

東海第二発電所

火災による損傷防止

(非難燃ケーブルの対応:コメント回答)

平成29年5月25日
日本原子力発電株式会社

1. 指摘事項

複合体の性能と確認試験の考え方について整理すること

- ・複合体試験として、IEEE383を適用できることを整理すること。
- ・試験条件について、定量的に示すこと
- ・試験条件の選定の考え方について、何に着目して選定したのか整理すること。

2. 回答

◆複合体試験として、IEEE383を適用できることを整理すること。

⇒複合体の外部火災及び内部火災の耐延焼性に対する設計の考え方に基づく確認事項に対し、IEEE383の燃焼条件を適用する考え方を整理した。

資料3-3 P.30 参考10 複合体に要求する難燃性能とその確認方法(3／3)

◆試験条件について、定量的に示すこと

⇒ケーブル敷設量については、敷設量の表現をわかりやすく見直すとともに、対応する占積率を記載した。

資料3-3 P.20 参考4 ケーブル量の定義

◆試験条件の選定の考え方について、何に着目して選定したのか整理すること

⇒複合体の外部火災及び内部火災の耐延焼性に対する設計の考え方に基づき選定

	延焼防止に対する設計の考え方	試験条件として着目した項目
複合体外部の火災	防火シートの遮炎性による熱の遮断	防火シートとケーブルの隙間(密着性)
複合体内部の火災	防火シート等による酸素量の抑制	防火シートとケーブルの隙間(酸素量)

3. 資料

資料3-3 東海第二発電所 非難燃ケーブルの対応について＜複合体の設計とその妥当性確認について＞

【複合体の難燃性能に係る設計の考え方とその妥当性の確認の全体像】

設計目標	設計項目	設計の考え方	確認事項	確認方法	判定基準
I. 外部の火災に対する難燃性能	難燃ケーブルと同等以上の難燃性能	(1) 自己消火性	ケーブル単体の自己消火性を確保	ケーブルの発火を模擬する内部の火災にて確認	
		(2) 耐延焼性	燃焼の3要素のうち熱(火災)を遮断	① 防火シートの遮炎性の維持 a. 実機火災荷重を考慮した防火シート加熱試験 (ISO834 加熱曲線) b. 防火シート重ね部加熱試験 (建築基準法遮炎性試験)	防火シート損傷、火災噴出がないこと 防火シート重ね部からの火災噴出がないこと
		【設計/施工仕様】(図1) ◆ 非難燃ケーブル、ケーブルトレイを不燃材の防火シートにより被覆 ◆ 防火シート重ね代の形成 ◆ 結束ベルトによる防火シートの固定		② 難燃ケーブルと同等以上の耐延焼性	難燃ケーブル耐延焼性試験 (IEEE383) の燃焼条件によるケーブル損傷長比較 ケーブル損傷長が難燃ケーブル未満
II. 内部の火災に対する難燃性能	難燃ケーブルと同等の難燃性能	(1) 自己消火性	ケーブル単体の自己消火性を確保	非難燃ケーブルの自己消火性	難燃ケーブルの自己消火性確認試験 (UL 1581 VW-1)
		(2) 耐延焼性	燃焼の3要素のうち酸素量を抑制	① ケーブルの延焼停止 ② 防火シートによる酸素量抑制空間の維持	難燃ケーブル耐延焼性試験 (IEEE383) の燃焼条件による試験 過電流発火模擬による防火シートの健全性確認
		【設計/施工仕様】 ◆ 防火シート/ファイアストップによる酸素量抑制空間の形成 (図2) ◆ 防火シートの密着施工による複体内酸素量の抑制 (図2)			ケーブルの延焼が停止する(燃えとまる)こと 外部からの酸素供給パスとなる防火シートの損傷がないこと
III. 難燃性能に対する設計余裕	想定外の不完全状態に対しても耐延焼性を確保	(1) 不完全状態での耐延焼性	施工不良、傷等の実機状態の不確かさを考慮しても難燃ケーブルと同等の耐延焼性を確保	① ファイアストップ1箇所脱落状態におけるケーブルの延焼停止 (図3) ② 防火シートのずれ	難燃ケーブル耐延焼性試験 (IEEE383) の燃焼条件による試験 ケーブルの延焼が停止する(燃えとまる)こと
		【設計/施工仕様】 ◆ ファイアストップ1箇所の脱落状態を仮定しても、IEEE383に基づく難燃ケーブルの耐延焼性試験の判定基準 6ft (約 1800mm) を満足するようにファイアストップの設置間隔を 900mm に設定 (図1)			
		【防火シートのずれ】 【防火シートの傷】			

