

1-9 耐震診断・補強実施ガイドライン-PC-

モンゴル国建築基準

壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建物の耐震診断および耐震補強工法
SEISMIC EVALUATION AND RETROFITTING METHOD OF
EXISTING WALL TYPE PRECAST CONCRETE BUILDINGS

第1章 総則

1.1. 基本方針

本基準には、壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建物の耐震診断および耐震補強を行う際に用いる。建物の保有する耐震性能を構造耐震性指標 I_s により数値で評価する。耐震診断の結果の判定は構造耐震指標 I_s と構造耐震判定指標 I_{so} の比較により行う。本基準は、建物の耐震診断を行う際に用いるもので、建物の設計基準における要件に異なる場合があります。

1.2. 適用範囲

本基準には、モンゴル国で使用している各シリーズの壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造（WPC）建物を対象にして、耐震診断および耐震補強後の耐震性能の確認、ならびに、耐震補強工法の選択および補強設計に適用する。簡易手法および詳細手法があり、それぞれの診断法の適用にあたっては、診断の目的、対象建物の複雑さ、構造特性及び重要度レベルなどに応じて適切な診断手法を選定する。なお、具体的な評価法および補強設計法については本基準に規定された方法を用いることを前提とするが、モンゴル国内で採用されている耐震診断手法および設計方法を用いても良い。

1.3. 参考文献

本基準書には、以下の各建築基準書を参考にした：

- “地震活動が活発的な地域における建造物の設計基準・規則（建築基準及び規則 22-01-01/2006）”
- Guidelines for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings
(The Japan Building Disaster Prevention Association)

本基準書が発行後、上記の引用した資料が新しく発行される若しくは変更があった場合、その新しい内容を準拠することとする。

1.4. 用語の定義

本基準には、関連基準に共通する用語及び以下の用語を使用した。

- 1.4.1. **構造耐震指標 I_s** ：構造体の耐震性能を表す指標。
- 1.4.2. **構造保有性能基本指標 E_0** ：建物が保有している基本的な耐震性能を表す指標で、強度指標 C 、靱性指標 F および外力分布による補正係数から算定する。
- 1.4.3. **水平力分布係数 $\frac{n+1}{n+1}$** ：建物に作用する地震水平力を建物の軸方向に分布係数。
- 1.4.4. **強度指標 C** ：建物の基準階の部材、若しくは対象階の地震水平力に耐える性能を示す指標。
- 1.4.5. **靱性指標 F** ：建物の基準階部材の変形能力を表す係数。
- 1.4.6. **形状係数 S_D** ：建物の平面、立面形状または剛性の平面、立面分布を考慮して保有性能基本指標 E_0 を修正する指標。
- 1.4.7. **経年指標 T** ：建物の経年変化により、基本指標 E_0 を修正する指標。
- 1.4.8. **材料強度**：部材の曲げおよびせん断終局強度を算定する際に用いるコンクリートの圧縮強度および鉄筋の降伏強度で、調査結果に基づかない場合には、コンクリートについては設計基準強度を、鉄筋については規格降伏点強度を標準として良い。
- 1.4.9. **終局変形**：地震時に部材がその強度を保持しうる変形及び軸力に対して保持しうる終局変形。
- 1.4.10. **耐力壁**：地震荷重に抵抗する壁で、破壊モードによって、曲げ壁とせん断壁に分類される。
- 1.4.11. **曲げ壁**：曲げ降伏がせん断破壊より先行する壁。
- 1.4.12. **せん断壁**：せん断破壊が曲げ降伏より先行する壁。
- 1.4.13. **非耐力壁**：地震荷重に抵抗しない壁。
- 1.4.14. **反曲点**：部材脚から、曲げモーメントが0となる点のこと。
- 1.4.15. **変動係数 β_1** ：建物の一次固有周期に相当する変動係数。「建築基準及び規則 22-01-01/2006」の2.6項による。
- 1.4.16. **構造耐震判定指標 I_{so}** ：建物が安全であるために必要とされる構造耐震指標値で、本基準に規定される指標。
- 1.4.17. **A 係数**：「建築基準及び規則 22-01-01/2006」の2.5項による。

第2章 耐震診断の枠組み

建物の耐震診断は、簡易手法による評価と詳細手法による評価があり、どちらも使用することができる。なお、以下の図 2.1 の枠組通りに行う。簡易手法による評価で NG となった場合は、詳細手法による評価を行う。

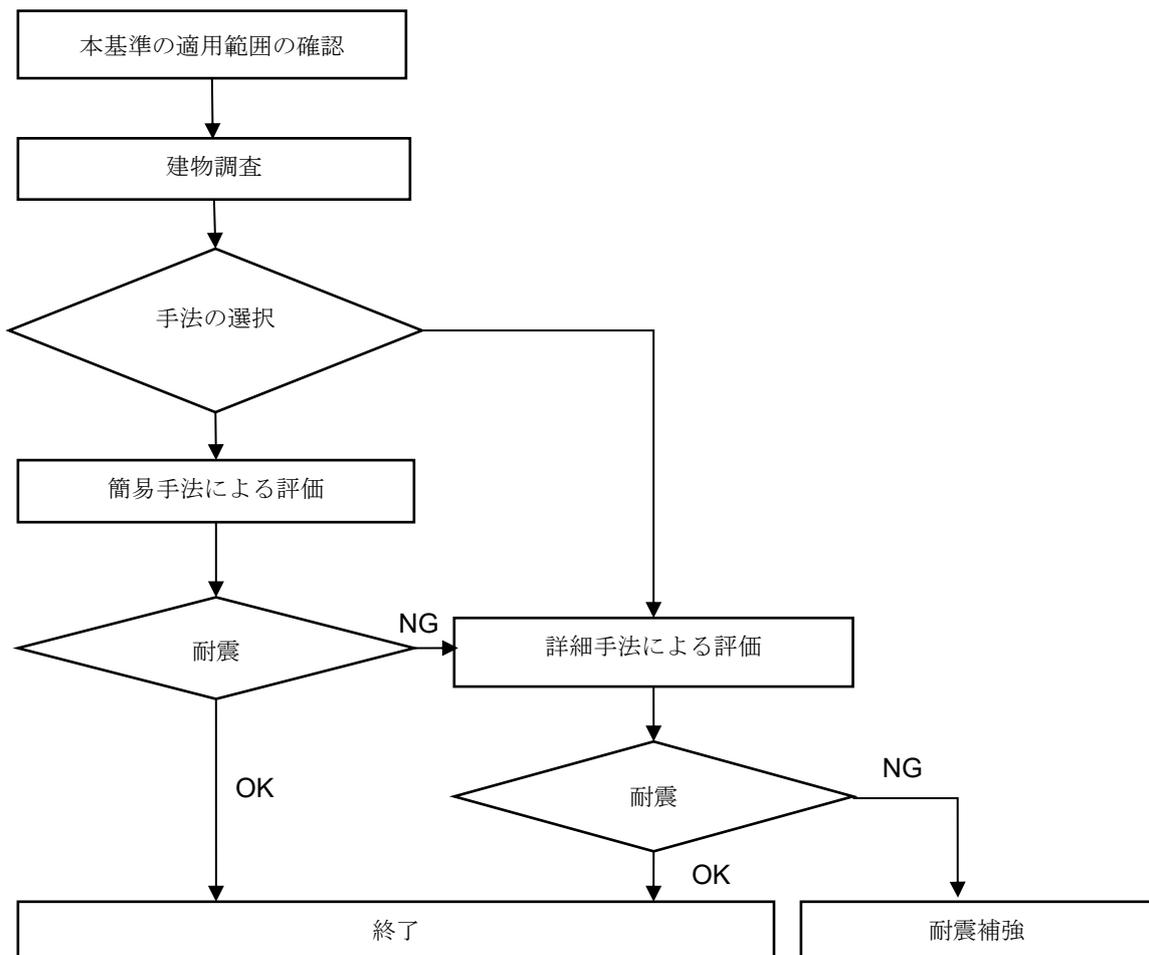


図 2.1 耐震診断の枠組み

第3章 耐震性の判定

3.1. 基本方針

構造体の耐震性能の判定は、(3.1) 式による。

$$I_s \geq I_{so} \quad (3.1)$$

ここに、 I_s - 構造耐震性指標

I_{so} - 構造耐震判定指標

構造は(3.1)式を満足する場合は「耐震性が十分」とする。

構造耐震性指標 I_s は、(3.2) 式による。

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T \cdot (1/\beta_1) \quad (3.2)$$

ここに、 E_0 - 構造保有性能基本指標

S_D - 形状係数

T - 経年指標

β_1 - 建物1次固有周期に相当する変動指標は、「建築基準及び規則 22-01-01/2006」による。なお、建物の一次固有周期は、本基準の付録Gによる。

3.2. 構造耐震判定指標

構造耐震判定指標 I_{so} は、特別な判断によらない場合は、“地震活動が活発的な地域における建造物の設計基準・規則（建築基準及び規則 22-01-01/2006）”の2.5項のによるA係数による。

第4章 構造耐震指標 I_s の算定 (簡易手法)

4.1. 一般

簡易手法における構造耐震指標 I_s は、建物の各階の梁間及び桁行方向それぞれについて、(3.2)式により算定する。ただし、T指標及びSD指標については、階位置及び方向によって区別せず、同一値とする。

4.2. 建物調査

簡易手法における建物調査は、構造耐震指標の算定で必要となる以下の調査項目などについて実施する。

- 構造部材の幾何学的容積、材料性質
- 構造変形、ひびわれ、破損、損傷
- 建物の幾何学的容積
- その他の必要な要素

4.3. 構造保有性能基本指標 E_0

4.3.1. 構造保有性能基本指標 E_0 の算定

保有性能基本指標 E_0 は、建物が保有する耐震性能を評価する基準指標で、梁間及び桁行方向において、階ごとに算定する。保有性能基本指標 E_0 は(4.1)式による。

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \cdot F \cdot C \quad (4.1)$$

ここで、 n : 建物全階数

i : 対象としている階の階数、1階を1とし、最上階を n とする。

C : 強度指標で、(4.2)式による。

F : 靱性指標で、1.0 とする。

4.3.2. 強度指標

簡易手法では、WPC造建物の強度指標 C は(4.2)式で略算する。

$$C = \min(C_w, C_h) \quad (4.2)$$

ここに、 C_w - WPC造耐力壁の強度指標で(4.3)式による。

C_h - 耐力壁及び床スラブの接合部の強度指標で、(4.7)式による。

(1) WPC造耐力壁の強度指標求め方

$$C_w = \frac{\sum(\tau_{wj} \cdot A_{wj})}{\sum W} \cdot \beta_c \quad (4.3)$$

ここで、

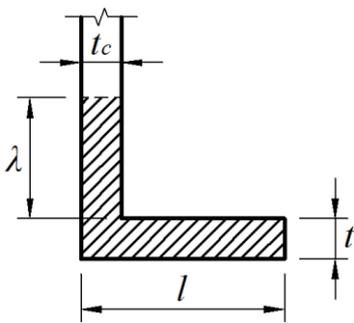
τ_{wj} : WPC造耐力壁の平均せん断強度(N/mm²)で、(4.4)式による。

$$\tau_{wj} = \tau_{w0} \cdot \alpha_j \cdot \gamma_j ; \tau_{wj} \leq 2.0 \text{ N/MM}^2 \quad (4.4)$$

- A_{wj} : WPC造耐力壁の水平断面積(mm²)で、当該耐力壁の厚さに長さを乗じた数値。
- τ_{w0} : 長方形断面の無開口耐力壁の終局時平均せん断強度で、0.75 N/mm²とする。
- α_j : 直交壁による終局時平均せん断強度の割増係数で、鉛直接合部のせん断耐力が十分大きい場合は、(4.5)式による数値とすることができる。

$$\alpha_j = \frac{\Sigma A}{l \cdot t} \quad (4.5)$$

- ΣA : WPC造耐力壁の水平断面積 A_{wj} に、直交壁の水平断面積を加算した全断面積(mm²)。(図4.1)



$$\Sigma A = t \cdot l + t_c \cdot \lambda$$

注 λ : 有効な直交壁の計算範囲 ;

$$\lambda = \min \left(\begin{array}{l} 6t_c; \\ a/2; \\ \text{検討壁と直交壁長さ} \end{array} \right)$$

t_c : 直交壁の厚さ

a : 検討壁面から相隣り合う耐力壁までの距離

図 4.1

- l : 耐力壁の長さ(mm)
- t : 耐力壁の厚さ(mm)
- γ_j : 耐力壁の小開口に対する低減係数で、次式による γ_1 と γ_2 のうち、小さい方の数値とする。

$$\gamma_j = \min \left\{ \begin{array}{l} \gamma_1 = 1 - \frac{l_0}{l} \text{ 及び } \frac{l_0}{l} \leq 0.4 \\ \gamma_2 = 1 - \sqrt{\frac{h_0 \cdot l_0}{h \cdot l}} \text{ 及び } \sqrt{\frac{h_0 \cdot l_0}{h \cdot l}} \leq 0.4 \end{array} \right.$$

l_0 : 耐力壁の小開口の長さ(mm)

h_0 : 耐力壁の小開口の高さ(mm)

h : 耐力壁の高さ(mm)

ΣW : 対象としている階より上の地震力算定用重量

β_c : WPC造耐力壁のコンクリートの圧縮強度に応じた補正係数で、(4.6)式による。

$$\beta_c = \sqrt{(\sigma_B/20)} \quad (4.6)$$

σ_B : WPC造耐力壁板のコンクリートの圧縮強度(N/mm²)で、25(N/mm²)としてよい。特別に調査を行った場合は、調査結果により圧縮強度を定めてよい。

(2) C_h -耐力壁及び床スラブとの接合部強度指標:

$$C_h = 0.7 \frac{\sum A_h \cdot \sigma_y}{\sum W} + 0.7 \frac{A_{w0} + A_{we}}{\sum A_w} \tag{4.7}$$

ここに、 A_h - 各スラブ板間の鉄筋の水平断面積(mm²)

σ_y - 鉄筋降伏点強度(N/ mm²)

A_{w0} - 検討方向における耐力壁の水平断面積

A_{we} - 直交壁の有効な範囲の全断面積(mm²)

$\sum A_w$ - 耐力壁の全断面積(mm²)

4.3.3. 靱性指標

簡易手法においては、WPC造建物の靱性指標 F は 1.0 とする。

4.4. 形状指標

形状指標 S_D は、形状の複雑さおよび剛性のアンバランスな分布などの耐震性能に及ぼす影響を工学的な判断により定量化し、表 4.1 を用いて算出する。

なお、形状指標は(4.8)式による。

$$S_{D1} = q_{1a} \cdot q_{1b} \cdot \dots \cdot q_{1j} \tag{4.8}$$

ここに: $q_{1i} = [1 - (1 - G_i) \cdot R_{1i}]$; $i = a, b, v, d, e, f, i, j$; $i \neq j$

$q_{1i} = [1.2 - (1 - G_i) \cdot R_{1i}]$; $i = h$

(4.8)式の G 、 R の値は表 4.1 による。

表 4.1 形状指標 S_D の算出

項目		値	G_i			R
			1.0	0.9	0.8	R_{1i}
平面形状 (P)	a	整形性	$a \leq 0.1$	$0.1 < a \leq 0.3$	$0.3 < a$	1.0
	b	辺長比	$b \leq 5$	$5 < b \leq 8$	$8 < b$	0.5
	c	くびれ	$0.8 \leq c$	$0.5 \leq c < 0.8$	$c < 0.5$	0.5
	d	エキスパンションジョイント*1	$1/100 \leq d$	$1/200 \leq d < 1/100$	$d < 1/200$	0.5
	e	吹抜	$e \leq 0.1$	$0.1 < e \leq 0.3$	$0.3 < e$	0.5
	f	吹抜の偏在	$f_1 \leq 0.4$ 及び $f_2 \leq 0.1$	$f_1 \leq 0.4$ 及び $0.1 < f_2 \leq 0.3$	$0.4 < f_1$ または $0.3 < f_2$	0.25
断面形状 (S)	h	地下室	$1.0 \leq h$	$0.5 \leq h < 1.0$	$h < 0.5$	1.0
	i	層高の均等性	$0.8 \leq i$	$0.7 \leq i < 0.8$	$i < 0.7$	0.5
	j	ピロティの有無	ピロティなし	全てピロティ	ピロティが偏在	1.0

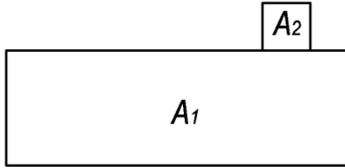
適用の対象: 項目 a-j はもともと全階で検討し、最も小さい値を全体に適用する。

平面形状(a~f 形状)

BD22-107-18

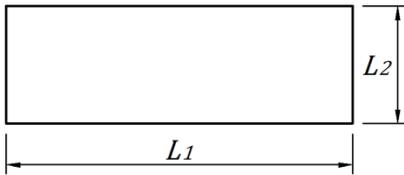
建物の平面形状が整形か不整形かを決定する。

a 形状. 突出部面積の割合



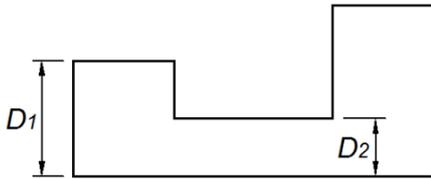
$$a = \frac{A_2}{A_1 + A_2}$$

b 形状. 長辺長さと短辺長さの割合

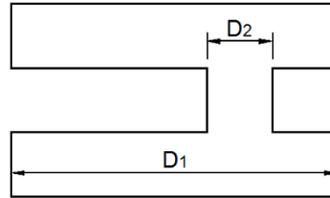


$$b = \frac{L_1}{L_2}$$

c 形状. くびれの割合



$$c = \frac{D_2}{D_1}$$

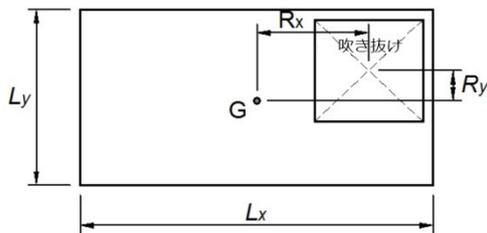


$$c = \frac{D_2}{D_1}$$

d 形状. エクспанションジョイントがある場合

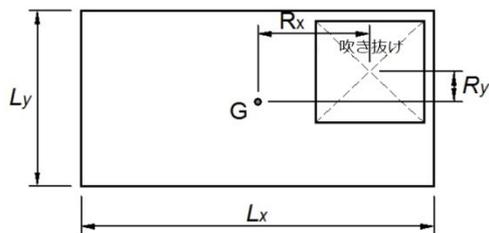
$$d = \frac{\text{EXP.Jの幅}}{\text{EXP.J部の高さ}}$$

e 形状. 階段室以外に吹き抜け部がある場合、吹き抜け部面積と検討階面積の割合による。



$$e = \frac{A(\text{吹き抜け})}{L_x * L_y}$$

f 形状. 吹き抜けの位置による f1; f2 は以下の通り求める。



$$f_1 = \frac{R}{L_y}$$

$$f_2 = \frac{R}{L_x}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

断面形状(h~j 形状)

h 形状. 地下階ある場合に以下のように求める。

$$h = \frac{\text{地下階面積}}{\text{建築面積}}$$

i 形状. 上層の階高と検討する層の階高

$$i = \frac{\text{上層の階高}}{\text{検討する層の階高}}$$

j 形状. 地震による水平荷重を受ける耐震壁が柱及びパイロンにより支持される階をピロティ階と言う。これらの柱が平面的配置が偏っている場合を偏在として扱う。

4.5. 経年指標

簡易手法に用いる経年指標は、建築調査結果をもとに表 4.2 により定めるものとする。すなわち、同表 [C] 欄の該当する T 値のうち最も小さな値を用いる。

表 4.2 簡易手法による経年指標 T の算定表

[A] チェック項目	[B] 程度	[C] T 値
変形	建物が傾斜している、または明らかに不同沈下を起こしている	0.7
	地盤が埋立地である	0.9
	肉眼でスラブ、壁の変形が明らかに見える。	0.9
	上記に該当せず	1.0
壁のひび割れ	雨もりがあり、鉄筋さびが出ている	0.8
	肉眼で壁に斜めひび割れがはっきり見える	0.9
	外壁に数えきれない程多数ひび割れが入っている	0.9
	雨もりがあるが、さびは出していない	0.9
	上記に該当せず	1.0
火災経験	痕跡あり	0.7
	受けたことはあるが痕跡目立たず	0.8
	なし	1.0
用途	化学薬品を使用していたかまたは現在使用中	0.8
	上記に該当せず	1.0
建築年数	30 年以上	0.8
	20 年～30 年	0.9
	20 年未満	1.0
外部及び内部 仕上状態	外部の老朽化による剥落が著しい	0.9
	内部の変質、剥落が著しい	0.9
	特に問題なし	1.0

