

建物の
耐震化の
進め方

目 次

1. 耐震化の必要性
2. 耐震化の進め方
3. 耐震補強工法と補強事例

1. 耐震化の必要性

既往の地震被害

- 既往の大地震において、旧基準で設計された建物の10~30%が中破以上の大きな被害を受けました。

鉄筋コンクリート造建物の被害率

既往の大地震	震度	被害率 (%)	
		大破・倒壊	中破
1968年 十勝沖地震	6	5.5	11.0
1978年 宮城県沖地震	5	4.0	6.5
1995年 阪神大震災	7	24.0	9.0
2011年 東日本大震災	7	被害率は大きくない	

2011年 東日本大震災



RC造建物の被害率

1968年 十勝沖地震



1978年 宮城県沖地震



1995年 阪神大震災



① 大地震における被害事例

鉄筋コンクリート造建物の被害

◇ ピロティ形式建物の被害

集合住宅等において、店舗および駐車場等を最下層に設けている場合、最下層の水平剛性が上層に比べて不足し、被害が集中した。



◇ 高軸力による柱の圧壊

今回の地震被害の特徴の1つで大きな水平動と上・下動が作用したため柱に高軸力が発生し、押し潰された。



◇ 柱のせん断破壊

従来の地震でも多く見られた被害で、主として旧基準設計されているため帯筋の量が少ない柱が、地震時の水平力によりせん断破壊した。



① 大地震における被害事例

鉄骨造建物の被害

◇ 柱主材の破断

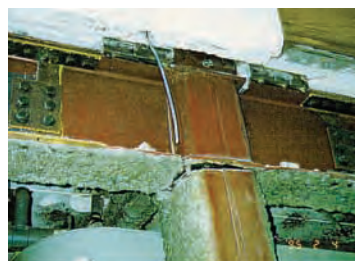
高層建物での被害を含め、剛強な鉄骨部材を用いた柱主材の破断が発生した。被害の原因としては、上・下動による大きな引張軸力の発生、冬期のための低温・荷重速度による鋼材の脆性的破壊が複合化したものと考えられている。



◇ 溶接部の破断

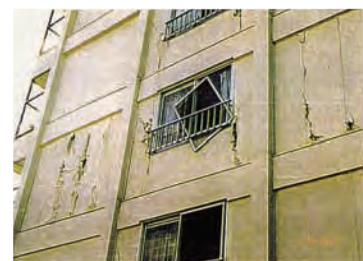
溶接部の破断は被災した鉄骨造の多くで認められた。この要因として以下の事例があった。

- ①溶接手法の不適切
- ②溶接量の不足
- ③過大な応力の発生に伴うエンドタブ・スカーラップ等を起点とした割れの発生



◇ 外装材の損傷

躯体の損傷は軽微に留まっているものの、地震時の変形により外装仕上げ材にひび割れが生じたり、剥落した例が多く認められた。



① 大地震における被害事例

木造の被害

◇ 柱溶接部の不良

柱と土台が金物で補強されていないため、筋かいにより柱が押し出され、大きな被害に至った。



◇ 土台の接合不良

土台が基礎に緊結されていないため、建物全体が浮き上がったため、建物全体が浮き上がった被害例。



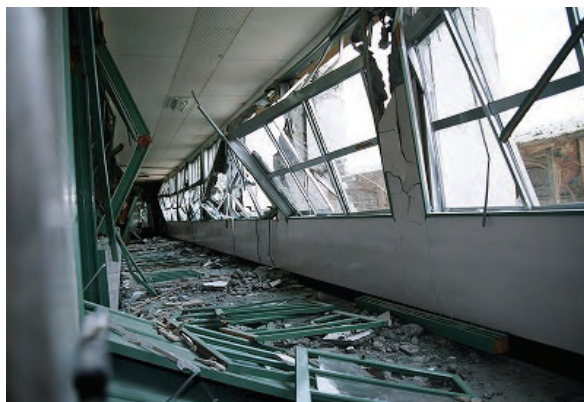
◇ 外装材の被害

筋かいが配置されているものの、接合強度不足で外装材（ラスモル）が脱落した。



① 大地震における被害事例

学校の被害例



① 大地震における被害事例

地盤の液状化による被害



② 耐震設計基準の変遷

大地震と耐震設計基準の変遷

既往の大地震	西暦	耐震設計基準	建設時期による耐震診断の必要性の有無
関東大地震 (M7.9) 都市火災で死者約10万人	1923		<div style="text-align: center;"> <p>診断が必要</p> <p style="border: 1px solid red; padding: 2px;">新耐震設計法</p> <p>診断は不要</p> </div>
	1924	市街地建築物法改正	
福井地震 (M7.2) 都市直下型地震	1948		
新潟地震 (M7.5) 地盤の液状化現象	1950	建築基準法制定	
十勝沖地震 (M7.9) RC柱のせん断破壊	1964		
	1968		
宮城県沖地震 (M7.4) 窓ガラスの被害	1971	建築基準法施行令改正 せん断設計の強化	
	1978		
	1981 (昭和56年)	建築基準法施行令改正 大地震に対する検討の法制化	
北海道南西沖地震 (M7.8) 津波による被害	1994		
兵庫県南部地震 (M7.2) (阪神大震災) 中間層の崩壊	1995 (平成7年)	耐震改修促進法	
	1998	建築基準法改正 性能設計	
宮城県南部地震 (M7.2) 福岡西方沖地震 (M7.0)	2005	建築基準法改正 耐震性が低い建物への是正命令の法制化	
	2006 (平成18年)	改正耐震改修促進法の施行	
能登半島地震 (M6.7)	2007	建築基準法改正 構造計算の偽装対応	
東日本大震災 (M9.0)	2011		

② 耐震設計基準の変遷

新耐震設計法

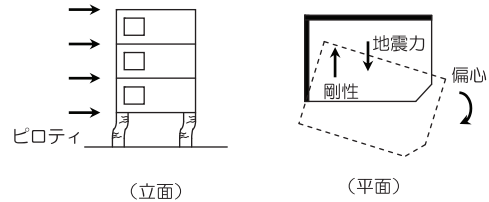
■ 1981年 新耐震設計法では、以下の改正が行われました。

◇ 大地震に対する安全性の確認

	対象とする地震	検討事項
旧基準	中地震	許容応力状態の確認
	大地震	余力に期待
新耐震設計法	中地震	許容応力状態の確認
	大地震	保有耐力の確認

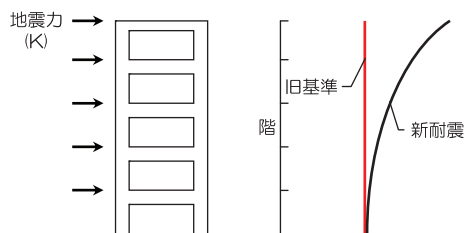
◇ 剛性バランスの確保

立面的・平面的な耐震要素の配置バランスを図ります。



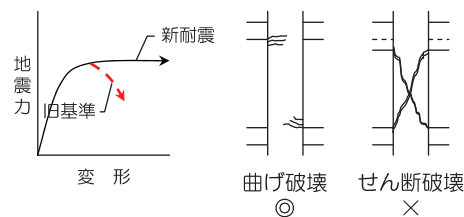
◇ 地震力分布

旧基準に比べ、上階の地震力を割増しています。



◇ 建物のねばりの確保

柱梁のせん断破壊の防止に努めます。



旧基準設計建物は、上記改良点に対する安全性の確認が必要です。

② 耐震設計基準の変遷

耐震クライテリア

■ 現行法では下表のクライテリアを目安に建物を設計します。

区分	想定する地震	地動の目安	クライテリア
1次設計	建物の耐用年限中に2~3回発生する地震(中地震)	震度Vの弱(地動80~100gal)	健全(許容応力状態)
2次設計	建物の耐用年限中に発生するかもしれない地震(大地震)	震度VIの強(地動300~400gal)	倒壊せず

■ 現行法で設計された建物でも、下図の被害が生じる可能性があります。

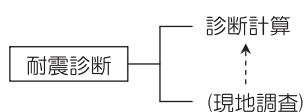
被害	ランク	軽微	小破	中破	大破	倒壊
	概念図					
状況		二次壁の損傷がほとんど無い	二次壁にせん断ひび割れ	柱・耐震壁にせん断ひび割れ	柱の鉄筋が露出・座屈	建物の一部又は全体が倒壊
地震規模	中地震 震度Vの弱	可能性有り				
	大地震 震度VIの強		可能性有り			

2. 耐震化の進め方

① 耐震診断とは

■ 耐震診断とは

旧基準で設計された建物の耐震安全性能の大きさを数値計算により**構造耐震指標 (Is)**として評価し、新耐震設計法レベルの耐震性能 (Iso) と比較して検討する手法です。



○ 診断レベル

耐震診断には計算精度が異なる1～3次の診断レベルがあり、下位の診断でOKとなった建物では上位の診断を省略することができます。

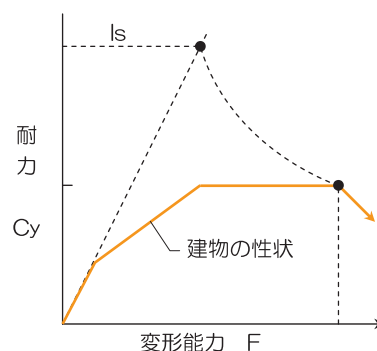
- 1次診断 -- 柱・壁のコンクリート断面積から診断
- 2次診断 -- 柱・壁のコンクリート断面積と配筋量から診断
- 3次診断 -- 架構の終局耐力と破壊モードから診断

