

# 清泉女学院中学高等学校 南棟 免震改修



原嶋 幸一  
鹿島建設



牧部 一成  
同

## 1 はじめに

神奈川県鎌倉市に1963年に建設された中学・高等学校の校舎の免震改修工事である(2011年3月竣工)。

学院関係者、卒業生の方々にとって愛着の深い校舎の外観を損なうことなく、耐震性能の不足する築50年近い建物の免震化を図った。

1階～4階を使用しながら、地下1階柱下部(基礎上部)に曲面すべり支承を配置し、校舎全体を免震化した。



写真1 建物写真

## 2 建物概要

建設地 神奈川県鎌倉市  
 建築主 学校法人 清泉女学院  
 清泉女学院中学高等学校  
 耐震改修設計者  
 建築設計 フォルムデザイン  
 設備設計 フォルムデザイン  
 構造設計 鹿島建設(株)横浜支店  
 耐震改修施工者 鹿島建設(株)横浜支店  
 建物用途 学校  
 延床面積 4,151m<sup>2</sup> (今回改修部分)

建築面積 830m<sup>2</sup> (今回改修部分)  
 建物規模 地上4階、地下1階  
 (敷地高低差とドライエリアにより  
 構造的には地上5階建)  
 軒高 15.8m  
 基準階階高 3.8m  
 工期 2010年4月～2011年3月  
 構造形式 鉄筋コンクリート造  
 長辺方向：ラーメン造  
 短辺方向：耐震壁付きラーメン造  
 基礎形式 直接基礎(独立基礎)

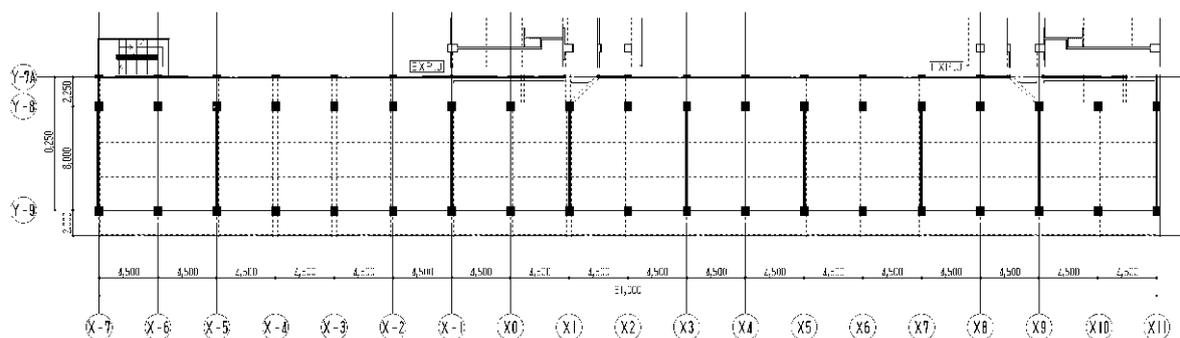


図1 基準階伏図

## 耐震診断・調査結果

構造耐震指標 長辺方向  $I_s = 0.26 \sim 0.40$

短辺方向  $I_s = 0.44 \sim 0.84$

コンクリート強度 (コア採取 圧縮試験結果)

設計基準強度 ( $F_c = 180\text{kgf/cm}^2$ ) 以上を確認

## 3 免震改修計画概要

当初、地下1階の柱頭免震として上階4層分を免震化する計画であったものに対し、建物全層を免震化することを狙い、主として生徒のロッカールームとして使用されている地下1階の下部、基礎との間に免震材料を設置することとした。図2に示すように既存の独立基礎の上面に、免震材料を設置し、その上部に新たに地下1階の床面を形成した。基礎との間に免震材料を配置することにより、建物外観を損なうことなく建物全層の免震化が可能となった。

免震材料1台あたりの支持重量が1,600～2,500KN程度と比較的軽量であること、建物を使用しながらの免震改修であり、上部構造には補強の手を加えに

くいことなどから、軽量であっても十分な長周期化を図る必要があった。また、免震化による地下1階の階高の低減を極力小さくするために装置高さをできるだけ低くおさえないことから、曲面すべり支承(オイレス工業(株)製)を採用した。この装置は単体で復元機能と減衰機能を有するものである。

曲面すべり支承を写真2に示す。採用した装置は可動体の径が400φ(19台)、350φ(19台)、200φ(2台、屋外階段下)、計40台で、装置高さは238、226、166mmである。新設免震層のために地下1階の階高は元の3,500mmに対し、450mmだけ低くなるもののロッカールームとしての使い勝手支障とはならない。