第 5 章 構造耐震指標 I_s の算定 (詳細手法)

5.1. 一般

詳細手法における構造耐震指標 I_s は、建物の各階の梁間及び桁行方向それぞれについて、(3.2)

式により算定する。ただし、 T 及び S_D 指標については、階位置及び方向によって区別せず、同一値とする。詳細手法は、耐震壁の断面積や鉄筋の配筋詳細、材料強度、各スラブ板の接合部強度等に基づいて、終局強度、破壊形式及び塑性変形能力を求め、建物の耐震性を評価する方法である。

5.2. 建物調査

詳細手法による評価は、構造耐震指標の算定で必要となる以下の調査項目などについて実施する。

- (1) 構造部材の耐力を算定するために必要な材料強度、断面寸法
- (2) 構造きれつ及び変形の発生程度とその範囲
- (3) 変質・老朽化の程度とその範囲

建物調査は、目視または寸法実測により実施する。ただし、きれつ状況、老朽化の程度によっては、必要に応じて仕上材の一部を取りはずした調査を行う。

精度の高い診断や補強設計を行う場合にさらに正確に建物状況を把握する必要がある場合、下記の項目などについて行う。

- (1) コンクリートの材料強度、ヤング係数
- (2) 配筋状態と鉄筋断面、鉄筋の降伏点強度の確認
- (3) 施工状態、きれつ・欠損状態を考慮した部材断面性能の再評価
- (4) コンクリート中性化・老朽化、鉄筋さびを考慮した材料強度の再評価

または、建物構造体からの供試体採取、仕上材の一部除去、コンクリートの局所的なはつきり等によって、構造躯体について実施する。

設計図書がない場合あるいは不備な場合には、耐震診断回数に応じて、躯体寸法、鉄筋径および配筋状態など、診断に必要な項目を実態調査する。

5.3. 構造保有性能基本指標

5.3.1. 基本指標 E_0 の算定

構造保有性能基本指標 E_0 は、それぞれ(5.1)と(5.2)式で示し、大きい方値を用いる。

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_1 + \sum (\alpha_j \cdot C_j)) \cdot F_1 \quad (5.1)$$

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \sqrt{\sum (C_j \cdot F_j)^2} \quad (5.2)$$

- ここで、
- n - 建物全階数
 - i - 対象としている階の階数、1階を1とし、最上階を n とする。
 - C_1 - 第1グループ (F 指標が最も小さいグループ) の C 指標
 - C_j - j グループの強度指標
 - α_j - j グループの強度寄与係数
 - F_1 - 第1グループの F 指標

5.3.2. 強度指標

WPC造建物の強度指標は(5.3)式による。

$$C_i = \frac{\sum Q_u}{\sum W} \quad (5.3)$$

ここに、

$$Q_u = \min(Q_{mu}, Q_{su}, Q_{hu}) - \text{耐力壁のせん断力}$$

Q_{mu} - 曲げ終局時のせん断力
 Q_{su} - 終局せん断強度
 Q_{hu} - 水平接合部終局時のせん断力

もし、 Q_{mu} が最も小さい場合は曲げ壁、 Q_{su} が最も小さい場合はせん断壁とし、 Q_{hu} が最も小さく出た場合は接合部破壊壁と言う。

(1) 耐力壁の曲げ終局時のせん断力 Q_{mu}

耐力壁の曲げ終局時のせん断力 Q_{mu} は片側或いは両側に開口がある場合は(5.4)式による。その他の場合は(5.5)式による。

$$Q_{mu} = \frac{M_u}{y_0 \cdot H} \quad (5.4)$$

$$Q_{mu} = \frac{M_u}{y_0 \cdot H} + (N_0 + N_e) \cdot \left(\frac{l_w}{l_s} + 1\right) \cdot \frac{(2n_f - 1)}{2n_f} \cdot \alpha \cdot k_o \quad (5.5)$$

ここに:

M_u - 縦方向に連層耐力壁の当該階の壁の終局曲げモーメント

H - 調査している耐力壁脚から建物上部階の頂部までの高さ

y_0 - 反曲点高さ比で、2/3 とする。

N_0 - 耐力壁の負担軸力(N)

N_e - 直交壁の負担軸力(N)。直交壁として考慮できる部分は、耐力壁に直交する全ての壁で、相隣合う耐力壁がある場合は、直交壁の負担軸力の1/2 とする。

l_w - 耐力壁の有効長さ(mm)で、0.9 l とする

l_s - 耐震壁と隣り合う開口長さ (mm)。両側の開口の大きさが異なっている場合は大きい方をとる。

$\frac{2n_f - 1}{2n_f}$ - 階数による補正係数。 n_f は、当該階より上の床数。

α - 腰壁及び壁梁の協力効果により生じる強度増加率。腰壁と壁梁が両方ある場合は 4、どれか一方がある場合は 2 とする。

k_o - 0.1 とする。

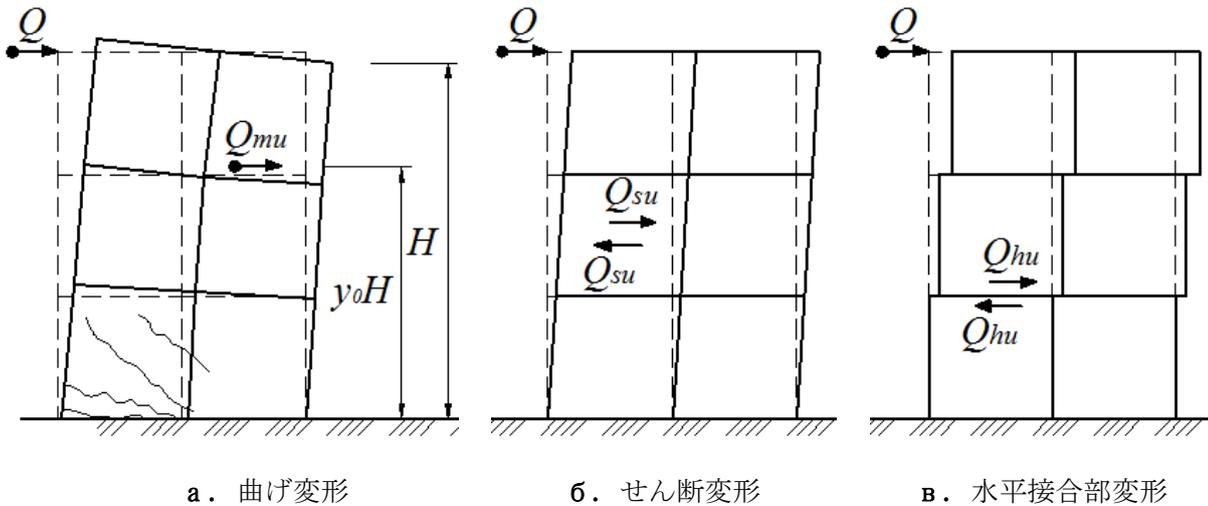


図 5.1 耐震壁の終局せん断力

耐力壁の終局曲げモーメントは、(5.6)式による。

$$M_u = \sum a_t \cdot \sigma_y \cdot l_w + 0.5 \sum a_w \cdot \sigma_{wy} \cdot l_w + 0.5 N_0 \cdot l_w + \sum N_e \cdot e \quad (5.6)$$

ここで、

a_t : 引張り側の有効な曲げ補強筋の全断面積(mm^2)。ここに、長手方向壁の圧縮縁から $0.2 l$ までの部分、若しくは 200mm 以内範囲に相当する部分、また直交壁の計算範囲のコッター筋、鉛直接合部鉄筋面積が含まれる。(mm^2)

σ_y : 耐力壁の接合部の a_t に含まれる鉄筋の降伏強度(N/mm^2)

l_w : 耐力壁の有効長さ(mm)で、 $0.9 l$ とする。

l : 耐力壁の全長(mm)

a_w : 耐力壁の a_t に含まれない鉄筋の全断面積(mm^2)。ここに、長手方向壁の圧縮縁から $0.2 l$ までの部分、若しくは 200mm 以上距離に相当する部分、また直交壁の計算範囲のコッター筋、鉛直接合部鉄筋の面積が含まれる。(mm^2)

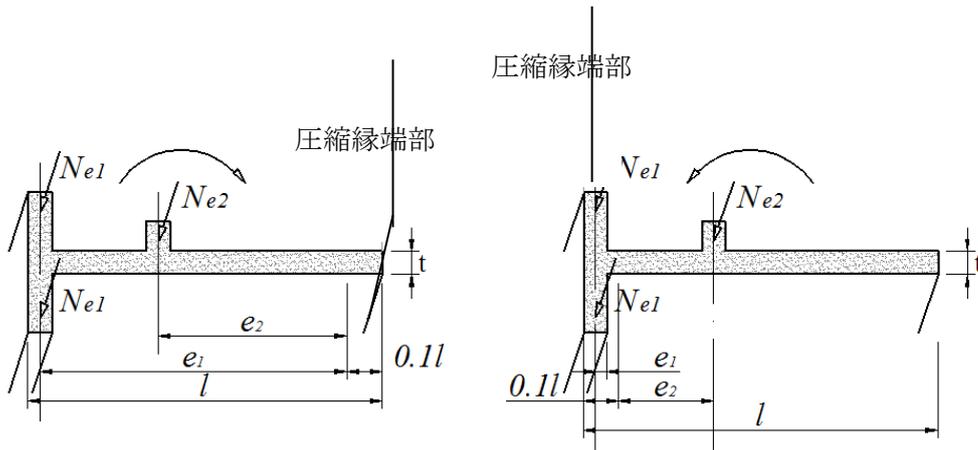
σ_{wy} : 耐力壁の接合部から a_w に該当する鉄筋降伏強度(N/mm^2)

N_0 : 耐力壁の負担軸力(N)

$\sum N_e$: 直交壁の負担軸力(N)。直交壁として考慮できる部分は、耐力壁に直交するすべての壁を含める。

e : 耐力壁の圧縮縁から直交壁の中心までの距離から $0.2 l$ を引いた数値(mm)

N_{e1} は、 $0.1 l$ 範囲以下の場合は e に関して 0 とする。



(2) 耐力壁の終局せん断強度 Q_{su}

耐力壁の終局せん断強度 Q_{su} は(5.7)式による。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \cdot p_{te}^{0.23} \cdot (F_c + 18)}{\frac{M}{Q \cdot l_w} + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_{we} \cdot \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} (\gamma_j \cdot t_e \cdot j) \quad (5.7)$$

ここに、 ρ_{te} : 引張鉄筋比(%)。壁端部から $0.2l$ の鉄筋を含める。

ρ_{te}

: 耐力壁の全長(mm)

l

F_c : コンクリート圧縮強度(N/mm²)

$\frac{M}{Q \cdot l_w}$: 部材の端部のモーメント、せん断力に対する比。ただし、

$1 \leq M/(Q \cdot l_w) \leq 3$ とする。

ρ_{we} : 部材のせん断補強筋比(縦方向と水平方向のせん断補強筋比の平均値とする)。

σ_w : せん断補強筋の材料強度(N/mm²)

σ_0

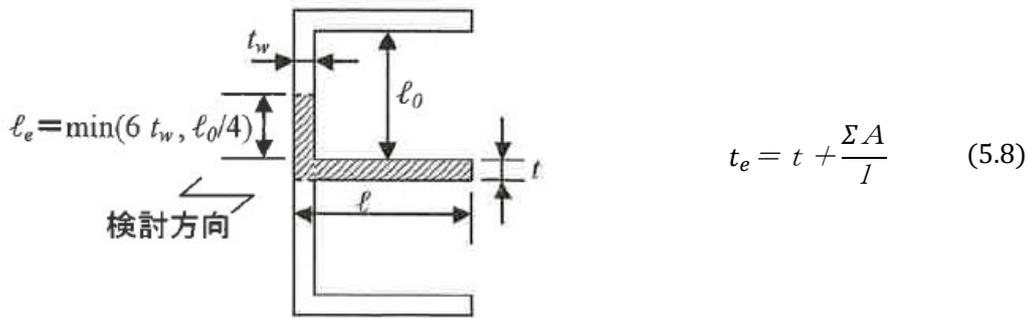
: 平均軸方向応力度 = $N/(l \cdot t)$ (N/mm²)

γ_j : 耐力壁の小開口に対する低減係数で、「簡易手法」の γ_j と同様に定めてよい。

j

: 耐力壁の有効厚さ(mm)で、(5.8)式によって求める。

t_e



ΣA : 有効な範囲内の直交壁の断面積 (mm²)。なお、鉛直接合部の検討が必要な場合がある。

λ : 有効な直交壁の範囲 $\lambda = \min\left(\frac{6t_c}{a/4}\right)$

t_c : 直交壁の厚さ

a : 検討壁面から相隣り合う耐力壁までの距離

t : 耐力壁の厚さ (mm)

j : 応力中心距離 (mm) で、 $(7/8) I_w$ とする。

I_w : 壁の有効な内り長さ (mm) で、 $0.9 I$ とする。

(3) 耐力壁の水平接合部の終局せん断耐力 Q_{hu}

耐力壁の水平接合部の終局せん断耐力 Q_{hu} は (5.9) 式による。

$$Q_{hu} = 0.7 \Sigma a_h \cdot \sigma_y + \mu(N_0 + N_e) \tag{5.9}$$

ここで、 μ : 摩擦係数で、0.7 とする。

σ_y : 耐力壁の水平接合部を横切る縦筋の降伏強度 (N/mm²)

a_h : 水平接合部の有効な接合筋の断面積 (mm²) (図 5.2)

N_0 : 耐力壁の負担軸力 (N)

N_e : 直交壁の負担軸力 (N)。

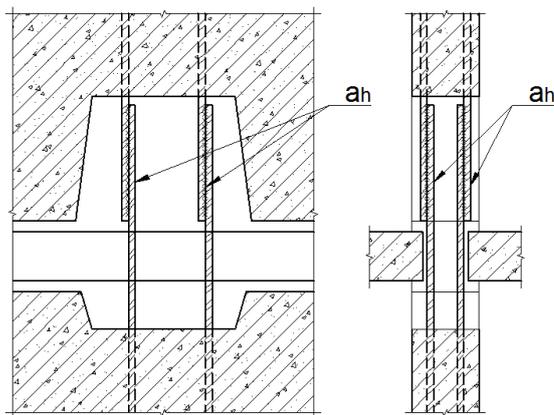


図 5.2. WPC 造壁と床スラブの接合部

5.3.3. 靱性指標

WPC 造建物の靱性指標の算定は、以下のように求める。

- (1) 曲げ壁の靱性指標 F は 2.0 とする。(両側に直交壁がない場合は $Q_{su}/Q_{mu} \geq 1.3$ の場合 $F=1.5$; $1 \leq Q_{su}/Q_{mu} < 1.3$ の場合 1.0~2.0 として補間算出とする。)
- (2) せん断壁の靱性指標 F は、1.0 とする。
- (3) 水平接合部の破壊する壁の靱性指標 F は 1.0 とする。

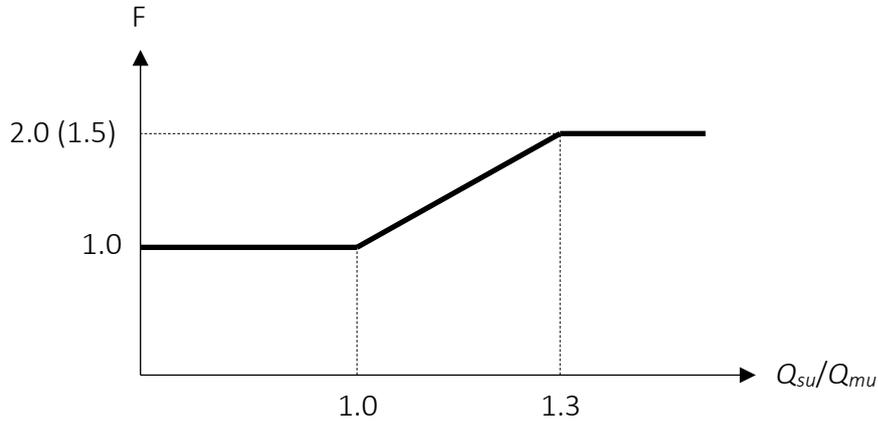


図 5.3 靱性指標

5.4. 形状指標

建物の形状指標 S_D は、形状の複雑さおよび剛性のアンバランスな分布などの耐震性能に及ぼす影響を工学的な判断により定量化し、 E_o 指標を補正しようとするものである。

項目毎の G_i (グレード) と R_i (レンジ調整係数) とから、(5.10) 式を用いて影響度を示す値 q_i (影響値と呼称する) を算出し、 q_i の相乗積を持って指標とする。

なお、以下の表 5.1 に示す分類により、 R_{1i} を用いて影響度を調整する。

- (1) 指標の算出式

$$S_D = q_{2a} \cdot q_{2b} \cdot \dots \cdot q_{2n}$$

ただし:

$$q_{2i} = [1 - (1 - G_i) \cdot R_{2i}]; \quad i = a, b, c, d, e, f, i, j, l, n;$$

$$q_{2i} = [1.2 - (1 - G_i) \cdot R_{2i}]; \quad i = h$$

- (2) 項目の分類

項目の分類および G 、 R の値は表 5.1 による。

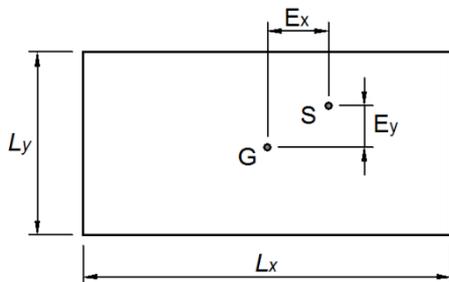
表 5.1 項目の分類および G 、 R の値

項目		係数		G_i			R
				1.0	0.9	0.8	R_{2i}
詳細手法	平面形状 (P)	a	整形性	$a \leq 0.1$	$0.1 < a \leq 0.3$	$0.3 < a$	0.5
		b	辺長比	$b \leq 5$	$5 < b \leq 8$	$8 < b$	0.25
		c	くびれ	$0.8 \leq c$	$0.5 \leq c < 0.8$	$c < 0.5$	0.25
		d	エキスパンションジョイント	$1/100 \leq d$	$1/200 \leq d < 1/100$	$d < 1/200$	0.25
		e	吹抜	$e \leq 0.1$	$0.1 < e \leq 0.3$	$0.3 < e$	0.25

	f	吹抜の偏在	$f_1 \leq 0.4$ 及び $f_2 \leq 0.1$	$f_1 \leq 0.4$ 及び $0.1 < f_2 \leq 0.3$	$0.4 < f_1$ 又は $0.3 < f_2$	0
断面形状 (S)	h	地下室の有無	$1.0 \leq h$	$0.5 \leq h < 1.0$	$h < 0.5$	1.0
	i	層高の均等性	$0.8 \leq i$	$0.7 \leq i < 0.8$	$i < 0.7$	0.25
	j	ピロティの有無	ピロティなし	全てピロティ	ピロティが偏在	1.0
平面剛性 (PR)	l	重心—剛心の偏心率	$l \leq 0.1$	$0.1 < l \leq 0.15$	$0.15 < l$	1.0
断面剛性 (SR)	n	上下層の(剛/重)比	$n \leq 1.3$	$1.3 < n \leq 1.7$	$1.7 < n$	1.0

