

残留変位を想定した免震耐火被覆システムの耐火性能（その1）

多段積層式耐火被覆材『護免火 NR』の残留変位を模した耐火性能試験

エーアンドエー工事 技術部

1. はじめに

免震建物においては、地震後などに残留変位を生じるおそれがあり、一般社団法人 日本免震構造協会の発行する「免震建物の維持管理基準-2014-」¹⁾では、地震後に許容される残留変位の目安を 50mm としている。しかし、この目安は耐火被覆の耐火性能を考慮したものではない。

大臣認定を取得している「免震装置を含む柱」の耐火構造は、免震支承の水平変位が無く、かつ耐火被覆のずれが無い状態で評価されており、地震後の支承の変位や耐火被覆のずれが生じた場合の耐火性については考慮されない。したがって、ずれの修正や、残留変位の修正については、設計における余裕度の設定や、維持管理等の運用上の判断が必要となる。

従前の設計では、耐火構造認定の仕様通りで実施しているものが多く、変形やずれが生じた場合は、初期の性能を完全に保持しているとは言い難い。一方、多段積層式を採用する免震耐火被覆システム『護免火 NR』および『護免火 HR』は、残留変位による耐火被覆のずれが小さいことから、耐火性能の保持が期待できる。

今回、50mm 程度の残留変位が生じた場合を想定し、耐火被覆のずれを模した『護免火 NR』の耐火試験を実施してその耐火性を確認したので結果を報告する。

なお、『護免火 NR』は天然ゴム系積層ゴム支承用、『護免火 HR』は高減衰積層ゴム支承用の多段積層式耐火被覆材である。

2. 変位とずれ

支承に水平変位が生じた場合、これに伴って耐火被覆材にもずれが生じる。しかし、ずれの大きさ（ずれ量）については、各耐火被覆システムによって異なる。例えば、上下分割のパネル式耐火被覆材の場合、耐火被覆材が上下の構造体と一緒に動くため、変位量と同じずれ量が発生する(図 1)。一方、多段積層式の耐火被覆材は、多段に積層された耐火材が相互にずれるため、大きな変位に対してもずれ量を小さく抑えることができる。

『護免火 NR/HR』の標準的な設計例を図 2 に示す。『護免火 NR/HR』は、積層ゴム支承に近接して設置する構造であるが、内部に 15~20mm のクリアランス（内部クリアランス）を設けているため、支承の微小な動きに対してはずれが生じない。図 3 に支承が 25mm 変位した場合、図 4 に支承が 50mm 変位した場合（いずれも均等なせん断変形を想定）の耐火被覆のずれを示す。内部クリアランスの取り方により、各段には不均等なずれが

生じるが、ずれ量の最大値は、25mm 変位において 22mm、50mm 変位において 24mm である。

このことから、支承の変位量を 50mm と想定した場合、多段積層式の耐火被覆材のずれは 25mm 以下に抑えることが可能であるといえる。なお、不均等に生じたずれを均等に修正すると、支承の変位量が 50mm の場合、耐火被覆材のずれは 7.5mm に戻すことが可能である。(図 5)

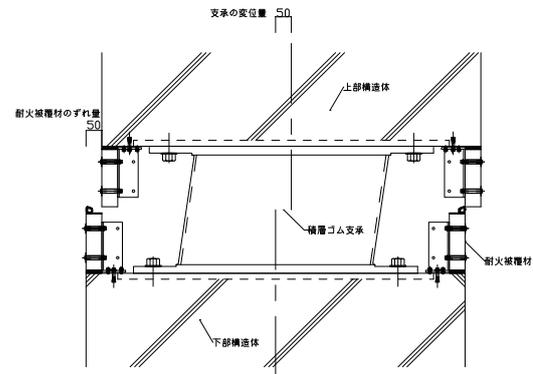


図 1 上下分割パネル式耐火被覆材の変位とずれ

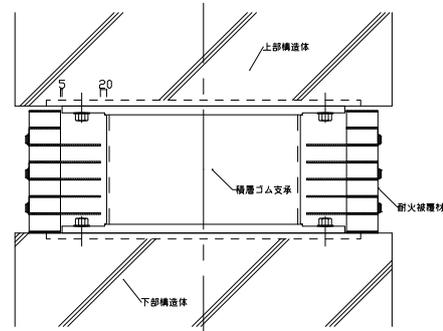


図 2 『護免火 NR/HR』の標準的な設計例

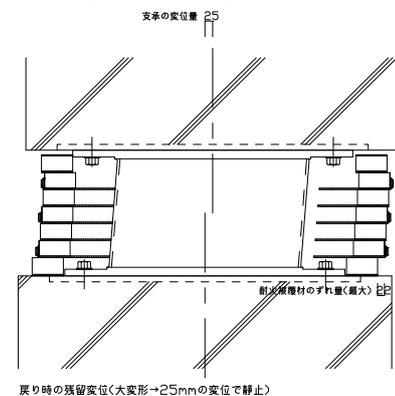


図 3 支承の変位と『護免火 NR/HR』のずれ
(支承の変位量が 25mm の場合)