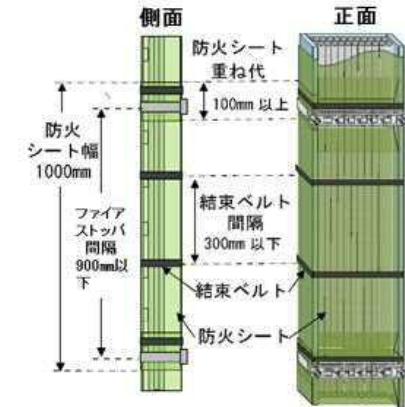


図1 複合体設計・施工仕様

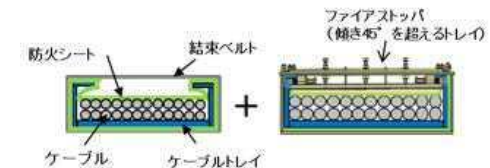


図2 複合体設計・施工仕様(断面図)

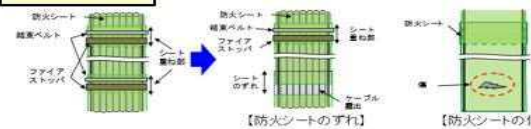
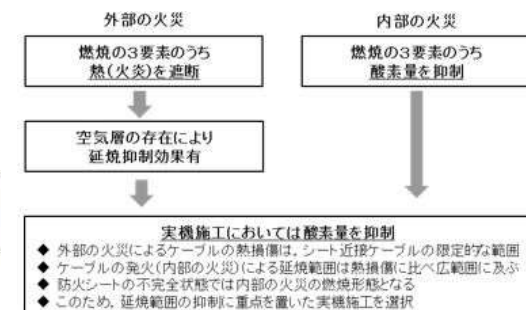


図3 仮定した不完全な状態

◆ 試験条件の考え方は以下のとおり

垂直トレイの場合

<外部の火災>

燃焼の3要素のうち熱(火災)を遮断

空気層の存在により延焼抑制効果有

<内部の火災>

燃焼の3要素のうち酸素量を抑制

実機施工においては酸素量を抑制

- ◆ 外部の火災によるケーブルの熱損傷は、シート近接ケーブルの限定的な範囲
- ◆ ケーブルの発火(内部の火災)による延焼範囲は熱損傷に比べ広範囲に及ぶ
- ◆ 防火シートの不完全状態では内部の火災の燃焼形態となる
- ◆ このため、内部火災の延焼範囲の抑制に重点を置いた実機施工を選択

シート施工ではトレイ折り返し部の隙間(空気)が発生する不確かさあり

試験条件の考え方

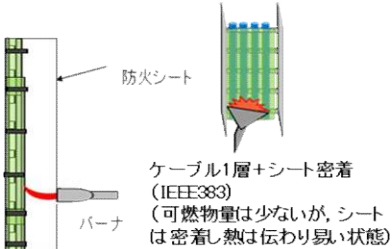
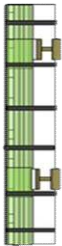
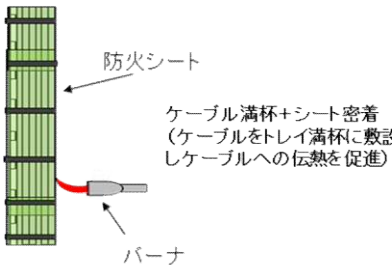
ケーブルとシートを密着させ実機条件を模擬
(ケーブル量が多い側はトレイ満杯にケーブル敷設)

