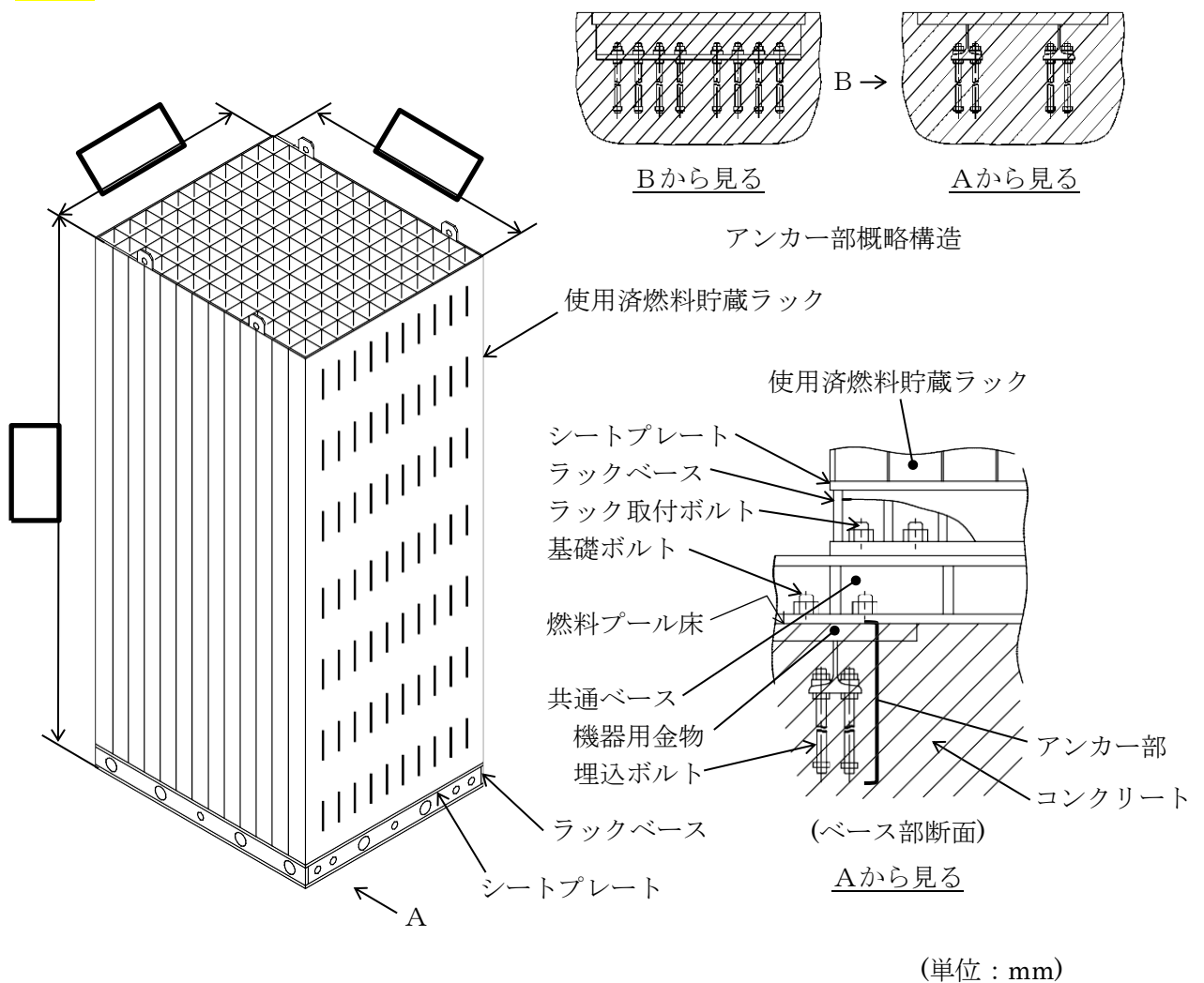


図1 アンカー部概略構造図

3. 評価対象

ラックのアンカー部である燃料プール底部の機器用金物は、表1に示す2つのタイプがある。

このうちラック側基礎ボルトからの荷重が大きく作用し、かつコンクリートのコーン状破壊時の有効投影面積（埋込ボルト1本当たり）が小さくなるタイプ2の機器用金物を対象として評価を行う。

