「部屋免震」で国宝を守る

東大寺総合文化センター、米国式の新型免震を導入

東大寺総合文化センターの展示室の床下に取り付けた米国式の免震装置。日本初上陸となる（写真：特記以外は生田 将人）

展示室への入り口。エキスパンション・ジョイント（写真手前）は、搬出入のために段差をなくす必要があり、特注品を採用した

展示室内部にある大型展示ケース。国宝の日光・月光両菩薩像を安置する計画だ。
この展示室は、床、壁、天井を一体化した部屋免震という珍しい手法を採用した

施工中の床下。大林組JVの戸本保所長が指し示すのは、米国式の免震装置。厚さはわずか14㎝だ（写真：本誌）

奈良・東大寺の「東大寺総合文化センター」が竣工した。センター内にある展示室には、日本初上陸となる米国式の免震技術を導入した。これまでの常識を覆す薄型、軽量の免震装置が、地震から国宝を守る。

コンパクトで安価な米国式の免震装置が、日本に初上陸した。米国カリフォルニア州に本社を置くEPS社（Earthquake Protection Systems,Inc.）製の摩擦振り子支承（FPS）だ。仁王像で有名な東大寺南大門の隣地に建つ「東大寺総合文化センター」に導入した。展示室に用いた12基の免震装置は、直径約45㎝で、厚さはたったの14㎝。運送費込みの価格は1基当たり約31万円にすぎない。

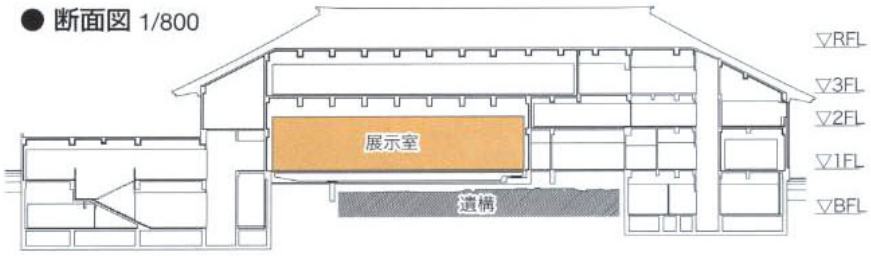
東大寺総合文化センターは、地下1階・地上3階の鉄筋コンクリート（RC）造。展示室や収蔵庫、図書館、ホールなどからなる。2011年秋予定のグランドオープンの際には、1階中央部にある展示室に、国宝の日光・月光両菩薩像などの塑像群を安置する計画だ。

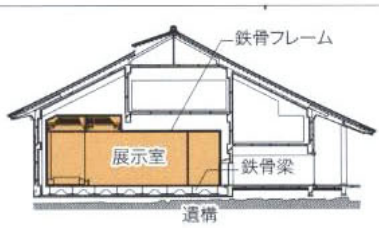
東大寺の筒井寛昭上院院主は、「境内にある収蔵庫や図書館が老朽化しており、大型の収蔵施設が必要だった。所有している多数の国宝や重要文化財を一般公開できる展示施設もなかった」と語る。

塑像は壊れやすく、万一、転倒すると粉々になってしまう。建物全体を免震構造にするのがベストだが、条件が厳しく断念した。敷地内にある鎌倉時代の遺構を保存するため、掘削深さが1.5mに制限されたからだ。展示ケースだけを免震にする前提で設計を進めたが、展示の自由度に限界があった。