ケーブルとシートを密着させ実機条件を模擬

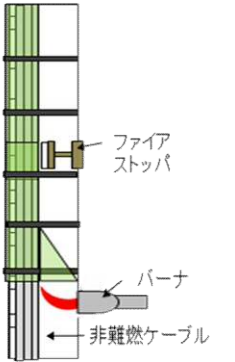
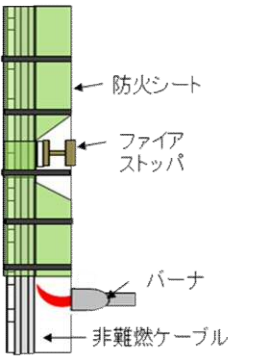
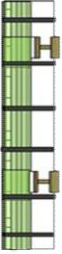
複合体内部の空気量の不確かさは、シートを太鼓巻き
(ファイアストッパ部以外)にすること考慮

◆ 最も延焼条件の厳しい垂直トレイに対する具体的な試験条件(概要)は以下のとおり

<複合体の外部の火災に対する試験条件(概要)>

垂直トレイ (45° を超えるもの)	試験条件
実機施工範囲	実機状態模擬
 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 防火シート ケーブル1層+シート密着 (IEEE383) (可燃物量は少ないが、シート は密着し熱は伝わり易い状態) バーナ
 設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)	 防火シート ケーブル満杯+シート密着 (ケーブルをトレイ満杯に敷設 しケーブルへの伝熱を促進) バーナ

<複合体の内部の火災に対する試験条件(概要)>

垂直トレイ (45° を超えるもの)	試験条件	
実機施工範囲	実機模擬状態	ばらつき(空気量)を考慮した 保守的な状態
 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 ファイア ストップ バーナ 非難燃ケーブル ケーブル満杯+シート密着 (可燃物量が最大で、シートは密着し ており、酸素が少ない状態)	 防火シート ファイア ストップ バーナ 非難燃ケーブル ケーブル満杯+シート密着せず(太鼓巻) (可燃物量が最大で、空気量が多く延焼し 易い条件)
 設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)		

※外部火災について、ケーブルとシート間に隙間を設けた試験も実施しているが、外部火災については空気量が熱の伝達を抑制するため掲載した試験条件より損傷距離は短い

1. 指摘事項

複合体の性能と確認試験の考え方について整理すること

・複合体試験として、IEEE383を適用できることを整理すること。

・試験条件について、定量的に示すこと

・試験条件の選定の考え方について、何に着目して選定したのか整理すること。

2. 回答

◆複合体試験として、IEEE383を適用できることを整理すること。

⇒複合体の外部火災及び内部火災の耐延焼性に対する設計の考え方に基づく確認事項に対し、IEEE383の燃焼条件を適用する考え方を整理した。

資料3-3 P.30 参考10 複合体に要求する難燃性能とその確認方法(3／3)

◆試験条件について、定量的に示すこと

⇒ケーブル敷設量については、敷設量の表現をわかりやすく見直すとともに、対応する占積率を記載した。

資料3-3 P.20 参考4 ケーブル量の定義

◆試験条件の選定の考え方について、何に着目して選定したのか整理すること

⇒複合体の外部火災及び内部火災の耐延焼性に対する設計の考え方に基づき選定

	延焼防止に対する設計の考え方	試験条件として着目した項目
複合体外部の火災	防火シートの遮炎性による熱の遮断	防火シートとケーブルの隙間(密着性)
複合体内部の火災	防火シート等による酸素量の抑制	防火シートとケーブルの隙間(酸素量)