表1 機器用金物の種類

タイプ1	タイプ2
ラック側：基礎ボルト <input type="checkbox"/> 本 コンクリート側：埋込ボルト <input type="checkbox"/> 本	ラック側：基礎ボルト <input type="checkbox"/> 本 コンクリート側：埋込ボルト <input type="checkbox"/> 本

4. 評価条件及び発生荷重評価方法

アンカー部の強度評価に必要な荷重として、地震発生時に機器用金物に作用する引張荷重を求める。機器用金物と共通ベース、ラック配置の概要を図2に、機器用金物の荷重状態を図3に示す。

引張荷重は、最大発生荷重としてラック（共通ベース含む）が互いに反対方向に転倒する場合を考慮する。

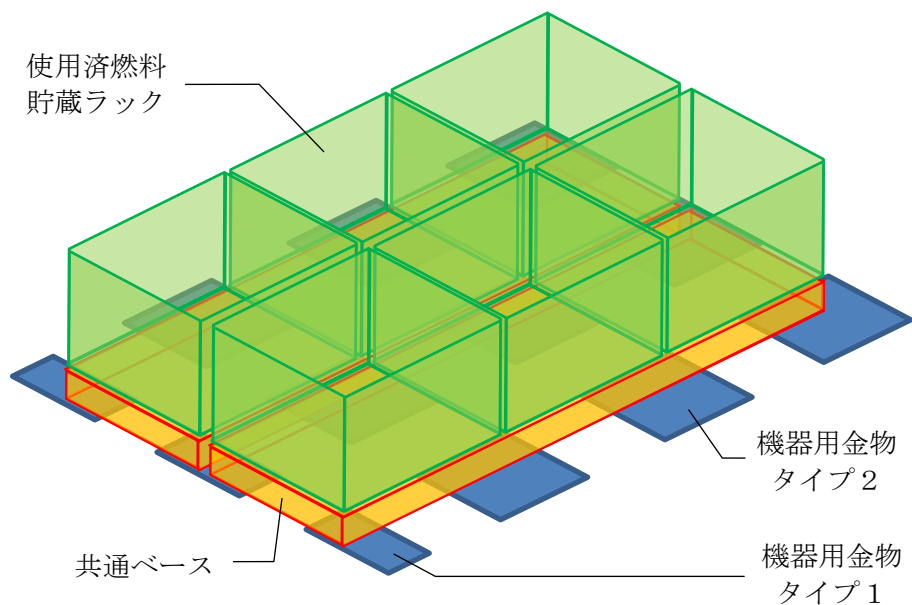


図2 配置概要図

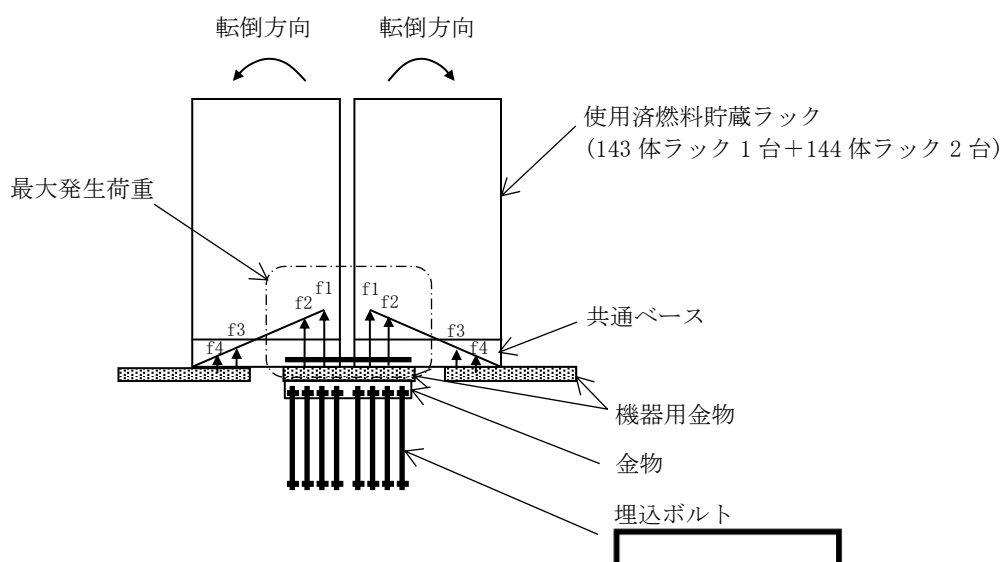


図3 荷重状態

以下に発生荷重の算出方法を示す。

(1) 機器用金物に作用する荷重は、VI-2-4-2-2「使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書」の基礎ボルトの応力計算で求めた基準地震動 S_s 時の荷重値を引用する。

地震の方向により発生する荷重値が異なるため、NS 方向、EW 方向地震時のうち、基礎ボルト 1 本当たりの荷重が大きくなる方向時を選出し、機器用金物 1 枚に作用する引張荷重を計算する。

なお、引張荷重は、図 3 に示すとおり基礎ボルトの配列数に応じ基礎ボルト 1 本目 (f_1)、2 本目 (f_2) の引張力を求めて合算する。 f_1 、 f_2 の値は、VI-2-4-2-2「使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書」に示す (4.6.8) 式により求めることができる。以下に計算式を示す。なお、(4.6.8) 式の i は方向を示すが、ここでは基礎ボルトの引張荷重が大きくなる NS 方向について記載することとし、以降 i の記載は省略する。