また、長辺方向が81mと長いことから、ねじれ振動に対する安全性の確保のために両端部短辺方向にオイルダンパー(カヤバシステムマシナリー(株)製)を2台設置した。各装置の配置を図3に示す。

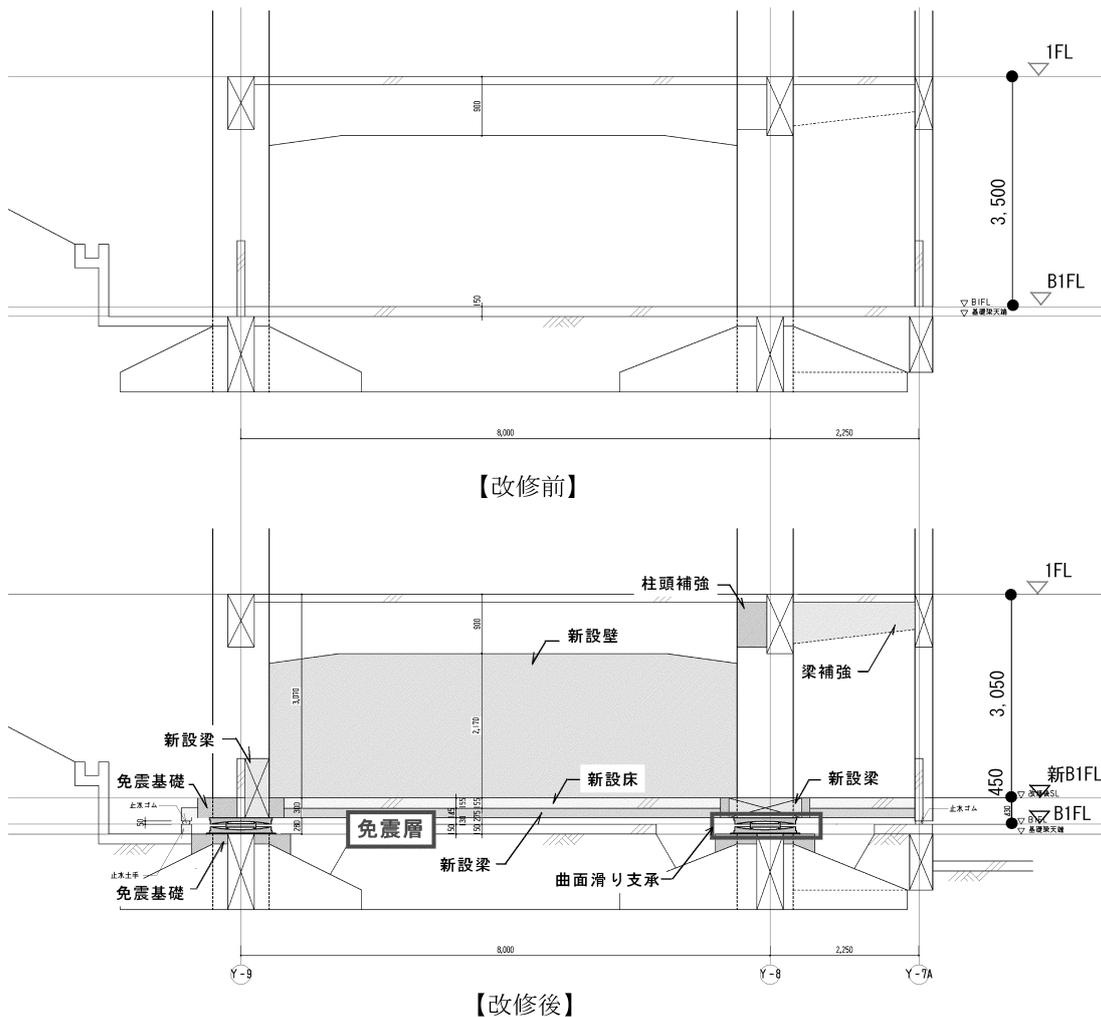
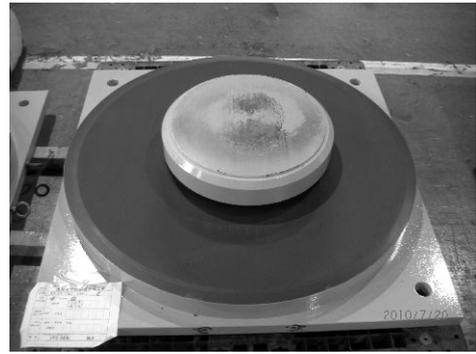