鉄骨造は3次診断のみ

鉄筋コンクリート造・鉄骨造

■ Is指標とは

診断計算では、様々な耐力 (Cy) と変形能力 (F) を持つ建物の力学性状を、弾性体と仮定した場合の線形耐力に置換します。この線形耐力がIs指標で、数値が大きいほど耐震性能が大きいことを意味します。



Is=0.6とは600galの弾性応答に耐える耐震性能を示します。

① 耐震診断とは

木造

■ 平成18年国土交通省告示第184号 に基づく方法

建物の各階の張間方向と桁行方向について、以下の計算を行う。

$$I_w = \frac{Pd}{Q_r}$$

I_w : 各階の張間方向または桁行方向の構造耐震指標

Pd : 各階の壁または筋かいを入れた軸組の強さ及び配置を考慮して算定した各階の保有耐力

Q_r : 各階の床面積、積雪荷重、建築物の形状、地盤の種類等を考慮して算定した算出した各階の必要保有耐力

■ 耐震診断基準による方法

2004年に改訂された「木造住宅の耐震診断と補強方法（日本建築防災協会）」では、3階以下の在来軸組構法、伝統的構法（土壁や垂壁付き独立柱の多い構造）、枠組壁工法の住宅を対象に、適用範囲の拡大が図られている。この診断法では、
①素人向けの「誰でもできるわが家の耐震診断」
②専門家向けの「一般診断法」
③専門家向けの「精密診断法」
からなる。

「上部構造の耐力の診断」は、評点により判定される。

耐力の評点＝保有する耐力 Q_d ／必要耐力 Q_r

「各部の検討」は、①地盤、②基礎、③床や屋根、④柱、⑤横架材接合部、⑥屋根ふき材について、不具合の有無を調査する。

評点	判定
1.5以上	倒壊しない
1.0以上1.5未満	一応倒壊しない
0.7以上1.0未満	倒壊する可能性がある
0.7未満	倒壊する可能性が高い

① 耐震診断とは

耐震診断基準

対称建物	耐震診断基準	診断次数	
鉄筋コンクリート造 (RC造)	既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準 (平成13年 日本建築防災協会)	第1次診断	柱・壁のコンクリート断面積から診断
		第2次診断	柱・壁のコンクリート断面積と配筋量から診断
鉄骨鉄筋コンクリート造 (SRC造)	既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準 (平成9年 日本建築防災協会)	第3次診断	架構の終局耐力と破壊モードから診断
鉄骨造 (S造)	耐震改修促進法のための既存鉄骨造建築物の耐震診断および耐震改修指針 (平成8年 日本建築防災協会)	第3次診断のみ	
屋内運動場	屋内運動場等の耐震性能診断基準 (平成18年 文部科学省大臣官房文教施設企画部)		
木造	木造住宅の耐震診断と補強方法	一般診断法	
		精密診断法	

① 耐震診断とは

耐震性の判定

■ 耐震改修促進法 以下の条件を満たせば「安全」と判定する。

非木造

- 1次診断 $l_s \geq 0.8$
- 2次診断 $l_s \geq 0.6$
- 3次診断 $l_s \geq 0.6$

木造 $lw \geq 1.0$

	構造耐震指標及び保有水平耐力に係る指標		構造耐力上主要な部分の地震に対する安全性
	鉄筋コンクリート造・鉄骨造	木造	
(1)	$l_s < 0.3$ 又は $a < 0.5$	$lw < 0.7$	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が高い
(2)	$0.3 \leq l_s < 0.6$ 又は $0.5 \leq a < 1.0$	$0.7 \leq lw < 1.0$	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性がある
(3)	$0.6 \leq l_s$ かつ $1.0 \leq a$	$1.0 \leq lw$	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が低い

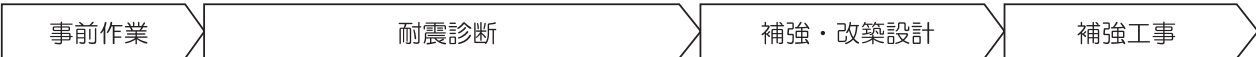
■ 文部科学省

	構造耐震指標及び保有水平耐力に係る指標	判定
(1)	$l_s < 0.3$ 又は $a < 0.5$	建て替えが必要
(2)	$0.3 \leq l_s < 0.7$ 又は $0.5 \leq a < 1.0$	耐震補強が必要
(3)	$0.7 \leq l_s$ かつ $1.0 \leq a$	耐震上問題なし

l_s : 構造耐震指標 …… 建物の耐震性能を表す指標で、値が大きいほど耐震性が高い
 a : 保有水平耐力に係る指標 …… 骨組みとしての水平強度を示す値
 lw : 木造の構造耐震指標

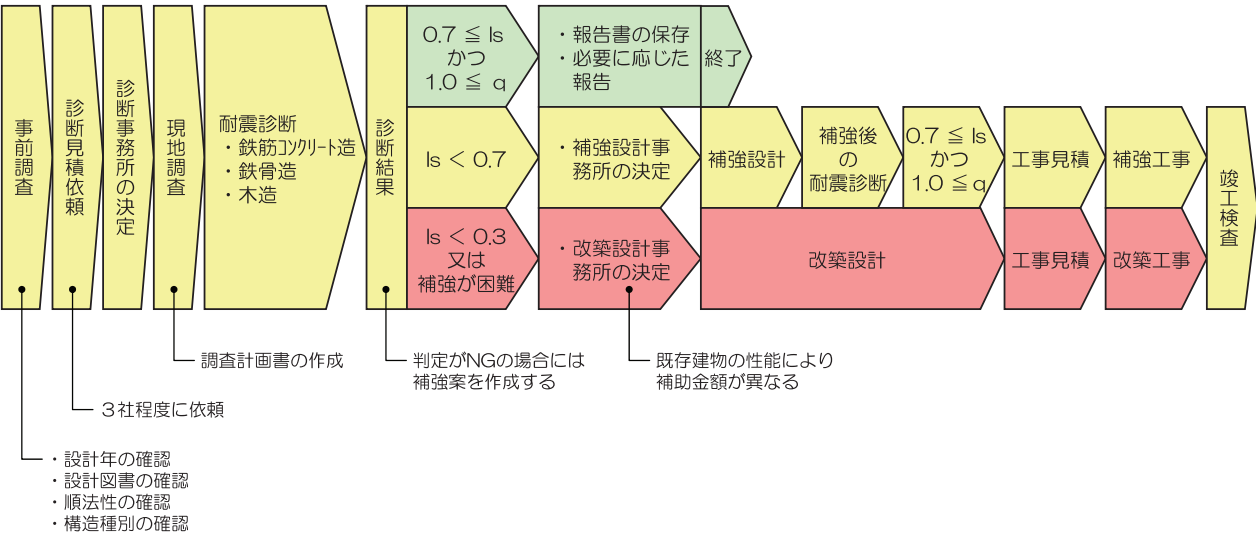
② 耐震診断の進め方

耐震診断の流れ



▼耐震診断の補助金申請

▼耐震補強工事の補助金申請



- ・設計年の確認
- ・設計図書の確認
- ・順法性の確認
- ・構造種別の確認

② 耐震診断の進め方

事前調査

■ 設計年の確認

1981年（昭和56年）6月1日以前に建築確認を取得した建物は、耐震診断を行う必要があります。建築確認の取得日は、建築確認申請図書の副本で確認できます。

■ 設計図書の確認

耐震診断では、以下の設計図書のうち、構造図は必須です。構造図が無い場合には、特別な調査が必要です。

設計図書				施工図
建築図	構造図	設備図	構造計算書	
○ 有る事が望ましい	◎ 必須	× 不要	○ 有る事が望ましい	△ 参考となる

■ 順法性の確認

建物の設計時における建築基準法に適合していれば、現行法に適合していなくても違反建築ではありません。順法性は**確認通知書**と**検査済証**によって確認できます。

