

中間階免震レトロフィットの仮受け工法に関する研究

D3-04062 吉永 俊一

免震レトロフィット 仮受け工法 有限要素法解析

1.はじめに

近年免震レトロフィットの適用事例が各国で増えてきている。1989年、米国の市庁舎が世界で初めて免震レトロフィット工法を用いた耐震補強を行い、98年に日本で初めて国立西洋美術館が行った<sup>1)</sup>。それをきっかけに日本で50件、米国でも20件程度レトロフィット化している。

しかし、免震レトロフィット工法は採用されてから20年程度と歴史は浅い。また、建物に後から免震層を構築するといった新築法事とか逆の工程が生じる為、免震層を構築するには建物を下部構造と切り離し、柱が伝えていた鉛直軸力を支える為の「仮受け」を行う必要がある。だが、仮受け工法の応力特性がわかっていない。これまでの研究で中間階免震レトロフィット化した仮受け工法の解析を行ってきた。

本研究では過去のレトロフィット事例を集め統計的に調べると共に、2006年度研究<sup>2)</sup>に基づき仮受け機構を詳細にモデル化し解析を行う。昨年は解析パラメーターも限られていたが、それらを変化させ仮受け時に使用するブラケットの変形や、柱の表面や内部の応力を明らかにすると共に、仮受け部の設計仕様の妥当性を再確認する。

2.免震レトロフィットの歴史と傾向

研究に先立ち、米国と日本の免震レトロフィット事例について調べた。事例を集め建築年、延べ床・建築面積などの項目にわけ一覧にした。そして、国ごとの傾向や1つの免震部材が支える床面積などを比較・検討した。それらを図-1・2、表-1に示す。日本のほうが、1免震部材が支える面積が大きい。また、建築年が古いものほど免震部材数が多いなどの特徴があった。これは古い建物ほどスパンが短い為、免震装置数も多くなったのだろう。

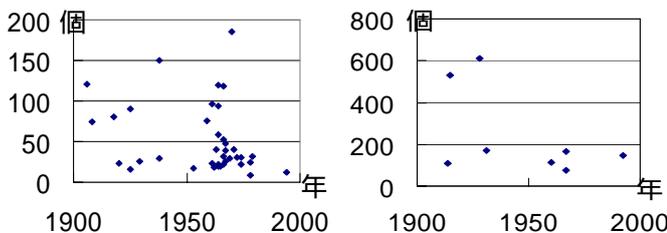


図 - 1 建築年と免震装置数(米) 図 - 2 建築年と免震装置数(日)

表 - 1 日本と米国の面積と免新装置の比較

	延べ床/装置	建築/装置数
アメリカ	157.0(m <sup>2</sup> /個)	22.5(m <sup>2</sup> /個)
日本	216.1(m <sup>2</sup> /個)	43.3(m <sup>2</sup> /個)

3.仮受け工法概要

図-3に解析対照とする建物における仮受け部の概要図を示す。本工法は<sup>3),4)</sup>によるとPC鋼材のプレストレスによりブラケットを補強柱に圧着し、その時生じる摩擦力を利用した仮受け工法の1つである。仮受けの為の躯体補強及び、仮設スペースをコンパクトにできることが大きな特徴である。また、免震部材を挿入する切断面を中心に上下対称、柱の中心線でも対称形である。今回はこの対称性を生かし4分の1をモデル化した。

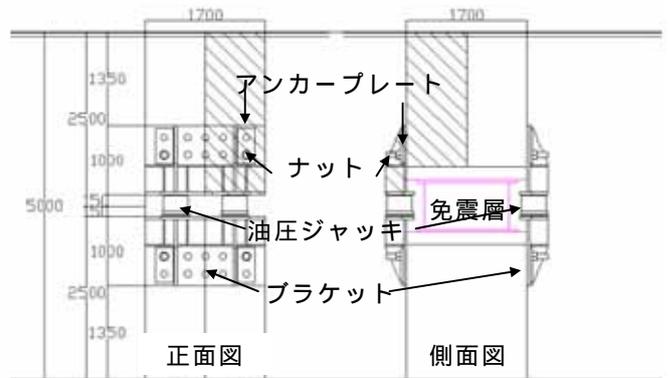


図 - 3 仮受け工法概要図

3.仮受け機構概要

中間階免震仮受け部の解析モデルを図-4に示す。また、構造部材の主な材料特性は表-2、荷重条件は表-3に示す。今回は「ANSYS Professional」を用いて図-3におけるハッチング部分のみをモデル化し解析した。