$$f_1 = \frac{l_1 \cdot \left\{ \sqrt{M_t^2 + (C_v \cdot m_t \cdot g \cdot l_g)^2} - m_t \cdot g \cdot l_g \right\}}{n_1 \cdot l_1^2 + n_2 \cdot l_2^2 + n_3 \cdot l_3^2 + n_4 \cdot l_4^2}$$

$$f_2 = \frac{l_2 \cdot \left\{ \sqrt{M_t^2 + (C_v \cdot m_t \cdot g \cdot l_g)^2} - m_t \cdot g \cdot l_g \right\}}{n_1 \cdot l_1^2 + n_2 \cdot l_2^2 + n_3 \cdot l_3^2 + n_4 \cdot l_4^2}$$

表 2 に示すアンカー一部発生荷重評価に用いる諸元を用いて計算した f_1 、 f_2 の値は以下の通りである。

$$f_1 = 167400 \text{ (N)}$$

$$f_2 = 145200 \text{ (N)}$$

f_1 、 f_2 を合算することで、機器用金物 1 枚あたりの荷重値 F_m を求める。以下に計算式を示す。

$$F_m = (f_1 \cdot n_{m1} + f_2 \cdot n_{m2}) \cdot 2$$

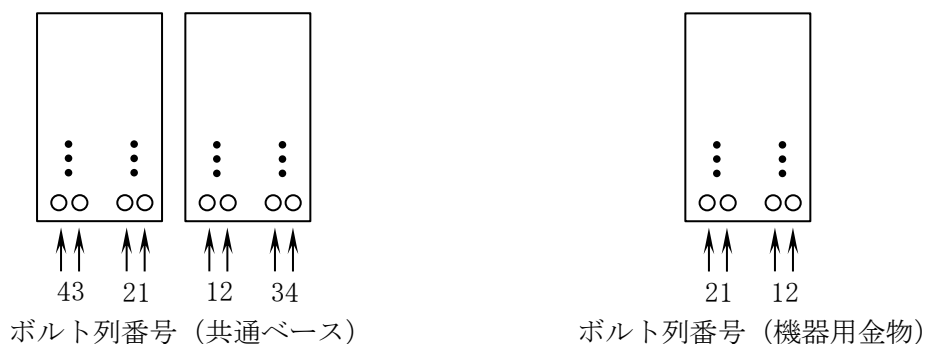
機器用金物タイプ 2 (共通ベース中央部) を例として、表 2 に示すアンカー一部発生荷重評価に用いる諸元を用いて計算した計算結果を以下に示す。

$$F_m = \boxed{} \text{ (N)}$$

(2) アンカー部の強度評価では埋込ボルト 1 本当たりの荷重で評価するため、(1) で求めた機器用金物 1 枚当たりの荷重値 F_m を埋込ボルト本数 (機器用金物タイプ 2 の場合、 $\boxed{}$ 本) で除して評価に用いる荷重値を算出する。