副 **確認通知書**（建築物）
確認番号 第〇〇〇号
確認年月日 昭和〇年〇月〇日

建築主事 〇〇〇〇 (印)	
建築主	〇〇〇〇〇
設計者	〇〇〇〇〇
施工者	〇〇〇〇〇
延べ面積	〇〇〇〇〇m ²
構造	〇〇〇〇〇

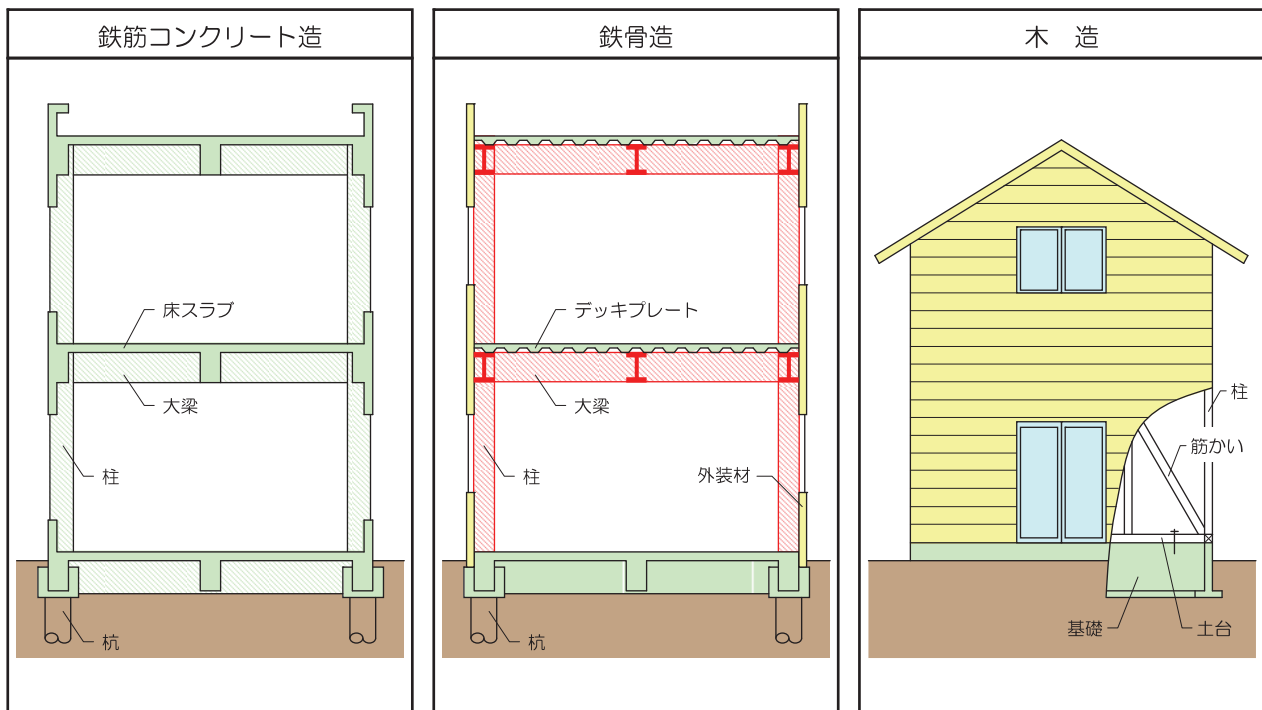
建築基準法第7条3項の規定による
検査済証

建築主事 〇〇〇〇〇 (印)	
確認番号	〇〇〇〇〇
確認年月	〇〇〇〇〇
工事完了検査日	〇年〇月〇日

② 耐震診断の進め方

構造種別の確認

設計図書や確認通知書により、診断対象建物の構造種別を確認します。
構造種別により現地調査内容や、耐震診断方法が異なります。



② 耐震診断の進め方

■ 診断見積依頼

3社程度の診断事務所を選定して診断の見積を依頼します。診断事務所は、以下の方法などで探すことができます。

- ①(一社)東京都建築士事務所協会の登録名簿
- ②(財)日本建築防災協会のホームページ

■ 見積に必要な情報

見積の依頼にあたっては、以下の情報を提示する必要があります。

- ①設計図書
- ②依頼業務
 - ・現地調査
 - ・耐震診断
 - 鉄筋コンクリートでは2次診断
 - 鉄骨造は促進法に基づく診断
 - 木造は精密診断
 - ・判定がNGの場合は、補強案の作成

診断見積依頼



このページの中で、
W : 木造
S : 鉄骨造
RC : 鉄筋コンクリート造

建物の構造種別に応じて事務所を選定する。

② 耐震診断の進め方

■ 見積内容の確認

以下の点を確認します。

- ①作業項目が提示した条件に適合していること。
- ②現地調査項目や調査箇所数が適切であること。

■ 見積金額の確認

右図の資料などを参考に見積金額が適切な範囲にあるか確認します。

■ 診断事務所の決定

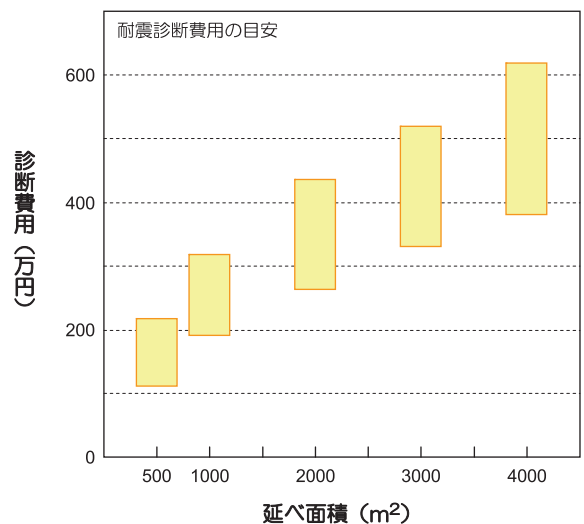
以下の要件に基づき、診断事務所を決定します。

- ①診断依頼建物の構造種別について、十分な診断実績があること。
- ②要望した期間内に業務が完了できること。
- ③耐震診断費用が合理的な範囲であること。

診断事務所の決定

■ 耐震診断費用

耐震診断の費用は、建物の構造種別や規模、必要とされる現地調査の内容などによって異なりますが、下図が目安となります。



② 耐震診断の進め方

見積書の例

項目	内訳	調査項目	備考	名称/摘要	単位	数量	単価	金額	
建物診断	現地調査(材料強度・経年変化等)	計画、打合せ及び段取り	○		1 現地調査				
		構造部材寸法調査	○	構造部材(柱、梁、耐震壁)が構造図通りであるかの寸法調査	計画・打合せ及び段取り		一式		100,000
		コンクリート中性化調査	○	調査後の補修を含む	構造部材寸法調査	m ²	4,000	50	200,000
		コンクリート強度調査	○	コア採取、試験、データ整理等 コア採取後の補修を含む	コンクリート中性化調査	試料	20	8,000	160,000
		外観ひび割れ調査	○	ひび割れ図の作成	コンクリート強度調査	試料	20	40,000	800,000 (補修費含む)
		不同沈下測定調査	○	柱脚部のレベル測定	外観ひび割れ調査	m ²	4,000	45	180,000
	構造耐震診断	一次診断			不同沈下測定調査	ヶ所	12	5,000	60,000
		二次診断	○	第三者評価取得に係わる作業等 および評価料は別途とする	計				1,500,000
		三次診断			2 構造耐震診断(二次診断)	m ²	4,000	400	1,600,000
	補強設計	補強案	○	(耐震性能が目標値を満足しない 場合)概略補強計画案の作成	3 報告書作成		一式		400,000
詳細設計				合計				3,500,000	
				消費税及び地方消費税額		一式		175,000	
				総合計				3,675,000	

② 耐震診断の進め方

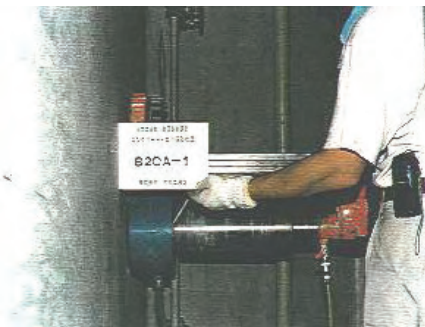
標準的な調査・診断項目

項目	標準的な内容	調査数量	
鉄筋 コンクリート造	構造部材寸法調査	主要な構造断面寸法およびRC壁配置等の確認	全体
	コンクリート強度試験	テストピースを採取して圧縮試験を行う	各階で3本程度
	コンクリート中性化試験	コンクリートの健全性の確認	各階で3本程度
	外観ひび割れ調査	ひび割れ状況を調べ、写真を添付する	目視可能な部分
	不同沈下調査	基礎の沈下状況を調べる	2フロア程度
鉄骨造	鋼材種別調査	鋼材の材種を調査する	必要に応じて
	接合部調査	柱・梁接合部などの形状を調査する	3箇所程度
	溶接部調査	超音波探傷法などにより溶接の健全性をチェックする	3箇所程度
	柱脚部調査	柱鉄骨のアンカーボルトの状況等を調査する	3箇所程度
木造	地盤	目視もしくは周辺の地盤調査資料で地盤の健全性を確認	全体
	基礎	基礎の種類クラック等の有無を目視で確認	全体
	外壁・屋根	外壁・屋根の仕様と状態を確認	全体
	土台	土台と基礎・柱との緊結状況を確認	全体
	耐力要素	筋かい、面材の配置と緊結状況を確認	全体

③ 現地調査

◇ コンクリートコアの採取

- i) コンクリートの強度試験は、JIS A 1107（コンクリートからのコアおよび梁の切り取り方法並びに強度試験方法）による。
- ii) コアの採取位置は原則として、各階3箇所以上とし、耐震壁の床上150cmの位置が望ましい。
- iii) コアは断面欠損がなく、直径10cmのものとする。
- iv) 長さは直径の約2倍近くにし、事前に鉄筋探査機により鉄筋の位置を確認して鉄筋を切断しないように採取する。
- v) 採取する位置は、構造体に影響のない部分であると共に設備の配管等を調査し、電線や水道管等を切断しない。



コンクリート強度試験

◇ コアの強度試験

アムスラー等の試験機によりコンクリートコアの強度試験を行う。
 コンクリートコアの高さ（H）と直径（D）とが、H/Dが2以下のときは下表左の低減率を乗じて補正を行う。
 また、鉄筋を切断した場合は下表右の補正係数を乗じて補正する。
 試験は第3者機関で行うことを原則とする。