各部材を構成する要素タイプは四面体のソリッド要素を用いた。また、ブラケットとコンクリート・既存柱と補強柱の圧着面における応力伝達を適切に評価する為にブラケットとコンクリート・既存柱と補強柱が接する部分が摩擦抵抗(摩擦力は無限大、滑り無しと仮定)するものとした。柱荷重は安全確保のため、設計軸力の1.5倍を想定し、ジャッキ1台あたりの荷重をベースプレート上面に鉛直載荷したものを昨年のモデル<sup>2)</sup>と比較していく。

なお今回のモデルでは、応力に変化があるか確かめる為、ナット(圧力)部分の位置を変え解析している。

表 - 3 材料特性<sup>5)6)</sup>

材料	ヤング係数(N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
コンクリート(Fc36)	2.59 × 10 <sup>4</sup>	0.2
鋼材(SS400)	2.05 × 10 <sup>5</sup>	0.3

表 - 2 荷重条件

柱荷重	2900kN
ジャッキ荷重	725 kN(6.39Mpa)
PC 導入力	1319.2kN(213.2MPa)

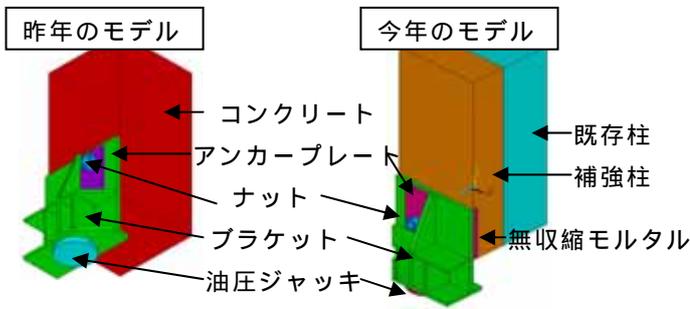


図 - 4 解析モデル概要

4. 解析結果

PC 鋼材の本数は柱荷重に応じて異なるが、本報では対向する 1 組のブラケットを 2 本で圧着する 2 ケーブルタイプについての解析結果を報告する。

まず、ブラケットの変形状態だが、偏心が小さくなった為、曲げモーメントの影響が小さくなり、昨年モデルよりも変形が小さくなった。しかし、この変形はごく微小なものである。

図 - 6 は応力分布を表す断面位置を表す。図 - 7 に切断面の圧縮応力度分布を示す。許容応力度は PC 基準に基づき算出した  $43.2(N/mm^2)$  と比較していく。矢印の部分が最大圧縮応力度を示す。昨年は  $41.346(N/mm^2)$  と許容範囲ぎりぎりだったのに対し、今年のモデルでは  $33.598(N/mm^2)$  と昨年の値よりも小さく収まった。これはモデルを詳細に再現したことにより、要素数・接点数などが増え応力が分散したことが考えられる。また、ナットの位置を変えた事により変形も小さくなり、それに伴って応力も減ったのだと考えられる。

