

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 26 R1
提出年月日	令和5年10月23日

設工認に係る補足説明資料

耐震設計の基本方針に関する

屋内設備に対するアンカー定着部の評価について

1. 屋内設備のアンカー定着部は、原則として基礎ボルトよりもコンクリート部の方が高い耐震性を有する設計とするための配慮事項について示す。
2. アンカー定着部の耐震性は工程室排気フィルタユニットを例に確認することから、各設計説明分類の共通 12 資料 4 の補足として、工程室排気フィルタユニットを説明する説明グループ 1 にて説明する。

目次

1. 概要	1
2. アンカー定着部の設計について	2
3. アンカー定着部の耐震性確認	2
3.1 確認対象設備の選定	2
3.2 アンカー定着部の耐震性確認	2
4. まとめ	2

■: 商業機密の観点から公開できない箇所

1. 概要

本資料は、再処理施設の第2回設工認申請(令和4年12月26日申請)、MOX燃料加工施設の第2回設工認申請(令和5年2月28日申請)及び廃棄物管理施設の設工認申請(令和4年12月26日申請)(以下、「再処理施設、MOX燃料加工施設及び廃棄物管理施設」については「当社施設」という。)のうち、以下の添付書類に示すアンカー定着部の耐震健全性について補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「Ⅳ-1-1-10 機器の耐震支持方針」
- ・再処理施設 添付書類「Ⅳ-2 耐震性に関する計算書」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「Ⅲ-1-1-10 機器の耐震支持方針」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「Ⅲ-2 耐震性に関する計算書」
- ・廃棄物管理施設 添付書類「Ⅱ-1-1-10 機器の耐震支持方針」
- ・廃棄物管理施設 添付書類「Ⅱ-2 耐震性に関する計算書」

アンカー定着部は、添付書類「機器の耐震支持方針」に示すとおり、原則として基礎ボルトの限界引き抜き力に対してコンクリート設計基準強度及びせん断力算定断面積による引き抜き耐力が上回るよう埋込深さを算定することで、基礎ボルトよりもコンクリート部の方が高い耐震性を有する設計としている。

この設計方針に基づき、基礎ボルトの荷重を元に基礎ボルト及びコンクリート部が評価成立するように設計するため、設工認添付書類では基礎ボルトの耐震評価結果を示している。

本資料では、基礎ボルトとコンクリート部における各々の許容荷重、組合せ荷重の計算例を示す。

なお、本資料で示す内容は、第3回申請以降のMOX燃料加工施設に対しても適用するものである。

2. アンカー定着部の設計について

アンカー定着部の設計は、添付書類「機器の耐震支持方針」に基づき、原則として基礎ボルトの限界引き抜き力に対して、コンクリート設計基準強度及びせん断力算定断面積による引き抜き耐力が上回るよう埋込深さを算定することで、基礎ボルトよりもコンクリート部の方が高い耐震性を有する設計としている。

3. アンカー定着部の耐震性確認

本項では、アンカー定着部の耐震性確認の一例として、基礎ボルトの応力比（算出応力/許容応力）とコンクリート部の荷重比（算出荷重/許容荷重）の確認結果を示す。

3.1 確認対象設備の選定

確認では、基礎ボルト及びコンクリート部の引張荷重、せん断荷重、引張とせん断の組合せの比較を行う。

ここで、引張荷重及びせん断荷重は基礎ボルトとコンクリート部の許容荷重を比較し、引張とせん断の組合せは基礎ボルトの応力比とコンクリート部の荷重比を比較することから、確認対象設備は、MOX燃料加工施設のSクラス設備のうち基礎ボルトの応力比が最も大きい工程室排気フィルタユニットを一例として選定した。

3.2 アンカー定着部の耐震性確認

確認対象設備におけるコンクリート部の荷重比と基礎ボルトの応力比の確認結果を別紙-1に示す。

アンカー定着部の耐震性について、コンクリート部に作用する荷重比と基礎ボルトに発生する応力比を確認した結果、基礎ボルトの応力比が0.08であるのに対してコンクリート部の荷重比は0.04であり、コンクリート部の荷重比の方が小さく、基礎ボルトよりもコンクリート部の方が高い耐震性を有していることを確認した。

4. まとめ

当社施設のアンカー定着部に対する設計について、基礎ボルトよりもコンクリート部の方が高い耐震性を有する埋込深さを設定する設計としており、Sクラス設備のうち基礎ボルトの応力比が最も大きい工程室排気フィルタユニットを例として基礎ボルトの応力比よりもコンクリート部の荷重比の方が小さくなることを確認した。