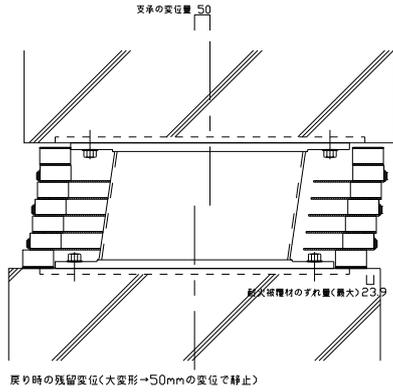


図4 支承の変位と『護免火NR/HR』のずれ
(支承の変位量が50mmの場合)

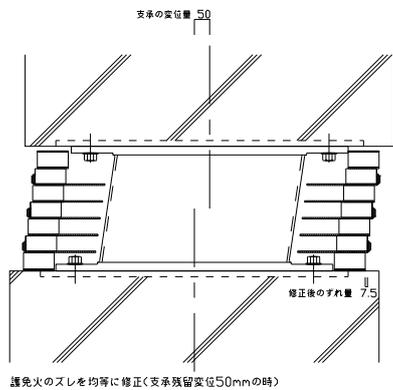


図5 『護免火NR/HR』のずれを均等に修正
(支承の変位量が50mmの場合)

温度測定位置は、性能評価試験と同様に積層ゴム支承の上段、中段、下段の3断面とし、各断面直交する4方向の被覆ゴム表面から深さ5mmの位置とした。

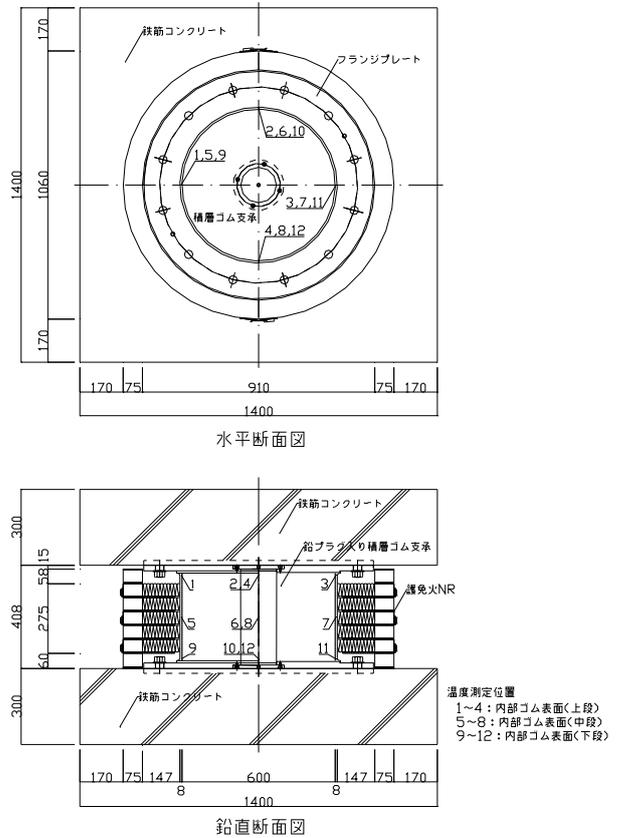


図6 試験体図

3. 耐火性能確認 (加熱試験)

3.1 試験体の設定

支承の変位量が50mmの場合、多段積層式の耐火被覆材のずれは最大25mmと推定できる。『護免火NR/HR』の被覆厚さ(けい酸カルシウム板の幅)は100mm(護免火NRの丸形のみ120mm)であるが、被覆材に25mmのずれが生じた場合、被覆材の有効被覆厚さは最小で75mmであるといえる。そこで、50mmの残留変位が生じたことを想定し、『護免火NR/HR』の有効被覆厚さ(けい酸カルシウム板の幅)を75mmとした被覆構造について加熱試験を実施した。

3.2 試験体

試験体の形状、寸法および温度測定位置を図6に示す。積層ゴム支承は、鉛プラグ入り天然ゴム系の支承径600mmのものを使用し、多段積層式の耐火被覆材『護免火NR』は、性能評価試験における比較試験で不利側とされた丸形形状のものを使用した。積層ゴム支承の上下構造体は鉄筋コンクリート板1400×1400×300mmとした。

