

鉄骨構造における耐震診断の概要

目 次

* はじめに	
*-1 本書の目的	S- 1
*-2 耐震診断とは	
1 鉄骨造 耐震診断の総則	S- 2~3
1-1 基本事項	
1) 耐震診断のレベル	
2) 非構造部材の耐震性	
1-2 適用範囲	
1) 適用の可否	
2 耐震診断のフロー	S- 4~7
2-1 全体のフロー	
2-2 予備調査のフロー	
2-3 診断レベルを判定するフロー	
2-4 鉄骨構造 耐震診断(一般診断)のフロー	
3 予備調査	S- 8~10
3-1 予備調査とは(その目的)	
3-2 耐震診断のレベルの判定	
4 鉄骨構造の耐震診断(一般診断)	S- 11~16
4-1 診断概要	
4-2 劣化係数 U_N	
4-3 診断結果の判定表	
4-4 体育館の取り扱い(RC造複合構造)	
5 補強に関する実務	S- 17~20
5-1 補強のフロー	
5-2 補強要領	
5-3 補強設計の評価	

* はじめに

*-1 本書の目的

本書は鉄骨構造における耐震性の判断について、診断の実務を中心に解説を行い
診断業務の概要を記して 今後 耐震診断のより広範な技術を習得されていく
最初の機会にさせていただくための編集書である。

*-2 耐震診断とは

予想される大地震に対してその建物が必要な耐震性能を保有しているかどうかを判断
するために行う手法である。

1 鉄骨造 耐震診断の総則

1-1 基本事項

1) 耐震診断のレベル

通常、鉄骨造の耐震診断は一般診断、精密診断にわけられる。

- ・一般診断：一般診断は予備調査および現地調査の情報を反映して設計図書により耐震診断を行う。設計図書(構造図面)がない場合で実測等により、構造図が再生できる場合は適用の対象とする。ただし、構造図の再生ができない場合は耐震診断が不可能である。
- ・精密診断：一般診断が不適合なもの、鉄骨構造の場合 大スパン構造(空気膜、シェル、吊り屋根等の張力システム)や立体トラス系等の特殊な構造形式あるいは一般診断の結果「倒壊の危険性がある。」
「倒壊の危険性が高い。」と評価されさらに詳細な診断を行う場合に精密診断が適用される。
精密診断は診断受付機関等に設置される専門委員会の判断に基づき診断方法を検討し、適切な診断方法により高度な技術的判断によるものとなっている。

・診断結果の評価

診断結果は構造耐震性能 I_s に代表される指標値により判定される。

以下に判定基準表 判定(1), 判定(2), 判定(3)を示す。

(構造耐震性能の評価は、建設省告示第184号附則

下表により I_s (構造耐震指標) と q (各階の保有水平耐力に係る指標) から構造耐力上主要な部分の地震に対する安全性を下記の3ランクに評価する。

一般診断における耐震性の判定

判定(1) : $0.3 > I_s$ または $q < 0.5$ [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。]

判定(2) : (1) および (3) 以外 [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。]

判定(3) : $I_s \geq 0.6$ で $q \geq 1.0$ [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低い。]

しかしながら、判定指標値は建物の用途や重要度等を考慮して建物所有者と協議して設定することが望ましい。

これらについては以下の適用図書に詳述されている

2011 改訂版「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・同解説」

(財)日本建築防災協会 発行

2) 非構造部材の耐震性

基本的には耐震診断を行う建物は非構造部材の耐震性の調査を行う。
調査方式の詳細については先頁 適用図書他 関係図書参照

1-2 適用範囲

本診断の適用範囲については以下の内容に示されるものについて行う。
本診断は鉄骨造建築物、あるいは複合構造の鉄骨造の部分に適用する。

通常は(構造体の状態、強度が把握可能な場合)一般診断を適用して行う。
基礎については調査が困難な場合が多く沈下等による変形の調査結果を
経年係数に反映して設計図書により評価して良いものとする。

1) 適用の可否

予備調査の結果、下記に該当する建物は診断の対象から除く。

- ・ 建物の老朽化が著しく、構造体の強度への影響が大きいもの・
- ・ 建物の不同沈下あるいは傾斜が著しく、構造強度への影響が大きいと判断されるもの
- ・ 建物が罹災、火災の履歴を持ち、その状況が構造強度への影響が大きいと判断されるもの。
- ・ 建物の敷地ががけ地等に接している場合でそのがけ地に地盤の崩壊や著しい変形が認められその影響が建物におよぶと判断されるもの。
- ・ 構造体の重要な部材が座屈、欠損、あるいは著しく損傷しているもの

