

Doc No. 18-180-I-316 Rev. 0

2021年6月1日

トランスニュークリア株式会社

使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請（TK-26型）

2021年4月28日の面談時質問に対する回答
（構造設計関連）

本資料のうち、枠囲いの内容は、商業機密等に属しますので公開できません。

番号	ページ	対象	コメント内容
15	1	補足説明資料 1-6	「概ね弾性状態」の「概ね」を削除できるか？

(回答)

拝承。補足説明資料 1-6 1 項を以下のように修正する。

TK-26 型は、自重、内圧、熱荷重等を考慮し、(一社)日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格」⁽¹⁾(以下、「金属キャスク構造規格」という。)に基づき設計する。また、TK-26 型は、設計条件として設定する地震力に対して弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計とする。

番号	ページ	対象	コメント内容
16	別 3-11	補足説明資料 1-6	下部トラニオンにおける荷重を示す矢印の位置が一番端でないが、そこで良い理由を説明すること。

(回答)

補足説明資料 1-6 別紙 3 に示すトラニオンの構造強度評価では、荷重作用点は想定した固縛装置の部材幅の中央に位置すると設定して、貯蔵中（地震時）における下部トラニオンの評価を実施している。

仮に、荷重作用点が評価上最も厳しくなる位置に設定した場合でも評価基準を満足することを確認している。以下にその場合の応力評価を示すとともに、本条件の方が保守的であることから、本評価結果に基づいて補正申請を行う。また、上部トラニオンの荷重作用点についても同様に修正する。

なお、以下の評価では、荷重作用点の位置の見直しに追加して、トラニオンの軸方向長さ及び最外径の寸法を既に承認された当社類似キャスクの評価と統一の手法で設定した。

1. 貯蔵中（地震時）の構造強度

(1) 解析モデル

貯蔵時において、TK-26 型は縦置き姿勢で下部トラニオン 4 個により貯蔵架台に固定される。

貯蔵中に地震力が作用する場合に発生する荷重は、下部トラニオン 4 個で支持するとして、トラニオンに発生する応力の評価は、応力評価式により行う。

(2) 荷重条件

地震により発生する加速度として、以下に示す値を設定し、評価を行う。

- ・水平方向：1.5G
- ・鉛直方向：1.0G

(3) 設計基準

金属キャスク構造規格 MCD-3311.3 に示される供用状態 D の設計基準に基づき以下のとおりとする。

$$\text{(曲げ応力)} \quad \leq 1.5f_b$$

$$\text{(せん断応力)} \quad \leq 1.5f_s$$

$$\text{(組合せ応力)} \quad \leq 1.5f_t$$

ここで、

f_b : 設計温度(°C^(注1))における許容曲げ応力 (MPa) (=F/1.5)

f_s : 設計温度(°C^(注1))における許容せん断応力 (MPa) (=F/1.5√3)

f_t : 設計温度(°C(注1))における許容引張応力 (MPa) (=F/1.5)

F : 1.2 S_y と0.7 S_u の小さい方の値

S_y : 設計温度(°C(注1))における設計降伏点

S_u : 設計温度(°C(注1))における設計引張強さ

(注1) 貯蔵時の除熱解析結果に基づき設定

(4) 構造強度評価

a. 下部トラニオンに作用する荷重

地震時に下部トラニオンに作用する荷重関係を図 16-1 に示す。回転中心まわりの回転モーメントのつり合いより、下部トラニオンに作用する地震荷重は、次式で求められる。

$$F_s = \frac{\{G_H \cdot H + (G_v - G_c) \cdot R\} m \cdot g}{L + 2 \cdot \frac{R^2}{L}}$$

ここで、

F_s : 下部トラニオンに作用する地震荷重 (N)

m : TK-26 型の質量 = 1.18×10^5 kg

g : 重力加速度 = 9.80665 m/s²

H : TK-26 型の底面から重心位置までの高さ = mm

R : 回転中心から TK-26 型の重心位置までの距離 = mm

L : 回転中心から下部トラニオンまでの距離 = mm

G_H : 地震による水平方向の設計加速度 = 1.5 G

G_v : 地震による鉛直方向の設計加速度 = 1.0 G

G_c : 重力加速度 = 1.0 G

したがって、

$$F_s = 1.26 \times 10^6 \text{ N}$$

b. 下部トラニオンに発生する曲げ応力

図 16-2 に示す下部トラニオンの各断面に発生する曲げ応力 σ_b (MPa) は、次式で求められる。

$$\sigma_b = \frac{M \cdot C}{I}$$

$$M = F_s \cdot X$$

$$I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4)$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- X : モーメントアーム (mm)
- C : 中立軸からの距離 (mm)
- I : 評価断面の断面二次モーメント (mm⁴)
- d_o : 評価断面の外径 (mm)
- d_i : 評価断面の内径 (mm)