図2 免震改修概要



曲面すべり支承（側面の板は運搬時の固定用）



可動体と下部曲面板（上部曲面板をはずした状態）

写真2 曲面すべり支承

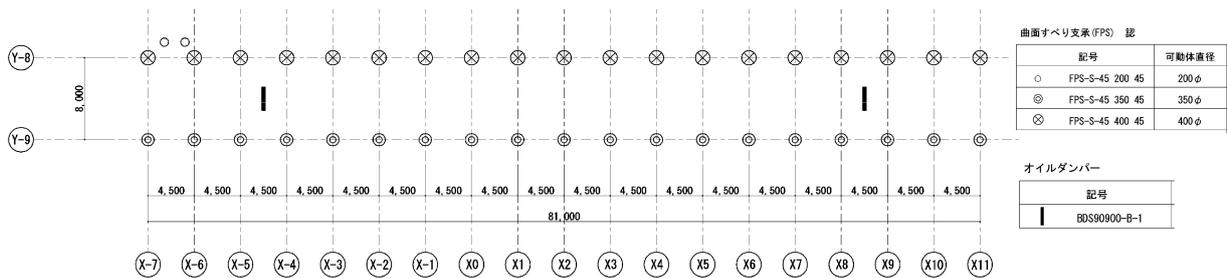


図3 免震材料配置

## 4 設計方針

耐震性能目標は、表1のように定めた。

表1 耐震性能目標

| 設計荷重 |        | 部位   | クライテリア  |
|------|--------|------|---|
| 地震荷重 | [静的設計] | 上部構造 | <ul style="list-style-type: none"> <li>地下1階柱から上部の主要構造部材(柱・大梁・耐力壁)が、曲げ降伏、せん断降伏しない。</li> <li>上部架構の層間変形角1/200以下。</li> <li>2mを超える片持梁について、短期許容応力度以下。(上下震度1.0Gを考慮)</li> <li>免震材料上部に新設する地下1階梁は短期許容応力度以下<sup>※3</sup>。</li> </ul> |
|      |        | 免震層  | <ul style="list-style-type: none"> <li>曲面すべり支承の面圧：基準面圧(17N/mm<sup>2</sup>)の2倍以下、浮上りが生じない。</li> </ul>  |
|      |        | 下部構造 | <ul style="list-style-type: none"> <li>短期許容応力度以下<sup>※3</sup>。</li> <li>最大接地圧：短期許容支持力度以下。</li> </ul>  |
|      | [動的設計] | 上部構造 | <ul style="list-style-type: none"> <li>最大応答層せん断力 ≤ 設計層せん断力。</li> <li>上部架構の層間変形角1/200以下。</li> </ul>  |
|      |        | 免震層  | <ul style="list-style-type: none"> <li>水平変形30cm(許容変形45cmの2/3)以下。</li> <li>曲面すべり支承の面圧：基準面圧(17N/mm<sup>2</sup>)の2倍以下、浮上りが生じない。</li> <li>オイルダンパー：最大減衰力以下(500kN/台)、最大速度以下(150cm/s)</li> </ul>                                 |
|      |        | 下部構造 | <ul style="list-style-type: none"> <li>最大接地圧：短期許容支持力度以下。</li> </ul>   |

※1：設計層せん断力は、予備応答解析により極めて稀に発生する地震動での最大応答層せん断力を包絡するせん断力とする。

※2：最大速度振幅50cm/sとした既往波3波、地盤特性を考慮して入力地震動を評価した告示波3波。

※3：地下1階梁および基礎梁の設計応力には、免震材料の変形に伴う付加応力を考慮する。

## 5 地震応答解析

### 1) 振動解析モデル

解析モデルは、各階床位置を質点とする6質点等価せん断モデルとした。長辺方向はDegrading Tri-Linear型(武田モデル)、短辺方向は耐震壁付きラーメンであり、十分な耐力があることから弾性とした。上部構造の減衰は、地下1階床を固定とした場合の1次振動数に対して2%の瞬間剛性比例型の内部粘

性減衰とした。

免震層は、曲面すべり支承の復元力特性をすべり摩擦係数を考慮したバイリニアとし、速度依存の摩擦係数は時々刻々計算した。オイルダンパーは減衰係数、リリース減衰力から求められる特性値をバイリニア型の非線形減衰要素とした。固有周期を、表2に示す。

表2 固有周期

| 方向   | 地下1階床<br>固定 | レベル1<br>( $\delta=15\text{cm}$ ) | レベル2<br>( $\delta=30\text{cm}$ ) |
|------|-------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 長辺方向 | 0.57 秒      | 3.05 秒                           | 3.56 秒                           |
| 短辺方向 | 0.20 秒      | 3.02 秒                           | 3.54 秒                           |

2) 入力地震動一覧

振動解析に用いた入力地震動は、告示3波(八戸位相、神戸位相、乱數位相)と既往波3波とした(表3)。告示波については工学的基盤を基礎下端よりおよそ6m下の土丹層として地盤応答解析により評価し、既往波は最大速度を50cm/sに規準化した。

