

九段北宿舎模様替工事

日本郵政公社
石津 均



丸ノ内建築事務所
松尾光晃



構造計画研究所
高橋 治



構造計画研究所
中村 仁



1. はじめに

本建物は、東京都千代田区九段北に建設された社宅である。建設年は1967年、地上11階、地下1階の鉄骨鉄筋コンクリート造(6階より上階は鉄筋コンクリート造)の建物である。

本計画は、大地震時の人命確保はもとより、構造体や、2次部材の損傷を軽減させることにより、居住者ならびに収容物に対する床応答加速度の低減など高い対地震性能を目的とした耐震補強計画である。そのため、地下1階柱頭部に天然系積層ゴムアイソレーターとオイルダンパーを設置する中間階免震構造として免震補強を計画した。



建物外観パース

2. 建築物概要

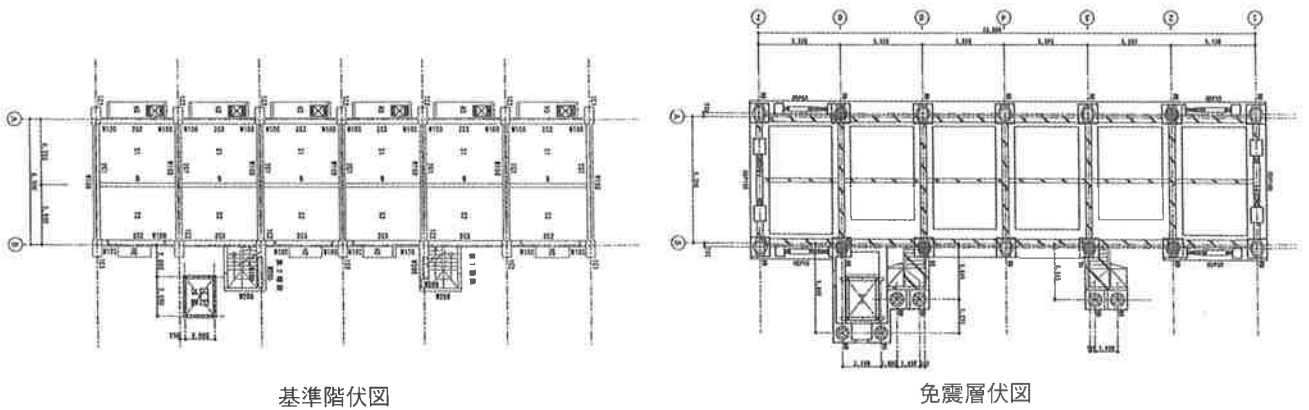
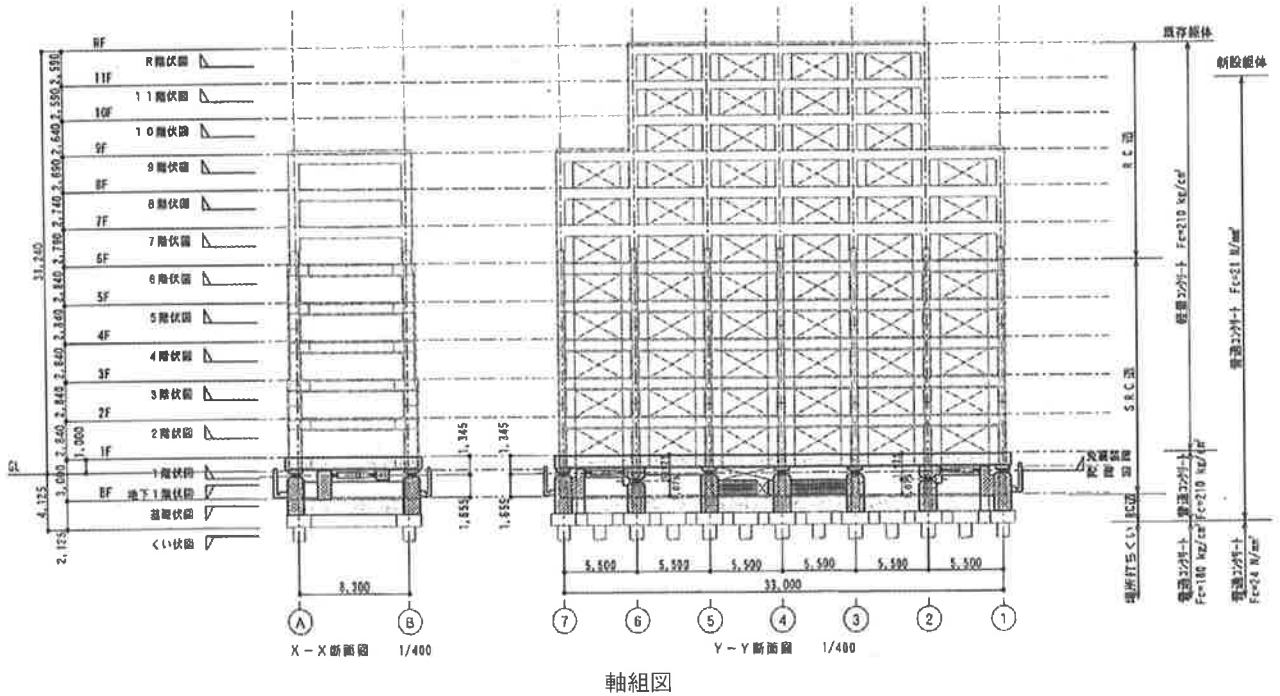
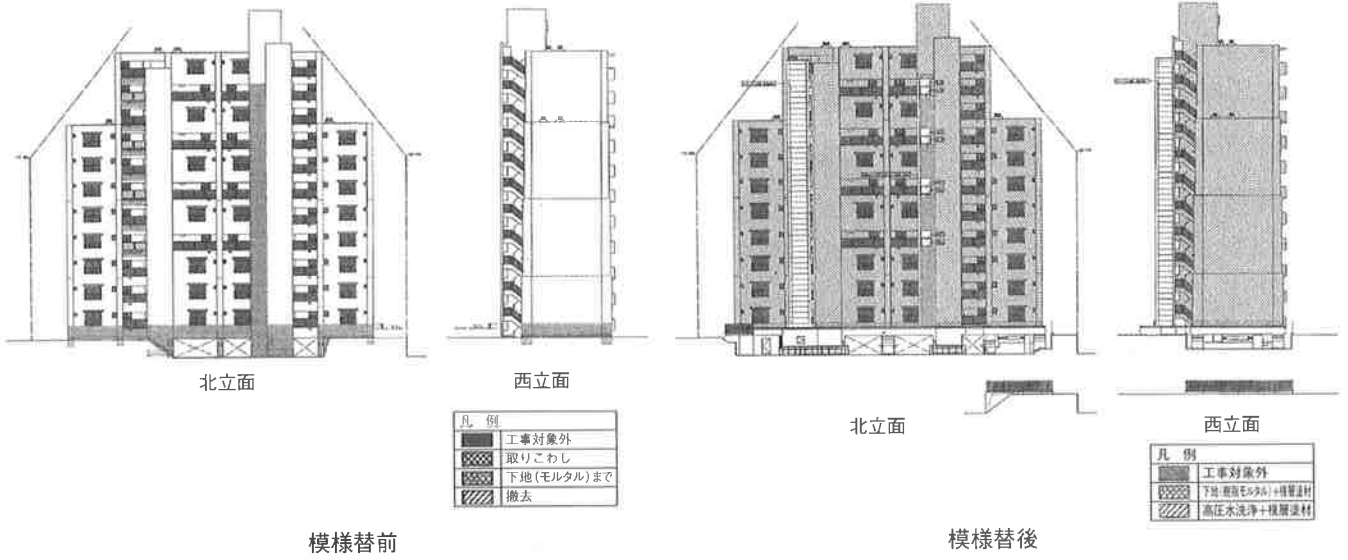
所在地：東京都千代田区九段北4丁目3番20号
 建物用途：社宅
 設計者：東京郵政局施設情報部
 (現 日本郵政公社首都圏ネットワークセンター)
 実施設計者：(株)丸ノ内建築事務所
 協力事務所：(株)構造計画研究所
 用途地域：商業地域
 敷地面積：1365.72m²
 延床面積：3296.55m²
 建築面積：296.72m²
 建物規模：地上11階 地下1階 搭屋1階
 建物軒高：31.24m
 最高高さ：35.64m
 階高：基準階階高 2.84m
 1階階高 2.84m
 地下階高 3.00m