c. 下部トラニオンに発生するせん断応力

図 16-2 に示す下部トラニオンの各断面に発生するせん断応力 τ (MPa) は、次式で求められる。

$$\tau = \frac{F_s}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (d_o^2 - d_i^2)$$

ここで、

- A : 評価断面の断面積 (mm²)

d. 下部トラニオンに発生する組合せ応力

上述の曲げ応力 σ_b とせん断応力 τ による組合せ応力 σ_T (MPa) は、次式で求められる。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

e. 計算条件及び計算結果

下部トラニオンの各断面に発生する応力の計算条件と計算結果を表 16-1 に示す。
いずれの評価断面においても、設計基準値を満足している。

表 16-1 貯蔵中（地震時）における下部トラニオン各断面に発生する

応力計算条件及び計算結果

評価位置	最大荷重 (N)	モーメント アーム X (mm)	中立軸から の距離 C (mm)	評価断面の 外径 d_o (mm)	評価断面の 内径 d_i (mm)
Ⓑ	1.26×10^6				
Ⓒ	1.26×10^6				
Ⓓ	1.26×10^6				

評価位置	曲げ応力		せん断応力		組合せ応力	
	σ_b (MPa)	設計基準値 (MPa)	τ (MPa)	設計基準値 (MPa)	S (MPa)	設計基準値 (MPa)
Ⓑ	141	588	64	339	179	588
Ⓒ	204	588	70	339	236	588
Ⓓ	237	588	37	339	246	588