なお、基準地震動 S_s を1.2倍した地震発生時を考慮した場合でも、基礎ボルトの応力比とコンクリート部の荷重比の関係性は変わらないことから、コンクリート部は基礎ボルト部に比べて高い耐震性を有する。

耐震機電26 【屋内設備に対するアンカー定着部の評価について】

別紙				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙-1	アンカー定着部の評価について	2023/10/12	0	

別紙－1

アンカー定着部の評価について

1. 概要

本資料は、基礎ボルトに着目した耐震評価を行うことでコンクリート定着部の健全性を確認するものである。

2. アンカー定着部の設計方針

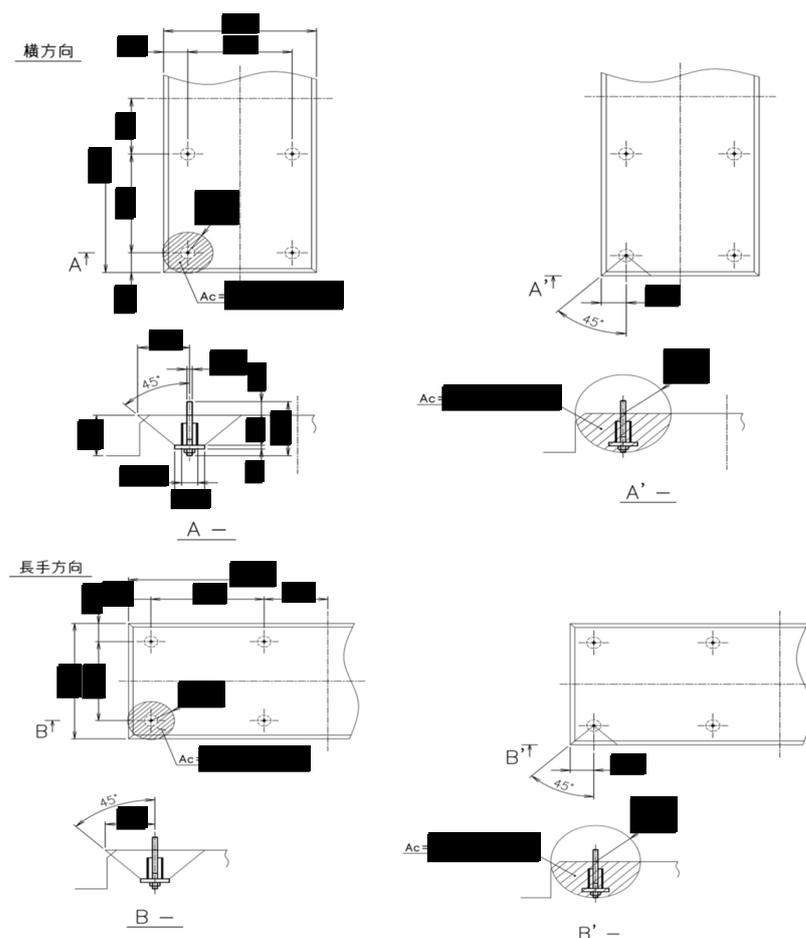
原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（以下、「JEAG4601」という。）に基づき、ボルトの引張許容値から定めた限界引き抜き力に対して、JEAG4601と同様のコンクリート許容せん断応力度及びせん断力算定断面積（コーン状破壊を想定）による引き抜き耐力が上回るような設計を行い、基礎ボルトの耐震評価を行うことでコンクリート定着部の健全性を確認する。

3. コンクリート定着部の評価例

3.1 設計状況

工程室排気フィルタユニットを例に評価する。

定着部の健全性確認の評価条件であるコンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積について、算定に用いた基礎ボルト配置図を第3-1図に示す。



第3-1図 基礎ボルト配置図

3.2 定着部評価

(1) 引張荷重

基礎ボルトが引張荷重を受ける場合のコンクリートの評価は、JEAG4601 より

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

ここに

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

$$p_{a2} = K_2 \cdot \alpha \cdot A_0 \cdot F_C$$

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 (IV_AS の 0.6 とする)

K_2 : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数 (IV_AS の 0.75 とする)

F_C : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²) : 30 (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 : 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)
=3.922 とする。

A_0 : 支圧面積 (mm²) = 4.51×10^3 (mm²)

よって、

$$p_{a1} = 7.07 \times 10^4 \text{ (N)}$$

$$p_{a2} = 3.97 \times 10^5 \text{ (N)}$$

$$p_a = \min(7.07 \times 10^4, 3.97 \times 10^5) = 7.07 \times 10^4 \text{ (N)}$$