3. 構造計画概要

- ①本建築は桁行(X)方向、張間(Y)方向共に鉄骨鉄筋コンクリート造(6階以上は鉄筋コンクリート造)であり、X方向はラーメン構造、Y方向は耐震壁付きラーメン構造である。
- ②基礎形式は、場所打ちコンクリート杭であり、支持層は、GL-23.7mに存在するN値50以上の東京礫層としている。
- ③免震層に設置する免震装置は、天然系積層ゴム(G4)アイソレーターを20基、オイルダンパーをX方向に4本(500kN型4本)、Y方向に2本(1000kN型2本)計6本をバランス良く配置している。また、免震層の偏心率はレベル1*、レベル2*相当変形時に2%以下を目標とし、レベル2においても引抜力が生じないように計画した。

*レベル1：稀に発生する地震動レベルをレベル1と定義する。

*レベル2：極めて稀に発生する地震動レベルをレベル2と定義する。



4. 設計方針

本建物は、中小地震に対してのみならず、大地震に対しても主要構造部に過大な変形や損傷を生じさせないようにする。このため、地震動のレベルを2段階に設定し、動的検討である地震応答解析を行い、それぞれ設定した耐震設計目標を確認することで対地震安全性を確保する。本建物で採用した設計クライテリアを表-1に示す。

設計用入力地震動は、標準的な観測地震動としてEL CENTRO NS、TAFT EW、TOKYO101波と、長周期成分を含む地震動としてHACHINOHE NS、を選定し、起こりうる最大級地震レベルとしては、告示第四号イに定められた解放工学基盤における加速度応答スペクトルより作成した模擬地震動(告示波)を選定する。告示波の作成に当たり位相特性は八戸波・JMA神戸波および乱数を用いている。

入力時震動は、既往4波については稀に発生する地震動(レベル1)として25cm/sec、極めて稀に発生する地震動(レベル2)として50cm/secはそれぞれ基準化した波を用いている。入力地震波の緒元を表-2に、PSV40の擬似速度応答スペクトルを図-1に示す。

表-2 入力地震動一覧表

地震動	観測加速度 (cm/s ²)	観測速度 (cm/s)	入力最大加速度(cm/s ²)	
			レベル1	レベル2
EL CENTRO 1940 NS	341.7	33.5	255.0	510.7
TAFT 1952 EW	175.9	17.7	248.5	496.7
HACHINOHE 1968 NS	225.0	34.1	165.1	330.1
TOKYO101	74.0	7.98	242.4	484.9
告示波(神戸)	-	-	129.3	576.3
告示波(八戸)	-	-	139.1	628.1
告示波(乱数)	-	-	149.3	530.2

表-1(a) 動的設計のクライテリア

	レベル1 ¹⁾	レベル2 ²⁾	耐震余裕度 ³⁾
上部構造	A	B	C
免震装置	積層ゴム	B	B
	オイルダンパー	A	A
	免震層	A	B
基礎・杭	A	B	B