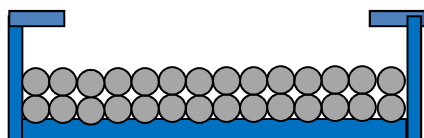
3. 資料

資料 3-3 東海第二発電所 非難燃ケーブルの対応について＜複合体の設計とその妥当性確認について＞

参考4. ケーブル量の定義

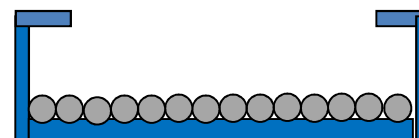
◆ 供試体におけるケーブル量の定義

設計最大量



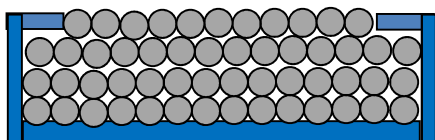
占積率※約40%(敷設量上限)

少量

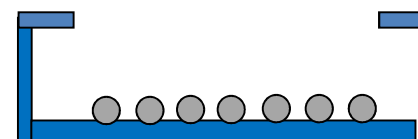


占積率※約10%(1層敷設)

満杯



試験のために設定した占積率40%を超える状態



ケーブル外径の1/2間隔にケーブル
1層敷設(IEEE383規格)

※ ケーブル占積率 : ケーブルトレイの断面積に対するケーブル断面積の総和

1. 指摘事項

複合体の性能と確認試験の考え方について整理すること

・複合体試験として、IEEE383を適用できることを整理すること。

・試験条件について、定量的に示すこと

・試験条件の選定の考え方について、何に着目して選定したのか整理すること。

2. 回答

◆複合体試験として、IEEE383を適用できることを整理すること。

⇒複合体の外部火災及び内部火災の耐延焼性に対する設計の考え方に基づく確認事項に対し、IEEE383の燃焼条件を適用する考え方を整理した。

資料3-3 P.30 参考10 複合体に要求する難燃性能とその確認方法(3／3)

