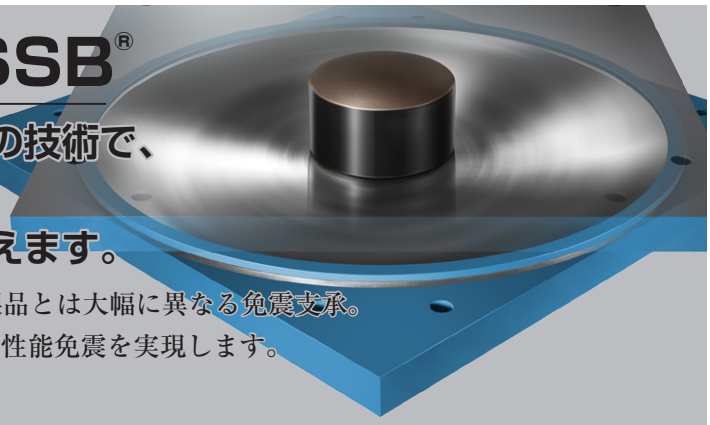
球面すべり支承 NS-SSB®



球面すべり支承は振り子の原理と鉄の技術で、
大切な命と建物を守ります。
構造設計者の高度化するニーズに応えます。

「鉄」を熟知した弊社だからこそ実現できた、従来製品とは大幅に異なる免震支承。
支承機能と減衰機能をあわせ持つ「NS-SSB」が、高性能免震を実現します。

新日鉄住金エンジニアリング株式会社
建築・鋼構造事業部免制震デバイス営業室（0120-57-7815）

「NS-SSB」は当社の登録商標です
登録番号 第 5671985 号

1. はじめに

球面すべり支承は、球面状のプレートの上を所定の摩擦係数を持つスライダーを滑らせることで、建物周期の長周期化と摩擦による減衰により、地震応答を抑制する免震装置である。球面すべり支承は欧米等の海外では多くの実績があるが、国内では製品化されているもののその実績は少ない。その理由の一つとして、従来の球面すべり支承は面圧が積層ゴムと同等程度であり外形寸法が比較的大きくなることが挙げられる。新日鉄住金エンジニアリングでは面圧を従来の3倍程度に高めたコンパクトな球面すべり支承（以下、NS-SSB）を開発した。ここではNS-SSBの特長と実際の建物への適用例について紹介する。

2. NS-SSBの特長

NS-SSBは上下に球面状のコンケイブプレートを設けその間にスライダーを配置したいわゆるダブルペンデュラムと呼ばれる球面すべり支承である。装置の概要を図1に、仕様を表1に示す。

NS-SSBの特長は以下のとおりである。

① 安定した固有周期

免震層の固有周期は$T=2\pi\sqrt{(2R/g)}$（R：球面半径、g：重力加速度）で決まり、固定荷重及び積載荷重に影響されない。球面形状の高い精度により小変形から大変形までバラつきの少ない安定した固有周期が得られる。

② 単一の免震部材で長周期化が可能

NS-SSBには支承と減衰の双方の機能を持つので、他の免震部材との併用は不要である。また、球面の曲率半径を大きくすることで長周期化が容易に実現でき、簡易な免震層の設計が可能である。

③ 安定した性能

球面の曲率はコンピューター制御による機械加工で実現されるため製造ばらつきはごくわずかであり、また、経年変化によるばらつきもほぼない。

④ 高い基準面圧によるコンパクト化

主要材料を金属とすることにより積層ゴム支承の約3倍の面圧を実現。その結果、装置のコンパクト化を図っている。

⑤ 容易な免震部材選定

NS-SSBはスライダー直径と球面半径を選択するだけで容易に免震部材の選定を行うことができる。

NS-SSBの各種基本性能については実験で確認している。図2は面圧60MPa、限界変形である振幅±600mmまでの漸増載荷試験の結果であり、安定した履歴を示している。図3は摩擦係数と各種依存性の関係、図4はサイクル数と摩擦係数の関係である。摩擦面の繰り返し耐久性として、120mの摺動距離を確認している。レベル2地震動の3波分の摺動距離が約50mであることを地震応答解析で確認しており、それと比較すると十分な耐久性を有していると言える。

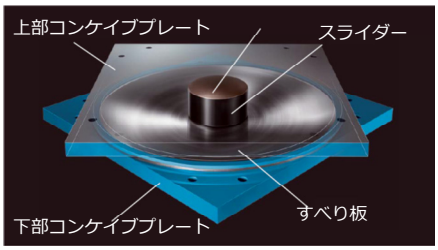


図 1　NS-SSB 概要

表 1　NS-SSB の仕様

項目	仕様	
固有周期	4.5sec	6sec
曲率半径	2500mm	4500mm
摩擦係数	0.047（ばらつき±0.01）	
基準面圧	60MPa	
スライダー径	φ200～500mm@50	
長期鉛直支持力	1885～11781kN	
限界変形	600mm	

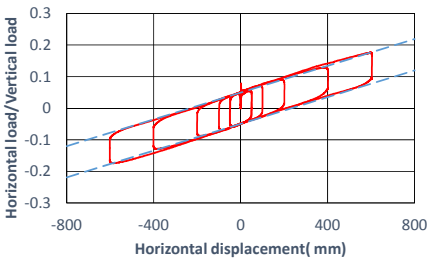


図 2　荷重—変形関係

3.　NS-SSBを用いた実物件

NS-SSBを適用した山九物流倉庫の概要を表2に、外観を図5に示す。積載荷重15kN/㎡、7階建て（振動解析では5階建てにモデル化）の大型物流倉庫である。同一平面内や高さ方向の積載荷重の偏在があった場合でも免震効果への影響を最小限にすること、浅い免震層を実現することを目指し、NS-SSBを採用した。