表-1(b) 各クラスの定義

	A	B	C	
上部構造				
梁	部材が短期許容応力度以内とする。	曲げヒンジを発生させない。	せん断破壊を発生させない。	
耐震壁		曲げヒンジを発生させない。	せん断破壊を発生させない。	
		せん断ひび割れを発生させない。	せん断破壊を発生させない。	
免震装置	積層ゴム	安定変形 $\gamma \leq 200\%$ (圧縮限界強度以下) (23.4 cm)	性能保証変形 $\gamma \leq 300\%$ (35.1 cm) (圧縮限界強度以下) (35.1 cm)	圧縮限界強度 (35.1 cm)
	オイルダンパー	限界変形能力以内 (ストローク ≤ 55 cm)	-	-
	免震層	相対変形 ≤ 10.0 cm (免震層クリアランス 35cm)	相対変形 ≤ 30.0 cm (免震層クリアランス 35cm)	相対変形 ≤ 35.0 cm (免震層クリアランス 35cm)
基礎・杭	・部材が許容応力度以内 ・浮き上がりを認めない	・部材応力が、終局耐力以内であること ・浮き上がりを認めない	・部材応力が、終局耐力以内であること ・浮き上がりを認める	

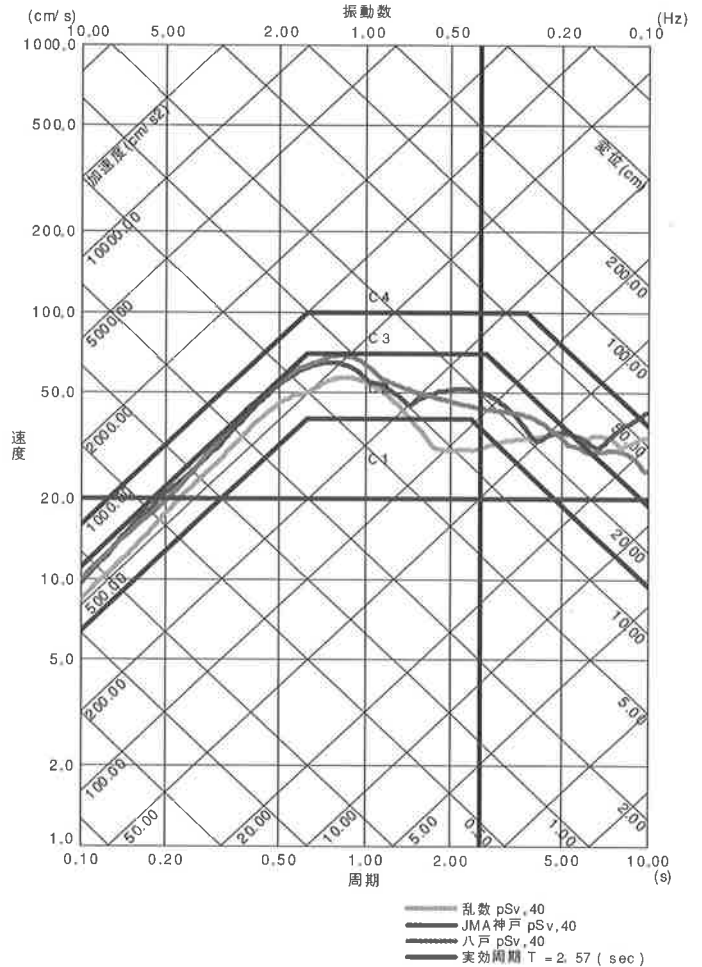


図-1 入力地震動のPSV40

5. 地震応答解析

5.1 解析モデル

上部の建物構造は、X、Y方向とも各床位置に重量を集約した12質点の等価せん断型モデルとする。また、免震層は天然系積層ゴムのせん断履歴特性を示す水平せん断バネにより(図2(a))、オイルダンパーは図2(b)に示す特性を有するMaxwellモデルにモデル化する。

建物の減衰定数は2%とし、免震層は0%とした。

5.2 固有値解析結果

固有値解析結果を表-3に示す。

表-3 固有値解析結果

解析ケース	次数	X方向	Y方向	備考
		固有周期	固有周期	
上部構造基礎固定 (既存)	1	0.67	0.49	-
	2	0.25	0.21	
	3	0.15	0.13	
全層モデル (免震装置設置後)	1	2.88	2.85	-
	2	0.38	0.32	
	3	0.20	0.17	