高さとの比による強度の低減率

H/D	低減率
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.89

H：コアの高さ
 D：コアの直径
 中間は直線補間とする

鉄筋を切断したコア強度の補正係数

鉄筋の状態					
	9φ	1.02	1.03	1.05	1.07
	D13φ	1.03	1.04	1.06	1.08
	9φ	1.03	1.04	1.06	1.08
	D13φ	1.04	1.05	1.07	1.10

○：コアの平面図
 □：コアの側面図

③ 現地調査

コンクリート中性化試験

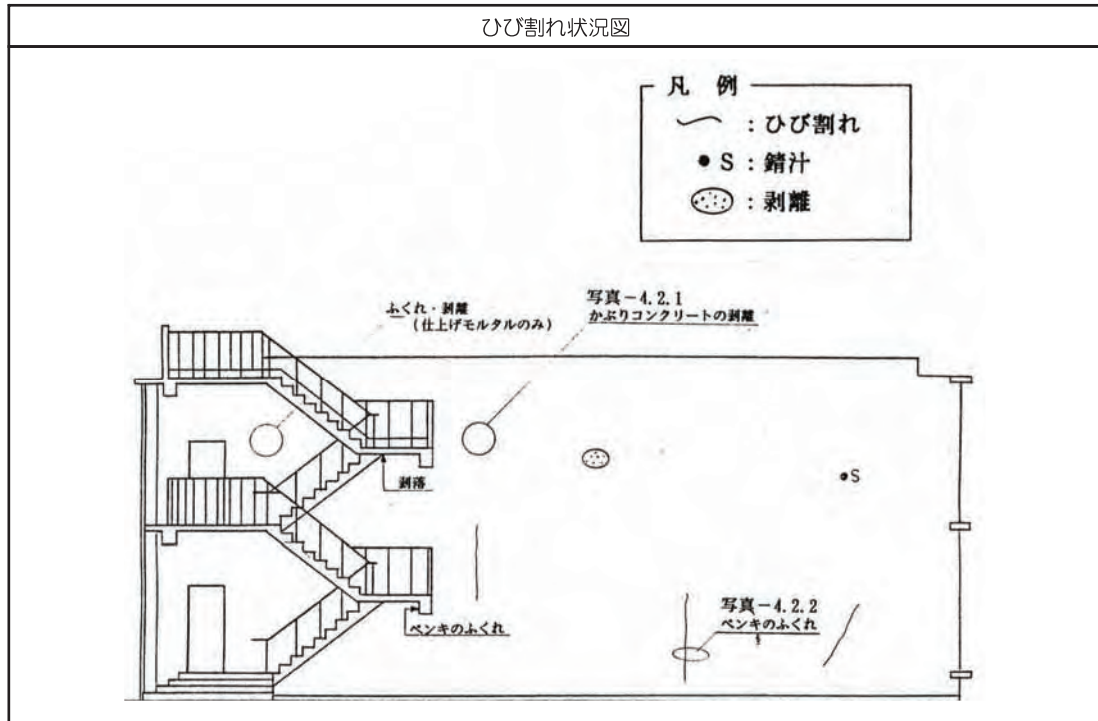
目的	コンクリートはセメントの水和生成物である水酸化カルシウムCa(OH) ₂ などにより強いアルカリ性（pH12～13程度）を示している。コンクリートの内部にある鉄筋はその表面が不動態化しており、腐食から防がれている。コンクリートは表面からしだいに空気中の炭酸ガスCO ₂ と反応して炭酸カルシウムCaCO ₃ となり、アルカリ性が低下し炭酸が鉄筋表面まで達すると腐食しやすい状態となる。 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 鉄筋が腐食すると、かぶりのコンクリートにびびり割れや剥離・剥落を生じる。従って、鉄筋コンクリート構造物の耐久性を判断するにあたり、中性化深さを知る必要がある。	
試験方法	コア採取供試体を用いる場合	圧縮試験後の供試体を縦割りに2分し、表面を乾燥・清掃したのち片面のみにフェノールフタレイン溶液を噴霧し、仕上を除いた表面から着色境界面までの平均寸法をノギスで読みとる。
	はつり込み試験	鉄筋表面をいためないように注意して、主筋の位置まで仕上材およびかぶりのコンクリートをはつり取る。はつり面の粉末を十分に取り除き乾燥させた後、フェノールフタレイン溶液を噴霧器ではつり取った面に散布する。コンクリート表面から着色境界面までを中性化深さとしてスケールで測定する。



③ 現地調査

外観ひび割れ調査

仕上材の劣化状況、コンクリートのひび割れ状況、鉄筋の発錆状況などを写真撮影するとともに、立面図などに記録する。



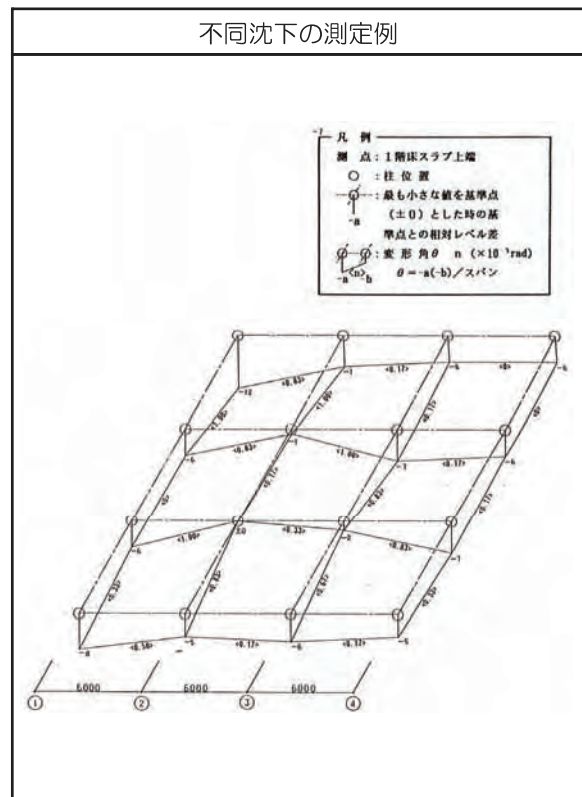
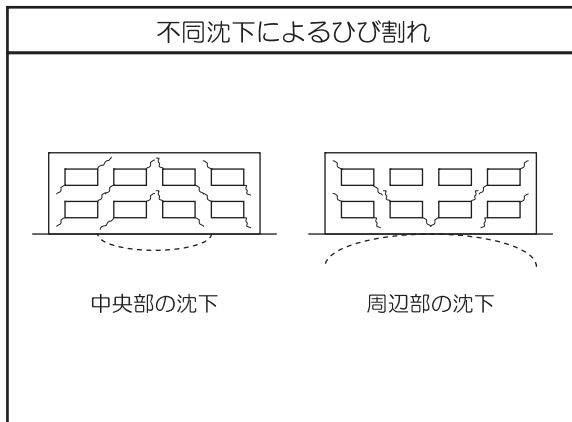
③ 現地調査

不同沈下調査

地盤の変形や杭の損傷に伴う建物への影響の有無を検討するための調査である。不同沈下の調査は、施工時において同一の高さに仕上げられたと考えられる床面やパラペット天端をレベル測定することにより行う。

測定箇所は最低2フロアー行い、各階で同じ傾向のレベル変化が認められる場合には不同沈下の可能性が高い。

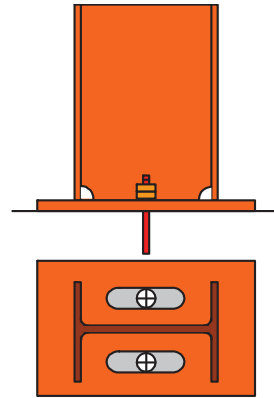
不同沈下が生じている建物には、外壁面等において下図に示すひび割れが発生するため、外観調査と照合して不同沈下の有無を判断する。