適用の対象：項目 a~j は各階に検討し、最も小さい値を全体に適用する。

l：地震力による変心率の検討



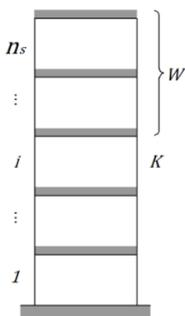
X 軸 方向:

$$l = E_y / \sqrt{L_x^2 + L_y^2}$$

Y 軸 方向:

$$l = E_x / \sqrt{L_x^2 + L_y^2}$$

n：検討する階の剛芯(K)を該当階の受ける全鉛直荷重 (W)に割した値をその階の相対的剛芯とする。剛芯率を考慮した n 値を以下の式で求める。



$$K = \frac{\alpha \cdot \text{壁面積の総和}}{\text{階高}}$$

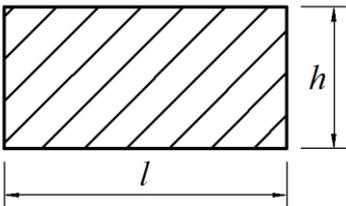
$\frac{K}{W}$ ：その階の相対的剛芯

i 階

$$\beta = \frac{N-1}{N} \quad \text{ここに: } N = n_s - i + 1$$

$$n = \frac{(K/W)_{i+1}}{(K/W)_i} \beta$$

$$\text{最上階は、} \beta = 2 \text{ とし、} n = \frac{(K/W)_{n_s-1}}{(K/W)_{n_s}} \beta$$

壁の h/l の比	α	
	フレーム内の壁	
$3.0 \leq h/l$	1.0	
$2.0 \leq h/l < 3.0$	1.5	
$1.0 \leq h/l < 2.0$	2.5	
$h/l < 1.0$	3.5	

5.5. 経年指標

詳細手法に用いる経年指標は、表 5.2 に示す詳細調査項目についての結果をもとに、(5.11)式によって求めるものとする。

$$T = (T_1 + T_2 + T_3 \dots + T_N) / N \quad (5.11)$$

$$T_i = (1 - p_1) \cdot (1 - p_2)$$

ここで: T_i - 調査階の経年指標

N - 調査した階の数

p_1 - 調査階における構造ひび割れ・変形の減点数集計値(表 5.2 参照)。

ただし、調査する必要のない場合は 0 とすることができる。

p_2 - 調査階における変質・老朽化の減点数集計値(表 5.2 参照)。

ただし、調査する必要のない場合は 0 とすることができる。

表 5.2. p_1, p_2 値

部位	項目	*構造ひび割れ・変形			**変質・老朽化		
		a	b	c	a	b	c
I 床	総床数の 1/3 以上	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	同上 1/3~1/9	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	同上 1/9 未満	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
	なし	0	0	0	0	0	0
II 壁	総部材数の 1/3 以上	0.15	0.045	0.011	0.15	0.045	0.011
	同上 1/3~1/9	0.05	0.015	0.004	0.05	0.015	0.004
	同上 1/9 未満	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	なし	0	0	0	0	0	0
小計							
合計		$p_1 =$			$p_2 =$		

注) なし: は面積・総部材が 0 のもので、建物の保全状態がきわめて良好と認められているもの。

***構造ひび割れ・変形**

- a: - 不同沈下に関するひび割れ
 - 誰でも肉眼で認められる壁のせん断ひび割れ、または斜めひび割れ
- b: - 2次部材に支障をきたしているスラブの変形
 - 離れると肉眼で認められない壁斜めひび割れ
 - 離れても肉眼で認められるスラブのひび割れ
- c: - a と b には該当しない軽微な構造ひび割れ
 - a と b には該当しないスラブのたわみ

****変質・老朽化 -**

- a: - 鉄筋のさびによるコンクリートの膨張ひび割れ
 - 鉄筋の腐食
 - 火災によるコンクリートのはだわれ
 - 化学薬品等によるコンクリートの変質
- b: - 雨水、漏水による鉄筋さびの溶け出し
 - コンクリートの鉄筋位置までの中性化または同等の材令
 - 仕上げ材の著しい剥落
- c: - 雨水、漏水、化学薬品等によるコンクリートの著しい汚れまたはしみ
 - 仕上げ材の軽微な剥落または老朽化

第6章 耐震補強

6.1. 基本方針

本章は WPC 造建物の耐震補強設計に適用する。ただし、特別な調査研究に基づいて設計を行う場合や本章に記載されていない事項については、関連規・基準及び地震による。耐震補強設計は、耐震診断により耐震性があると判断された或いは技術的、経済的な観点から補強が妥当でないと判断された建物を除き補強設計が実践され、保有する I_s 値と I_{s0} 値との乖離の程度、建物の残存期間、想定される補強費用を考慮する。

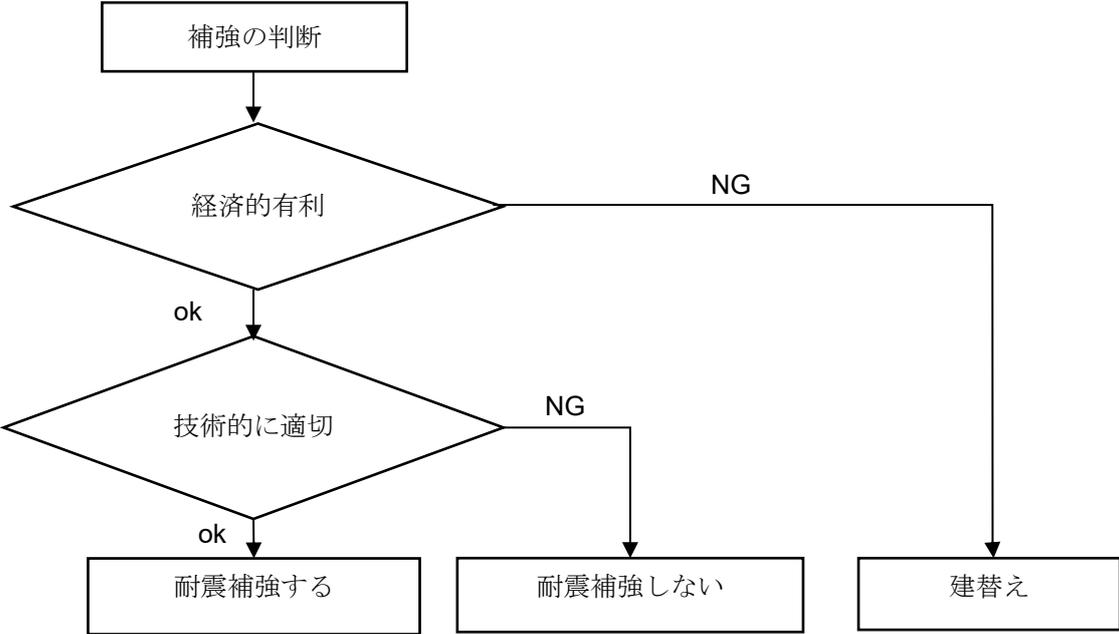


図 6.1 耐震補強の判定

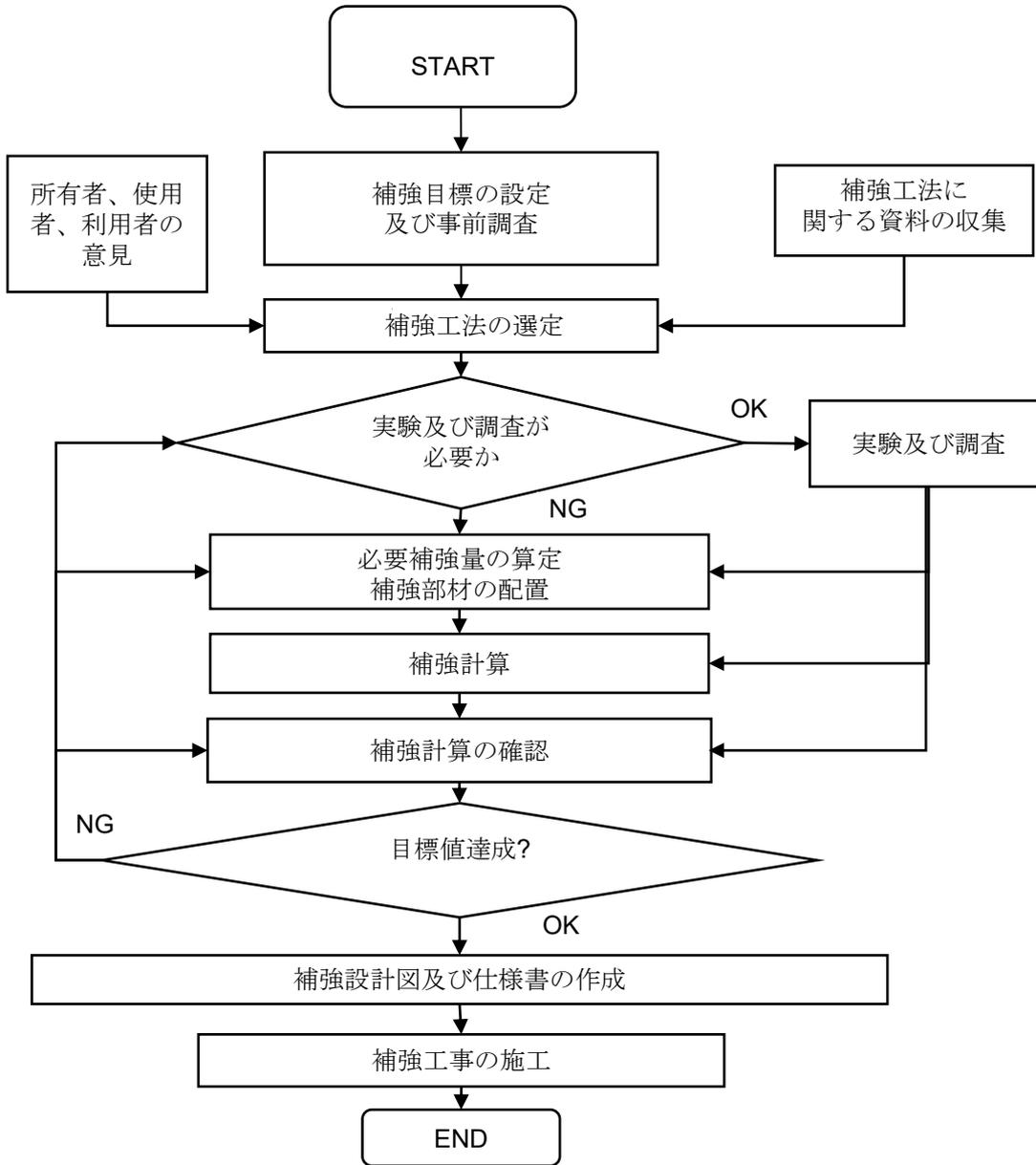


図 6.2 耐震補強の枠組み

6.2. 耐震補強の判定

補強設計図に際しては、目標とする耐震性能を明確に設定する。また、補強後の建物の耐震性は(6.1)式で判断する。

$$R I_S \geq I_{SO} \tag{6.1}$$

ここで、
 $R I_S$ - 補強後の建物の構造耐震指標
 I_{SO} - 耐震診断における構造耐震判定指標

6.3. 補強計画と補強設計

6.3.1. 耐震補強の概念

補強計画にあたっては、補強後の目標とする耐震性能設定し、耐震診断結果を元に補強の基本方針を定める。さらに、補強目標に最も適した工法を選定する。補強計画では、補強による耐震性能の向上の他、補強後の建物の機能性や補強工事の施工性なども考慮し、総合的な検討を行う。

図 6.3 に示すように、建物自体の耐震性能を高める法則のどれか一つを使用する。

- ① 強度を向上させる補強を行い、強度抵抗型の建物とする。
- ② 靱性を向上させる補強を行い、靱性抵抗型の建物とする。
- ③ 両者の中間の建物とする。

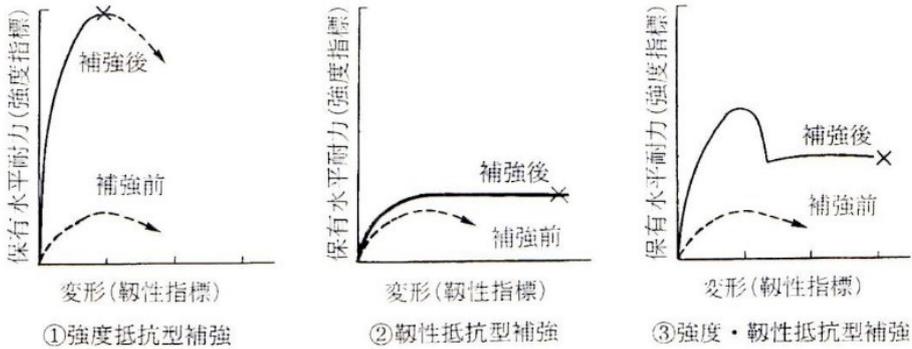


図 6.3 耐震補強の考え方

6.3.2 耐震補強の分類

既存建物の耐震性能を向上させるためには、以下の手法(図 6.4) がある。

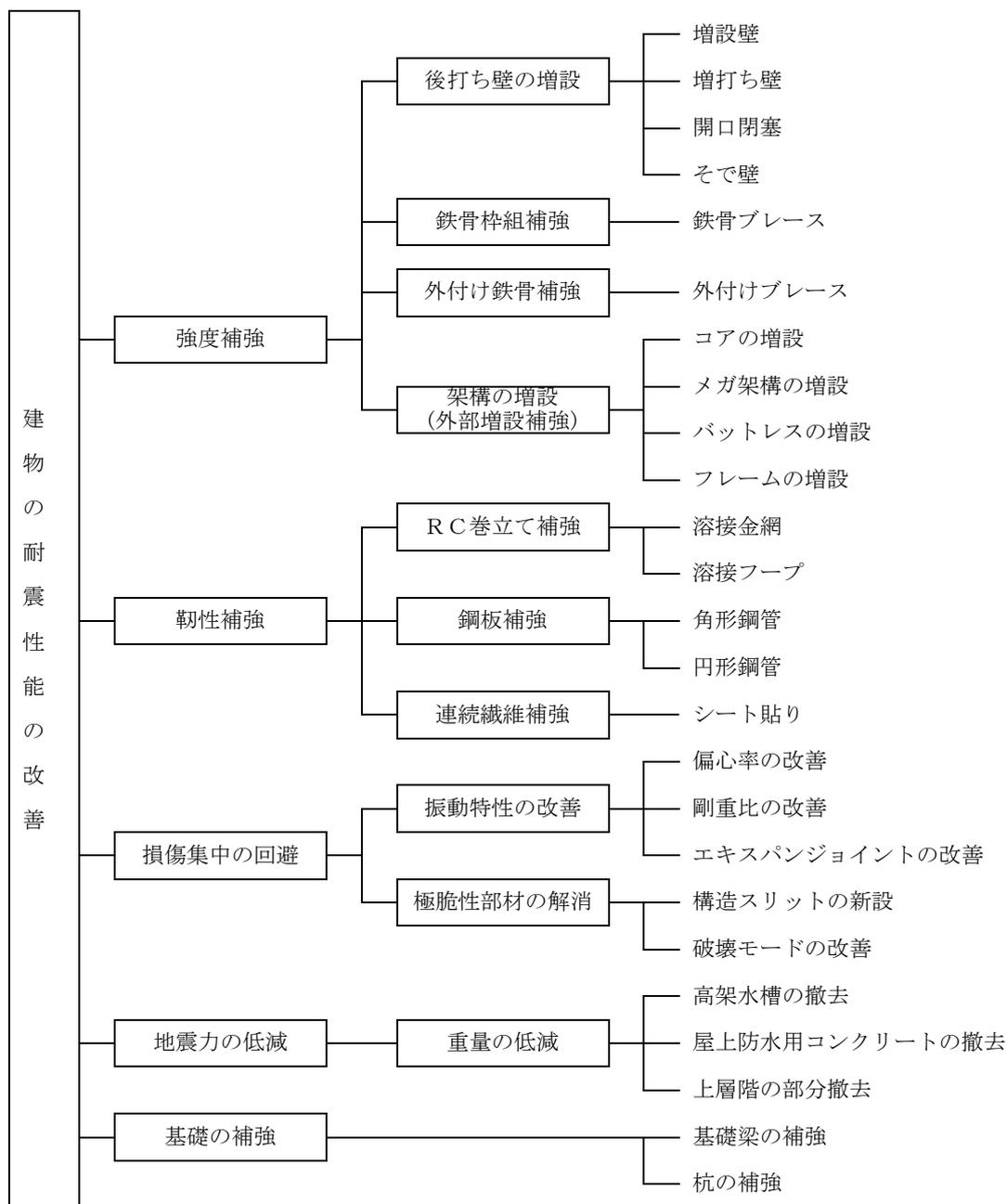


図 6.4 耐震補強方法の分類

6.3.2. 必要補強量の算定

必要とされる補強量は、診断結果を元に(6.2)式にしたがって算定することができる。

$$\Delta Q_i = \left(\frac{n+i}{n+1} \right) \cdot \beta_1 \cdot \frac{1}{F} \cdot \left(\frac{{}^R I_s}{S'_D \cdot T'} \cdot \sum W_i' - \frac{I_s}{S_D \cdot T} \cdot \sum W_i \right) \quad (6.2)$$

- ここで： ΔQ_i - i階の必要増加せん断耐力；
 n, i - 建物の全層数、当該階の層数；
 F - 5.3.3節(1)による靱性指標のうち最小の値；
 I_s - 補強前の構造耐震指標；
 ${}^R I_s$ - 補強目標 I_s 指標；
 S_D, S'_D - 補強前、後の形状指標；
 T, T' - 補強前、後の経年指標；
 $\sum W, \sum W'$ - 補強前、後の i 層よりも上層の建物重量の和

さらに、補強前後において、形状指標および経年指標、建物重量がわずかに変更した建物は 6.3 式で計算してもよい。

$$\Delta Q_i = \left(\frac{n+i}{n+1} \right) \cdot \beta_1 \cdot \frac{1}{F_W} \cdot \frac{{}^R I_s - I_s}{S_D \cdot T'} \cdot \sum W_i \quad (6.3)$$

6.4. 耐震補強設計

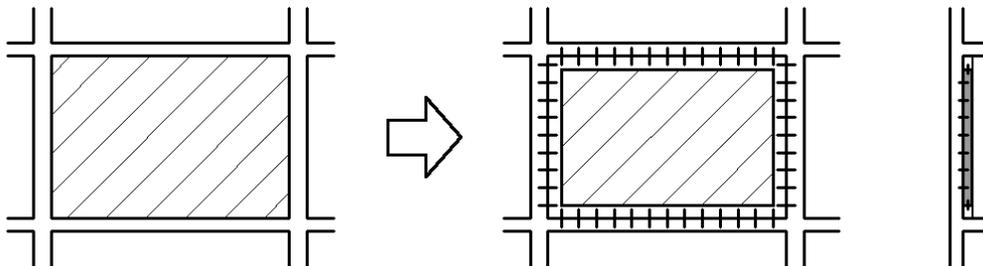
6.4.1. 補強方法 1

RC壁の増設による補強

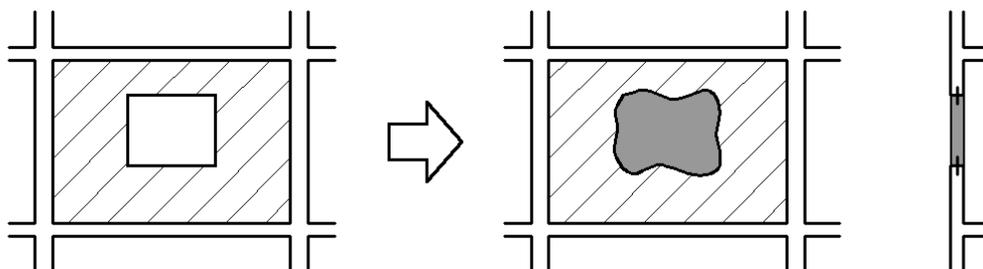
(1) 一般.