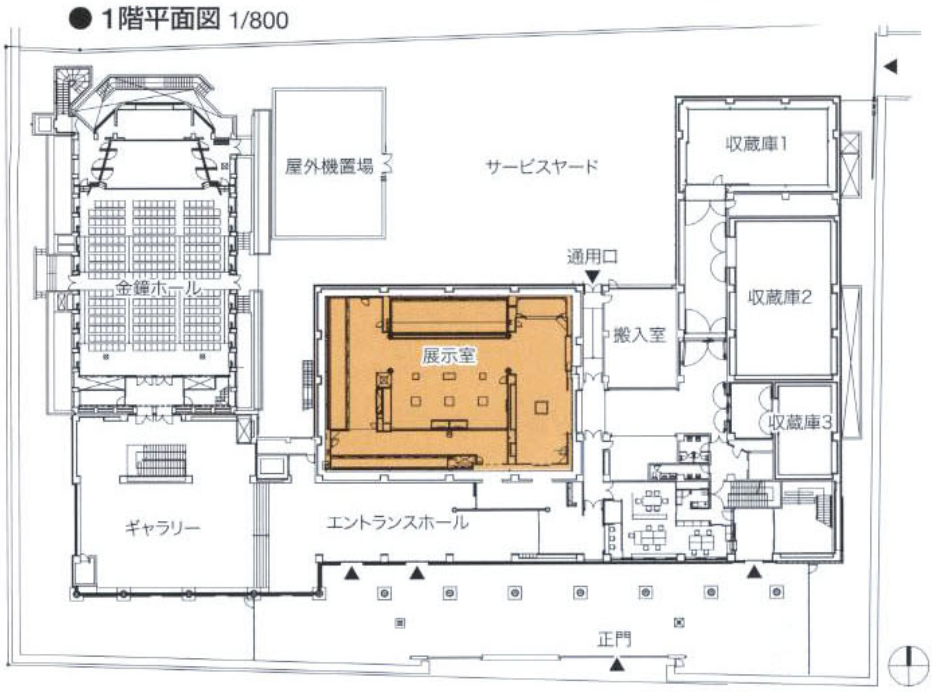
展示室を入れ子にしてまるごと免震

● 断面図 1/800

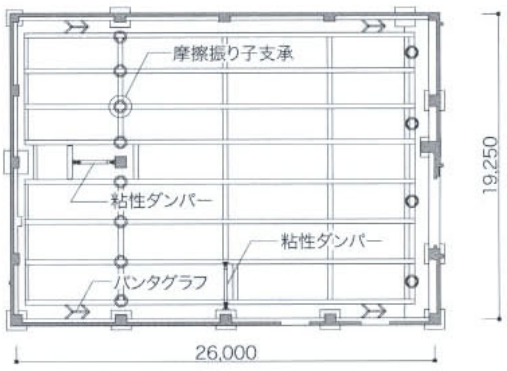




● 1階平面図 1/800



● 免震装置配置図 1/500



展示室を施工する様子。鉄骨梁の上部にRC造の床をつくり、その上に鉄骨フレームを組み立てた（写真：大林組JV）

大地震から文化財をいかにして守るか。東大寺から意見を求められた東京工業大学の和田章教授は、「広い範囲で免震にした方が有効だ」と力説。東大寺は、設計終盤になっての設計変更を決断した。ここで採用したのが「部屋免震」という手法だった。建物の内部に、免震装置の付いた独立の箱を入れ子にする仕組みだ。

直下型地震でも転倒を防ぐ

展示室は、床を強固にするとともに、収蔵庫として気密性を満た

す必要があった。そこで、鉄骨梁の上部にRC造の床をつくり、その上に鉄骨フレームを組んで、床と壁、天井を含めた部屋全体をまるごと免震層で支えることにした。

問題は、部屋免震で用いる免震装置だった。「積載荷重は1m²当たり最大で2t程度。コンピュータールームで使う床免震の装置では、展示室の構造体が重すぎて対応できない。だが、積層ゴム支承を利用するには軽すぎた」と、構造設計を担当した金箱構造設計事務所の金箱温春代表は語る。しかも、掘削深さの制約から、床下の設置スペースの高さが限られた。

そこで採用したのが、FPSだった。地震時に支承内部の球面上を、スライダーが振り子の軌道を描くように滑る仕組みだ。摩擦によって地震のエネルギーを吸収する。球面の曲率半径だけで固有周期が決まるため、支える構造体の重量によらずに周期を長くできる。

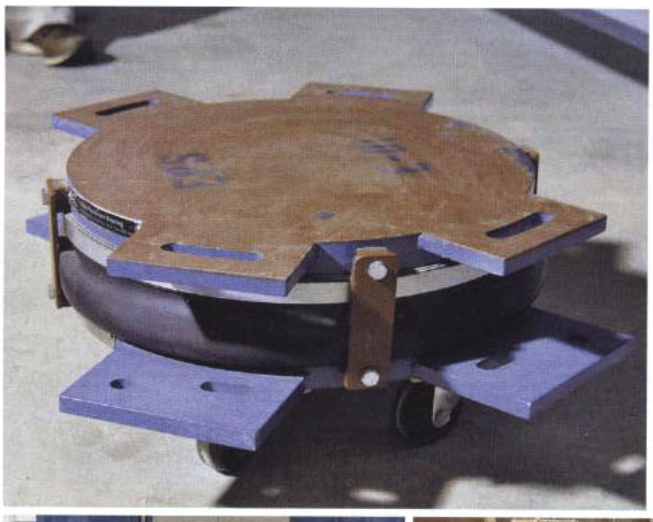
「積載荷重の変動が大きい展示床の免震支承としては最適だ。この製品は滑り面の曲率や摩擦係数の調整が可能で、設計者が免震支承の復元力を自由に設定できる」と、金箱氏はメリットを説く。