表2 アンカー部発生荷重評価に用いる諸元

記号	記号の説明	入力値
F_c	143体ラックベース底部に働くせん断力	8.717×10^5 (N)
F_d	144体ラックベース底部に働くせん断力	8.779×10^5 (N)
M_t	ラック据付時の全体の転倒モーメント	
M_b	共通ベース底部の転倒モーメント	8.385×10^3 (N・m)
M_c	143体ラックベース底部の転倒モーメント	1.978×10^6 (N・m)
M_d	144体ラックベース底部の転倒モーメント	1.991×10^6 (N・m)
M_e	143体ラックのせん断力による共通ベース底部の転倒モーメント	
M_f	144体ラックのせん断力による共通ベース底部の転倒モーメント	
C_v	鉛直方向設計震度	1.73
m_t	ラック据付時の共通ベースの全質量	
g	重力加速度	9.80665 (m/s ²)
h	共通ベース高さ	0.195 (m)
l_1	共通ベース端の支点部からボルト列1の基礎ボルトまでの距離	1.538 (m)
l_2	共通ベース端の支点部からボルト列2の基礎ボルトまでの距離	1.334 (m)
l_3	共通ベース端の支点部からボルト列3の基礎ボルトまでの距離	0.314 (m)
l_4	共通ベース端の支点部からボルト列4の基礎ボルトまでの距離	0.11 (m)
l_g	共通ベース端の支点部から重心までの距離	0.83075 (m)
n_1	共通ベースのボルト列1の基礎ボルトの本数	12
n_2	共通ベースのボルト列2の基礎ボルトの本数	12
n_3	共通ベースのボルト列3の基礎ボルトの本数	12
n_4	共通ベースのボルト列4の基礎ボルトの本数	12
n_{m1}	機器用金物のボルト列1の基礎ボルトの本数	
n_{m2}	機器用金物のボルト列2の基礎ボルトの本数	



5. アンカー部許容引張荷重評価

原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）に基づいたアンカー部の評価方法を以下に示す。また、アンカー部許容引張荷重評価に用いる諸元を表 3 に示す。

$$p \leq p_a = \text{Min} (p_{a1}, p_{a2})$$

$$p_{a1} = 0.31K_1 A_C \sqrt{F_C}$$

$$p_{a2} = K_2 \alpha A_O F_C$$

p : 埋込ボルト 1 本当りの引張荷重 (N)

p_a : 埋込ボルト 1 本当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埋込ボルト 1 本当りの許容引張荷重 (N)

p_{a2} : 埋込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埋込ボルト 1 本当りの許容引張荷重 (N)

K_1 : コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数

K_2 : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数

F_C : コンクリート強度 (設計基準強度)

A_C : 埋込ボルト 1 本当りのコンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm^2)

α : 支圧面積と有効投影面積から定まる係数 ($=\sqrt{A_C/A_O}$ かつ 10 以下)

A_O : 支圧面積 (mm^2)

なお、コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積を図 4 に示す。本評価では、機器用金物に取り付けられた埋込ボルトの群体としての投影面積を算出し、ボルト本数で除して 1 本当りの投影面積を算出している。機器用金物は、燃料プール床面に定ピッチで複数配置されているため、隣接する金物の投影範囲と重複する部分は有効投影面積として考慮しないものとする。

表 3 アンカー部許容引張荷重評価に用いる諸元

記号	入力値
	機器用金物 タイプ 2
p_{a1}	84560 (N)
p_{a2}	132000 (N)
K_1	0.6
K_2	0.75
F_c	23.536 (N/mm ²)
A_c	
α	
A_o	