RC壁の増設による補強とは、新たに耐震壁を増設したり、既存の耐震壁の肉厚を増したり（図 6.5.）、或いは開口の閉塞する（図 6.6）ことにより、既存建物を強度に補強するのに適した方法である。増設する耐震壁と既存床あるいは既存耐震壁とは、あと施工アンカーやコッター等の接合材、壁筋の定着や溶接等の方法により確実に応力伝達がなされるようにする。

周囲架構を含む壁のせん断終局強度を下回り、増設壁のせん断終局強度までの耐力を期待できない場合があるのでこの点を考慮して設計する必要がある。また、耐震壁の増設による自重の増加や、地震荷重時の軸力の変動に対して、基礎及び支持地盤が安全であるように計画する。



a. 耐震壁の肉厚の増加



b. 開口の閉塞

図 6.5 RC壁の増設による補強

(2) 補強計算法の概要

増設耐震壁の補強計算手順は次のとおりとする。

- a) 補強対象建物の構造性能を確認する
- b) 強度抵抗型の建物にするか、靱性抵抗型の建物にするか補強方針を決定する
- c) 補強方針に応じて補強目標を設定する
- d) 壁板設計応力度および材料の設計基準強度を仮定する
- e) 壁の配置、量を決定する
- f) 壁のせん断補強筋量を計算し、接合材を設計する
- g) 増設耐震壁の耐力を計算し、靱性指標を算出する
- h) 補強目標が満足されたかどうかを判定する

(3) 壁量の決定

まず、増設する壁板に期待する増加せん断耐力 Q_D を求め、(6.4)式により壁厚 t_w を決める。

$$t_w \geq Q_D / (l_w \cdot \tau_w) \tag{6.4}$$

ここに、 τ_w - 増設壁のせん断応力度(N/MM²)で、表 6.1 を目安とする。

t_w - 壁厚 (mm)

l_w - 増設壁内のり長さ (mm)

表 6.1 平均せん断応力度

F 値	平均せん断応力度の上限
$2 \geq F > 1$	0.20Fc
F=1	0.25Fc

(4) 壁のせん断補強筋量の決定

増設壁のせん断補強筋によるせん断耐力 Q_{wu} が次式を満たすように決定する。

$$\beta \cdot Q_{wu} \geq Q_D \quad (6.5)$$

ここに、

Q_{wu} - 壁のせん断終局強度

β - あと施工アンカーを4周に設けた場合は0.9~1.0、その他の場合は0.8~0.9とする。

(5) 増設壁の接合材設計

既存躯体と増設壁の接合は、あと施工アンカー方式による。あと施工アンカーは直交壁ならびに上下床パネルに配置する。アンカー筋本体またはアンカー筋周辺部分には、スパイラル筋により十分な割裂防止を図る。

また、各接合方式に共通な留意事項は以下のようである。

- 増設壁の壁厚は既存の耐力壁以上、かつ、15cm以上とする
- 増設壁のせん断補強筋比は0.25%以上1.2%以下とし、壁厚が18cm以上の場合はダブル配筋とする。
- 増設壁のコンクリート強度は既存壁のコンクリート強度以上とする。
- 既存の耐震壁を増し打ちする場合は、増設壁の壁厚は既存壁厚以上、かつ12cm以上とする。
- 増設壁の床下20cmを残して従来工法で打設し、残りの部分が無収縮モルタルで圧入しても良い。

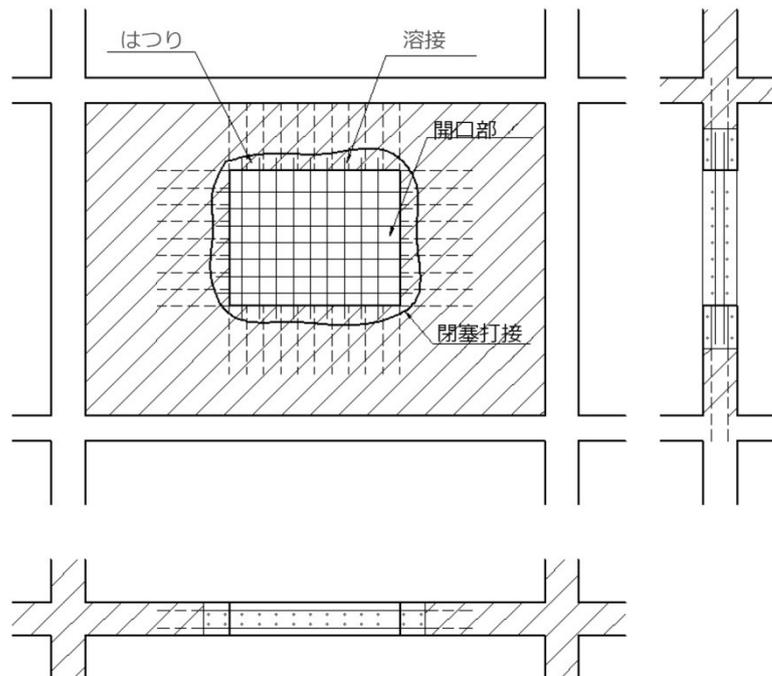


図 6.6 開口の閉塞

6.4.2. 補強方法 2

鉄骨枠付ブレースによる補強

(1) 一般

外付け架構による補強とは、既存 WPC 造建物の外部に設置した鉄骨ブレース架構により建物を補強する方法である。既存建物に作用する地震力を外付け架構に効率よく伝達させるよう、外付け架構は

剛強な接合部材を介して既存 WPC 造建物に接合する。なお、外付け架構はせん断力だけでなく、それに伴い生じる軸力に対しても十分な耐力を有するものとする。また、過度な地震力により接合部材に損傷が生じた場合でも、外付け架構が脱落しないような措置を講じる。

(2) 補強計算法

各階の負担地震力 ΔQ_i による外付け架構全体のせん断力、曲げモーメントに対し、保有するせん断耐力と曲げ耐力がそれぞれ上回ることを確認する。また、接合部材のせん断耐力が負担地震力を伝達できることを確認する。

(3) ブレース架構部の設計

ブレース架構部の耐力は、せん断耐力と曲げ耐力時のせん断の内、最小値とする。

せん断耐力は、ブレースの圧縮強度と引張強度の内の小さい方とし、圧縮強度の算定においては座屈を適切に考慮する。

(4) 接合部材の設計

外付け架構と既存 WPC 架構とを接合する部材は、外付け架構がせん断終局状態に至るまで破壊しないものとする。

あと施工アンカーは以下の規定を満たすものとする。

- a) あと施工アンカーの有効埋め込み長さは $12d$ 以上とする。
- b) 接合部材に対するへりあきは 60mm 以上とする。
- c) 既存躯体表面には十分な目粗しと表面処理を行う。
- d) モルタルの圧縮強度は 30N/mm^2 以上とする。
- e) 圧入モルタル中のせん断補強筋による補強筋比 p_s は 0.4% 以上とする。なお、 p_s は (6.6) 次式により求める。

$$p_s = a_s / (h' \cdot X_s) \quad (6.6)$$

ここに、 X_s : せん断補強筋のピッチ (mm)

a_s : せん断補強筋の断面積 (mm^2)

h' : 圧入モルタルのせい (mm)

6.4.3. 補強方法 3

アングル鋼による接合部補強

1) 一般

耐震診断で、WPS 造建物の耐力壁と床板及び床板と床板との接合部のせん断耐力は、耐力壁の曲げ降伏時のせん断力と終局せん断力を下回る場合は、接合部を補強する必要がある。

2) 補強計算

接合部に必要なせん断力量は (6.7) 式による。

$$\Delta Q_{hu} \geq \max(Q_{mu}; Q_{su}) - Q_{hu} \quad (6.7)$$

ここに、 ΔQ_{hu} - 接合部の必要な増加せん断耐力

Q_{mu} - 耐力壁の曲げ降伏時のせん断力

Q_{su} - 耐力壁の終局せん断力

接合部の必要な増加せん断耐力は、補強プレート及び通しボルト耐力の小さい方をとる。

$$\Delta Q_{hu} = \min(Q_a; Q_b) \quad (6.8)$$

ここに、 Q_a - プレート耐力

Q_b - 通しボルト耐力

3) 構造詳細

接合部材と既存 WPC 造建物の結合はあと施工アンカーによる。あと施工アンカーは以下の規定を満たすものとする。

- あと施工アンカーの有効埋め込み長さは 12d 以上とする。
- 接合部材に対するへりあきは 60mm 以上とする。

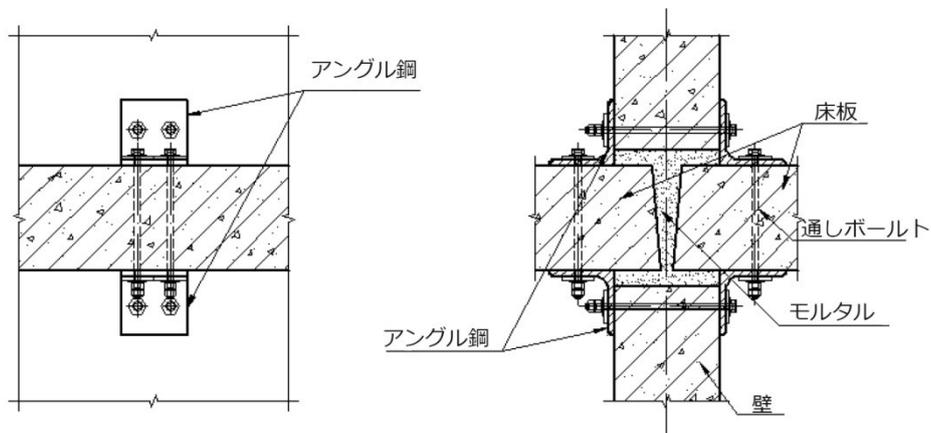


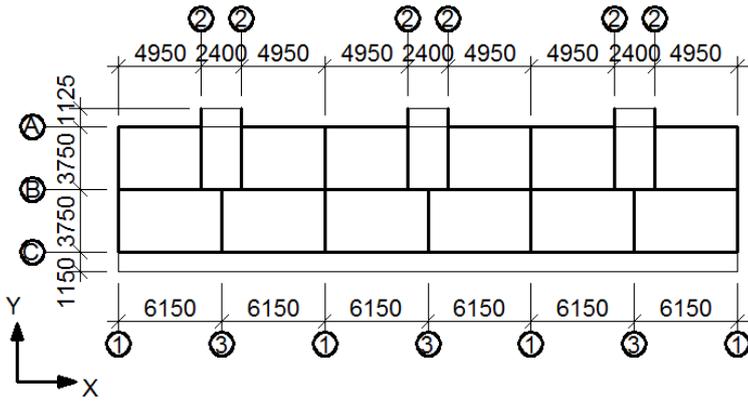
図 6.7 アングル鋼による接合部補強

付録 A(参考用)

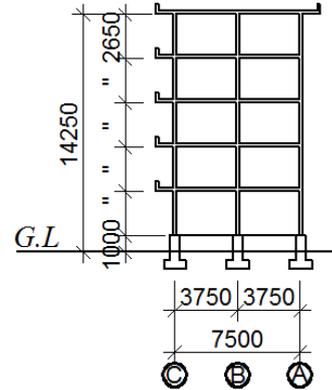
簡易手法による耐震診断事例

A.1. 対象建物概要

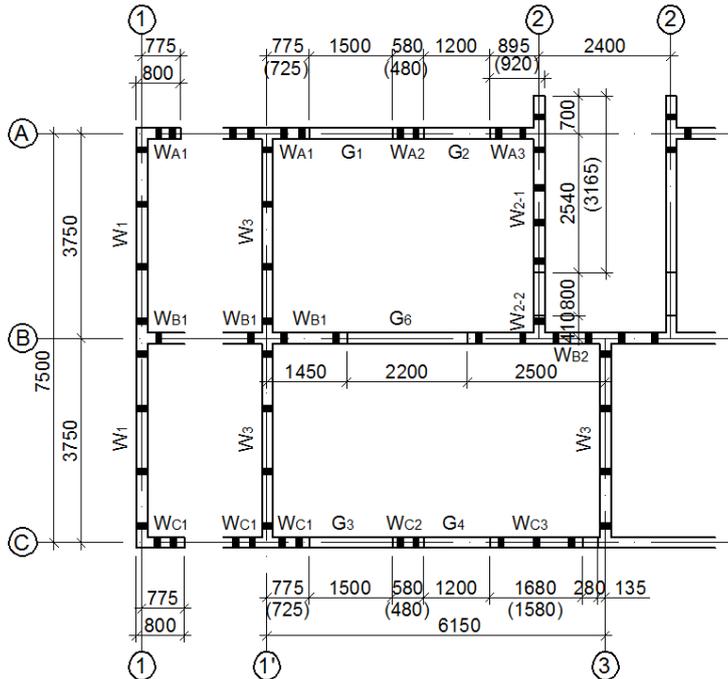
壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造、5階建ての共同住宅で、1階梁間方向の耐震診断を行う。



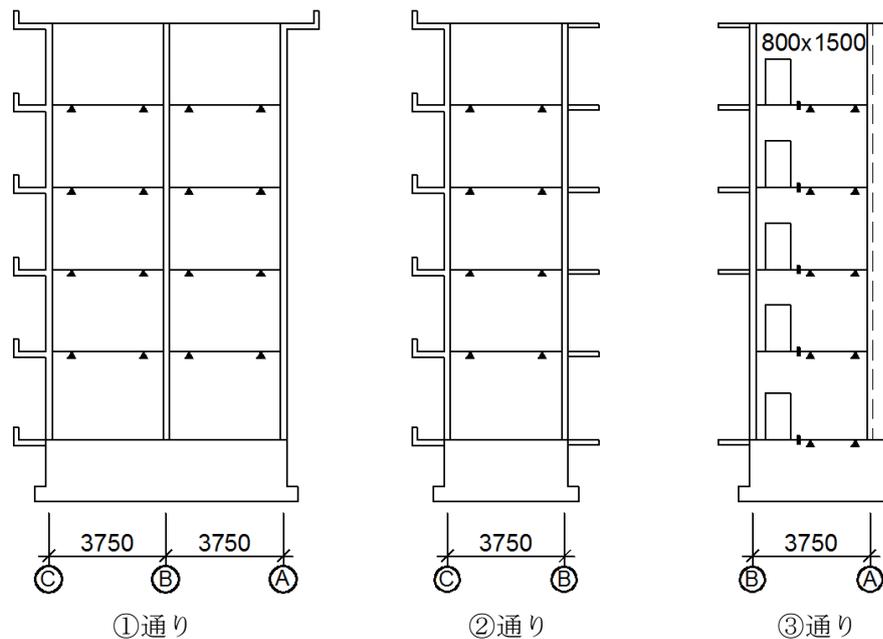
付図 A.1 平面図



付図 A.2 断面図



付図 A.3 耐力壁の配置、符号



付 A. 図 4 各講面軸組図

使用材料：

- ・ スラブのコンクリート強度： $F_c=27(N/mm^2)$
- ・ 鉄筋： $SR235、SD295$
- ・ 建物重量 $\Sigma W = 13528273 (N)$
- ・ 形状指標 $S_D=1.0$
- ・ 経年指標 $T=0.8$
- ・ 地震活動度 8

付 A. 2 耐震診断

梁間方向 1 階壁量

梁間方向 1 階における耐力壁の長さの合計は、以下の通りである。(付 A 表 1)

付 A. 表 1 梁間方向 1 階における耐力壁の長さ (mm)

通り	厚さ (t)	長さ (L)	壁厚による補正 係数 t/t_0	$L \cdot \gamma$ (mm)	備考
①	150	7650	1.0	7650	直交壁付き
②	150	3165* ¹	1.0	3165	直交壁付き
②	150	3165* ¹	1.0	3165	直交壁付き
③	150	3900	1.0	3900	直交壁付き
①'	150	7650	1.0	7650	直交壁付き
②	150	3165* ¹	1.0	3165	直交壁付き
②	150	3165* ¹	1.0	3165	直交壁付き
③	150	3900	1.0	3900	直交壁付き
①'	150	7650	1.0	7650	直交壁付き

②	150	3165*1	1.0	3165	直交壁付き
②	150	3165*1	1.0	3165	直交壁付き
③	150	3900	1.0	3900	直交壁付き
①	150	7650	1.0	7650	直交壁付き
合計				61290	

付A.表2 梁間方向1階における各耐力壁の終局時平均せん断強度 τ_{wj}

通り	枚数	耐力壁厚さ (mm)	耐力壁長 (mm)	直交壁長×有効な範囲	a_j^{*2}	τ_{wj}^{*3} N/mm ²
①	4	150	7650	150×650, 150×900; 150×650	1.29	1.29
①'	4	150	7650	150×650×2; 150× 900×2; 150×650× 2	1.29	1.29
②	6	150	3165	150×770	1.24	1.24
③	3	150	3900	150×900・2	1.46	1.46

*2- $a_j = \sum A/(t \cdot l)$

*3- $\tau_{wj} = \tau_{wo} \cdot a_j \cdot r_j = 1.0 \cdot a_j \cdot r_j$ (梁間方向耐力壁は全て無開口であり、 $r_j = 1.0$)

付A.表3 梁間方向1階耐力壁の終局時平均せん断強度 $\sum(\tau_{wj} \cdot A_{wj})$ (N)

通り	τ_{wj} (N/mm ²)	耐力壁の断面積	枚数	$\tau_{wj} \cdot A_{wj} \cdot n$ (N)	備考
①, ①'	1.29	150×7650	4	5 921 100	
②	1.24	150×3165	6	3 532 140	
③	1.46	150×3900	3	2 562 300	
合計(Σ)		9 193 500 mm ²		12 015 540 H	$\tau_w = 1.31$ (N/mm ²)

注：*1-1階耐力壁の終局時平均せん断強度

A.3. 強度指標 C の算定

建物の梁間方向 1 階耐力壁の強度指標 C_w は、(4.3) 式の通りである。

$$C_w = \frac{\sum(\tau_{wj} \cdot A_{wj})}{\sum W} \cdot \beta_c$$

ここに、

$\sum(\tau_{wj} \cdot A_{wj}) = 12\,015\,540 \text{ N}$ - 梁間方向 1 階耐力壁の終局せん断力

$\sum W = 1379.5 \cdot 103 \cdot 9.80665 = 13528273 \text{ (N)}$ - 1 階より上の地震力算定用重量

β_c - WPC 造壁板の圧縮強度による強度補正係数で、次式による。なお、WPC 造壁板の圧縮強度は 27 N/mm^2 とした。

$$\beta_c = \sqrt{(\sigma_B/20)} = \sqrt{(27/20)} = 1.16$$

$$\therefore C_w = (12015540 / 13528273) \times 1.16 = 1.03$$

- 梁間方向 1 階の保有性能基本指標 E_0 の算定

$$E_0 = \frac{(n+1)}{(n+i)} \times C_w \times F = 1.0 \times 1.03 \times 1.0 = 1.03$$

従って、建物の基本固有周期は、5 階建物の梁間方向に対して、付録 F の表 1 によると：

$T_1=0.22$ 秒になるため、「建築基準及び規則 22-01-01*/2006」の 2.6 項の通り、 $\beta_1 = 2.5$

A.4. 構造耐震指標 I_s の算定

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T \cdot (1/\beta_1) = 1.03 \cdot 1.0 \cdot 0.8 \cdot (1/2.5) = 0.329$$

A.5. 簡易手法の結論

$I_s = 0.329 \geq I_{s0} = 0.20$ となり、満足する。

付録 B (参考用)

耐震診断の詳細手法の計算事例

付録 A では、住宅用途、WPC 造 5 階建住宅の梁間方向について簡易手法によって計算を行ったが、ここでは、詳細手法による計算を行う。

B.1. 建物概要

材料強度

コンクリート：耐力壁の圧縮強度 $F_c = 27(\text{N}/\text{mm}^2)$

鉄筋：

- 曲げ補強筋及び鉛直接合部軸筋の材料強度 $344(\text{N}/\text{mm}^2)$
- 耐力壁のせん断補強筋の規格降伏点 $295(\text{N}/\text{mm}^2)$
- 水平接合部の接合筋の材料強度 $344(\text{N}/\text{mm}^2)$