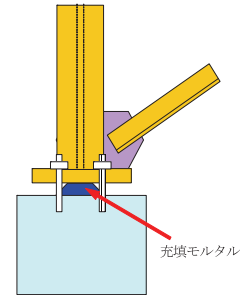
③ 現地調査

鉄骨造 柱脚の調査

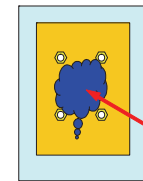
鉄骨柱脚の研り調査



ローラー仕様の柱脚



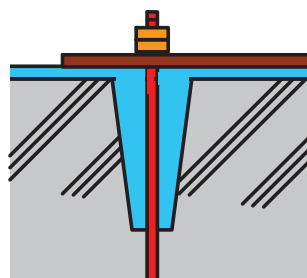
充填モルタル



モルタルの充填が甘い

ベースプレート下のモルタル充填が悪い例

板厚の測定状況



コンクリートの打ち残し例

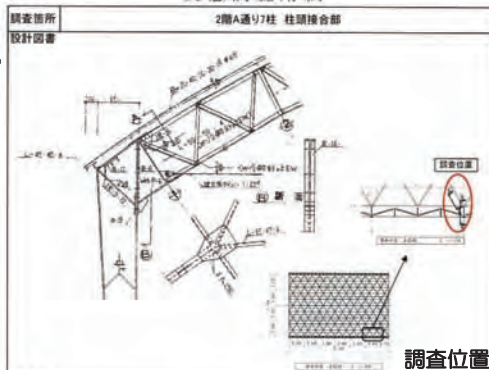
③ 現地調査

鉄骨造 接合部調査

■ 実態調査図例

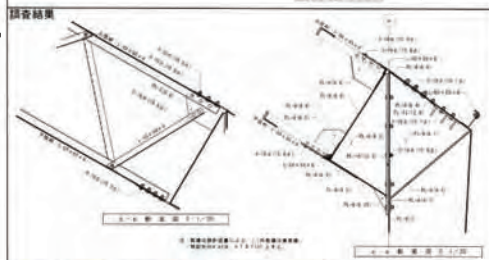
既存図面の状況

実態調査用紙



調査位置図

現状の状況



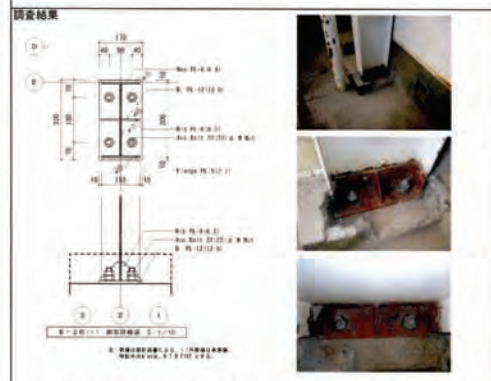
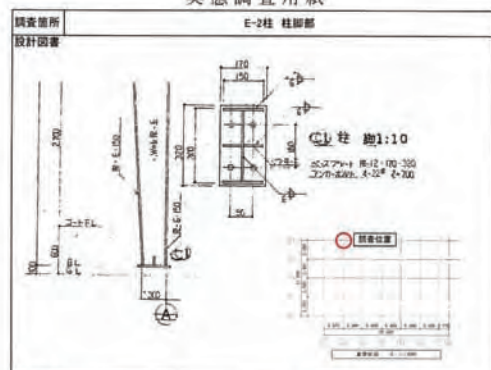
写真



コメント

調査可能範囲で既存設計図書に数字が記載されている箇所においては、部材のメンバー、形状およびボルトの本数等は既存設計図書通りであった。

実態調査用紙



調査可能範囲で既存設計図書に数字が記載されている箇所においては、部材のメンバー、形状およびボルトの本数等は既存設計図書通りであった。

③ 現地調査

鉄骨造 劣化調査

■ 劣化調査（錆の程度）

- ・ 鉄骨の錆状況を軸組図などに記載し、断面欠損がある場合などには計算に反映
- ・ RC部分がある場合にはRCと同様に実施

柱脚のウェブの断面欠損



トラス材の塗装剥がれ



接合部の塗装剥がれ



③ 現地調査

木造の調査

■ 木材の腐食状況の調査

柱や土台が腐食または蟻害により劣化していると、建物が耐震性能を発揮できずに大きな被害を受ける。



■ 土台の接合状況の調査

木造の柱は土台に接合し、土台はアンカーボルトにより地中に配した基礎へ緊結する。土台の基礎への緊結が不十分であると、地震時に建物が浮き上がり、大きな被害を受ける。



④ 補強設計・補強工事

補強設計事務所

■ 補強設計事務所の選定

以下の点に留意して、補強設計事務所を選定する。

- ①耐震診断の責任と補強設計の責任が不明確にならないように、診断と設計は同じ事務所が行うことが望ましい。
- ②ただし、耐震診断は構造事務所が主として担当するものの、補強設計は建築的な判断が多く必要なので、この点に配慮が必要である。
- ③耐震補強設計に十分な実績があることが望ましい。

■ 補強案の確定

補強案は、以下の点に配慮して決定する。

- ①建築基準法の諸規定に違反とならないこと。
- ②建物の使用性ができるだけ低下しないこと。
- ③建物の美観に配慮されていること。
- ④確実に補強効果が得られる工法であること。
- ⑤補強工事費が合理的であること。

■ 第三者評価について

法律上は、通常の場合は第三者評価を受ける必要はない。

第三者評価が必須となる場合としては、以下の場合がある。

- ①耐震診断や耐震補強の補助金の交付条件として第三者評価が規定されている場合（東京都生活文化局私学部および東京都私学財団には特に規定なし）
- ②耐震補強が大規模なため建築確認申請が必要となる建物で、建築基準法上の遡及免除（現行基準に適合させるためのスプリンクラー等の設置義務の免除など）を受けたい場合

第三者評価を受けた場合は、より信頼性が高い判断を得ることができる。

④ 補強設計・補強工事

施行会社

■ 工事費の見積

補強設計事務所が作成した設計図書に基づき、以下の工事条件などを明確にした上で、3社程度の施工会社に工事金額の提出を求める。

- ①工期
- ②工事中の建物の使用条件
- ③その他、見積に係わる条件

■ 施工会社の決定

以下の点を踏まえ、施工会社を選定する。

- ①工事建物の構造種別に応じた耐震補強実績が十分あること。
- ②対応能力が高く、信頼できる施工会社であること。
- ③見積金額が合理的であること。

■ 工事監理

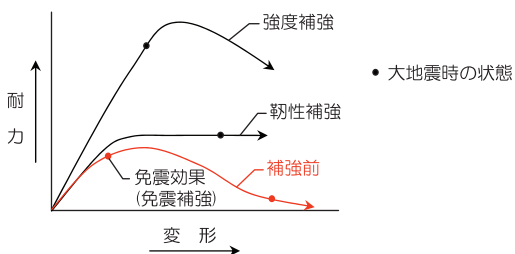
設計図書に沿った確実な補強工事が行われることを確認するため、建築士に工事監理を依頼することが望ましい。

3. 耐震補強工法と補強事例

① 耐震補強工法の種類

■ 耐震補強の分類

既存建物の耐震性能の改善	地震入力の低減	建物の部分撤去 免震構造化 (アイソレータ) 制振機構の組込み (ダンパー)
	強度補強	耐震壁の増設 鉄骨ブレースの新設 袖壁の増設 架構の増設
	靱性補強	溶接金網補強 銅板補強 炭素繊維補強
	損傷集中の回避	偏心・剛性率改善 極脆性部材改善 耐震スリットの新設



耐震補強の分類

地震入力の低減

免震構造化

制振機構の組込み

強度補強

増設壁補強

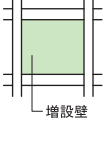

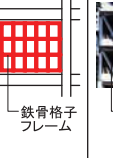
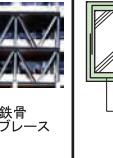
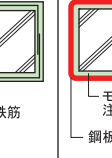
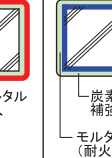

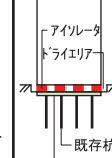
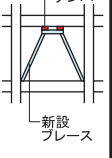

鉄骨ブレース補強

靱性補強

溶接金網補強

炭素繊維補強

① 耐震補強工法の種類

補強手法	強度補強				靱性補強			損傷集中の回避	地震入力の低減	
	増設壁	鉄骨ブレース	鉄骨格子フレーム	外付け補強	吹付けモルタル	鋼板巻き	炭素繊維巻き	耐震スリット	免震構造化	制震機構の組込み
(類似工法)	増打壁、袖壁	鉄板壁	デザインパネル		溶接金網					
補強工法の概要	 増設壁 オープンフレーム内に壁を増設	 鉄骨ブレース オープンフレーム内に鉄骨ブレース等を組込む	 鉄骨格子フレーム オープンフレーム内に鉄骨格子フレームを組込む	 鉄骨ブレース 建物外部に鉄骨ブレース等を配置する	 鉄筋 鉄筋等で補強し、モルタルを吹き付ける	 モルタル注入 鋼板 柱を鋼板で巻き、モルタルを圧入する	 炭素繊維補強 モルタル(耐火被覆) 柱を炭素繊維シートで巻く	 耐震スリット 腰壁や垂壁にスリットを設け、柱の変形能力を高める	 アイソレータ ドライエリア 既存杭 新設基礎梁 基礎梁下部にアイソレータを組み込む	 ダンパー 新設ブレース 架構内にダンパーを組込む
適した建物	雑壁が多い建物	広範囲な建物に適用可能	美観に配慮する必要がある建物	外部に補強部材を配置できるスペースがある建物	壁が比較的少ない建物	壁が比較的少ない建物	壁が比較的少ない建物	一部に極脆性柱がある建物	剛性が大きい建物	剛性が小さい建物
留意点	重量が大開口による耐力低下が大	中・小開口であれば設置が可能	サッシュとの取合に配慮する必要がある	基礎の補強が必要となる場合がある	専用モルタル吹付け機が必要	現場溶接が必要となる	柱コーナーの成形が必要	完全スリット型と欠損スリット型がある	建物外周に地震時変形対応スペースが必要	ダンパー設置用のブレース等が必要
	大臣認定が必要									
施工性 *1	○	△	△	○	○	○	○	○	△ 大規模な工事となる	△
構造性能 *1	○	○	○	○	○	○	○	△	◎	○
コスト *1	◎	○	△	○	◎	△	○	◎	×	△