これらの建物は原則として診断の対象から除外する。

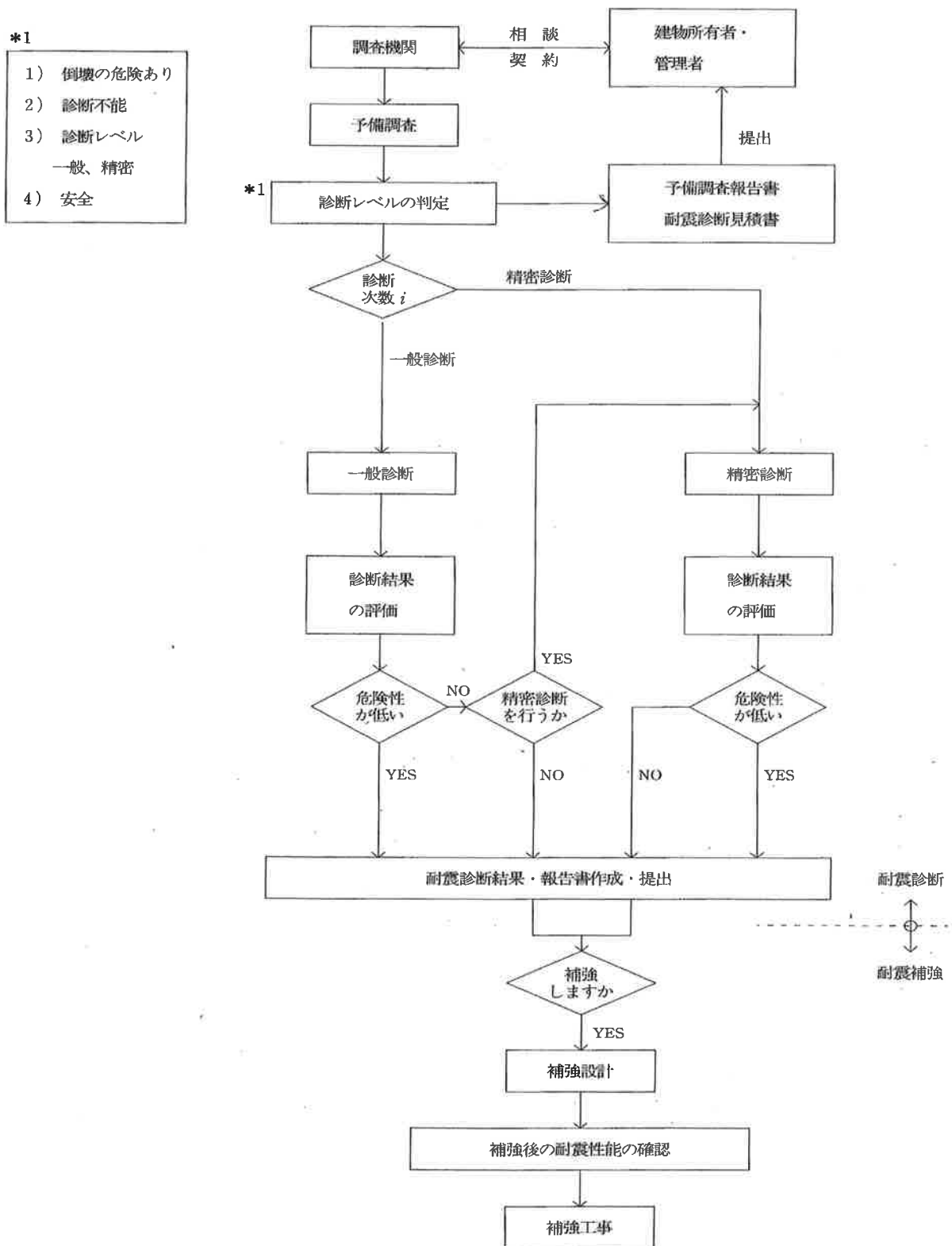
ただし、これらの原因要素およびそれにより建物に生じている現象について補修(補強)、改善、改修が可能と判断される場合はその旨を調査用紙に記載して補強工事等を行うことを前提として一般診断を適用してよい。

上記に記載の構造強度への影響が大きいとは、腐食により断面欠損がその部位で20%をオーバーしていると判断されるもの、あるいは構造部材の撓みが $L/150$ をオーバーしている、構造部材の傾斜、歪が $1/100$ をオーバーしていると判断されるものをいう。