◆試験条件について、定量的に示すこと

⇒ケーブル敷設量については、敷設量の表現をわかりやすく見直すとともに、対応する占積率を記載した。

資料3-3 P.20 参考4 ケーブル量の定義

◆試験条件の選定の考え方について、何に着目して選定したのか整理すること

⇒複合体の外部火災及び内部火災の耐延焼性に対する設計の考え方に基づき選定

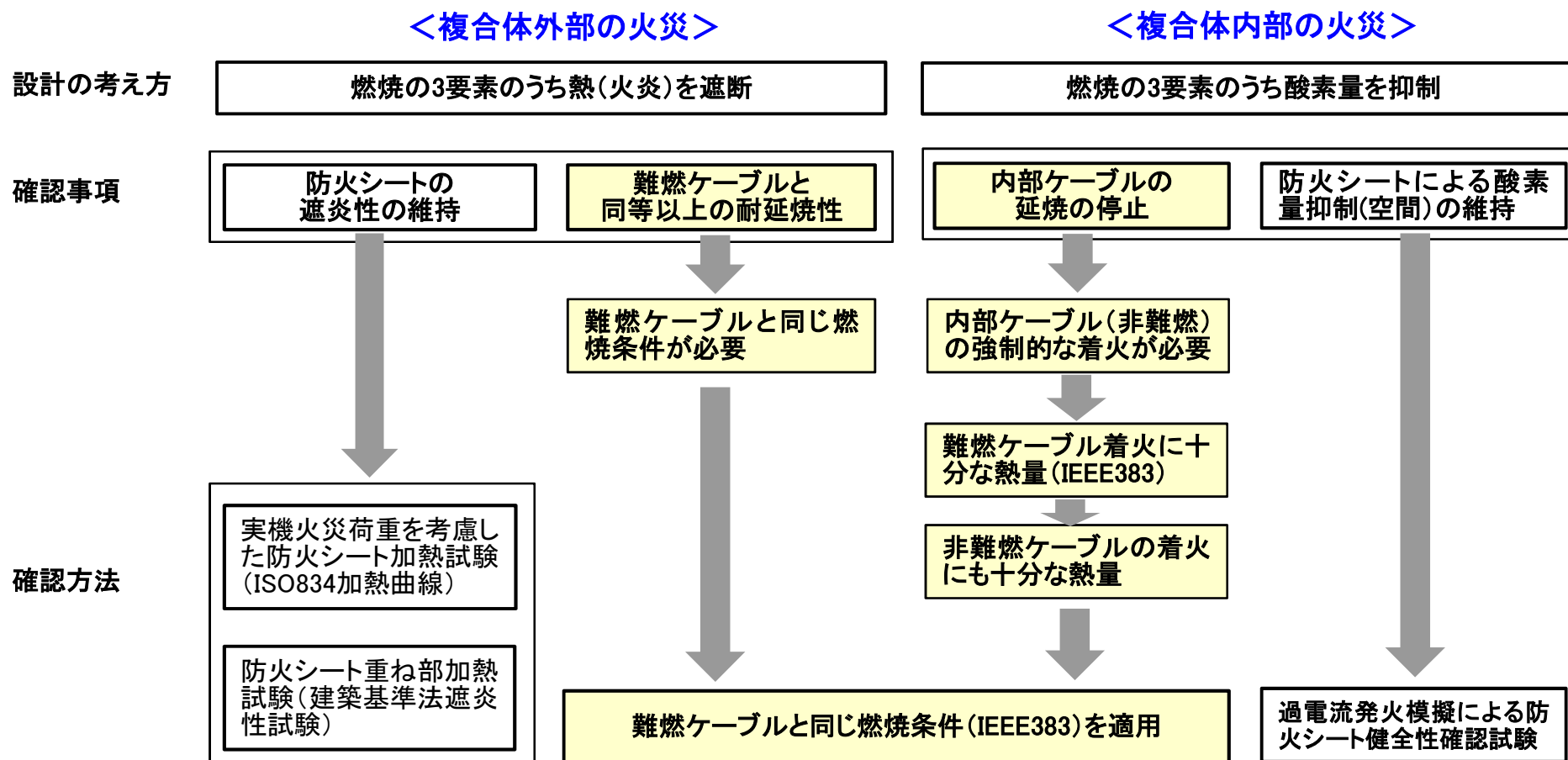
	延焼防止に対する設計の考え方	試験条件として着目した項目
複合体外部の火災	防火シートの遮炎性による熱の遮断	防火シートとケーブルの隙間(密着性)
複合体内部の火災	防火シート等による酸素量の抑制	防火シートとケーブルの隙間(酸素量)

3. 資料

資料3-3 東海第二発電所 非難燃ケーブルの対応について<複合体の設計とその妥当性確認について>

(3) IEEE383の燃焼条件の適用による複合体の耐延焼性試験

- ◆ IEEE383（難燃ケーブルに対して、ケーブル外部からの火災に対する耐延焼性を確認する試験）
難燃ケーブルは米国電気学会により開発された試験方法(IEEE std.383-1974)により認定



1. 指摘事項

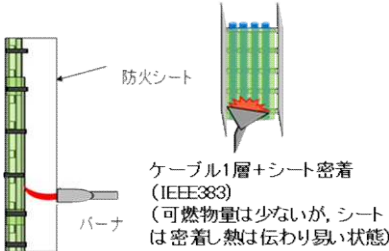
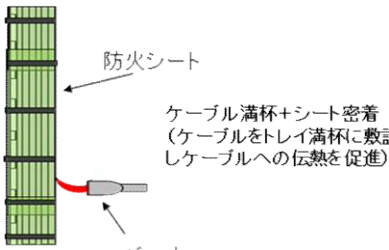
試験したモデルが十分な保守性をもっているか説明すること