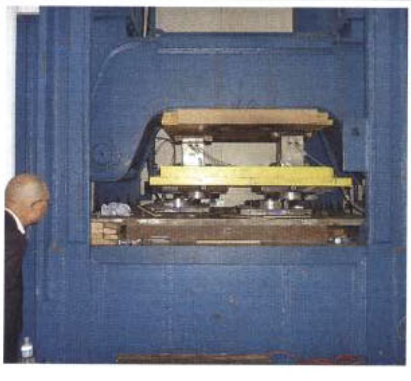
免震化は、仏像の転倒を防ぐのが最大の目的だ。「転倒するか否かは床面の応答加速度で決まる。家具の転倒調査などから、応答加速度を140gal程度に制御することを目指した」（金箱氏）。

告示波のほか、阪神大震災の際に観測したJMA神戸波や、奈良盆地東縁断層帯による想定地震動を入力して応答解析を実施。最大で応答加速度が約140gal、水平変位が約30cmに収まることを確認した。

展示室の周囲に設けたクリアランスは35cm。変形が想定以上に大きくなると、ぶつかる恐れがある。このため、粘性ダンパーを2基設置。さらに、床面がねじれた場合を考え、平行移動装置（パンタグ

振り子の原理を応用した新型免震

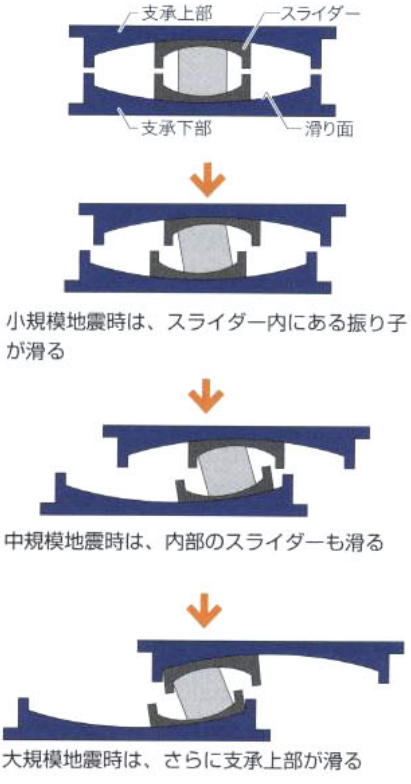




展示室で採用したものと同型の摩擦振り子支承（FPS）。ゴムの部分は外を覆っているだけで、中の支承自体は鉄製だ。米国・EPS社での検査（左下）、大林組技術研究所での振動台実験（下）によって性能を確認した

（写真：左は本誌、下の2点は大林組JV）

● EPS社のFPSの仕組み



東大寺総合文化センターの外観。展示室のほか、収蔵庫、図書館、ホールなどからなる。設計者は建築研究所アーキヴィジョン。グランドオープンは2011年秋の予定だ

ラフ）を4カ所に設置した。

海外では大規模建築物に実績

FPSの導入にはハードルがあった。国内代理店がなく、大林組の営業部門がEPS社に連絡して直接購入した。受け入れ検査をする装置も国内にない。大林組の技術研究所で支承の現物を使った振動台実験を実施。東大寺や文化庁の関係者も参加し、仏像に見立てた試験体が転倒しないことを確かめた。

施工は比較的容易だ。大林組・三和建設・ゴセケンJVの戸本保所長は、「取り付け精度に気を配った。支承と鉄骨の間をグラウトする方法で、水平精度を確保した」と語る。FPSの重さは1基当たり約110kgと軽く、専門工事会社ではなく、とびが扱うことができた。

EPS社のFPSは、海外ではサンフランシスコ国際空港のターミナルビルなど大規模建築物のほか、橋梁、プラントに使われている。日本では大臣認定を未取得のため、建築の主構造に使った例はない。

「日本では、免震と言えば積層ゴム。プロペラ機を改良している間にジェット機を開発されたようなインパクトが、このFPSにはある」と語る和田教授は、こう続ける。「伝統ある東大寺には、新しい文化を受け入れる素地があった」。

米国式の新型装置の上陸は、日本の免震技術の革新につながる可能性を秘めている。（佐々木 大輔）

東大寺総合文化センター
▶所在地：奈良市水門町100　▶延べ面積：5855.23m²　▶構造：RC造、一部S造　▶階数：地下1階・地上3階　▶事業主：東大寺　▶設計・監理者：建築研究所アーキヴィジョン　▶構造設計・監理：金箱構造設計事務所　▶免震構造監修：和田章・東京工業大学教授　▶施工者：大林組・三和建設・ゴセケンJV　▶工事期間：2009年2月～10年9月　▶総事業費：約40億円