2 耐震診断のフロー

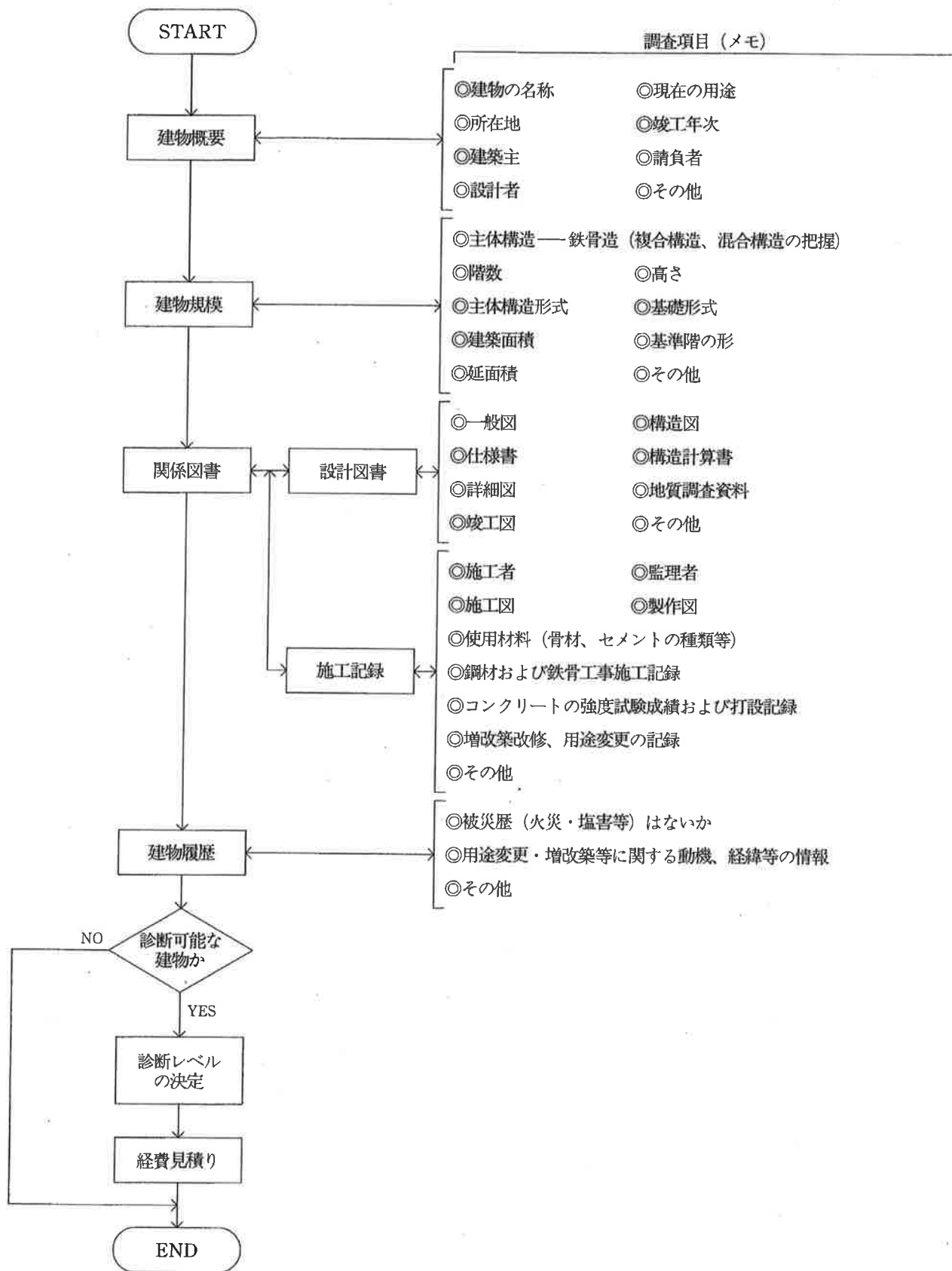
2-1 全体のフロー

耐震診断を行う調査の全般を示すと以下のような関係手順となる。



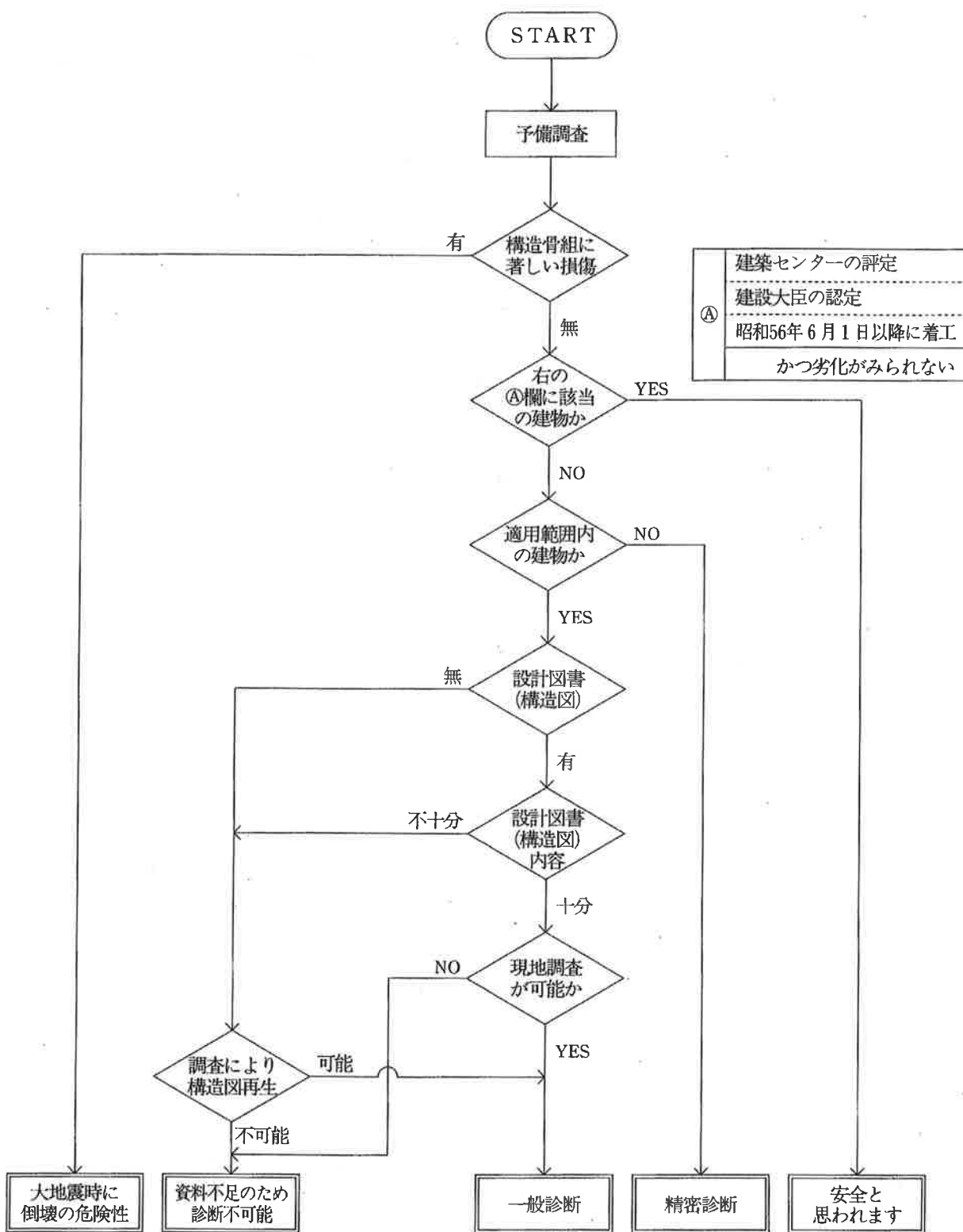
2-2 予備調査のフロー

予備調査は以下の項目、内容に示す手順に従い行う。

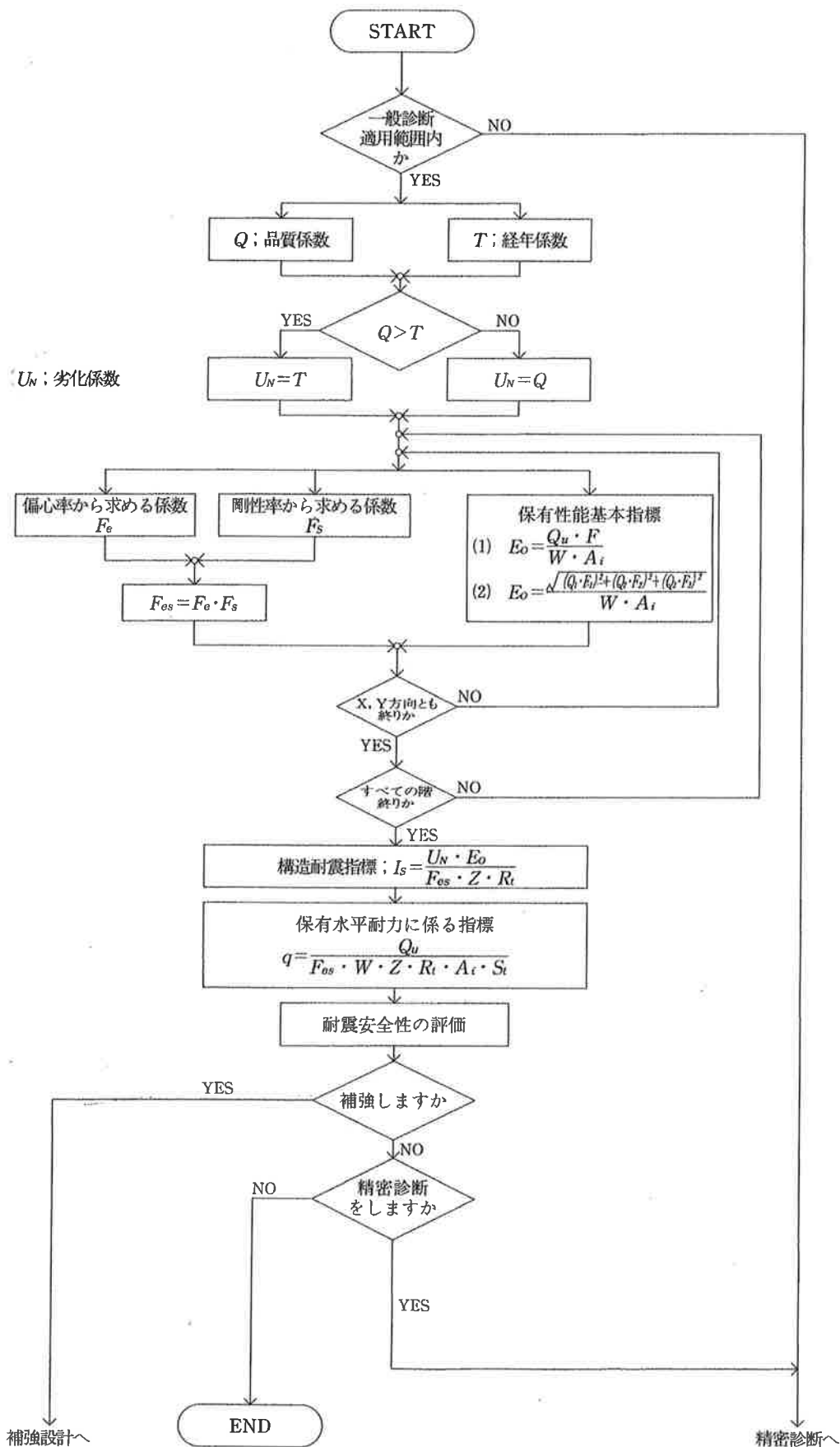


2-3 診断レベルを判定するフロー

耐震診断の調査レベルは以下の流れにそって決定される。



2-4 鉄骨構造 耐震診断(一般診断)のフロー



3 予備調査

3-1 予備調査とは（その目的）

予備調査は建物に耐震診断の適用が可能か、不可かの判断をし、可能な場合はその診断レベルを技術的な見地より提案し、その診断に要する費用を見積るために行うものである。

また、耐震診断等を行う場合の基礎的な事項を調査するものとするが

建物の診断にあたっては予備調査を必ず行うものとする。

予備調査では一般診断を実施する時の調査方法および調査箇所についても検討しておく。

次ページに調査資料用紙を添付

表		建物の概要及び外観調査				(予備-2)	
建物の概要(2)							
建 物 規 模	各階床面積・階高	階	m ² ・	m	構造形式	鉄骨造・複合構造・混合構造・特殊構造・その他 具体的な形式()	
		階	m ² ・	m			
		階	m ² ・	m	架形式	X方向 Y方向	構造・不明 構造・不明
		階	m ² ・	m			