3.3 試験方法

加熱試験は、性能評価機関が定める「防耐火性能試験・評価業務方法書」に従い、護免火の取得耐火構造認定と同じ180分の加熱試験を行った。

3.4 試験結果

結果を表1および図7, 8に示す。免震材料(積層ゴム支承)表面温度は、加熱180分(加熱終了)時で最高温度81.5℃、平均温度67.0℃であり、試験開始後1035分で最高温度99.0℃を示した。断面毎の表面温度は、加熱終了時では上段が最も高く、中段が最も低い結果であった。上段および下段は、上下構造体(鉄筋コンクリート板)や積層ゴム支承のフランジによる熱伝導により中段に比べ温度が高くなったと考えられる。一方、中段は、護免火の断熱性が高く、また、ゴム自体の熱伝導性も低いことから、上下段に比べ低い結果となっていると推察される。加熱終了後は、上下構造体からの熱流入により徐々に表面温度が上昇し、中段においては、試験終了時でも最高値を示していないが、上下段がすでに最高値を示して表面温度が下降していること、および既定値の150℃に対し十分安全な温度であることから、1520分時に被覆

材を外し、すべての表面温度が下降したことを確認した後に試験を終了した。

加熱試験前後の試験体状況を写真1, 2に示す。

表1 試験結果

試験年月日	2013年10月9~10日	
試験体の大きさ(mm)	1400×1400×1008	
加熱面	4面	
加熱時間〔試験時間〕	180分〔1560分〕	
加熱温度	図7	
免震材料表面温度	図8	
加熱180分時の 最高温度(°C)	上段	81.5
	中段	54.1
	下段	74.8
免震材料表面温度の最高 (°C)	99〔1035分〕 〔規定値150〕	



写真1 加熱試験前の試験体状況



写真2 加熱試験後の試験体状況

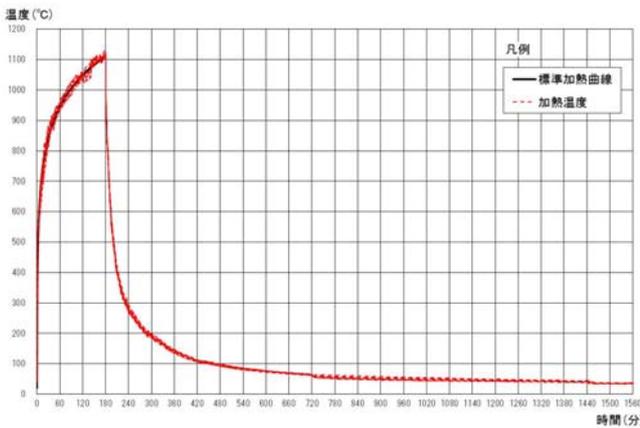


図7 加熱温度測定結果

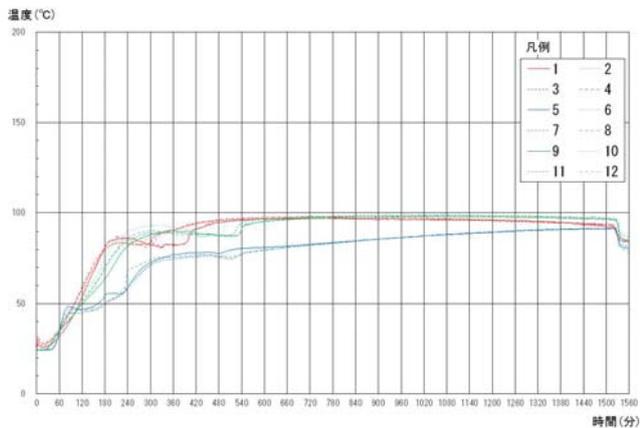


図8 免震材料表面温度測定結果

4. まとめ

多段積層式耐火被覆材『護免火 NR』において 50mmの残留変位が生じたことを想定した模擬試験体について、加熱試験による耐火性能確認を行った結果、3時間の耐火性能を保持していることを確認した。

耐火性能確認試験においては、耐火被覆材以外の条件（免震装置や上下構造体の熱容量等）によりその耐火性に差異が生じることが考えられるが、熱容量については、当該試験体寸法以上のものについては、耐火性能上有利になると判断できる。以上のことから、設計時の条件に注意は必要であるが、多段積層式耐火被覆材『護免火 NR/HR』は、残留変位 50mm に対して、十分な耐火性を保持することができると考えられる。

【参考文献】

- 1) 免震建物の維持管理基準-2014- 2014年8月
一般社団法人 日本免震構造協会