5.3 応答解析結果

図-3にレベル-2入力地動に対する応答解析結果(桁行方向)を示す。レベル2 応答時には全ての地震動において、最大応答層せん断力係数は設計用層せん断力係数を下回り、弾性限耐力以内である。

免震装置の最大応答せん断ひずみも、最大でX方向(桁行)29.67cm(254%)、Y方向(張間)29.86cm(255%)と耐震性能目標の30cm(256%)以下である。

また図-4に長期および地動時の面圧の関係を併せて示す。地震時の応答面圧は、装置バラツキに上下鉛直震度±0.35を考慮した場合を示している。これらを考慮しても、面圧は許容面圧以内であることを確認している。

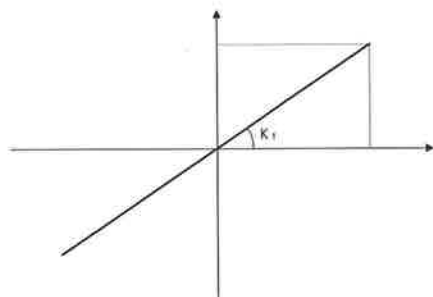


図-2(a) 天然系積層ゴムの特性

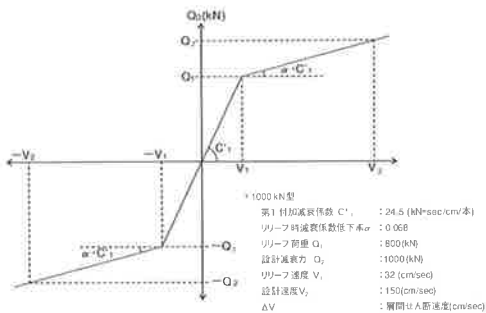


図-2(b) オイルダンパーの特性

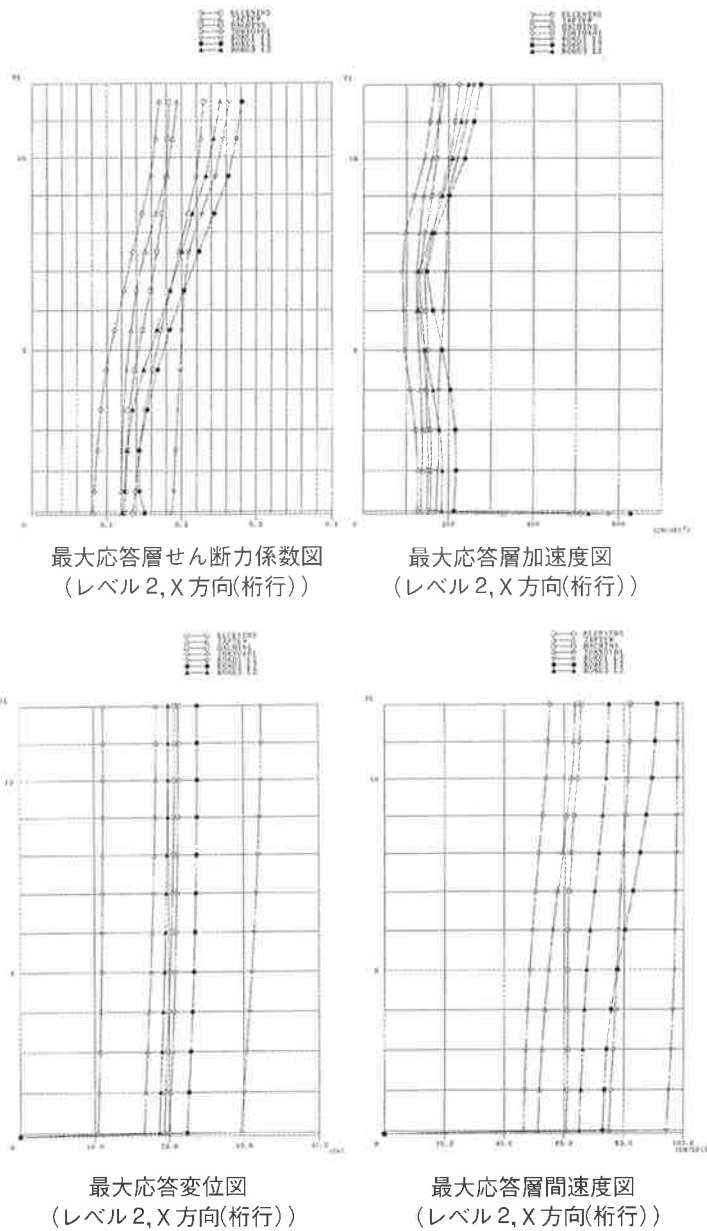
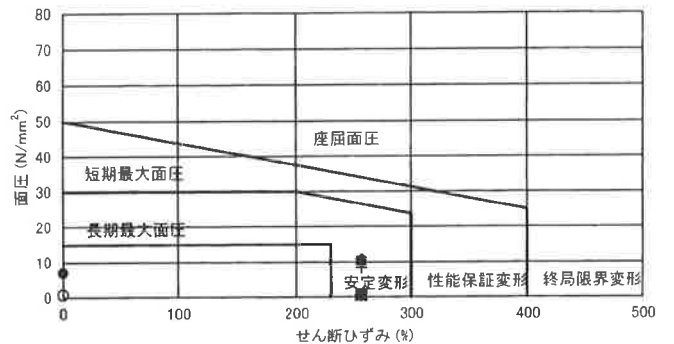