付 B 表 1 各耐力壁の負担荷重

通り	耐力壁	全長	厚さ	負担軸力
①	W1	3,750	150	307.9
	W1+W1	7,650	150	615.9
②	W2-1	3,165	150	393.2
	W2-2	435	150	48.1
③	W3	3,900	150	345.2
①'	W'3	3,750	150	355.0
	W'3+ W'3	7,650	150	710.0

建物重量は、 $\sum W = 13528,3 \text{ kN}$

B.2. 耐力壁の終局せん断力

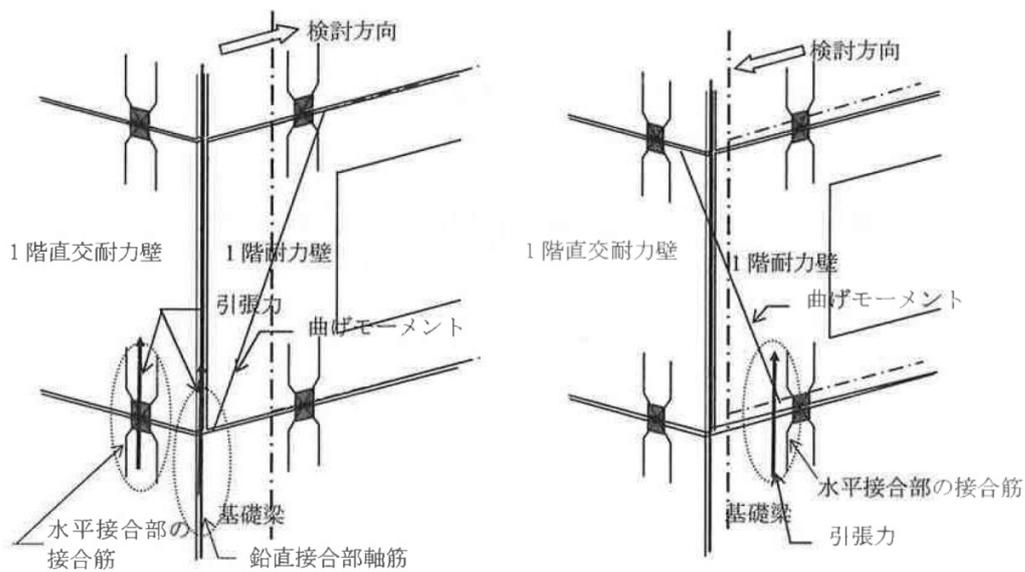
B.2.1. 耐力壁の曲げ降伏時のせん断力

$$Q_{mu} = \frac{M_u}{y_0 \cdot H} \quad \text{本基準の (5.4) 式}$$

$$M_u = \sum a_t \cdot \sigma_y \cdot l_w + 0.5 \sum a_w \cdot \sigma_{wy} \cdot l_w + 0.5 N_0 \cdot l_w + \sum N_e \cdot e \quad \text{本基準の (5.6) 式}$$

ここに、 $y_0 = 2/3$ とする。

$H = 2.65 \times 5 = 13.25\text{m}$ とする。



付B.図1. 引張りに有効な曲げ補強筋の例

付B表2. 1階における各耐力壁の曲げ降伏時のせん断力

通り	符号	l_w	Σa_t	Σa_w	N_o	N_{e1}	e_1	N_{e2}	e_2	M_u	$y_0 \cdot H$	Q_{mu}
		MM	MM ²	MM ²	kN	kN	MM	kN	MM	kN*M	M	kN
1	A→C	6885	1491	2476	616	174	6810	233	3060	10482	8.83	1187
2		2849		1491	393	178	2174			1677	8.83	190
3		3510	3397		345	343	3435			5885	8.83	666
1'		6885	1861	3397	710	347	6810	467	3060	14667	8.83	1660
1	C→A	6885	1491	2476	616	339	6810	233	3060	11606	8.83	1314
2		2849	921	1491	393	220	2849			2820	8.83	319
3		3510	3375		345	545	3435			6553	8.83	742
1'		6885	1861	3397	710	679	6810	467	3060	16928	8.83	1916

B.2.2. 耐力壁の終局せん断強度の算定

(5.6)式 で計算すると：

$$Q_{su} \equiv \left\{ \frac{0.053 p_{te}^{0.23} (F_c + 18)}{\frac{M}{Q \cdot Lw} + 0.12} + 0.85 \sqrt{(p_{we} \cdot \sigma_{wy})} + 0.1 \sigma_0 \right\} (r_j \cdot t_e \cdot j)$$

付B表3 1階における各耐力壁の終局せん断強度 Q_{su}

通り	符号	l_w	Σa_t	ρ_{te}	$M/(Q^*l_w)$	ρ_{we}	N_o	σ_o	r_j	t_e	Q_{su}
		MM	MM ²	%			kN	N/MM ²	MM	MM	kN
1	A→C	6885	1491	0.09	1.28	0.0025	616	0.45	1.00	223	2354
2		2849			3.10	0.0028	393	0.83	1.00	186	397
3		3510	3397	0.04	2.52	0.0023	345	0.59	1.00	219	801
1'		6885	1861	0.1	1.28	0.0021	710	0.62	1.00	236	2463
1	C→A	6885	1491	0.09	1.28	0.0025	616	0.45	1.00	223	2354
2		2849	921	0.16	3.10	0.0027	393	0.83	1.00	186	616
3		3510	3375	0.39	2.52	0.0023	345	0.59	1.00	219	1001
1'		6885	1861	0.1	1.28	0.0021	710	0.62	1.00	236	2463

B. 2. 3. 水平接合部の終局せん断耐力

$$Q_{hu} = 0.7 (\Sigma a_h \sigma_y + N_o + N_e) \quad \text{本基準の(5.8) 式}$$

付B表4 水平接合部の終局せん断耐力 Q_{hu}

通り	符号	N_o	N_e	a_h	Q_{hu}
		kN	kN	MM ²	kN
1	W1+W1	616	746	5458	2268
2	W2-1	393	178	2412	980
3	W3	345	888	6772	2494
1'	W'3+W'3	710	1493	7119	3256

B. 2. 4. 各耐力壁の耐力 Q_u と破壊形式、靱性指標 F 及び強度指標 C_w の算定

$$Q_u = \min(Q_{mu}, Q_{su}, Q_{hu})$$

$$F = 2.0 \left(\frac{Q_{su}}{Q_{mu}} \geq 1.3 \right) \quad F = 1.0 - 2.0 (1.0 \leq \frac{Q_{su}}{Q_{mu}} < 1.3) \quad \text{- 曲げ壁}$$

$$F = 1 \quad \text{- せん断壁}$$

$$F = 2.0 \left(\frac{Q_{su}}{Q_{mu}} \geq 1.3 \right) \quad F = 1.0 - 2.0 (1.0 \leq \frac{Q_{su}}{Q_{mu}} < 1.3) \quad \text{- 水平接合部破壊壁}$$

$$C_w = Q_u / \Sigma W$$

付B.表5 計算結果

通り	符号	Q_{mu}	Q_{su}	Q_{hu}	Q_u	Q_{su}/Q_{mu}	F		C	耐力壁数
		kN	kN	kN	kN					
1	A→C	1187	2354	2268	1187	1.98	F_2	2.00	0.0877	2
2		190	397	980	190	2.09	F_2	2.00	0.0140	6
3		666	801	2494	666	1.20	F_1	1.67	0.0492	3
1'		1660	2463	3256	1660	1.48	F_2	2.00	0.1227	2

B. 3. 建物の保有性能基本指標 E_0 の算定

$$C_1 = 0.0492 \cdot 3 = 0.148 \quad ; F_1=1.67$$

$$C_2 = 0.0877 \cdot 2 + 0.0140 \cdot 6 + 0.1227 \cdot 2 = 0.505 \quad ; F_2=2.00$$

$$E_0 = \sqrt{(C_1 F_1)^2 + (C_2 F_2)^2} = \sqrt{(0.148 \cdot 1.67)^2 + (0.505 \cdot 2)^2} = 1.039$$

B. 4. 建物の構造体新指標 I_s の算定

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T \cdot 1/\beta_1 = 1.039 \cdot 1.0 \cdot 0.8 \cdot 1/2.5 = 1.039/2.5 = 0.332$$

B. 5. 詳細手法による計算の結果

$$I_s = 0.332 > I_{s0} = 0.20$$

震度 8 度に耐震が十分である。

付録 C (参考用)

耐震診断カルテ
付 C 表 1. 予備調査

	調査項目	調査結果	備考
(a) 建築物の 概要	1) 建築物の名称		
	2) 所在地		
	3) 現在の用途		
	4) 設計者		
	5) 施工者		
	6) 設計年		
	7) 竣工年		
	8) 階数		
	9) 建築物高さ		
	10)面積		
	11)階高		
	12)平面形状の特徴		
	13)立面形状の特徴		
	14)主な外装		
	15)主な内装		
	16)基礎形式		
	17)敷地の地盤		
	18)敷地の地形		
(b) 関係図書の 有無	1) 一般図		
	2) 構造図		
	3) 構造計算書		
	4) 設計変更図		
	5) 地盤調査報告書		
(c) 建築物の 履歴	1) 使用履歴		
	2) 増改築の有無		
	3) 大規模な模様替え の有無		
	4) 補修履歴		
	5) 火災等の被災経験		
(d) 現地調査 の可否	1) 現地調査が可能か 否か		

付C.表2 予備調査

調査項目	調査結果				備考	
1) コンクリートの 圧縮強度	調査しない場合		25 N/mm ²		原則とし、調査は 不要としている。	
	特別調査した場合		N/mm ²			
2) 耐力壁の長さお よび厚さ	壁名	検討方向		直交方向		1) 直交方向の長さは、 片側につき直交壁 厚の6倍または隣 合う耐力壁までの 内のり長さの1/2な らびに直交壁の長 さのうちの最小値 とする。
		長さ (mm)	厚さ (mm)	長さ ¹⁾ (mm)	厚さ (mm)	
	W1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
20						
3) 耐力壁の高さ	$h =$ mm					
4) 小開口の形状	壁名	幅 l_o (mm)		高さ h_o (mm)		
5) 特殊荷重の有無						

付 C 表 3. 耐震診断カルテ

診断者	事務所名			TEL					
	担当者	資格		FAX					
建物概要	(1)建物名称								
	(2)所在地			(3)用途					
	(4)構造・規模	・ 地上		・ 地下					
		・ 塔屋							
	特徴 :								
	(5)建設年月	(築年数 年)							
	(6)面積	建築面積	m ²	・ 延面積	m ² ・ 診断対象	m ²			
	(7)高さ	軒高	m	・ 1階	m ・ 基準階	m			
	(8)桁行×梁間 全長 (桁行スパン×梁間スパン)	m × m		スパン数	x				
	(9)地盤	表層() ・ 支持層() GL-				m			
(10)基礎	(杭径: φ 杭長: m)								
現地調査結果及び材料強度	(1)コンクリート	設計基準強度	F _c =	kg/cm ² (N/mm ²)				
		各階の圧縮試験強度平均値	σ _B =	~	N/mm ²				
		標準偏差	σ =	~	N/mm ²				
		診断時強度	F _c =	~	N/mm ²				
	(2)鉄筋	主筋	診断時降伏点強度	σ _y =	N/mm ²				
	帯筋	診断時降伏点強度	σ _y =	N/mm ²					
(3)鉄骨		診断時降伏点強度	σ _y =	N/mm ²					
(4)中性化深さ	平均 (cm)		・ 最大 (cm)						
補強目標	(1)Iso			(2)C _{TU} ・S _D					
	経年指標 T= 0								
Is指標値	階	X方向				Y方向			
		E ₀	S _D	I _s	判定	E ₀	S _D	I _s	判定
	機械室階								
	5								
	4								
	3								
	2								
1									
(注)									
電算ソフト	診断:			診断回数 (診断)					
Is指標値	(1)診断で判明した耐震性能上の問題点 ・ X方向 ・ Y方向 ・ 機械階								
意見:									

付録 D (参考用)

補強事例 1. アングル鋼による接合部補強

付 D. 1. 補強計算条件

WPC 造耐力壁の曲げモーメント降伏時のせん断力

$$Q_{mu} = 480\text{kN}$$

WPC 造耐力壁の終局せん断力

$$Q_{su} = 500\text{kN}$$

水平接合部の終局せん断耐力

$$Q_{hu} = 400\text{kN}$$

付 D. 2. 接合部の算定

接合部せん断力は、耐力壁の曲げモーメント及びせん断力を上回るように設計する必要から、接合部の用例として計算してみる。

$$Q_{hu} \geq \max(Q_{mu}; Q_{su}) \rightarrow \Delta Q_{hu} = 500\text{kN} - 400\text{kN} = 100\text{kN}$$

接合部に補強するアングル鋼- 200×200×9

鉄板強度 $R_{yn} = 235\text{MPa}$

ボルト有効断面積 2M24 孔 26MM $A_b = 2 \cdot 0.75 \cdot 452\text{mm}^2 = 678\text{mm}^2$

ボルト強度 $\sigma_b = 235\text{MPa}$

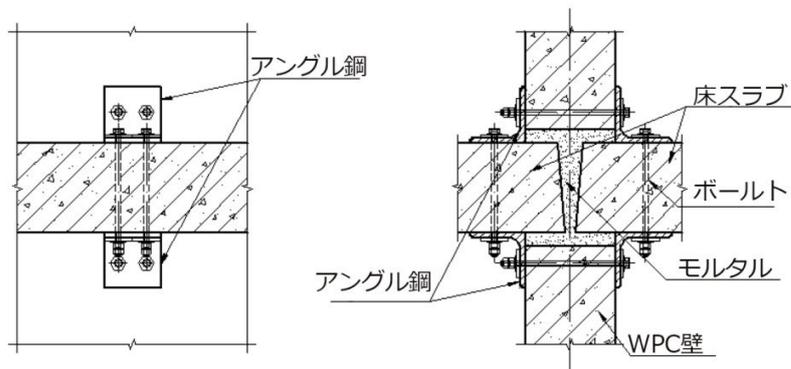
アングル鋼の耐力

$$Q_a = (200 - 2 \cdot 26) \cdot 9 \cdot 235 \cdot 0.58 / 1.025 = 177.12\text{kN}$$

ボルト耐力

$$Q_b = 0.7\sigma_y \cdot A_b = 0.7 \cdot 235\text{H/mm}^2 \cdot 678\text{mm}^2 = 111.53\text{kN}$$

$\min(Q_a; Q_b) = 111.53\text{kN} > 100\text{kN}$ ですから、補強後、接合強度は十分である。



付 D. 図 1. アングル鋼による接合部補強

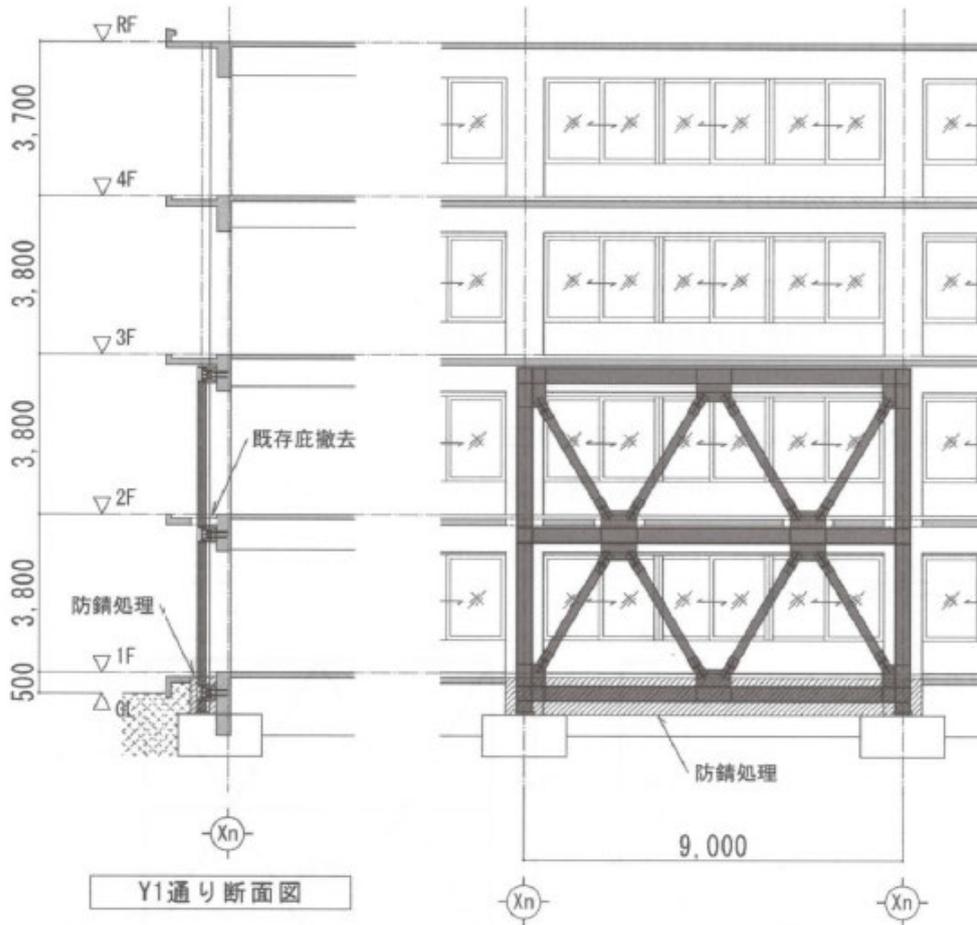
付録E

外付け枠付き鉄骨ブレース補強

付E.1. 施工方法:

- (1) 鉄骨ブレースを設置する外壁と床スラブに、あと施工アンカーを設置する。
- (2) 鉄骨ブレースの荷重を受ける下地を処理する。ブレースのスタッドやアンカーをスパイラルで配筋する。
- (3) 既存外壁と鉄骨ブレースの隙間に無収縮グラウトを圧入し一体化させる。

付E.2. 補強架構概要



付E. 図1. 外付け枠付き鉄骨ブレース

材料強度: 鉄骨枠

- 鉄材基準強度 : $F = 1.1 \times 235 = 258 \text{ N/MM}^2$ (SS400)
- 無収入モルタル設計基準強度 : $\sigma_m = 29.4 \text{ N/MM}^2$
- スタッド引長強度 : $\sigma_{max} = 402 \text{ N/MM}^2$
- 鉄筋の降伏点強度 : $a\sigma_y = 343 \text{ N/MM}^2$ (SD345)
- 外枠(断面) : H380×200×12×19
- ブレース : 角鋼 200×200×9

付 E. 3. ブレースの強度計算

ブレースの断面積及び慣性半径:

$$A_B = 6667 \text{ mm}^2, i_{xy} = 77.3 \text{ mm}, \theta = 59.37^\circ$$

ブレース材の計算:

$$l_b = \sqrt{2250^2 + 3800^2} = 4416 \text{ mm}$$

細長比:

$$\lambda = l_b / i_{xy} = 4416 / 77.3 = 57.1$$

限界細長比:

$$\lambda_{\text{xy3}} = \sqrt{\pi^2 E / (0.6F)} = \sqrt{(\pi^2 \cdot 2.06 \cdot 10^5) / (0.6 \cdot 258)} = 114.5 > \lambda = 43.4$$

限界圧縮応力度:

$$\sigma_{cr} = (1 - 0.4(\lambda / \lambda_{\text{xy3}})) \cdot F = (1 - 0.4(57.1 / 114.4)^2) \cdot 258 = 232.7 \text{ N/mm}^2$$

ブレースの圧縮耐力(N_c)と引張耐力(N_o):