表3 入力地震動一覧

| 種類  | 地震動波形             | 極めて稀に発生する<br>地震動(レベル2)     |                         |
|-----|-------------------|----------------------------|-------------------------|
|     |                   | 加速度<br>( $\text{cm/s}^2$ ) | 速度<br>( $\text{cm/s}$ ) |
| 告示波 | 八戸位相              | 553                        | 51                      |
|     | 神戸位相              | 552                        | 62                      |
|     | 乱數位相              | 535                        | 46                      |
| 既往波 | El Centro 1940 NS | 511                        | 50                      |
|     | Taft 1952 EW      | 497                        | 50                      |
|     | Hachinohe 1968 NS | 333                        | 50                      |

3) 応答解析結果

図4に各方向の応答結果を示す。免震層の最大変位は22.2cm、曲面すべり支承は上下地震動を考慮しても浮上りが生じない。表1の耐震性能目標に示したクライテリアを満足していることを確認した。

6 おわりに

竣工を間近に控え、工事中の耐震安全性確保のための免震装置を固定する耐震プレート(写真3)を取り外し免震建物化した数日後に3月11日の東北地方太平洋沖地震を迎えた。地震後、建物が40mmほど変形したことを確認し(鎌倉市は震度4)、建物内にいらした先生方より「船の揺れのようにゆっくりとした揺れであった。」とお聞きした。図らずしも免震効果を実証することができた。

竣工にあたり、学院関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。また設計、設計監理にあられた(株)フォルムデザイン、(株)F.E.Cの関係者の方々に感謝の意を表します。

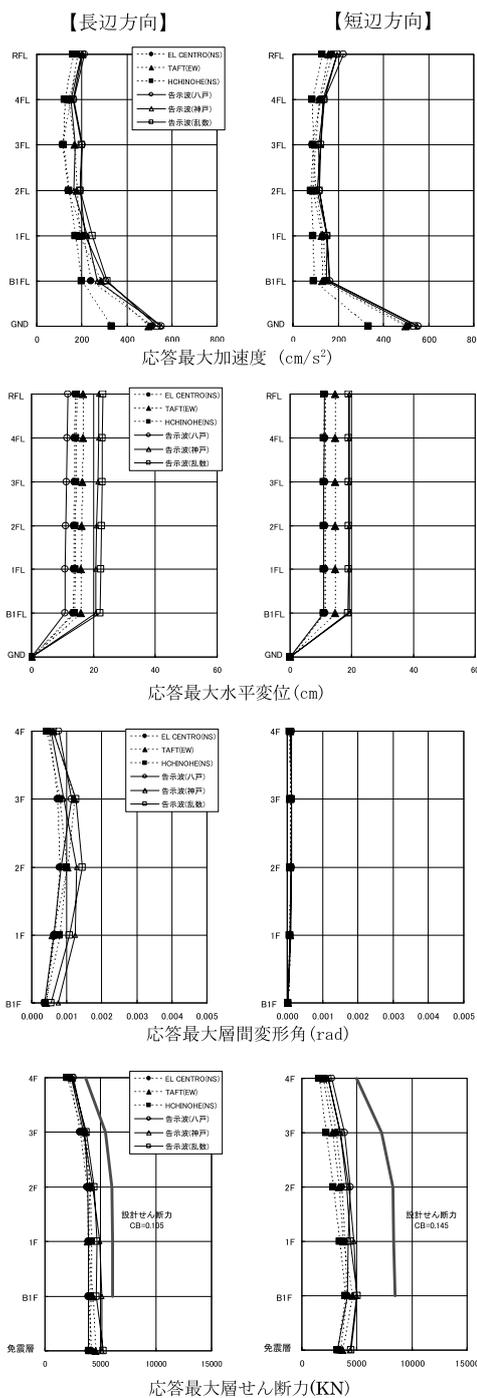


図4 応答解析結果

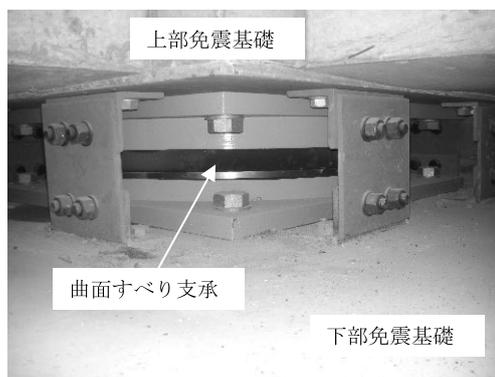


写真3 曲面すべり支承取付け状況 (側面のプレートは耐震プレート)