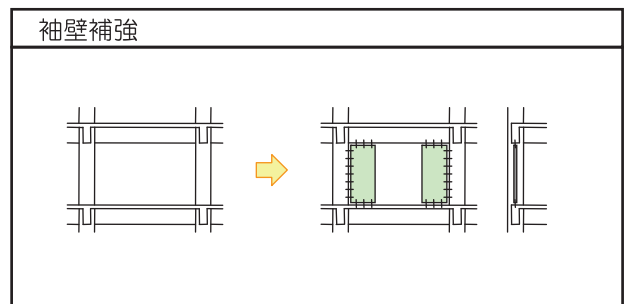
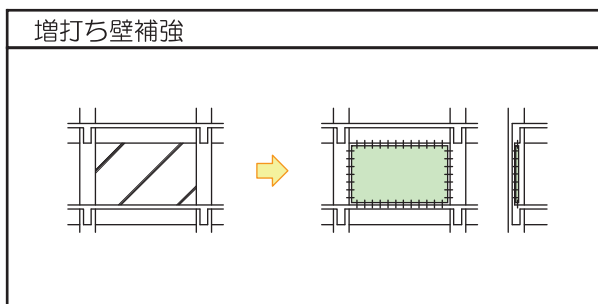
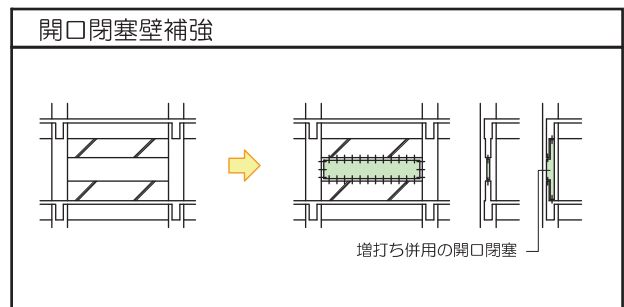
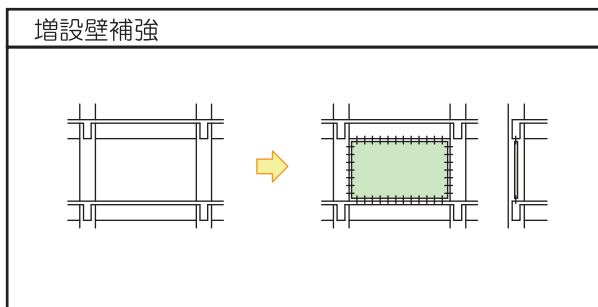
*1 相対的な目安であり、条件により異なる場合がある。

① 耐震補強工法の種類

強度補強

■ 後打ち壁の増設

後打ち壁補強は、既存骨組内に新しい耐震壁や袖壁等を設け、主として建物の水平耐力を増大させる補強工法を総称する。この補強工法は、増設壁、増打ち壁、開口閉塞壁および袖壁補強に分類できる。いずれの工法も多くの施工実績があるが、力学性状の安定性については、工法による差が認められる。

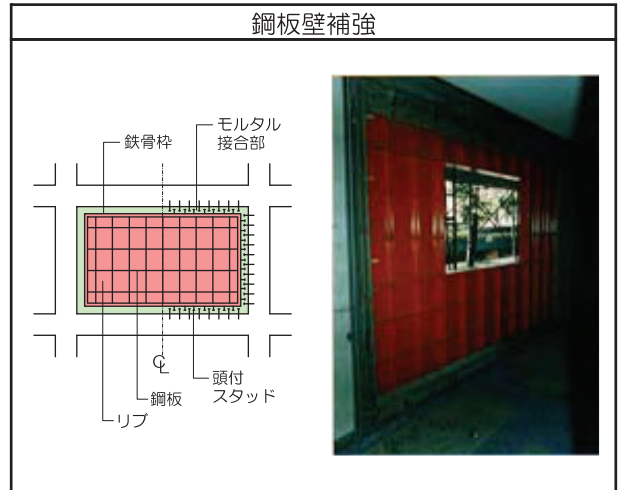
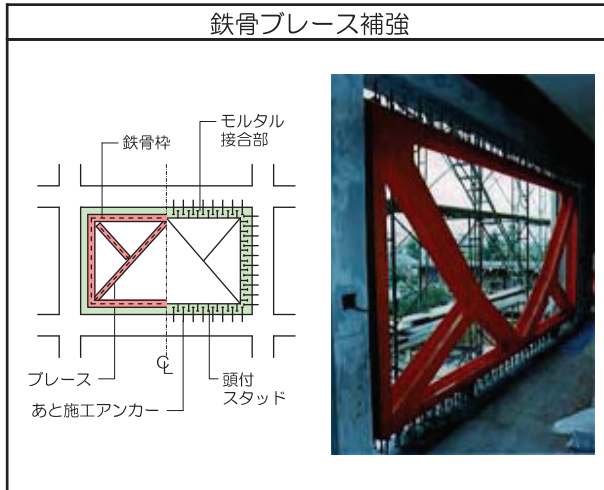


① 耐震補強工法の種類

強度補強

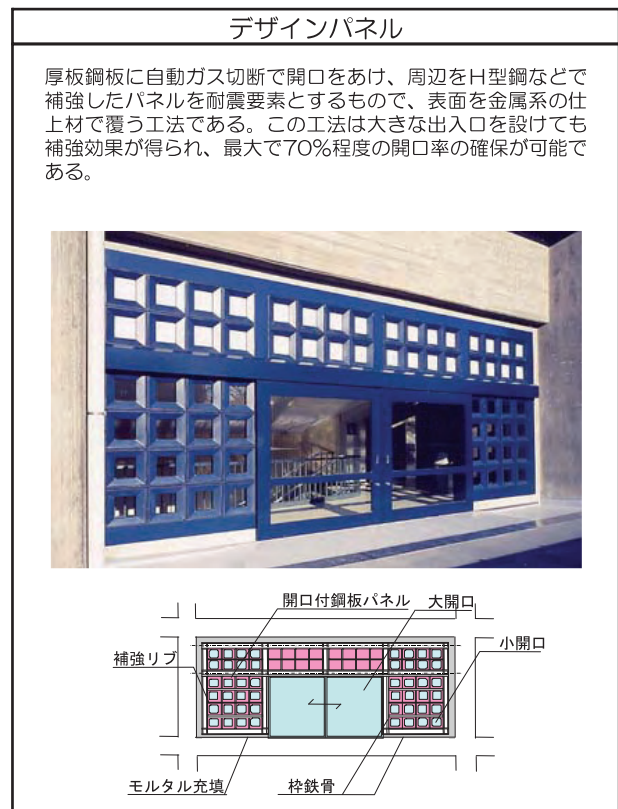
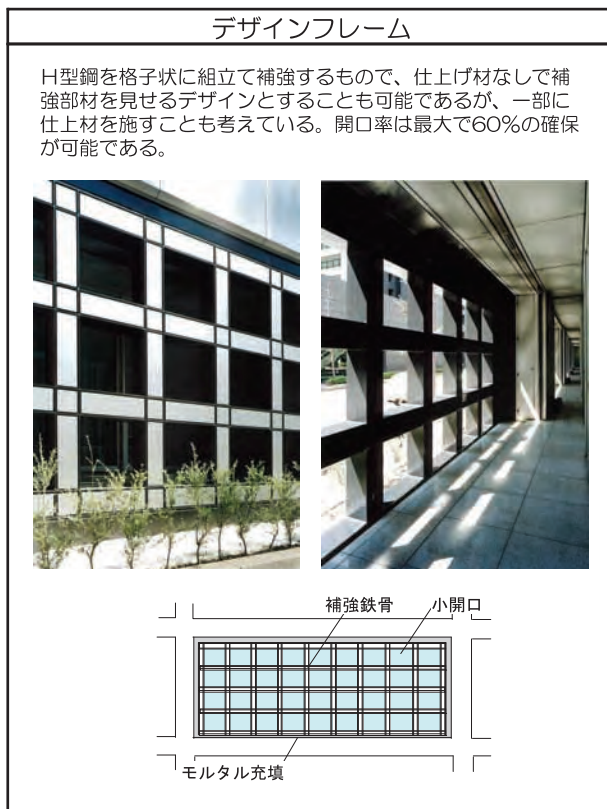
■ 枠付鉄骨補強

枠付き鉄骨による補強工法は、鉄骨補強部材の周辺に鉄骨枠を配した上で、既存鉄筋コンクリート造骨組に樹脂アンカーを、鉄骨枠に頭付きスタッドを配して、骨組と鉄骨枠を高強度・高流動モルタルにより固めて剛強なモルタル接合部を形成する。この方法により、接合界面を破壊させることなく補強鉄骨部材を降伏させることができるため、補強された架構は鉄骨部材特有の大きな荷重履歴特性を有する耐震要素に改善される。枠付き鉄骨補強では、鉄骨ブレースおよび鋼板壁が用いられる。