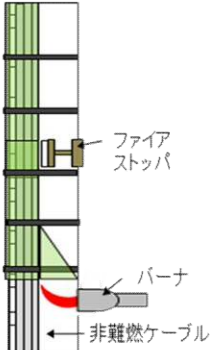
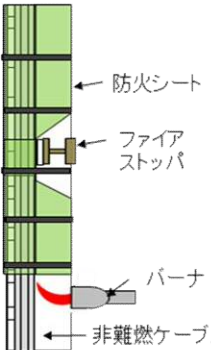
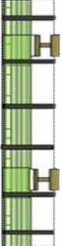
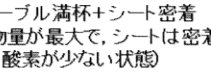
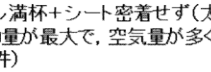
2. 回答

◆ 最も延焼条件の厳しい垂直トレイに対する具体的な試験条件(概要)は以下のとおり

＜複合体の外部の火災に対する試験条件(概要)＞

＜複合体の内部の火災に対する試験条件(概要)＞

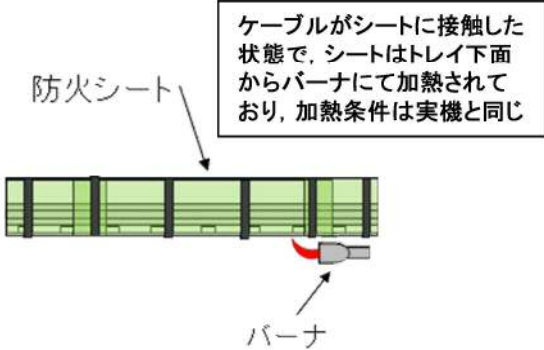
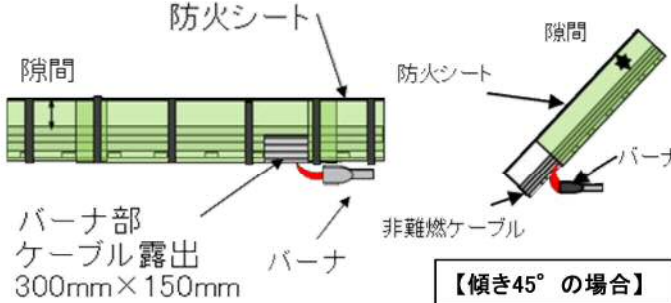
垂直トレイ (45° を超えるもの)	試験条件
実機施工範囲	実機状態模擬
 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 防火シート ケーブル1層+シート密着 (IEEE383) (可燃物量は少ないが、シートは密着し熱は伝わり易い状態) バーナ
 設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)	 防火シート ケーブル満杯+シート密着 (ケーブルをトレイ満杯に敷設しケーブルへの伝熱を促進) バーナ

垂直トレイ (45° を超えるもの)	試験条件	
実機施工範囲	実機模擬状態	ばらつき(空気量)を考慮した保守的な状態
 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 防火シート ファイア ストップ バーナ 非難燃ケーブル	 防火シート ファイア ストップ バーナ 非難燃ケーブル
 設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)	 ケーブル満杯+シート密着 (可燃物量が最大で、シートは密着しており、酸素が少ない状態)	 ケーブル満杯+シート密着せず(太鼓巻) (可燃物量が最大で、空気量が多く延焼し易い条件)

※外部火災について、ケーブルとシート間に隙間を設けた試験も実施しているが、外部火災については空気量が熱の伝達を抑制するため掲載した試験条件より損傷距離は短い

参考2. 耐延焼試験条件について(外部／内部火災 水平)

- ◆ 水平トレイであるため、ケーブルは常にケーブルトレイに接触した状態であり、バーナによる加熱はトレイ下面から実施。このため外部火災に対しては、設計最大量での耐延焼試験を実施
- ◆ 内部火災に対しては、シートの一部を切欠いて直接バーナで内部のケーブルを加熱するため、ケーブルの敷設量は設計最大量で、空気が十分な条件での耐延焼試験を実施。なお、傾き45° のトレイの耐延焼性試験も実施