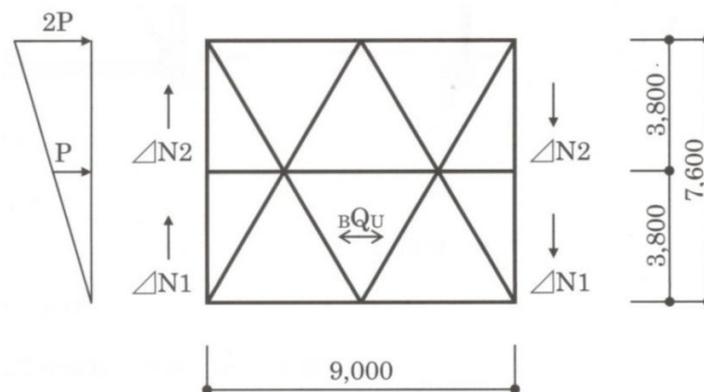
$$N_c = \sigma_{cr} \cdot A_B = 232.7 \cdot 6667 = 1551 \text{ kN}$$

$$N_o = F \cdot A_B = 258 \cdot 6667 = 1723 \text{ kN}$$

鉄骨枠付きブレース架構のせん断耐力:

$${}_B Q_U = 2 \times (N_c + N_o) \cos \theta = 2(1551 + 1723) \cdot \cos 59.37 = 3336 \text{ kN}$$

付 E. 4. 外付け枠付き鉄骨ブレース補強による追加軸耐力



付 E. 図 2. 外付け枠付き鉄骨ブレースの概要

BD22-107-18

$$2P + P = {}_B Q_U \quad P = \frac{{}_B Q_U}{3} = \frac{1836}{3} = 612 \text{ kN}$$

$$\Delta N_1 = (2 \cdot 612) \cdot \frac{3.8}{9.0} = \pm 517 \text{ kN}$$

$$\Delta N_2 = (2 \cdot 612) \cdot \frac{7.6}{9.0} + 612 \cdot 3.8/9 = \pm 1292 \text{ kN}$$

付 E. 5. 鉄骨柱枠の計算

外枠の断面 : H380×200×12×19

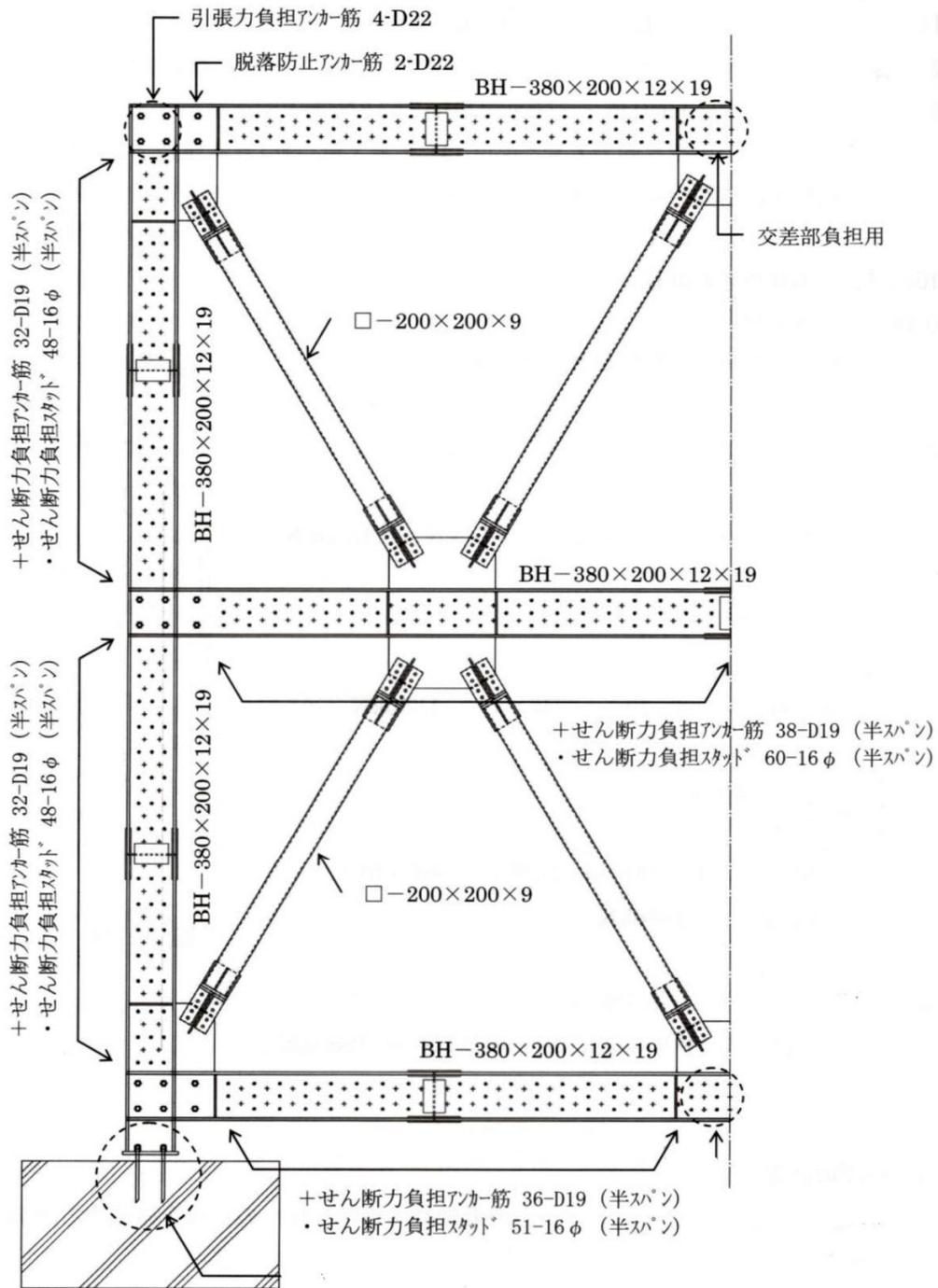
断面積 : $A_c = 11704 \text{ mm}^2$

軸耐力 : $N_y = A_c \times F = 11704 \times 258 = 3025 \text{ kN}$

ブレースの圧縮力と引張力の比

圧縮力: $N_c \sin \theta = 1551 \times \sin 59.37 = 1335 \text{ kN} < 3025 \text{ kN}$

引張力: $N_o \cos \theta = 1723 \times \sin 59.37 = 1438 \text{ kN} < 3025 \text{ kN}$



付E. 図3. 外付け枠付き鉄骨ブレースの断面

付録 F (参考用)

建物の基本固有周期

付 F.1 表. 建物の基本固有周期

	階数	固有周期, T
壁式プレキャスト鉄筋 コンクリート造建物	5	0.18~0.27 秒
	9	0.28~0.44 秒
	12	0.36~0.57 秒

基準目次

第1章 総則.....	1
1.1. 基本方針.....	1
1.2. 適用範囲.....	1
1.3. 参考文献.....	1
1.4. 用語の定義.....	2
第2章 耐震診断の枠組み.....	3
第3章 耐震性の判定.....	4
3.1. 基本方針.....	4
3.2. 構造耐震判定指標.....	4
第4章 構造耐震指標 I_s の算定（簡易手法）.....	5
4.1. 一般.....	5
4.2. 建物調査.....	5
4.3. 構造保有性能基本指標 E_0	5
4.3.1. 構造保有性能基本指標 E_0 の算定.....	5
4.3.2. 強度指標.....	5
4.3.3. 靱性指標.....	7
4.4. 形状指標.....	7
4.5. 経年指標.....	9
第5章 構造耐震指標 I_s の算定（詳細手法）.....	9
5.1. 一般.....	9
5.2. 建物調査.....	10
5.3. 構造保有性能基本指標.....	17
5.3.1. 基本指標 E_0 の算定.....	10
5.3.2. 強度指標.....	10
5.3.3. 靱性指標.....	15
5.4. 形状指標.....	15
5.5. 経年指標.....	17
第6章 耐震補強.....	18
6.1. 基本方針.....	18
6.2. 耐震補強の判定.....	21
6.3. 補強計画と補強設計.....	21
6.3.1. 耐震補強の概念.....	21

BD22-107-18

6.3.2. 必要補強量の算定	23
6.4. 耐震補強設計	23
6.4.1. 補強方法 1	23
6.4.2. 補強方法 2.....	25
6.4.3. 補強方法 3.....	26
付録 A (参考用) 簡易手法による耐震診断事例	28
付録 B (参考用) 耐震診断の詳細手法の計算事例	32
付録 C (参考用) 耐震診断カルテ	36
付録 D (参考用) 補強事例 1. アングル鋼による接合部補強	39
付録 E 外付け枠付き鉄骨ブレース補強	40
付録 F (参考用) 建物の基本固有周期.....	44

1-10 耐震診断・補強実施ガイドライン-組積造-

モンゴル国建築基準

組積造建物の耐震診断および耐震補強工法
SEISMIC EVALUATION AND RETROFITTING METHOD OF
EXISTING MASONRY BUILDINGS

第1章 総則

1.1. 基本方針

本基準は、組積造建物の耐震診断および耐震補強を行う際に用いる。建物の保有する耐震性能を構造耐震性指標 I_s により数値で評価する。耐震診断の結果の判定は構造耐震指標 I_s と構造耐震判定指標 I_{50} の比較により行う。本基準は、建物の耐震診断を行う際に用いるものであり、建物設計時の基準における要件に異なる場合がある。

1.2. 適用範囲

- ① 本基準は、組積造建物の耐震診断に適用する。
- ② 建物の階数は5階建て及びそれ以下の建物とする。
- ③ 各階の床面において、地震力に対して剛床仮定が成立しない場合は、形状指標 S_d において軽減されるものとする。
- ④ 平面、立面の形状はおおむね整形の建物とする。
- ⑤ 耐震計算上無視し得ない木造屋根がある場合は、建物の地震作用を考慮し、「建築基準及び規則54-01-07」を参考する。
- ⑥ 床と壁の接合部及び壁同士の接合部において、地震時にばらばらにならないように有効な措置がなされていること。接合耐力が不足する場合には補強において措置を行うものとして、本基準を準用する。
- ⑦ 不同沈下が起きていない及び有害な凍結被害が出ていない基礎を有する建物の基礎より上部構造に適用する。損傷基礎の場合は基礎補強において措置を行うものとして、本基準を準用する。

組積造建物の耐震診断および耐震補強設計法については本基準に規定された方法を用いることを前提とするが、モンゴル国内で採用されている耐震診断手法および設計方法を用いても良い。

1.3. 参考文献

本基準書には、以下の各建築基準書を参考にした：

- 建築基準及び規則 22-01-01/2006 “地震活動が活発的な地域における建造物の設計基準・規則”
- 建築基準及び規則 2.03.0-90 “組積造及び配筋された組積造”
- 建築基準 31-106-03 “組積造をRC及び鉄板補強することにより粘りを増す方法指針”
- Guidelines for Seismic Evaluation of Existing Brick Masonry Buildings (Hokkaido Building Engineering Association of Japan)

本基準書の発行後に、上記の引用した資料が新しく改善版される若しくは変更があった場合、その新しい内容を準拠すること。

1. 4. 用語の定義

本基準には、関連基準に共通する用語及び以下の用語を使用した。

1. 4. 1. 構造耐震指標 I_s : 組積造壁体の面内に作用する地震力に対して耐震性能を表す指標。
1. 4. 2. 補強後の構造耐震指標 R/I_s : 耐震補強後、構造が満たすべき耐震性能を示す。
1. 4. 3. 保有性能基本指標 E_o : 建物が保有している基本的な耐震性能を表す指標で、強度指標 C 、靱性指標 F および水平力分布による補正係数から算定する。
1. 4. 4. 水平力分布係数 $\frac{n+i}{n+1}$: 建物に作用する地震水平力を建物の軸方向に分布係数。
1. 4. 5. 強度指標 C : 建物の基準階の部材、若しくは対象階の地震水平力に耐える性能を示す指標。
1. 4. 6. 靱性指標 F : 建物の基準階の構造部材の変形能力を表す係数。
1. 4. 7. 形状係数 S_D : 建物の平面、立面形状または剛性の平面、立面分布を考慮して保有性能基本指標 E_o を修正する指標。
1. 4. 8. 経年指標 T : 建物の経年変化により、保有性能基本指標 E_o を修正する指標。
1. 4. 9. 下階壁抜けフレーム : 一つの階或いは数少ない階以外は耐力壁で支持する構造式。一階に壁なしのラーメン構造を含む。
1. 4. 10. 変動係数 β_1 : 建物の一次固有周期に相当する変動係数。“建築基準及び規則 22-01-01/2006” の 2.6 項による。
1. 4. 11. 構造耐震判定指標 I_{so} : 建物が安全であるために必要とされる構造耐震指標値で、本基準に規定される指標。
1. 4. 12. A 係数 : “建築基準及び規則 22-01-01/2006” の 2.5 項の A 係数。

第2章 耐震診断の枠組み

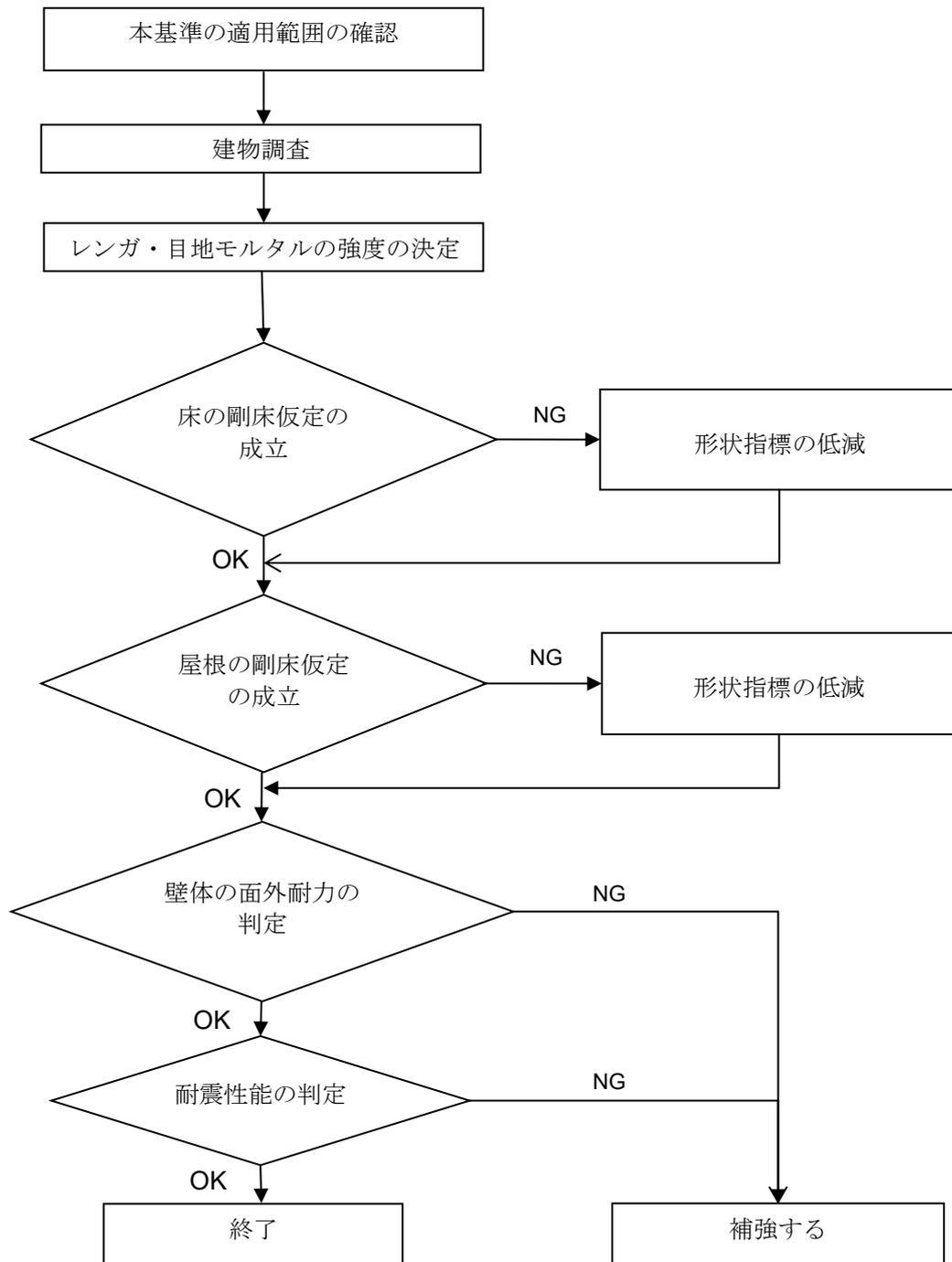


図 2.1 耐震診断の枠組み

第3章 耐震性の判定

3.1. 基本方針

組積造建物の耐震性能を判定するために壁体の面外耐力及び面内耐力の確認をする。

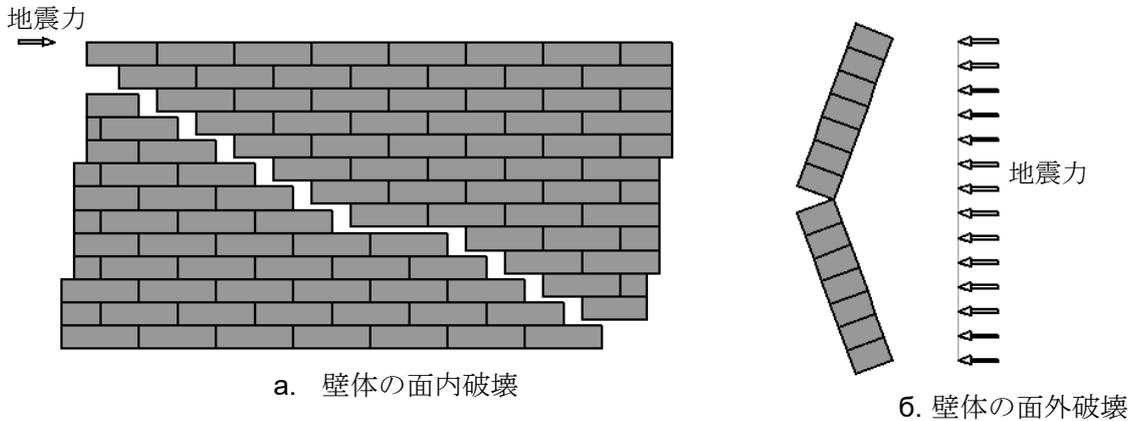


図 3.1. 壁体の破壊種類

3.2. 壁体の面内力の耐震性能

壁体の面内力の耐震性能の判定は (3.1) 式による。

$$I_s \geq I_{so} \tag{3.1}$$

ここに、 I_s - 構造耐震性指標

I_{so} - 構造耐震判定指標

構造は、(3.1)式を満足する場合は、耐震性が壁体の面内において「十分」とする。

3.2.1. 構造耐震判定指標 I_{so}

構造耐震判定指標 I_{so} は、特別な判断によらない場合は、“地震活動が活発的な地域における建造物の設計基準・規則（建築基準及び規則 22-01-01/2006）” 2.5 項の A 係数による。

3.3. 壁体の面外力の耐震性能

壁体の面外力の耐震性能の判定は (3.2) 式による。

$$\begin{aligned} \frac{N}{A_w} < \frac{M}{Z_w} \text{ のとき} & \quad \frac{N}{A_w} + \frac{M}{Z_w} \leq R_{\text{圧}} \\ \frac{N}{A_w} < \frac{M}{Z_w} \text{ のとき} & \quad \frac{M}{Z_w} - \frac{N}{A_w} \leq R_{\text{引}} \end{aligned} \tag{3.2}$$

ここに、

- N - 壁の負担軸力(N);
- A_w - 壁の断面積(mm²);
- M - 地震作用による壁面外方向モーメント (N・mm²);
- Z_w - 壁の断面積による抵抗モーメント (mm³)