①　構造概要

基礎は直接基礎、上部架構は免震層直上の1階を含めて鉄骨造であり、高い階高と大きな積載荷重でも剛性を確保できるようにブレースを適宜配置している。免震装置は、図6に示すように6秒タイプのスライダーを69基配置している。最大支点反力は約9500kN、スライダー径は200～450mmである。

②　地震応答解析

採用地震波は図7に示す8波、振動モデルは質点系の6質点モデルとし、免震層は69基のNS-SSBを集約しバイリニアモデルにモデル化している。スライダーがすべり板の外周部に接触する場合を限界変形、その70%を許容変形とし、レベル2地震による応答が許容変形以内となるよう設定している。本建物では装置の限界変形、免震層クリアランスともに500mmとしている。鉛直振動は0.3gとし、水平振動との組み合わせで免震装置に浮き上がりが発生しないようにしている。

摩擦係数4.7%での地震応答解析結果を図7に示す。免震層の最大変形は約230mmmであり、NS-SSBの限界変形500mmに対しては約2倍以上であり、十分な余裕度が確保されている。

4.　まとめ

球面すべり支承 NS-SSB は免震層の長周期化が容易で、コンパクト化も可能である。今後も上記のような建物を中心として積極的な適用を推進していきたい。

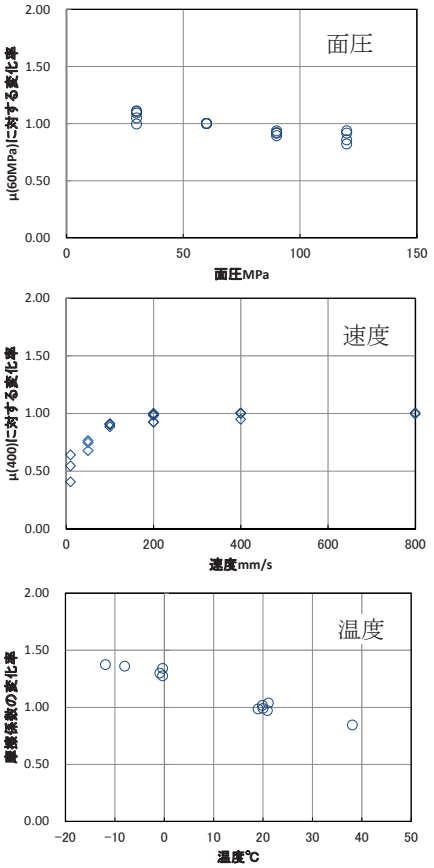


図 3　摩擦係数の各種依存性

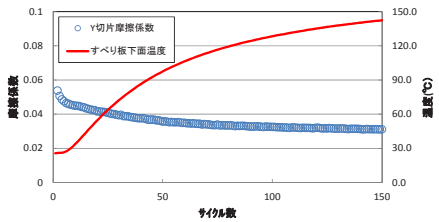


図 4　繰り返し回数と摩擦係数

表 2　NS-SSB を適用した建物概要

用途	倉庫
建物規模	7階建て、延べ床面積約30000㎡
構造種別、架構	鉄骨造、ブレース付ラーメン架構
基礎構造	直接基礎
高さ、階高(m)	31.4m、3.55～7.15m
平面グリッド	12m × 10m
設計･監理	新日鉄住金エンジニアリング㈱一級建築士事務所
施工	新日鉄住金エンジニアリング㈱

図 5　NS-SSB を適用した建物外観

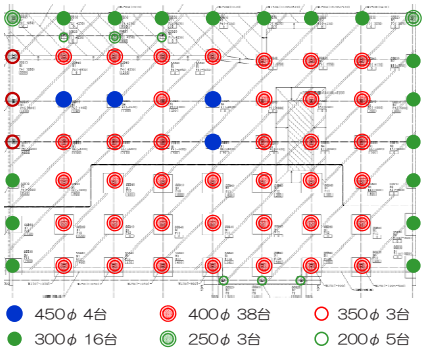


図 6　免震装置の配置

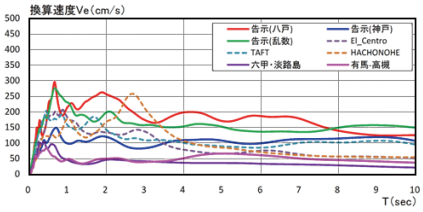
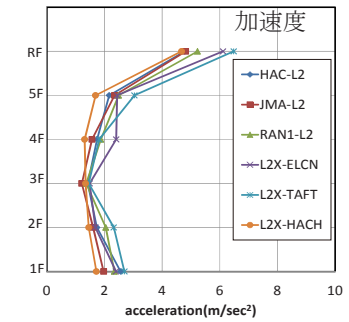


図 7　採用地震波



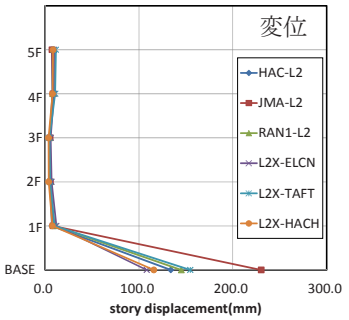


図 8　応答解析結果