		階	m ² ・	m	建物の特徴	□半地下がある □高さ方向に不整形	
		階	m ² ・	m			
	階	m ² ・	m	の平面の特徴	□L字形等不整形 □広いピロティがある □ホール等広い空間がある		
床面積		m ²					
延面積		m ²	形状				
内 外 装	内外壁				屋根		
	窓				床		
	間仕切壁				耐火被覆		
使 用 履 歴	増築	無・有	年規模・状況		有	年規模・状況	
	改築	無・有	年規模・状況		有	年規模・状況	
	補修・補強	無・有	年規模・状況		有	年規模・状況	
	用途変更	無・有	年規模・状況		有	年規模・状況	
被 災 経 験	地震被害	無・有	年規模・状況		有	年規模・状況	
	火災	無・有	年規模・状況		有	年規模・状況	
	水害	無・有	年規模・状況		有	年規模・状況	
	その他	無・有	年規模・状況		有	年規模・状況	
地 盤	地盤種別	種・2種・3種					
	敷地概要	<input checked="" type="checkbox"/> 埋立地 <input type="checkbox"/> 軟弱地盤 <input type="checkbox"/> 水田跡 <input type="checkbox"/> がけ地 <input type="checkbox"/> 海岸から15km以内 <input type="checkbox"/> 現在又は旧地名が、水、川、沼、湖等に関係がある					
特記すべき使用環境	例：化学薬品を使用している、振動がある等						