図-3 応答解析結果



項目	せん断ひずみ (%)	面圧 (N/mm ²)	記号
長期(最大値)	0	7.1	●
レベル2(標準値)(最大値)	256	10.2	■
設計用せん断力時(最大値)	256	10.3	▲
設計用せん断力時+0.35G考慮(最大値)	256	11.0	◆
設計用せん断力時-0.35G考慮(最大値)	256	8.4	+
長期(最小値)	0	0.8	○
レベル2(標準値)(最小値)	256	0.7	□
設計用せん断力時(最小値)	256	0.88	◇
設計用せん断力時+0.35G考慮(最小値)	256	0.83	△
設計用せん断力時-0.35G考慮(最小値)	256	0.41	*

図-4 圧縮限界と応答面圧の関係

6. 施工

6.1 施工手順

工事は、躯体補強→積層ゴムの取り付け→オイルダンパーの取付け→仮固定金物(地震力を負担)の撤

去という手順で行った。積層ゴムの挿入手順について図5に示す。

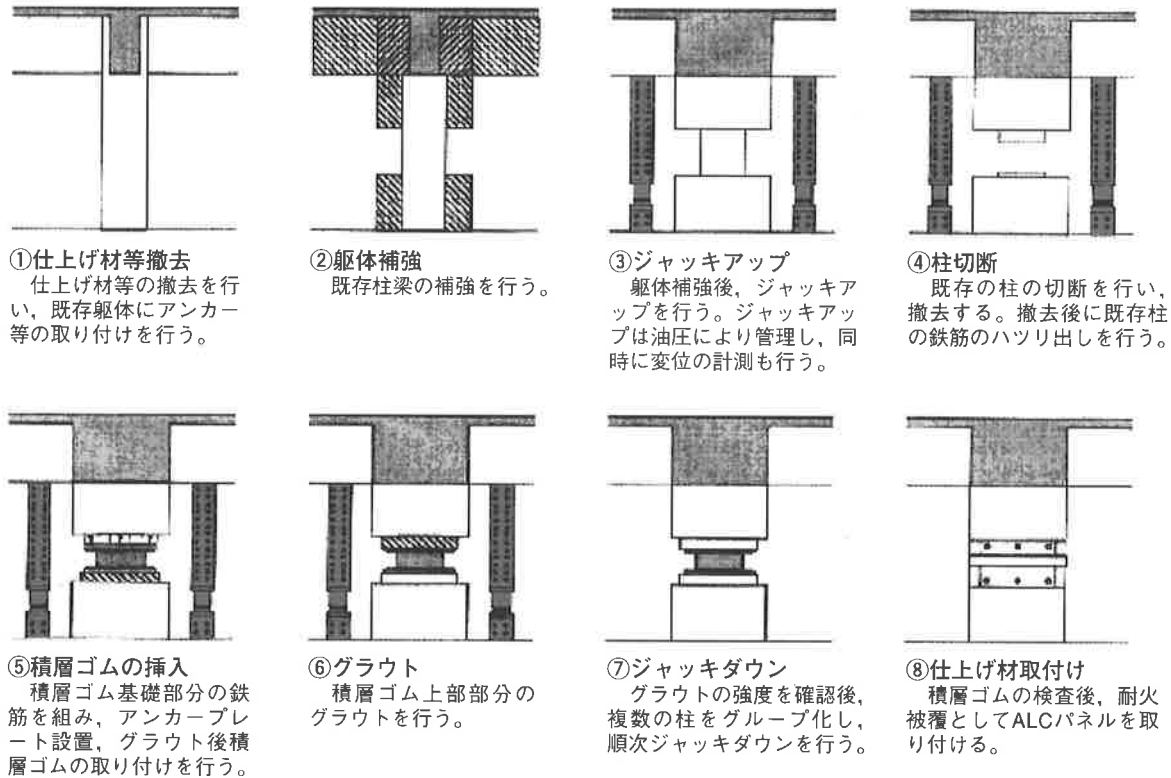


図-5 アイソレーターの挿入手順

6.2 施工中の地震対策

免震化工事が終了するまでの間、既存柱・壁を切断することにより、耐震性能が低下することが予想される。そのため、工事では仮設の固定金物を配置することにより、十分な作業性を確保しながら、必要な耐震性能を確保することとした。

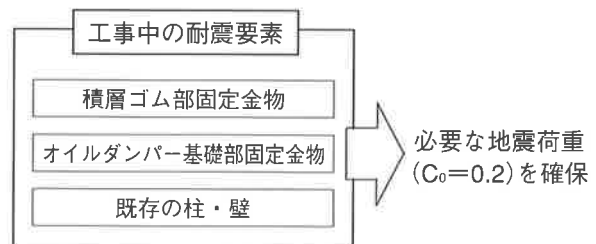
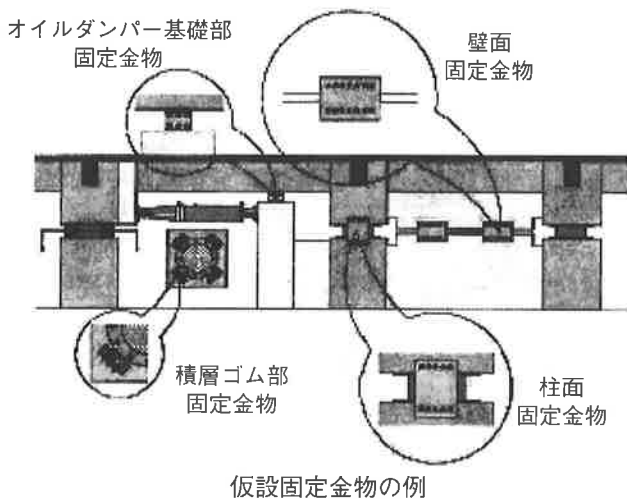


オイルダンパー基礎部
固定金物



積層ゴム部固定金物

本工事で使用した固定金物



7. まとめ

本稿では、既存建物を中間階免震構造により、レトロフィットし補強を行った建物の設計および施工例を示した。