① 耐震補強工法の種類

強度補強

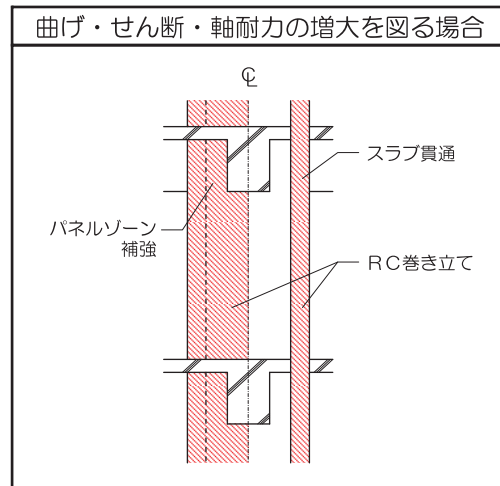
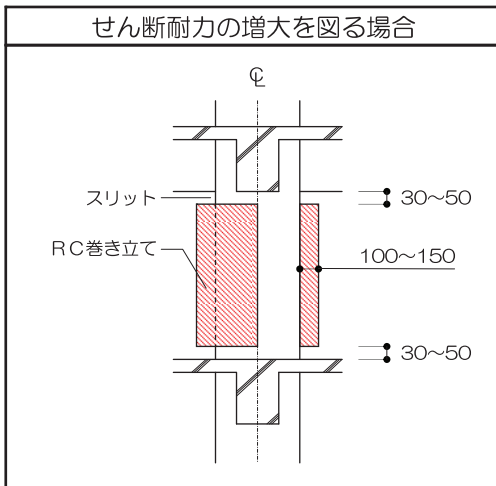


① 耐震補強工法の種類

靱性補強

■ RC巻き立て補強

既存柱の外周部を10~15cm程度の厚さの鉄筋コンクリートで巻き立てて補強する方法である。
柱は一般にせん断耐力と曲げ耐力の比が大きいほど変形能力が向上するため、従来では床上と梁下に30~50mm程度のスリットを設けてきた。
しかしながら、阪神淡路大震災における鉄筋コンクリート柱の被害では、軸力による引張降伏や圧壊と思われる被害も多く認められたため、スリットを設けず、柱の曲げ・せん断・軸耐力を増大させる補強方法が採用されることがある。

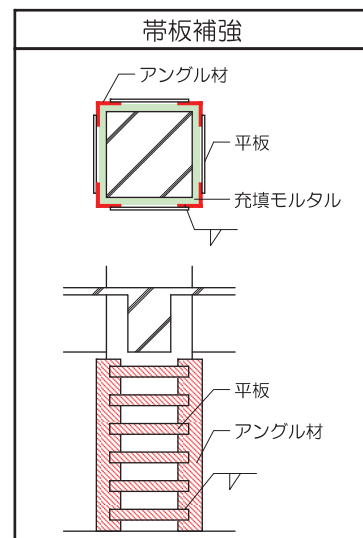
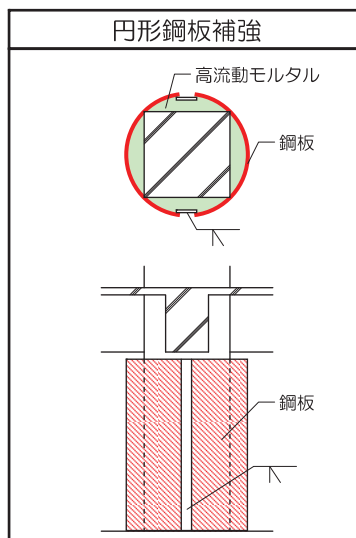
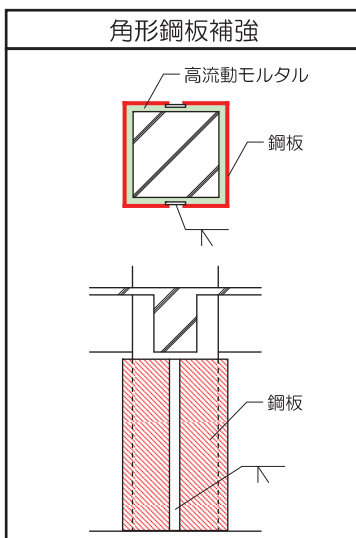


① 耐震補強工法の種類

靱性補強

■ 鋼板巻き補強

柱の鋼板巻き補強は、厚さ4.5~9mmの薄鋼板を角形や円形に巻いて隙間に高流動モルタルを充填する方法や、柱の4隅にアングル材を建込み平板を溶接して裏側にモルタルを充填する帯板補強法がある。
角形鋼板や円形鋼板補強では、鋼板を2つ割りで工場製作し、現場にて溶接により一体化する。
通常は柱脚部にはスリットを設けないが、曲げ耐力を増大を避ける場合にはスリットを設ける場合がある。
これらの補強方法は、古くから性能確認実験が実施されており、阪神淡路大震災の復旧・補強工事にも多用された。



① 耐震補強工法の種類

靱性補強

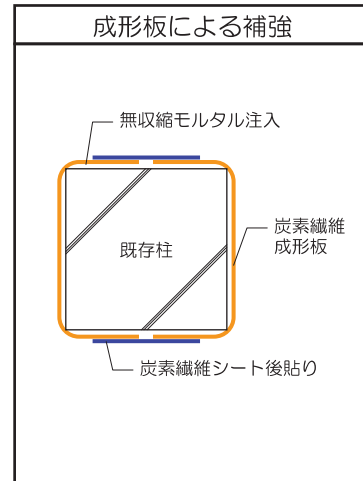
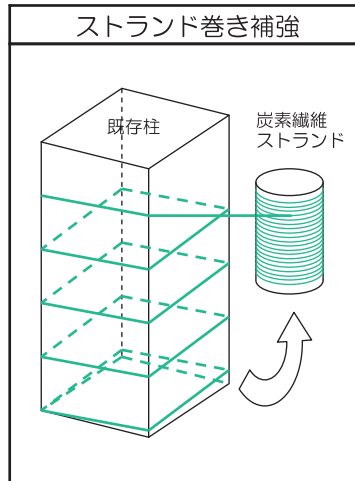
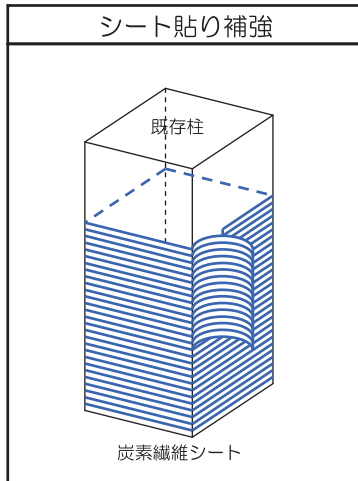
■ 炭素繊維巻き付け補強

一般に炭素繊維補強と言われている補強方法は、幅25～33cmの炭素繊維を敷き並べたシートをエポキシ樹脂を含浸させながら柱の周囲に巻き付ける方法を指す。この方法は、少人数での施工が可能で、重量物を運搬することなく施工が容易で、柱断面寸法の増加が少ないなどの点が特徴である。

炭素繊維は鉄の約10倍の引張強度を有し、重量は鉄の約1/4と極めて比強度が高い材料である。

炭素繊維を用いた耐震補強技術は、ここ数年で極めて多くの実験が追加され、また、専門の施工会社も増え、信頼性が高い技術となった。

シート貼り工法以外に、ストランド巻き工法、炭素繊維成形板工法などがある。



① 耐震補強工法の種類

最近提案された工法

建築防災協会評価取得

鉄骨ブレース接着工法（竹中工務店）

枠付き鉄骨ブレースをエポキシ樹脂により既存骨組に取付ける。騒音や振動、埃をほとんど発生させることなく工事ができる。

鉄骨ブレースの現場組み立て完了

エポキシ樹脂注入パイプ取り付け状況

ブレースの周囲の納まり

仕上げ状況

建築防災協会評価取得

ピタコラム工法（矢作建設工業）

既存柱(梁)の外面に鋼板を内蔵したRC部材を、あと施工アンカーにより一体化させる方法である。既存建物を外から補強するため居付き改修が可能で、既存建具の撤去、新設が不要となり、必要補強量に応じて様々な補強方法を選択できる。