外 観 調 査		
不同沈下		構造部材の錆
建物の傾斜		軸組筋かい材の座屈
外壁のひびわれ		水平筋かいの垂れ下がり
その他	<input type="checkbox"/> 雨漏りがある <input type="checkbox"/> 外壁の老朽化による剝離が著しい <input type="checkbox"/> 内部の変質・剝離が著しい	

整理番号	建物名称	調査年月日	表
		年 月 日	

(予備-2)

3-2 耐震診断のレベルの判定

鉄骨造と判断する建物において予備調査の判定結果は以下の5種類とする。

- 1 安全とされます。
- 2 一般診断をおすすめします。
- 3 精密診断をおすすめします。
- 4 資料が不足しているため診断できません。
- 5 大地震時に倒壊の危険があります。

・ 判定の結果2、3の判定が出た場合は診断費用を見積る。

3-3 実態調査（一般診断の計算に必要な調査）

- ① 調査箇所・・・重要と思われる軸組、筋交構面、柱梁接合部周辺の施工状況を調査
- ② 調査部位・・・部材寸法、溶接状況、ボルト接合、ダイヤフラム、発錆状況、柱脚を複数カ所調査
- ③ 接合部耐力・・・設計図に合っていれば図面で耐力評価、異なる場合は調査箇所を増やして再調査し耐力・靱性を評価
- ④ 溶接状況の確認
突合せ溶接、すみ肉溶接の確認は裏当・エンドタブ・スカラップの有無やマクロ試験・超音波試験での確認も必要。設計図で突合せ溶接となっても確認できない場合はすみ肉溶接耐力で計算。
超音波による溶接欠陥の検査は、精密探傷試験が推奨されている。

4 鉄骨構造の耐震診断（一般診断）

4-1 診断概要

S 造の耐震安全性の判定基準

耐震安全性の判定及び要補強建物の判定は、建物のX、Y両方向に対して以下の算定方式により構造耐震指標 I_s 及び保有水平耐力に係わる指標 q を求め、判定指標値に対する安全性を確認する。

$$E_0 = \frac{Q_u \cdot F_i}{W \cdot (A_i)}$$

$$I_s = \frac{(U_N) \cdot E_0}{(F_{es}) \cdot Z \cdot R_t} < , \geq \text{判定指標値 (特に指定がなければ 0.6)}$$

$$q = \frac{Q_u}{0.25 \cdot (F_{es}) \cdot W_i \cdot Z \cdot R_t \cdot (A_i)} < , \geq 1.0$$

ここで Q_u : その層の保有水平耐力

E_0 : その層の耐震性能を表す指標

q : その層の保有水平耐力に係わる指標

F : 部材・接合部の塑性変形性能から層・方向別に決まる靱性指標

W : その層が支える重量

Z : 地域係数で建築省告示第1793号(第1)よりZは決定する。

R_t : 振動特性係数で建築基準法施行令に準ずる。

(U_N) : 劣化係数 (現地調査データにより設定、*頁14にデータシートを示す。)

一般診断における耐震性の判定

判定 (1) : $0.3 > I_s$ または $q < 0.5$ [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。]

判定 (2) : (1) および (3) 以外 [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。]

判定 (3) : $I_s \geq 0.6$ で $q \geq 1.0$ [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低い。]

しかしながら、判定指標値は建物の用途や重要度等を考慮して建物所有者と協議して設定することが望ましい。

耐震性能診断用の靱性指標（F）

架構もしくは層の靱性指標は、下表に示す部材・接合部等の要素靱性指標に基づいて、要素の塑性化の可能性ならびに保有水平耐力に対する寄与を考慮して算定する。

その1

鉄骨ラーメン部材（フルウェブ）				
曲げ（局部座屈—幅圧比ランク、横座屈混*）				せん断
FA	FB	FC	FD	
4.0	3.3	2.9	2.5	2.2
<3.3>**	<2.9>**	<2.5>**	<2.0>**	

*横座屈耐力が全塑性耐力未満場合をFC、全塑性耐力の0.6倍未満をFDとする。

**冷間成形プレス角形鋼管の場合、<>内の数値とする。

その2

鉄骨トラス部材		鉄骨軸組筋かい部材	鉄骨コンクリート部材	
曲げ （弦材の座屈）	せん断 （斜材の座屈）	軸力 （引張側軸部降伏）	曲げ	せん断
2.2	1.5	2.2	2.2	1.0

その3

鉄骨接合部	柱脚鉄骨のRCへの定着部	基礎フーチング	
曲げ・せん断・引張 （非保有耐力接合）	曲げ・せん断・引張	曲げによる 転倒	引抜による 浮上り
1.3 <2.9>***	1.3 <2.9>***	1.8	1.3