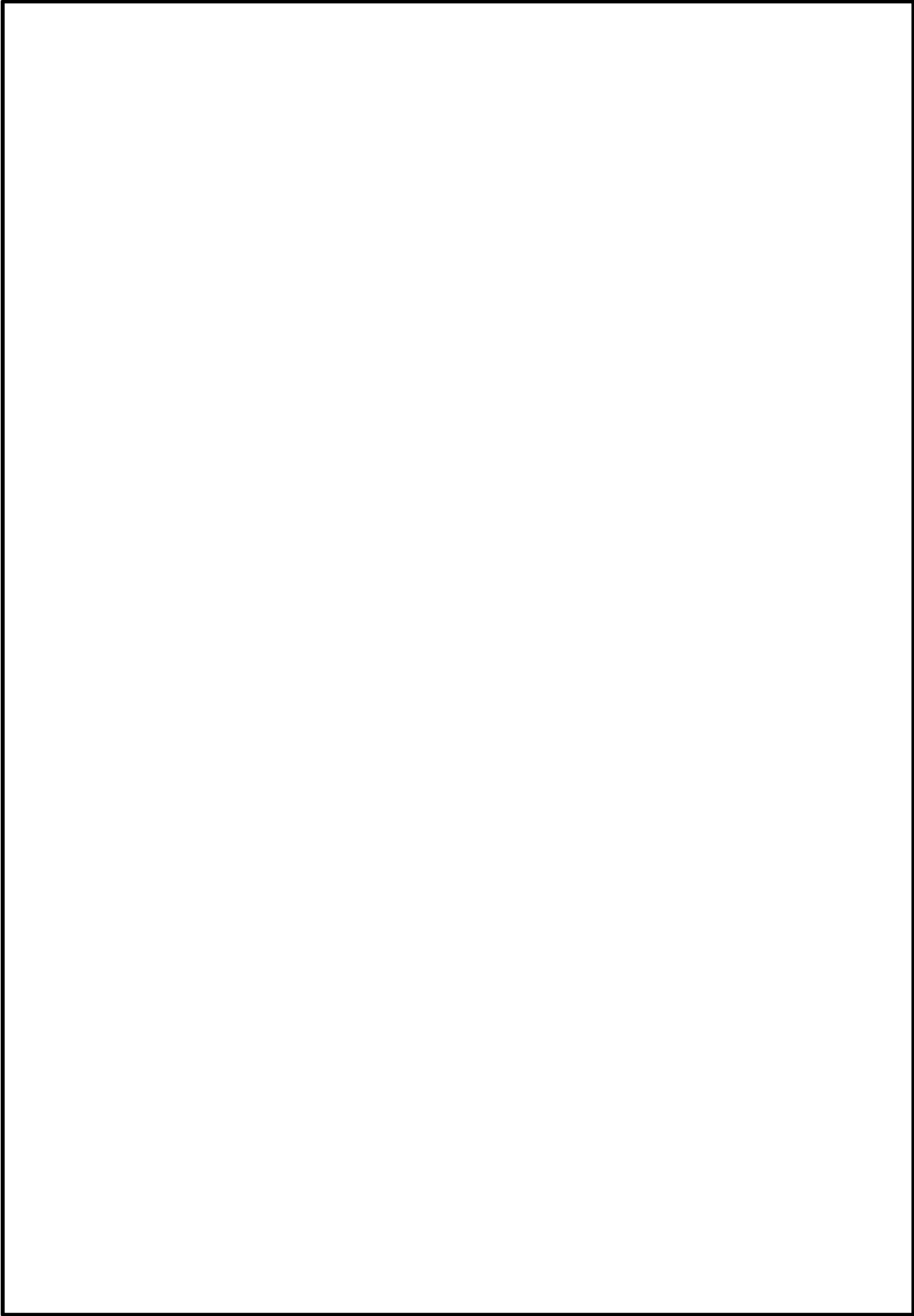


図4 機器用金物 タイプ2の有効投影面積

6. 評価結果

機器用金物 タイプ2のアンカー部耐震評価結果を表 4 に示す。引張荷重は、許容引張荷重以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

表 4 アンカー部の評価結果

機器用金物の種類	引張荷重 (N)	許容引張荷重 (N)	裕度
タイプ 2	78160	84560	1.08