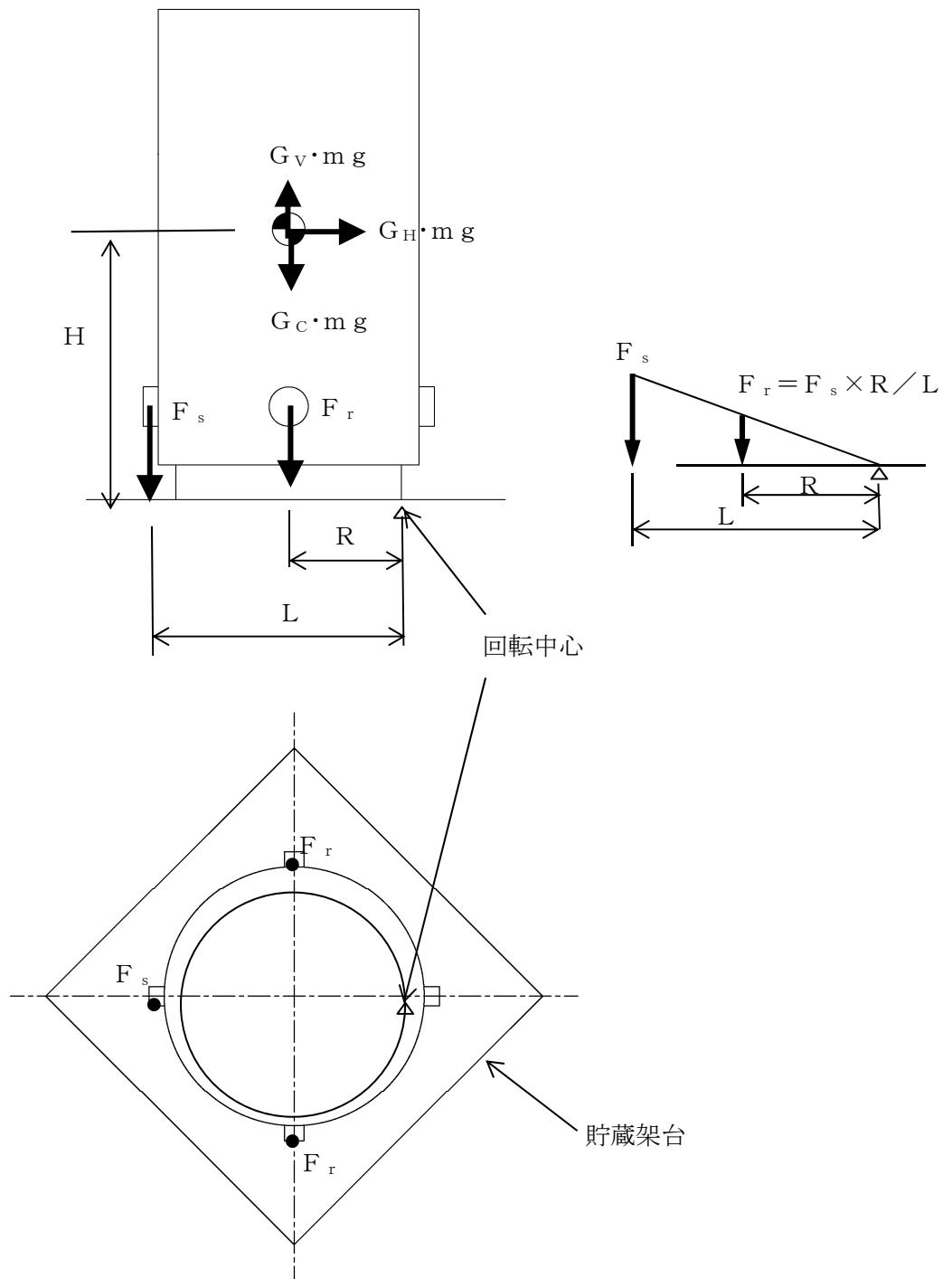
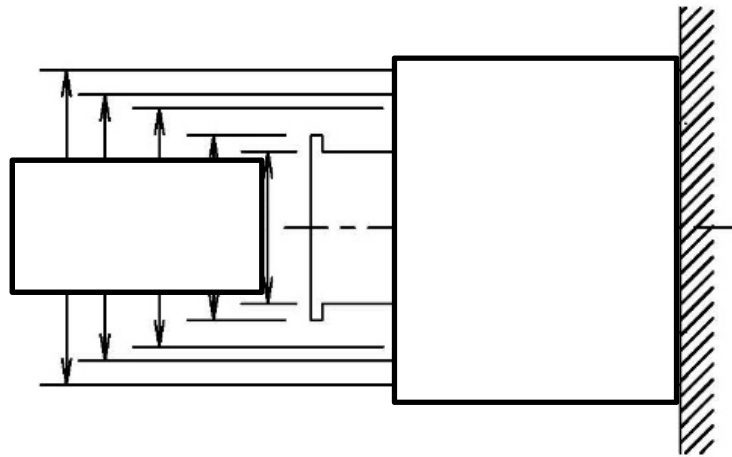
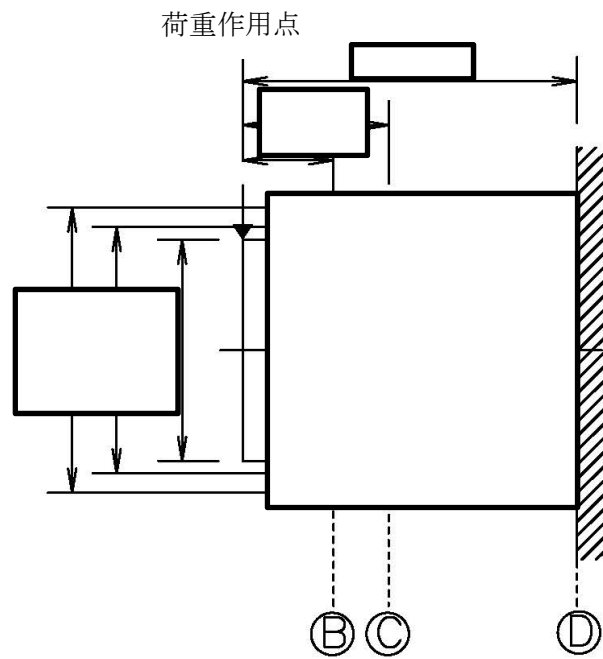


図 16-1 貯蔵中（地震時）に下部トラニオンに作用する荷重



(単位：mm)

(a) 下部トラニオン (90° -270° 側)



(単位：mm)

(b) 下部トラニオン (0° -180° 側)

注) 下部トラニオンはいずれも同様の荷重が作用するが、モーメントアームの大きい 0° -180° 側のトラニオンを評価対象とする。

図 16-2 下部トラニオン構造