***実験等の特別の調査に基づき、曲げで決まり、かつ回転能力が十分に保証される場合、ディテールが用いられる場合に限り、<>内の数値としてよい。

〔 耐震診断に用いる主要な用語の説明 〕

- I_s : 構造耐震指標。劣化係数、形状係数、保有性能基本指標の積で求める。現状の建物の耐震性能を指標化したもの
- U_N : 劣化係数。品質係数と経年係数の小さい方の値を採用する
- Q : 品質係数。設計及び施工の品質を評価する
- T : 経年係数。経過年数による老朽度を評価する
- E_o : 保有性能基本指標。形状特性を無視して、新設当時の、あるいは一部損傷等を評価して、計算で求める建物の耐震性能を指標化したもの
- Z : 地域指標で、その地域の地震活動度や想定する地震動の強さによる補正係数
- F_{es} : 偏心率及び剛性率から求める割増係数。昭和55年11月建設省告示第1792号及び平成7年12月建設省告示第1997号による
- F_e : 偏心率から求める割増係数。平成7年12月建設省告示第1997号による
- F_s : 剛性率から求める割増係数。平成7年12月建設省告示第1997号による
- Q_u : 各階の保有水平耐力 (KN)
- A_i : 層せん断力係数の高さ方向の分布係数。昭和55年11月建設省告示第1793号による
- W : 当該階から上の地震荷重時建物重量 (KN)
- γ : 施行令81条第1項に規定する地震力 (中地震) により生じる層間変形角
- γ_u : 大地震時に生じる層間変形角
- q : 保有水平耐力に係る指標
- R_t : 施行令88条第1項に規定する振動特性係数
- S_i : 建築物の構造方法に応じて定める数値で、鉄骨造では0.25とする
- F : 各階のじん性を表わす数値 告示第2089号 (平成7年12月) による
- F_i : 架構の種類に応じて定まるじん性指標
- Q_1, Q_2, Q_3 : 架構またはこれを構成する柱や筋かい (以下、架構等という) を F_i の小さい順に3グループに分けた時の各グループの水平耐力の合計 (KN)
- F_1, F_2, F_3 : Q_1, Q_2, Q_3 を求める時の各グループの架構等の F_i の最小値

これらの詳述については以下の適用図書に詳述されている。

- 2011 改訂版「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・同解説」 (財) 日本建築防災協会発行

4-2 劣化係数 U_N

表		現地調査による劣化係数のまとめ				(現地-3)
検討項目		対象部位	判定方法	評価		特記事項
品質係数	① 図面寸法との誤差	軸組全般	3%以下	a	1.0	
			3%を超え5%以下	b	0.9	
			5%を超え10%以下	c	0.8	
	② 変形・ねじれ	軸組全般	ほとんどなし	a	1.0	
			目につく程度	b	0.9	
			非常に大きい	c	0.8	
	③ がた・ゆがみ	柱・梁接合部 プレース材接合部	肌すきなし	a	1.0	
			明らかな肌すきあり	b	0.9	
			かなりの肌すきあり	c	0.8	
	④ 心ずれ (t_w ; 梁ウェブ厚) (t_f ; 梁フランジ厚)	柱・梁接合部	梁ウェブの水平ずれ	0.5・ t_w 以下	a	
			0.5・ t_w を超え2・ t_w 以下	b	0.95	
			2・ t_w を超える	c	0.9	
		梁フランジの鉛直ずれ	0.3・ t_f 以下	a	1.0	
			0.3・ t_f を超え t_f 以下	b	0.95	
			t_f を超える	c	0.9	
⑤ 溶接部の状況	溶接継ぎ目	良い	a	1.0		
		やや難あり	b	0.95		
		難あり	c	0.9		
⑥ ベースプレートの隙間	露出柱脚	5mm以下	a	1.0		
		5mmを超え10mm以下	b	0.95		
		10mmを超え30mm以下	c	0.9		
⑦ 施工品質 (施工技術)	(施工技術)	普通	a	1.0		
		納まり等に問題があった	b	0.95		
		架構・組立時に問題があった	c	0.9		
⑧ 設計図書及び施工記録 ① 接合部詳細図 ② 標準開先図 継ぎ手詳細図 ③ 溶接技能者技量試験記録・溶接部非破壊検査記録・高力ボルト締付検査記録・リベット工事検査記録		すべての内容が十分である	a	1.0	品質係数 (最小値による) $Q =$	
		いずれかの内容が不明である	b	0.95		
		すべての内容が不明である	c	0.9		
経年係数	① 錆等による欠損 (減少値/図面值)	柱・梁 プレート アンカーボルト	5%以下	a	1.0	
			5%を超え10%以下	b	0.9	
			10%を超え20%以下	c	0.8	
	② コンクリートのひびわれ状況	根巻き柱脚	ヘヤクラック程度	a	1.0	
			やや大きい	b	0.9	
			非常に大きい	c	0.8	
	③ 不同沈下(変形角)	基礎	$\frac{2}{1000}$ 以下	a	1.0	
			$\frac{2}{1000}$ を超え $\frac{5}{1000}$ 以下	b	0.9	
$\frac{5}{1000}$ を超え $\frac{10}{1000}$ 以下			c	0.8		
④ その他特殊事情による変化	軸組全般	特になし	a	1.0		
		若干の低減の必要あり	b	0.9		
		低減の必要あり	c	0.8		
採用劣化係数 U_N [品質係数と劣化係数の小さい方]					$U_N =$	
整理番号	建物名称	調査年月日	年 月 日	表	(現地-3)	

4-3 [診断結果の判定表]

構造体に対する耐震診断の結果についての判定は以下のような判定表にして報告書に記す。

耐震性の判定 $I_s \geq 0.6$ で $q \geq 1.0$ の場合 OK (判定 (3)) $U_N =$

方向	階	Qui	ΣW_i	Fi	Ai	Eoi	Fesi	lsi	qi	判定
X 方向										
Y 方向										

4-4 体育館の取り扱い (RC造複合構造)

鉄骨造の体育館はギャラリーを持つもの、下部を鉄筋コンクリート造としたもの、鉄筋コンクリート造の上に設置されたもの等があり、構造的には鉄骨造と混合構造に分けられる。