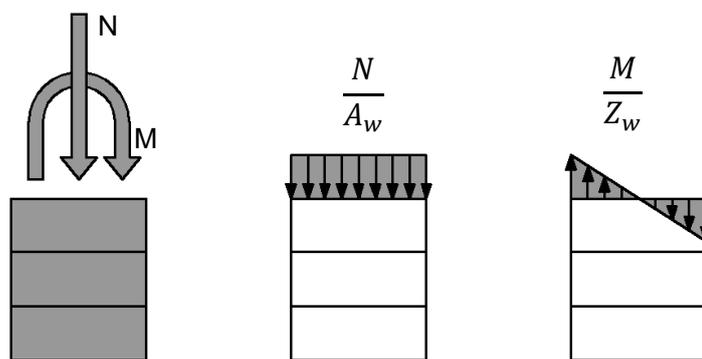


図 3.2. 壁の面外に作用するモーメント

3.3.1. 地震による壁の面外方向へ作用するモーメント

壁の面外方向へ作用するモーメントは(3.3)式による。壁の固定度により、以下の条件を確認する。

両端ピン:

$$M = (A \cdot \beta \cdot \frac{n+i}{n+1}) \cdot \frac{W_w \cdot H_w}{8}$$

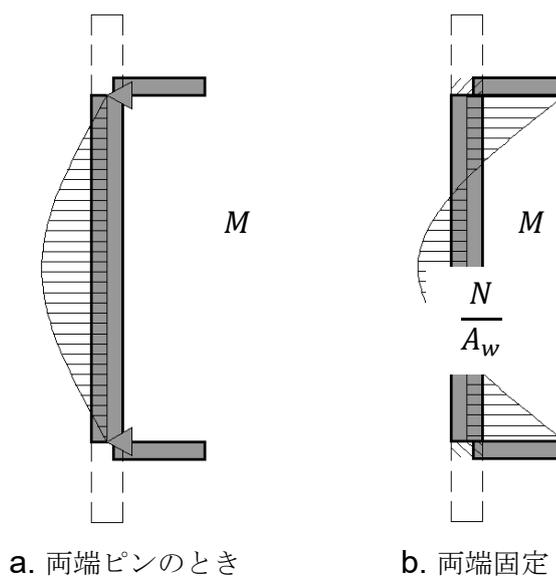
(3.3)

両端固定:

$$M = (A \cdot \beta \cdot \frac{n+i}{n+1}) \cdot \frac{W_w \cdot H_w}{12}$$

ここに、

- A - “建築基準及び規則 22-01-01/2006” の 2.5 項による A 係数。
- $\beta_1 = 2.5$ - 変動係数とする；
- n - 建物全階数；
- i - 対象としている階の階数；
- W_w - 壁重量；
- H_w - 壁体の高さ。



a. 両端ピンするとき

b. 両端固定

図 3.3. 壁の面外に作用する曲げモーメント

第 4 章 構造耐震指標 I_s の算定 (面内の評価)

4.1. 一般

建物の構造耐震性指標 I_s は、(4.1) 式による。

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T \cdot \left(\frac{1}{\beta_1} \right) \quad (4.1)$$

ここに、 E_0 - 保有性能基本指標

S_D - 形状係数

T - 経年指標

β_1 - 建物 1 次固有周期に相当する変動指標は、“建築基準及び規則 22-01-01/2006” に よる、若しくは 5 階建てまでの組積造建築物には $\beta_1=2.5$ とすることができる。

4.2. 建物調査

構造耐震評価を行う前に、以下の調査項目について実施する。

- 目地の状態（鉛直方向及び水平方向）
- 壁体の外傷、ひび割れ、劣化
- 壁体の目地の引張強度、壁体の圧縮強度（またはレンガ単体の圧縮強度）
- 臥梁等のコンクリートの圧縮強度、中性化深さ、配筋されたかどうか
- 建物の形状、寸法等の計算に必要な事項

4.3. 保有性能基本指標 E_0

4.3.1. 保有性能基本指標 E_0 の算定

保有性能基本指標 E_0 は、建物が保有する耐震性能を評価する基準指標で、建物の方向ごと、階ごとに(4.2)式により算定する。

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \cdot C \cdot F \quad (4.2)$$

ここで、 n : 建物全階数

i : 対象としている階の階数、1 階を 1 とし、最上階を n とする。

C : 壁体の面内方向の強度指標

F : 靱性指標

4.3.2. 強度指標

a) 壁体の面内に対する強度指標 C は (4.3.) 式による。

$$C = \frac{Q_u}{\sum W} \quad (4.3.)$$

ここで、

$\sum W$ - その階より上層全重量。

Q_u - 当該耐力壁のせん断強度で、以下の式により評価する。

$$Q_u = \alpha \cdot A_w \cdot \tau_w$$

A_w - 各階各方向と平行な壁の総断面積 (MM^2);

$\tau_w = (0.7 \cdot R_{引} + 0.56\sigma_0)$ - 壁体のせん断強度 (N/MM^2);

$R_{引}$ - 壁体の破れ目地でない継ぎ目の軸方向に対する短期的引張強さ;
($R_{引} = 0.1 \cdot k \cdot R$ -としてもよい);

k - “建築基準及び規則 2.03.02-90” の 17 表による;

R - 壁体の圧縮強度は “建築基準及び規則 2.03.02-90” による;

σ_0 - 壁体の圧縮に対する軸力;

α - その階の検討方向壁の開口高さ h と壁長さ l_w の比率係数で、以下による。
(図 4.1);

- $h/l_w \leq 2$ のとき $\alpha = 1.0$;
 - $2 < h/l_w < 3$ のとき $\alpha = 3 - \frac{h}{l_w}$.
 - $h/l_w \geq 3$ のとき $\alpha = 0$;
- (両側に開口がある場合は高い方とする)

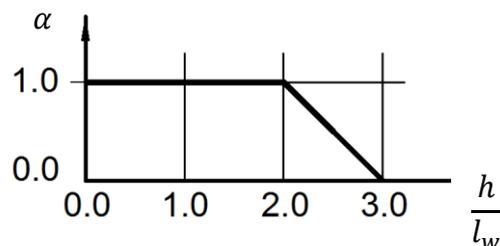


図 4.1. α 係数

壁体の強度は、設計強度若しくは建物調査によるが、表 4.1 の各強度を上限値とする。

表 4.1. 壁体の強度の上限値

圧縮強度 R	引張強度 $R_{引}$
3.9 N/MM^2	0.39 N/MM^2

4.3.3. 靱性指標

組積造建物の靱性指標は、 $F=1.0$ とする。

4.4. 形状指標

形状指標 S_D は、形状の複雑さおよび剛性のアンバランスな分布などの耐震性能に及ぼす影響を定量化するものであり、表 4.2 を用いて算出する。なお、形状指標は(4.4)式による。

$$S_D = q_a \cdot q_b \cdot \dots \cdot q_j \tag{4.4}$$

ここに: $q_i = [1 - (1 - G_i) \cdot R_i]; \quad i = a, b, v, d, e, f, i, j; \quad i \neq h$
 $q_i = [1.2 - (1 - G_i) \cdot R_i]; \quad i = h$

(4.4)式の G 、 R の値は表 4.2 による。 表 4.2. 項目の分類および G 、 R 一覧表

項 目		係数	G_i			R
			1.0	0.9	0.8	R_{1i}
平面 形状	a	整形性	$a \leq 0.1$	$0.1 < a \leq 0.3$	$0.3 < a$	0.5
	b	辺長比	$b \leq 5$	$5 < b \leq 8$	$8 < b$	0.25
	c	くびれ	$0.8 \leq c$	$0.5 \leq c < 0.8$	$c < 0.5$	0.25
	d	エキスパンションジョイント	$\frac{1}{100} \leq d$	$\frac{1}{200} \leq d < \frac{1}{100}$	$d < \frac{1}{200}$	0.25
	e	吹抜	$e \leq 0.1$	$0.1 < e \leq 0.3$	$0.3 < e$	0.25
	f	吹抜の偏在	$f_1 \leq 0.4$ 及び $f_2 \leq 0.1$	$f_1 \leq 0.4$ 及び $0.1 < f_2 \leq 0.3$	$0.4 < f_1$ もしくは $0.3 < f_2$	0.00
	g_1	代表的な部屋の分割り面積*	$g_1 \leq 60\text{M}^2$	$60 < g_1 \leq 100\text{M}^2$	$g_1 < 100\text{M}^2$	0.5
	g_2	壁厚と壁長さの比率**	$g_2 \geq \frac{1}{30}$	$\frac{1}{30} > g_2 \geq \frac{1}{50}$	$\frac{1}{50} > g_2$	0.5
	g_3	壁厚と壁高さの比率**	$g_3 \geq \frac{1}{12}$	$\frac{1}{12} > g_3 \geq \frac{1}{20}$	$\frac{1}{20} > g_3$	0.5
断面 形状	h	地下階	$1.0 \leq h$	$0.5 \leq h < 1.0$	$h < 0.5$	1.0
	i	層高の均等性	$0.8 \leq i$	$0.7 \leq i < 0.8$	$i < 0.7$	0.25
	j	ピロティの有無	ピロティ無し	ピロティあり	ピロティ偏在	1.0
	k_1	剛床仮定不完成	$G_i = 0.8$	$G_i = 0.8$	$G_i = 0.8$	1.0
平面 剛性	l	重心-剛心の変心率	$l \leq 0.1$	$0.1 \leq l < 0.15$	$0.15 < l$	1.0
断面 剛性	n	上層と検討階との剛重比	$n \leq 1.3$	$1.3 \leq n < 1.7$	$1.7 < n$	1.0

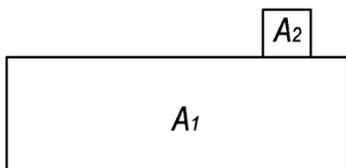
*代表的な部屋の面積はスラブがない場合は、60 m²を 40 m²、100 m²を 60 m²に読み替える。

**代表的な部屋の壁でとること。

平面形状(a~f 形状)

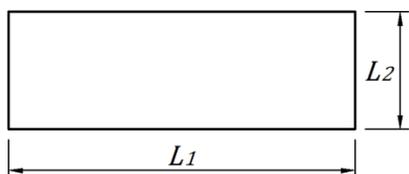
建物の平面形状の整形かどうかを決定する。

a 形状。突出部面積の割合



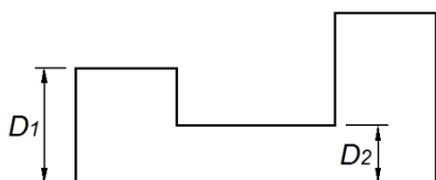
$$a = \frac{A_2}{A_1 + A_2}$$

b 形状。長辺長さと短辺長さの割合

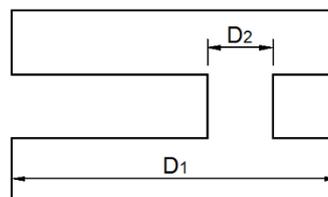


$$b = \frac{L_1}{L_2}$$

c 形状。くびれの割合



$$c = \frac{D_2}{D_1}$$

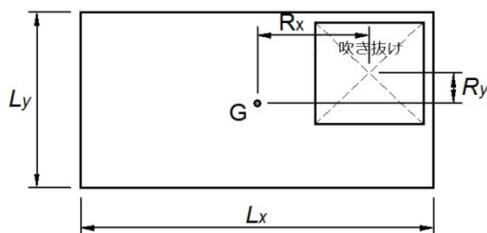


$$c = \frac{D_2}{D_1}$$

d 形状。エキスパンションジョイントのある場合

$$d = \frac{\text{EXP.Jの幅}}{\text{EXP.J部の建物高さ}}$$

e 形状。階段室以外に吹き抜け部がある場合、吹き抜け部面積と検討階面積の割合による。



$$e = \frac{A(\text{吹き抜け})}{Lx * Ly}$$

f 形状。吹き抜けの位置によって f1; f2 を以下の通り求める。

$$f_1 = \frac{R}{L_y}; \quad f_2 = \frac{R}{L_x}; \quad R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

断面形状(h~j 形状)

h 形状。 地下面積と建築面積の割合

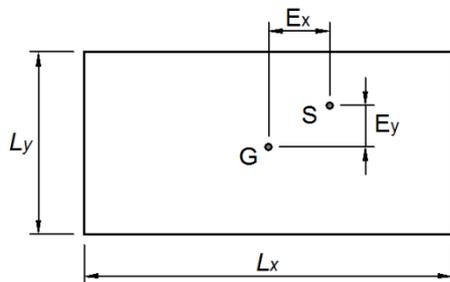
$$h = \frac{\text{地下面積}}{\text{建築面積}}$$

i 形状。 検討する層の階高と上層の階高との割合

$$i = \frac{\text{検討する層の上層の階高}}{\text{検討する層の階高}}$$

j 形状。 地震による水平荷重を受けるパイロンにより支持されるピロティ。これらの柱が平面的配置が偏っている場合を偏在として扱う。

l 形状。 地震力による変心率の検討



X 軸 方向:

$$l = E_y / \sqrt{L_x^2 + L_y^2}$$

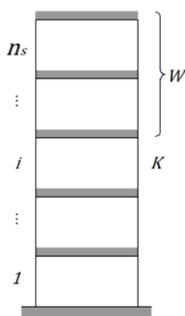
Y 軸 方向:

$$l = E_x / \sqrt{L_x^2 + L_y^2}$$

ここに、S-重心

G-剛心

n 形状。 検討する階の剛芯(K)を該当階の受ける全鉛直荷重 (W)に割合した値をその階の相対的剛芯とする。剛芯率を考慮した n 値を以下の式で求める。



$\frac{K}{W}$: その階の相対的剛芯

i 階

$$\beta = \frac{N-1}{N} \quad \text{ここに: } N = n_s - i + 1$$

$$n = \frac{(K/W)_{i+1}}{(K/W)_i} \beta$$

$$\text{最上階は、} \beta = 2 \text{ とし、} n = \frac{(K/W)_{n_s-1}}{(K/W)_{n_s}} \beta$$

説明：上記の項目 a~j の G_i 値は、各階に検討し、最も小さい値を採用し、l と n を各階各方向に算出する。

4.5. 経年指標

経年指標は、表 4.3 に示す調査項目についての建物調査の結果をもとに、(4.5)式によって求めるものとする。

$$T = (T_1 + T_2 + T_3 \dots + T_N) / N$$

$$T_i = (1 + p_1) \cdot (1 - p_2) \tag{4.5}$$

ここで、 T_i - 調査階の経年指標;

N - 調査階の階数;

p_1 - 調査階における構造ひび割れ・変形の減点数集計値 (表 4.3)
調査する必要がない場合は 0 とする;

p_2 - 調査階における変質・老朽化の減点数集計値 (表 4.3)
調査が必要ない場合は 0 とする;

表 4.3. p_1, p_2 値

部位	項目	*構造ひび割れ・変形			**変質・老朽化		
		a	b	c	a	b	c
I 床 (小梁 を含む)	総床数の 1/3 以上	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	同上 1/3~1/9	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	同上 1/9 未満	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
	なし	0	0	0	0	0	0
II 基礎梁及び 臥梁	建物各方向につき総部材数の 1/3 以上	0.05	0.015	0.004	0.05	0.015	0.004
	同上 1/3~1/9	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	同上 1/9 未満	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	なし	0	0	0	0	0	0
III 組積壁体	総部材数の 1/3 以上	0.15	0.045	0.011	0.15	0.045	0.011
	同上 1/3~1/9	0.05	0.015	0.004	0.05	0.015	0.004
	同上 1/9 未満	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	なし	0	0	0	0	0	0
小計							
合計		$p_1=$			$p_2=$		

***構造ひび割れ・変形**

- a: 1.) 不同沈下に関するひび割れ
2.) 誰でも肉眼で認められる臥梁のせん断力による斜めひび割れ
3.) 誰でも肉眼で認められる組積壁体のせん断力による斜めひび割れ
- b: 1.) 2次部材に支障をきたしているスラブ、梁の変形
2.) 離れると肉眼で認められない臥梁の斜めひび割れ
3.) 離れても肉眼で認められる臥梁の曲げひび割れ
4.) 垂直ひび割れ
5.) 目地部分の損傷
- c: 1.) a, b には該当しない軽微な構造ひび割れ
2.) a, b には該当しないスラブ、臥梁のたわみ
3.) 組積壁体に部分的に発生したひび割れ
4.) 組積壁体の目地部分の部分的損傷

****変質・老朽化**

- a: 1.) 鉄筋のさびによるコンクリートの膨張ひび割れ
2.) 鉄筋の腐食
3.) 火災によるコンクリートのはだわれ
4.) 化学薬品等によるコンクリートの変質

- 5.) 広範囲の煉瓦の凍害、欠損
- 6.) 広範囲の目地抜け
- b: 1.) 雨水、漏水による鉄筋さびの溶け出し
- 2.) かぶり厚さの鉄筋位置までの損傷または同等の材令
- 3.) 仕上げ材の著しい剥落
- 4.) 局所的な煉瓦欠損、凍害
- 5.) 連続する目地抜け
- c: 1.) 雨水、漏水、化学薬品等によるコンクリートの著しい汚れまたはしみ
- 2.) 仕上げ材の軽微な剥落または老朽化
- 3.) 煉瓦の表面劣化
- 4.) 目地モルタルの表面劣化

第5章 耐震補強

5.1. 基本方針

本章は、既存組積造建物の耐震補強設計に適用する。ただし、特別な調査研究に基づいて設計を行う場合には適用しなくてもよい。また、本章に記載されていない事項については、関連規・基準および指針による。

補強設計は、耐震診断により、「耐震」若しくは補強する必要がないと判定された建物以外は、耐震設計を行う。その際、 I_s と I_{so} 値の差分や以降使用する年数、経済性を考慮する必要がある。耐震補強するかどうかの判定を図 5.1 による。耐震補強の枠組は図 5.2 を参考に実行する。但し、本基準の 3.2 式満たさない場合は、壁面外の耐力を増加する対策を採る。