	水平トレイ	試験条件	
	実機施工範囲	試験条件	ばらつきの扱い
外部火災		 ケーブルがシートに接触した状態で、シートはトレイ下面からバーナにて加熱されており、加熱条件は実機と同じ	— ・ケーブル上部の空気を極力排除した条件(シートを密着)での試験は、延焼し易い垂直トレイと同じ 
内部火災		 防火シート 隙間 バーナ部ケーブル露出 300mm×150mm バーナ 非難燃ケーブル 【傾き45° の場合】	— ・実機条件模擬は、空気が十分な状態で、トレイ下面の防火シートを一部切り欠いて、バーナで内部ケーブルを直接加熱しており、空気量のばらつきは既に実機状態模擬で最大限考慮

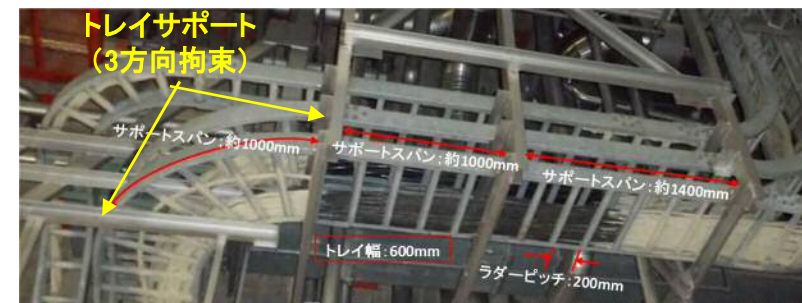
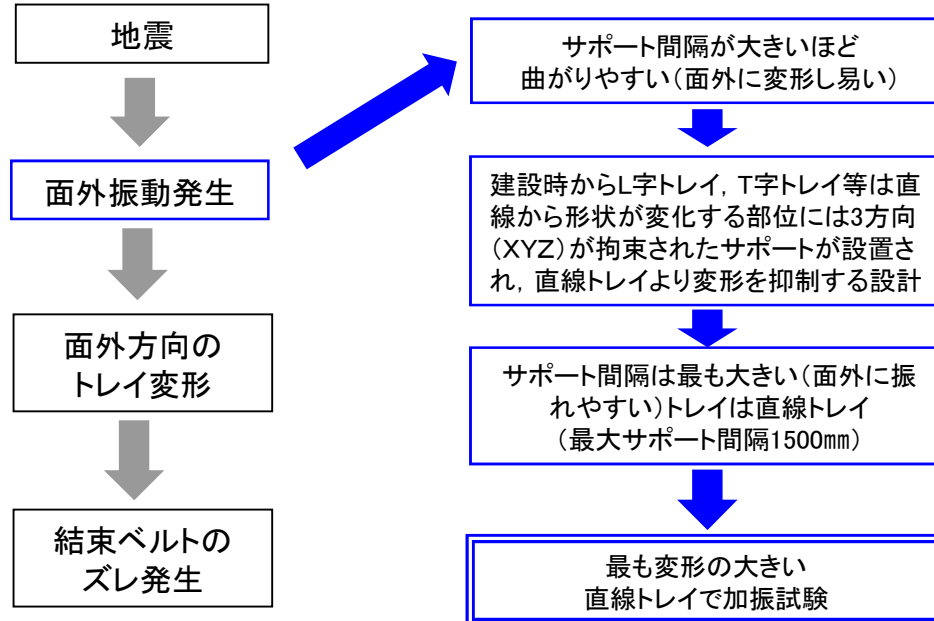
1. 指摘事項