体育館は軒高さが大きく、ギャラリーを有する場合は計算した A_i を1.2倍して用いる。

鉄筋コンクリート造の上に設置された体育館の場合は、重量及び剛性の急変を考慮して、鉄骨造部分の A_i を1.5倍して用いる。ただし、この場合は剛性率による割増しは行わない。(図 -1 c) 同様に、図 -1 bの場合は鉄骨造部分の A_i を1.2倍して用いる。

混合構造の場合、図 -1 b, dに示す例ではつなぎ梁の有無、基礎の回転(曲げ抵抗、転倒)について確認する必要がある。

図 -1 dに示す場合は鉄筋コンクリート造として解析して良い。

各種体育館の取扱い

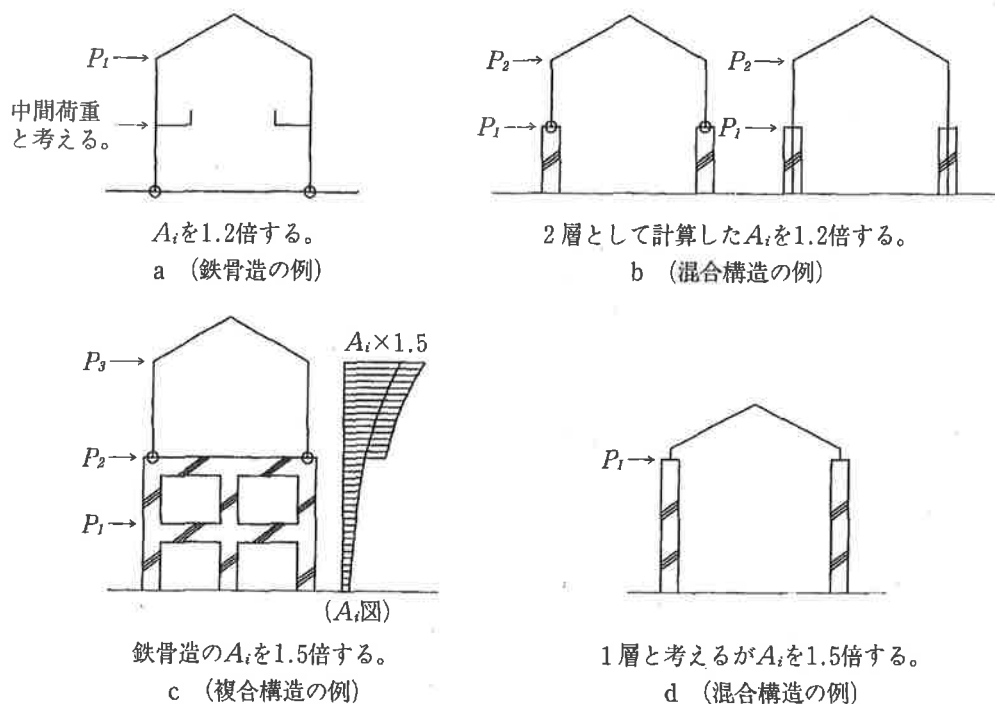


図 -1

5 補強に関する実務

5-1 補強のフロー

耐震一般診断の結果、想定する地震に対して耐震性を満足していない等、何らかの補修や補強を行う必要がある場合のフローを図 1に示す。

① 耐震性能の目標値の設定

対象建築物が補強後に持つべき耐震性能の目標値を設定する。

② 劣化係数の向上の計画

耐震診断の結果により、品質係数及び経年係数が著しく劣っている部分の性能が向上するような補強計画を立てる。

③ 耐力の向上の計画

構造上の弱点となっている部分の補修及び補強を行う計画を立てる。

④ 建物の剛性の向上の計画

居住性や非構造部材への影響を考慮し、層間変形角が $1/120$ 以下になるように計画する。

⑤ 施工が可能か

適切な工事がしにくいようでは所定の性能が期待できないので、工法について十分な検討を行う。特に現場溶接に関する設計及び施工については注意が必要である。ここでいう施工の可能性とは、補強・改修工事中の建物利用者及び工事作業員の安全性の検討等も含む。