以上より、コンクリート部の許容引張荷重は 7.07×10^4 (N) である。

一方、基礎ボルト (M16 : SS400) の許容応力 210 MPa から求まる基礎ボルト 1 本当たりの許容引張荷重は、

$$\text{許容引張荷重} = 4.22 \times 10^4 \text{ (N)}$$

である。

基礎ボルトの許容引張荷重 4.22×10^4 (N) と比較して、コンクリート部の許容引張荷重は 7.07×10^4 (N) であり、コンクリート部の許容引張荷重が十分大きい。

(2) せん断荷重

基礎ボルトがせん断荷重を受ける場合のコンクリートの評価は、JEAG4601より

$$q \leq q_a = \min(q_{a1}, q_{a2})$$

ここに

$$q_{a1} = 0.5 \cdot K_3 \cdot A_b \cdot \sqrt{E_C \cdot F_C}$$

$$q_{a2} = 0.31 \cdot K_4 \cdot A_{C1} \cdot \sqrt{F_C}$$

q : 基礎ボルト1本当たりのせん断荷重 (N)

q_a : 基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重 (N)

q_{a1} : 基礎ボルトと基礎ボルト周辺のコンクリートが圧壊して破壊 (複合破壊) する場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重 (N)

q_{a2} : へり側コンクリートが破壊する場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重 (N)

K_3 : 複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数 (IV_ASの0.8とする)

K_4 : へり側コンクリート破壊の場合のせん断耐力の低減係数 (IV_ASの0.6とする)

A_b : 基礎ボルトの呼び径断面積 (スタッドの場合は軸部断面積) (mm²)

E_C : コンクリートのヤング率 (N/mm²) : 2.44×10^4 (N/mm²)

F_C : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²) : 30 (N/mm²)

A_{C1} : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)

よって、

$$q_{a1} = 6.88 \times 10^4 \text{ (N)}$$

$$q_{a2} = 3.55 \times 10^4 \text{ (N)}$$

$$q_a = \min(6.88 \times 10^4, 3.55 \times 10^4) = 3.55 \times 10^4 \text{ (N)}$$

以上より、基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重は 3.55×10^4 (N) である。

一方、基礎ボルト (M16 : SS400) の許容応力 160 MPa から求まる基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重は、

$$\text{許容せん断荷重} = 3.22 \times 10^4 \text{ (N)}$$

である。

基礎ボルトの許容せん断荷重 3.22×10^4 (N) と比較して、コンクリート部の許容せん断荷重は 3.55×10^4 (N) であり、コンクリート部の許容せん断荷重が十分大きい。

(3) 組合せ荷重

基礎ボルトが引張，せん断の組合せ荷重を受ける場合のコンクリートの評価は，
JEAG4601 より

$$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 = 0.04 \leq 1$$

ここに

p_a : 引張荷重のみに対する基礎ボルト 1 本当たりのコンクリート部の許容引張荷重 (N) = $\min(p_{a1}, p_{a2})$

q_a : せん断荷重のみに対する基礎ボルト 1 本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重 (N) = $\min(q_{a1}, q_{a2})$

p : 基礎ボルト 1 本当たりの引張荷重 (N)

q : 基礎ボルト 1 本当たりのせん断荷重 (N)

以上の結果，定着部は健全である。

3.3 設計の確認

基準地震動 S_s により基礎ボルトに生じる引張応力と許容引張応力の比，せん断応力と許容せん断応力の比を以下に示す。

$$\left(\frac{\sigma_b}{1.5 \cdot f_{ts}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_b}{1.5 \cdot f_{sb}}\right)^2 = 0.08 \leq 1$$

ここに

σ_b : 基礎ボルトの引張応力 (MPa)

$1.5 \cdot f_{ts}$: 基礎ボルトの許容引張応力 (MPa)

τ_b : 基礎ボルトのせん断応力 (MPa)

$1.5 \cdot f_{sb}$: 基礎ボルトの許容せん断応力 (MPa)

以上より，基礎ボルトの発生応力と許容応力との比は 0.08 であり，コンクリートの引張荷重と許容引張荷重との比は 0.04 であるため，基礎ボルトよりもコンクリート定着部の方が十分裕度がある。

4. 結論

基礎ボルトよりもコンクリート定着部の方が耐震性を有する設計となっている。

よって，基礎ボルト及びコンクリート定着部の設計は基礎ボルトよりもコンクリート定着部の方が高い耐震性を有する設計となることから，基礎ボルトの耐震評価を行うことでコンクリート定着部の健全性も確認できる。