加振試験について、試験モデルの妥当性について説明すること

2. 回答

- 加振試験は、最もサポート間隔が大きく、面外への変形が大きい直線トレイにて加振試験し、防火シート及び結束ベルト、ファイアストッパが外れないことを確認

＜結束ベルトのズレ発生のメカニズム＞



【実機サポート設置状況】

3. 資料

資料3-3 P.21 参考5 加振試験で直線トレイのみの試験することの妥当性・代表性

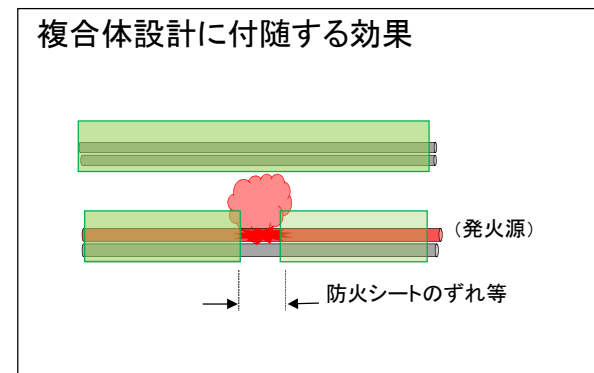
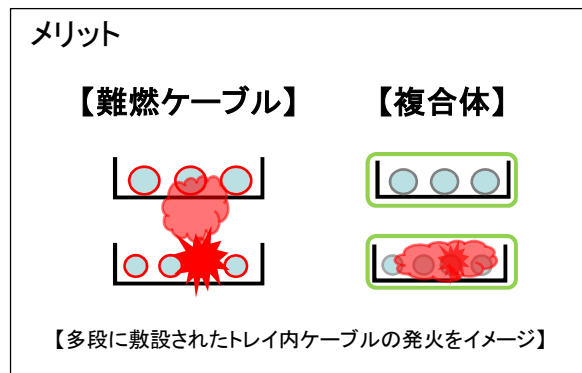
1. 指摘事項

多段積トレイの遮炎性の優位性を整理すること

2. 回答

- 東海第二のケーブルトレイ敷設状態を踏まえると、代替措置は複合体が設計仕様を満足する状態であることを前提に、防火シートの遮炎性により火災影響範囲を限定できる優位性がある。

具体的には、複合体の遮炎性により、下段トレイ敷設ケーブル火災が上段トレイ敷設ケーブルへ延焼することを抑制する効果がある。また、上段トレイの防火シートの遮炎性により上段トレイ敷設のケーブルへの延焼が抑制される。



3. 資料

資料3-4 P.57 添付8 難燃性に係る複合体の設計と安全上のメリット

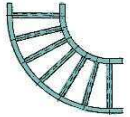
P.58 補足8.1 複合体設計に付随する効果

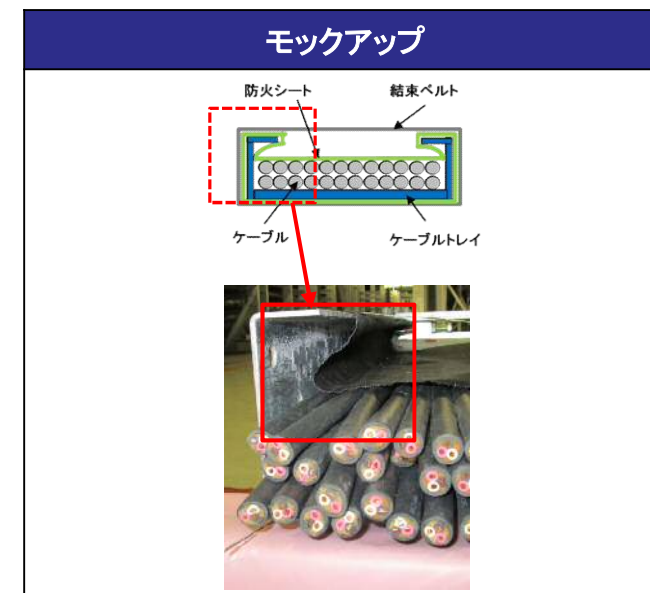
1. 指摘事項

実機施工において、極力空間を減らせる施工ができるのか、具体的な施工例を合せて説明すること

2. 回答

- 実機施工での防火シートとケーブル間隙を極力抑制する巻き方の検証として、実機のケーブルトレイを用いて、検証した。
- その結果、実機のケーブルトレイにおいて、防火シートとケーブル間隙を極力抑制する巻き方が適用可能であることを確認した。

トレイ形状	施工例	
L字形 		
傾斜形 		



3. 資料

資料3-3 P.23 参考7 実機における防火シートの施工