⑥ 機能障害がないか

建物空間の利用上の障害になるような計画になっていないか十分に検討する。

⑦ 補強後の耐震性能の確認

補強後の耐震性能が目標性能を上回っていることを確認する。

⑧ 工事監理

工事着手後、仕上げ材の撤去により予想外の異常箇所が発見されることが多い。これらに適切に対応すると共に所定の耐震性能を確保できるように努める。

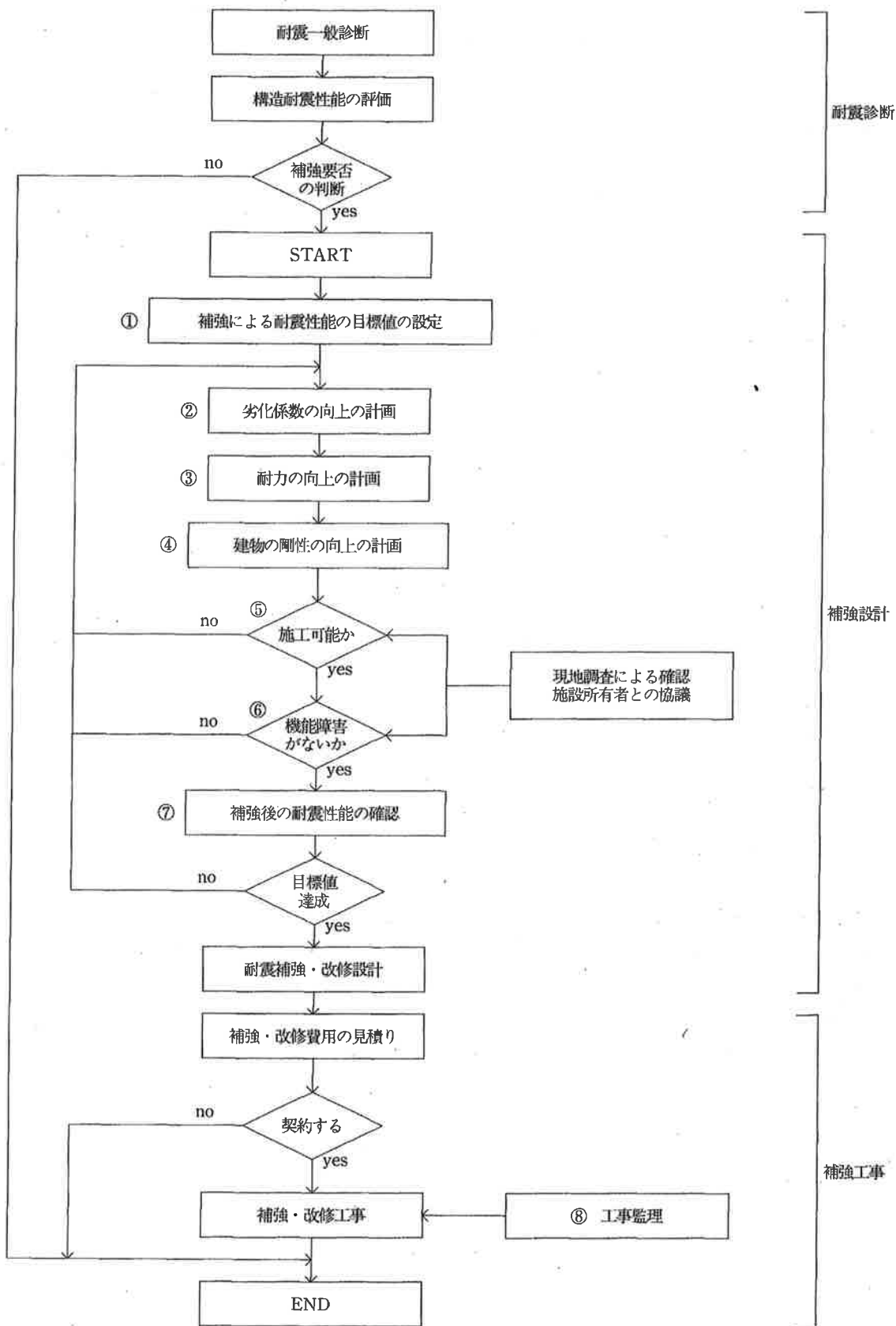


図 -1 [補強のフロー]

5-2 補強要領

1) 適用範囲

既存鉄骨造建物の耐震補強設計に適用する。

2) 耐震補強設計の方針

耐震補強設計は、耐震診断で行われた一般診断の結果を参照して行う。また、補強・改修に当たっては、建築基準法及び関係法令に適合する計画とする。「建築物の耐震改修の促進に関する法律」には耐震改修の計画の認定をすることにより、既存不適格建築物の制限の緩和、耐火建築物に係る制限の緩和などの建築基準法の特例が適用される。

補強設計は、劣化係数、保有水平耐力、層間変形角を向上させることを目標とする。その際、その補強・改修設計が十分施工可能であるか、また建物の機能を著しく損なうものでないかを慎重に検討する。

(1) 施工の可能性を判断するための調査

- ① 補強のため一部を解体する場合、そのために建物の崩壊を招くことがないか
- ② 建物の利用者及び補強・改修工事の作業員にとって十分安全性が確保できるか
- ③ 騒音・振動によって機能障害を起こさないか
- ④ 配管・配線・機器等が工事の障害にならないか
- ⑤ 資材の運搬が可能か
- ⑥ 補強対象部所の構造体の状況を確認し、適切な補強が可能か

(2) 機能障害に関する調査

- ① 配管配線を阻害して機能障害とならないか
- ② 室内空間の用途障害とならないか
- ③ 緊急時の避難の障害とならないか

3) 劣化係数の向上

品質係数及び経年係数の評価で減点された項目について適切な補修または補強を行う必要がある。現地調査の結果は、調査表(現地-1～現地3)に記載されているので、その内容を詳細に検討し、必要な補強・改修設計を行う。

4) 保有水平耐力の向上

一般診断の結果を見れば、耐力の不足する階・方向が判別できる、また、補強すべき部材や接合部の部位がわかる。補強計画ではその弱点を補強し、効果的に保有水平耐力を向上することを目標とする。

また、補強することにより他の部材に加わる地震時応力の大きさが変わる場合があるので、補強後の効果を確認する必要がある。

5) 建物の剛性の向上

中地震時($C_0=0.2$)に層間変形角 γ が $1/120$ を越える場合には建物の剛性が向上するように補強設計を行う。また、非構造部材の変形性能を考慮し、特に外壁がコンクリートブロックや硬化パテ止めの窓がある場合には、層間変形角が $1/120$ を越えないように補強することが好ましい。外壁、サッシ等を変形追従性のよい材料・工法に改修することが望ましい。

5-3 補強設計の評価

1) 補強設計の評価方法

補強設計後の建物の耐震性能の評価は、当初から補強計画通りの建物であるとみなして、補強前に行った耐震診断法にて行う。

2) 部材及び接合部の耐力の評価

増設部材・改修部材の耐力は、接合方法を考慮して適切に評価する。また、増設・改修による既設部分への影響についても以下に示すような検討をする。

- ① 溶接継手の耐力は、その接合方法、作業性による信頼度を考慮して決める。
- ② 増設・改修による基礎を含む既存部材への付加応力を検討する。
- ③ 増設した耐力に見合うだけの接合部耐力を確保する。