柱補強 断面詳細図

① 耐震補強工法の種類

最近提案された工法

KTブレース（川崎製鉄）

円形鋼管をクレビスを用いて鉄骨柱に固定し、鉄骨柱を既存骨組に取付けて鉄骨ブレース補強を行う。

KTブレースの形状

格子型ブロック（大成建設）

工場で成形したPCaブロックを現場で接合し、格子型の耐震壁を設置する。

建築防災協会評価取得

① 耐震補強工法の種類

鉄骨造の耐震補強

体育館等の主要な補強工法

桁行方向架構の補強

桁行ブレースの増設

桁梁の取換え

柱の曲げ補強

張間方向架構の補強

妻面ブレースの増設

開口閉塞

方杖の新設

アンカーボルトの増設

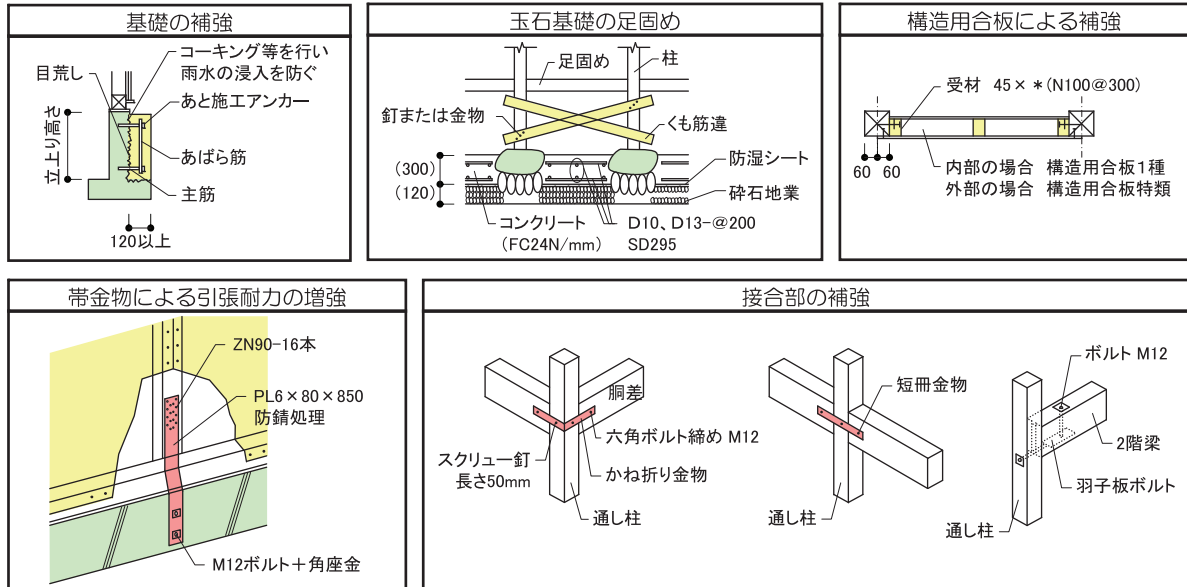
杭の増設フーチングの補強

① 耐震補強工法の種類

木造の耐震補強

■ 木造の耐震補強方法

- ① 玉石、石積み、ブロック造、無筋コンクリート布基礎などを鉄筋コンクリート造基礎に変更する。
- ② 構造用合板や筋違を用いた耐震要素を追加・交換する。
- ③ 床による応力伝達が可能な面内剛性・耐力を確保する。
- ④ 耐力壁周辺に加えて床組と壁の接合部などの緊結を図る。
- ⑤ 劣化部材の補修、補強、交換や、屋根や仕上げを軽量化する。



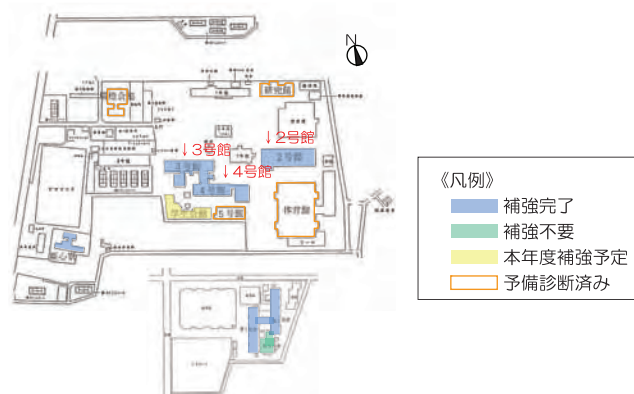
② 補強事例

外付け鉄骨ブレース

● T大学2・3・4号館

キャンパス内にある8棟の旧基準設計建物に対して、過去6年間に緊急度に応じて地震対策を実施してきました。耐震補強にあたっては、建物の使用性と美観に配慮して外付けブレースによる補強工法を採用しています。

竣工：1967年
規模：地上3階 塔屋1階
耐震補強工事期間：2002年7月～9月



2号館（北面）



3号館（北面）



4号館（南面）

② 補強事例

外付け鉄骨ブレース

●M学園

学園イメージに違和感のない外観とし、使用勝手を変えない計画とするため、ディテールに配慮した外付けブレースを採用しました。

小学生が使用する建物であるため、日常の安全性に重点をおくとともに、夏季休暇中の完工に配慮し、短工期施工が可能な外部から施工法としています。

竣工：1979年

規模：地上5階

耐震補強工事期間：2002年7月～9月



建物外観



立面図



内景



バルコニー側

② 補強事例

デザインパネル

●日本武道館

日本武道館は東京オリンピックの柔道会場として誕生し、最近ではコンサートホールとしても利用され、多くの人々に親しまれています。この馴染み深い日本武道館の外観イメージを損なわない耐震補強工法としてデザインパネルが採用されました。

既存部分とその周りに取り付けられたデザインパネルが一体となり、和風イメージを守りながら、補強部分1構面あたり500tonという大きな耐力増加を実現しています。

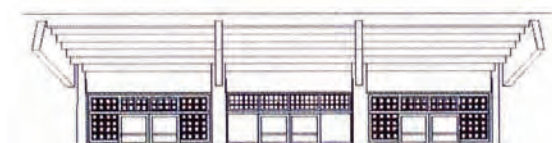
竣工：1964年

規模：高さ42m 地上3階 地下2階

耐震補強工事期間：2001年1月～3月



建物外観



補強部分

既存部分

補強部分



補強部分に大きな出入り口が設けられています。

② 補強事例

外付け増設フレーム

●M大学7号館

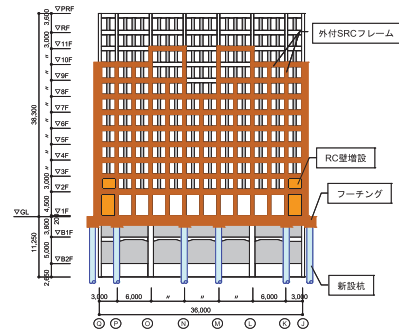
現在の建物イメージを保ちながら、内部の居室空間に補強が発生せず、居ながらできる施工のために、建物の使用性と美観に配慮した外付けSRC、RCフレームの増設による補強工法を採用しています。

伝統あるミッションスクールの雰囲気を保つため、ファサードを重視した補強計画を行いました。

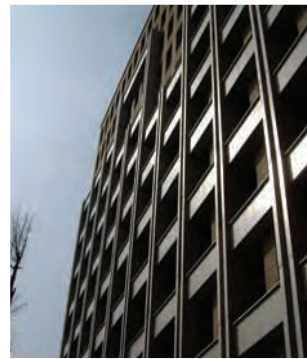
竣工：1966年

規模：地上12階 地下2階

耐震補強工事期間：2002年 5月～2003年 2月



立面図



建物外観

② 補強事例

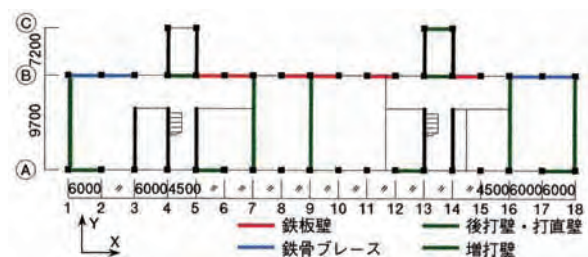
鉄骨系部材を用いた補強

●N高等学校

鉄骨系の補強部材を多用して、補強による建物重量の増大を最小限に留める。

規模：地上4階

構造：鉄筋コンクリート造



1階 平面図



工事中写真



施工時写真



鋼板壁補強

② 補強事例



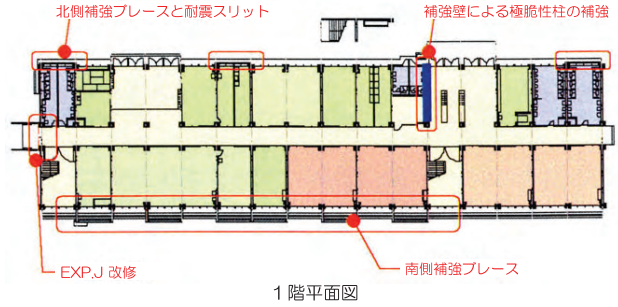
南側外観バース（バルコニーの外側に配置したブレース形状）

（写真：大成）

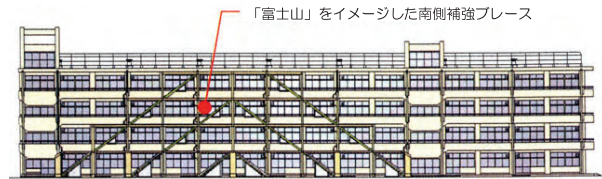


突起物のない鉄骨とセーフティパネル

N小学校校舎：外付けブレース補強



1階平面図



南立面図



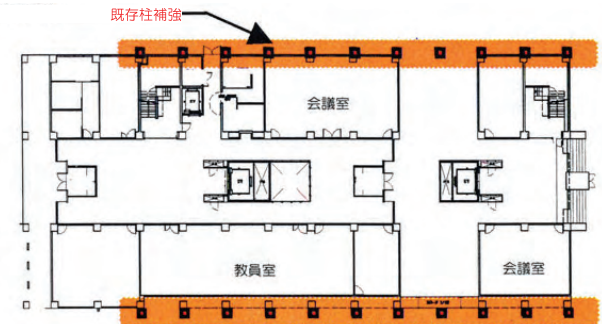
北立面図

② 補強事例



改修後外観

K学園校舎：中間層免震を用いた屋上増築



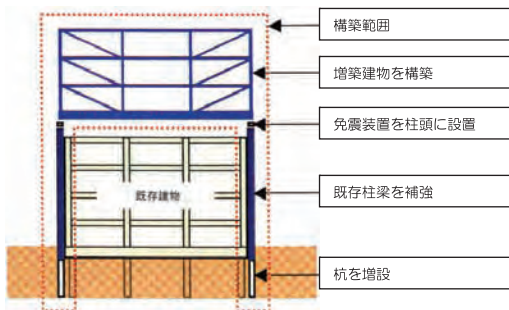
既存建物平面図



5階柱頭免震装置据え付け



中間層免震装置の周辺



既存建物屋上増築工法概要