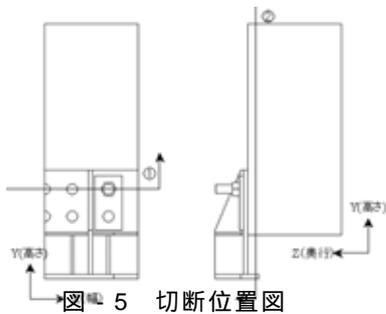


図 - 5 切断位置図

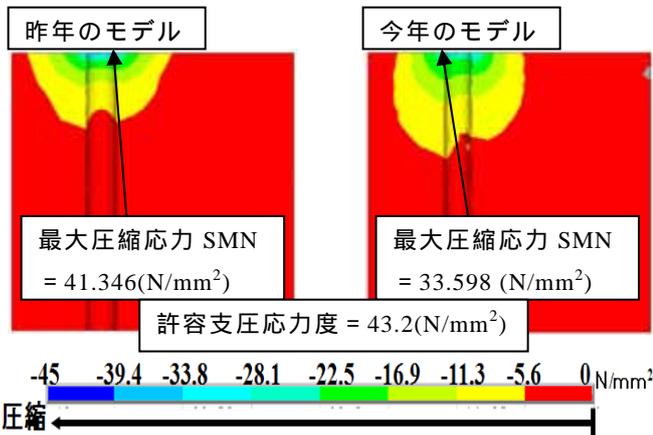


図 - 6 圧縮主応力度分布図

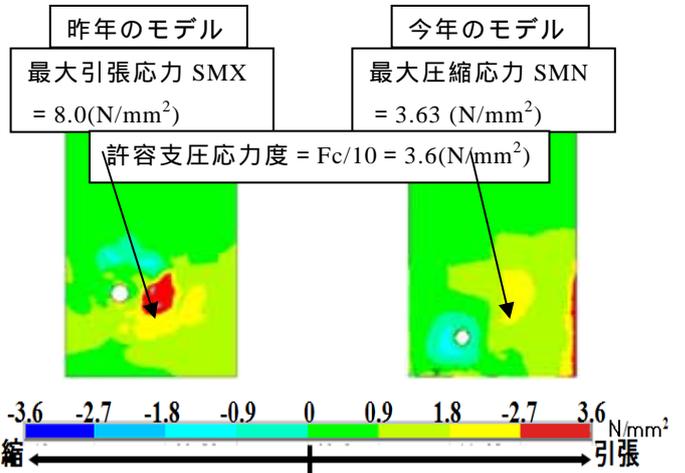


図 - 7 引張主応力度分布図

次に、図 - 7 は切断面 の引張主応力度分布である。コンクリート表面より 40mm 入ったところの断面図となる。表面付近で引張応力が起きていることが図よりわかった。ケーブルを通す穴付近でも引張応力が起きている。

また、引張応力度  $= Fc/10$  が  $3.6(N/mm^2)$  以上の部分は灰色で示されている。昨年モデルでは引張応力度  $= Fc/10$  が  $8.0(N/mm^2)$  を大幅に超えてしまい灰色の部分も目立つのに対し、今年のモデルの最大引張応力度は  $3.63(N/mm^2)$  と  $Fc/10$  程度で収まり、灰色の部分も見られなくなった。また、 $3.6(N/mm^2)$  付近の赤い色の部分も目立たなくなった。さらには、大きな支圧がアンカープレート背面周辺に分布している様子がわかる。安全の為の対策としては、補強配筋をしっかり行い引張応力に耐えられるようにする必要がある。

5. まとめ

日米における免震レトロフィット事例を調べ、特色・傾向などをつかむことができた。

また、中間階免震仮受け部の有限要素解析を行い、仮受け部の変形状態や既存柱・補強柱内部の応力分布を確認し、昨年モデルと比較して昨年よりも各応力が小さくなり、許容応力範囲内に収まった。よってこの仮受け工法は妥当であることを再確認した。

参考文献

- 1) 社団法人 日本免震構造協会：免震構造入門 第五版 (2000.9)
- 2) 鈴木 暁 2006 年度卒業論文 中間階免震レトロフィットの仮受け工法に関する解析的研究
- 3) 山田 高史、鱒沢 曜：中間階免震レトロフィットにおける仮受け工法の開発 その 1 工法および実大試験概要 (日本建築学会大会学術講演梗概集 2003.9)
- 4) 鱒沢 曜：中間階免震レトロフィットにおける仮受け工法の開発 その 2 実施工概要 (日本建築学会大会学術講演梗概集 2003.9)
- 5) 鱒沢 曜、小菅 芙沙子、鈴木 暁：中間階免震レトロフィットにおける仮受け工法の開発 その 3 有限要素解析による補強柱の検討
- 6) 社団法人 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法 - 1999 第二版 (2000.4)