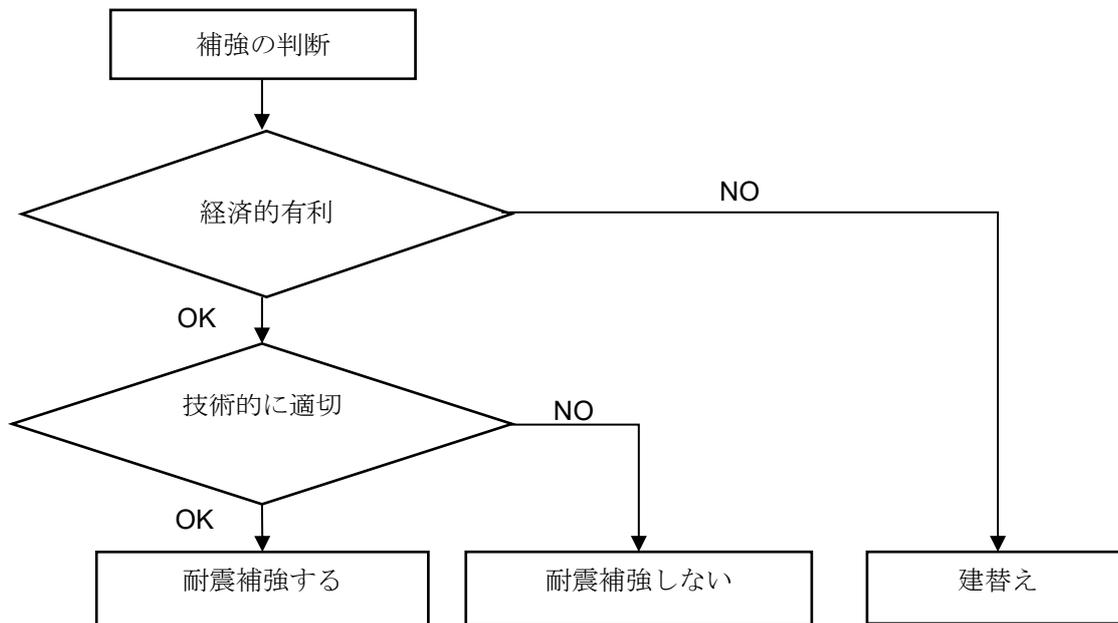


図 5.1 耐震補強の判定

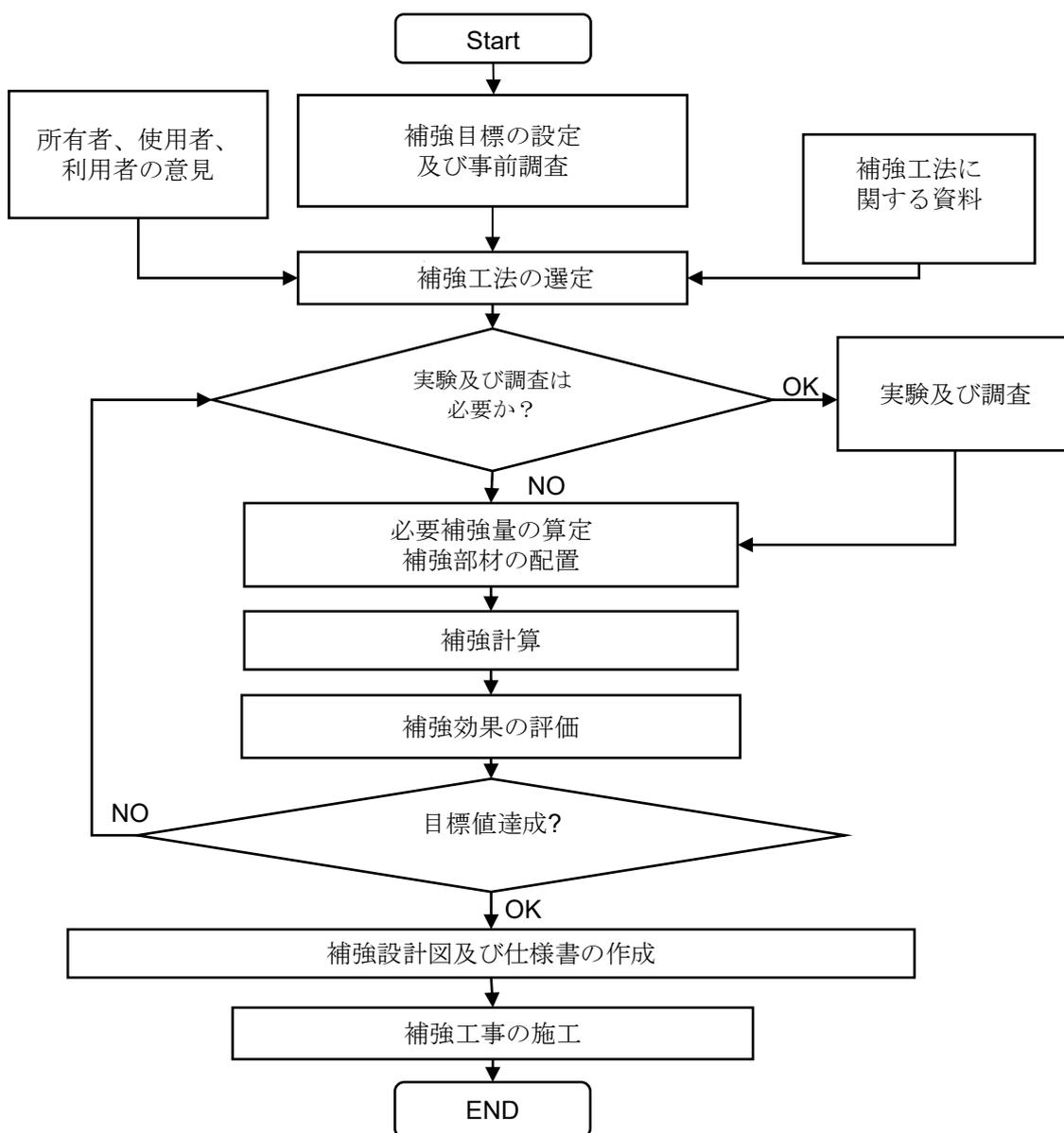


図 5.2 耐震補強の枠組み

5.2. 耐震補強の判定

補強設計に際しては、目標とする耐震性能を明確に設定する。また、補強後の建物の耐震性は(5.1)式で判断する。

$$Rl_s \geq I_{SO} \quad (5.1)$$

ここで、
 Rl_s - 補強後の建物の構造耐震指標
 I_{SO} - 耐震診断における構造耐震判定指標

5.3. 補強計画と補強設計

5.3.1. 耐震補強の概念

補強計画にあたっては、目標とする耐震性能を明確に設定し、目標性能に対してどのような強度と靱性を有する建物とするか、補強の基本方針を定める。さらに、補強目標に最も適した工法を選定する。補強計画では、補強による耐震性能の向上の他、補強後の建物の機能性や補強工事の施工性なども考慮し、総合的な検討を行う。

図 5.3 に示すように、建物自体の耐震性能を高める原則は以下となる。

- ① 強度を向上させる補強を行い、強度抵抗型の建物とする。
- ② 靱性を向上させる補強を行い、靱性抵抗型の建物とする。
- ③ 両者の中間の建物とする。

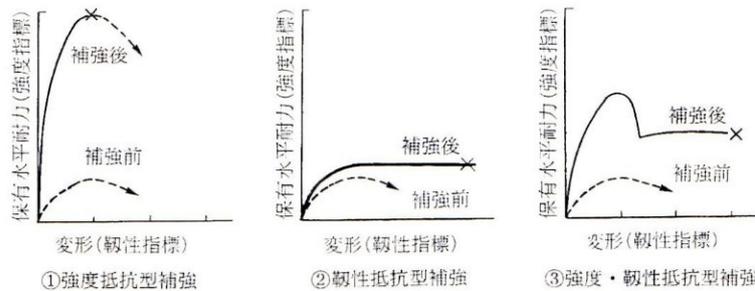


図 5.3 耐震補強の原則

耐震診断では、組積造壁体が面外方向に破壊すると診断された場合は、面外応力に対して適切な方法を選択する。さらに適用範囲に適合しない仕様に関しては、計算の前提が成り立つように必要な措置を講じる。

5.3.2. 耐震補強の分類

既存建物の耐震性能を向上させるためには、大別して以下の手法がある。(図 5.4)

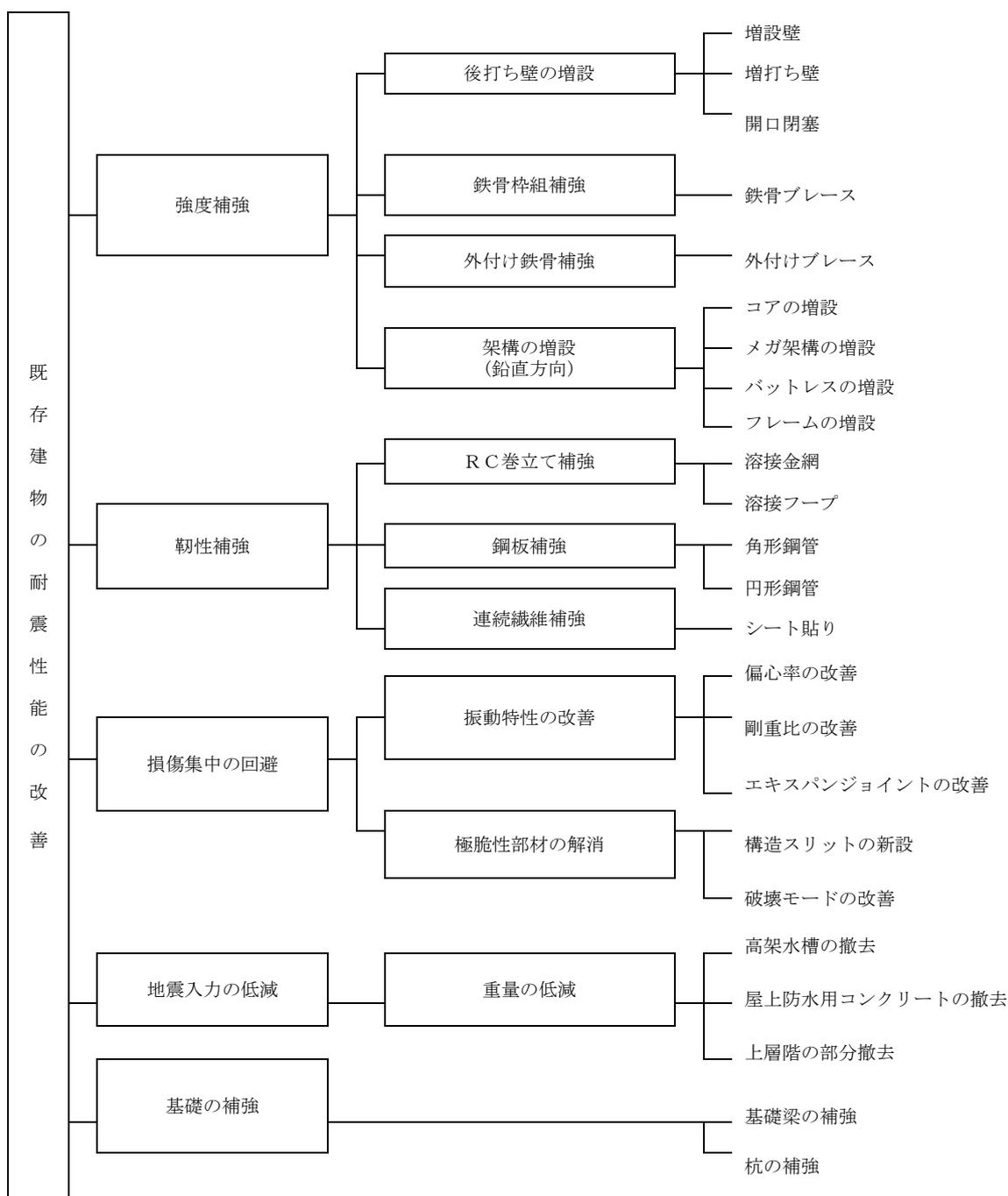


図 5.4 耐震性能を向上させる方法の分類

5.3.3. 必要補強量の算定

必要とされる補強量は、診断結果を元に(5.2)式にしたがって算定する。

$$\Delta Q_i = \left(\frac{n+i}{n+1}\right) \cdot \beta_1 \cdot \frac{1}{F} \cdot \left(\frac{R I_S}{S_D' \cdot T'} \cdot \sum W_i' - \frac{I_S}{S_D \cdot T} \cdot \sum W_i\right) \quad (5.2)$$

ここで:

ΔQ_i - i 階の必要な増加せん断耐力;

n, i - 建物の全階数、当該階の階数;

F - 靱性指標;

I_S - 補強前の構造耐震指標;

$R I_S$ - 補強目標 I_S 指標;

S_D, S_D' - 補強前、後の形状指標;

T, T' - 補強前、後の経年指標;

$\sum W, \sum W'$ - 補強前、補強後の i 層よりも上層の建物重量の和

さらに、補強前後において、形状指標および経年指標、建物重量がわずかに変更した建物は 5.3 式で計算してもよい。

$$\Delta Q_i = \left(\frac{n+i}{n+1}\right) \cdot \beta_1 \cdot \frac{1}{F} \cdot \frac{R I_S - I_S}{S_D \cdot T} \cdot \sum W_i \quad (5.3)$$

F - せん断破壊壁の靱性指標

5.4. 耐震補強設計

5.4.1. 補強方法 1

壁の増設による補強 (RC 壁増し打ち)

(1) 一般

耐震性能の不十分な既存建物の壁のせん断力に対する耐力を増加するためには新たに RC 耐震壁を増設したり、既存のレンガ壁について、その開口部をふさいだり、RC 壁で増し打ちなどの補強方法がある。

RC 壁増し打ち補強をする際、既存壁とは、あと施工アンカーやコッター等の接合材を用いたりする等の方法により確実な応力伝達がなされるようにする。

RC 壁増し打ち補強をした場合、自重の増加や破壊モードの変化を考慮すること、また、地震荷重時の軸力の変動に対して、基礎及び支持地盤が安全であるように計画しなくてはならない。

(2) 補強設計方法

(a) RC 壁増し打ち補強をしたことにより、建物のせん断体力が増加する。しかしながら、組積造の場合は既存レンガ壁に比べて増し打ち RC 耐震壁の剛性・耐力は格段に高いために、補強によって既存建物に有害な影響を与えることがないかを確認する必要がある。

既存レンガ壁と増し打ち RC 壁が完全に一体化しているものとして、両方の面内せん断耐力を単純累加した Q_{ua} で求める。

$$Q_{ua} = Q_u + Q_D$$

Q_{ua} - 増し打ちされた壁のせん断耐力;

Q_u - 既存レンガ壁のせん断耐力;

Q_D - 増し打ち RC 壁のせん断耐力.

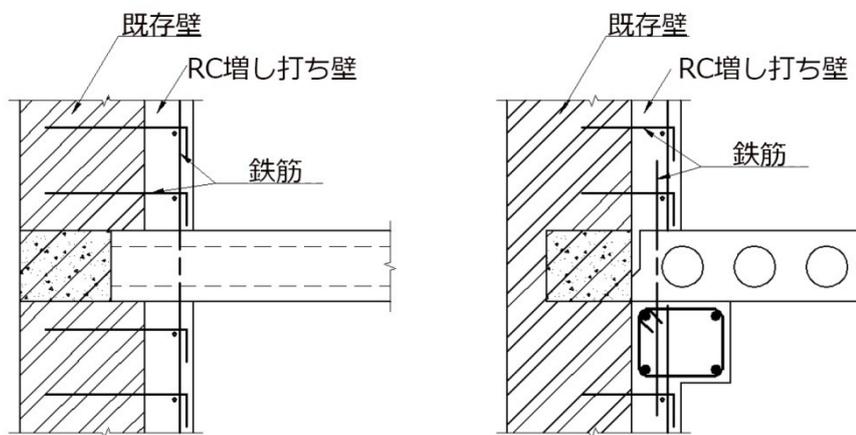


図 5.5 組積造壁体の RC 壁増し打ち

増し打ち RC 壁に期待するせん断耐力 Q_D を求め、(5.4)式により壁厚 t_w を決める。

$$t_w \geq Q_D / (l_w \cdot \tau_w) \quad (5.4)$$

ここに、

τ_w - 増し打ち RC 壁のせん断応力度 (N/mm^2)

$\tau_w = 1\text{N}/\text{mm}^2 \cdot \beta_c$ とすることができる。

$F_c \leq 20$ とき $\beta_c = \frac{F_c}{20}$

$F_c > 20$ とき $\beta_c = \sqrt{\frac{F_c}{20}}$

F_c - 増し打ち RC 壁の圧縮強度;

t_w - 壁厚 (mm);

l_w - 壁内のり長さ (mm)

RC 増し打ち壁が計算通りの耐力を発揮できるように、RC 増し打ち壁と既存レンガ壁との一体性の確保、剛性の異なる要素が設置されたことによる影響を検証して設計すること。

5.4.2. 補強方法 2

地震力が適切に組積壁体へ伝達されるためには、壁とスラブ及び水平構面同士の接合部が適切な剛性を保持していることが必要となる。そのため、床や屋根が木造、その他剛性の低い工法が採用されている場合には、剛性を付加するために、以下の補強方法がある。

- 木造床に水平ブレースの設置または厚板斜め貼り。(図 5.6)
- 鉄筋ブレース補強。(図 5.7)
- 既存木造床の上に金網メッシュコンクリートによるスラブを打設する。増し打ち RC 床と、木造床をスタッドを用いて接合する。(図 5.8)
- 既存床スラブと壁との接合部強度を高める補強。

- 屋根骨組みの下部材に水平ブレースを設け、水平剛性講面にする。

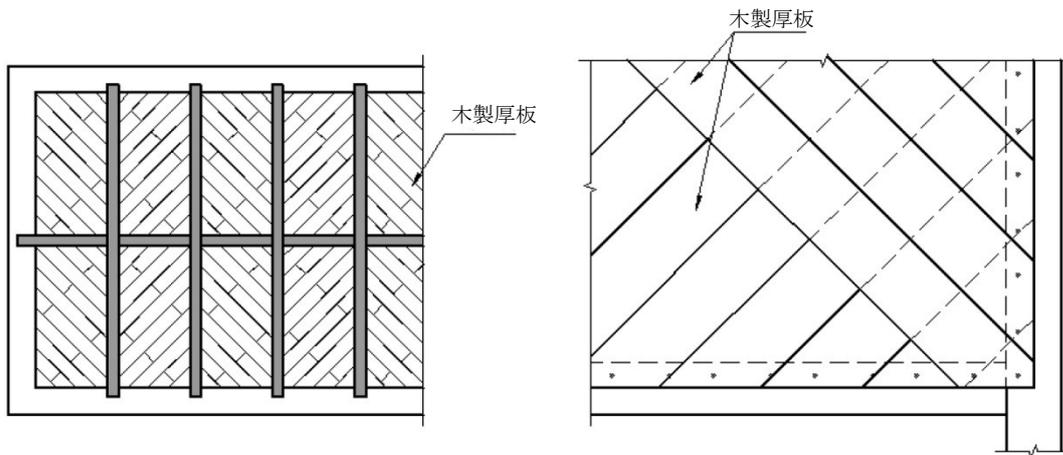


図 5.6. 厚板斜め貼り

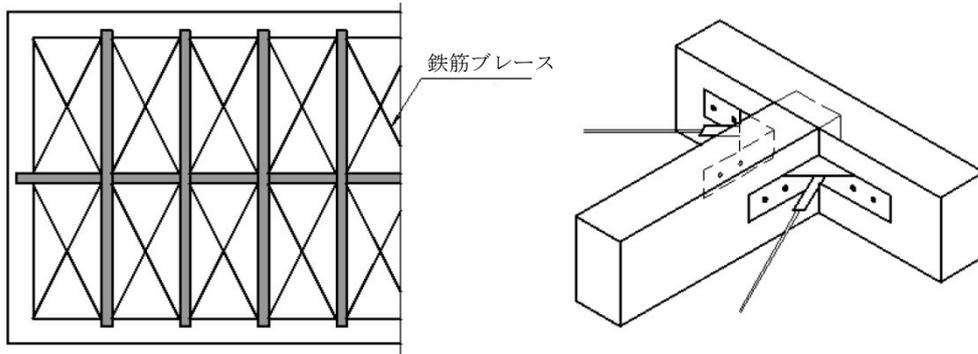


図 5.7. 鉄筋ブレース補強

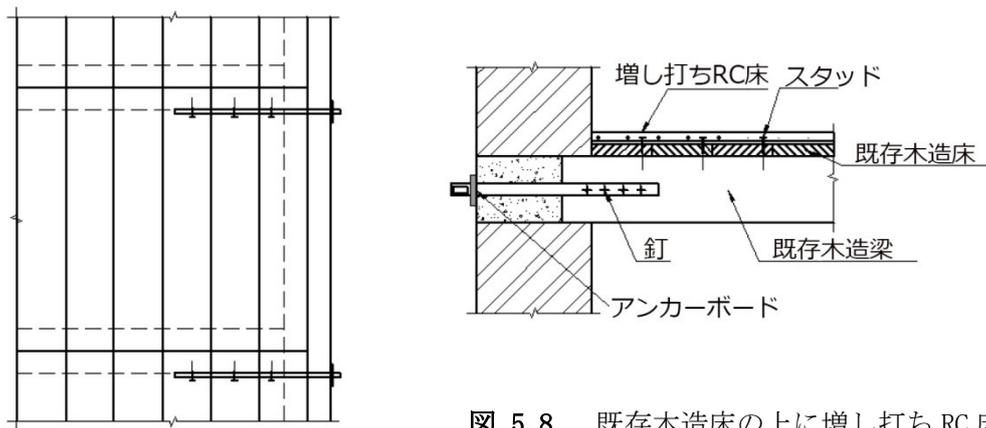
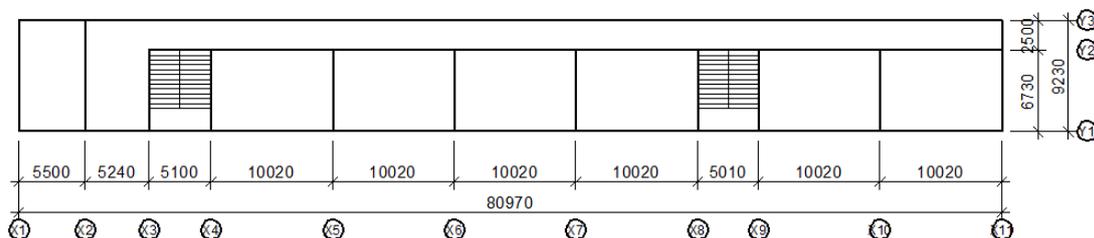


図. 5.8. 既存木造床の上に増し打ち RC 床

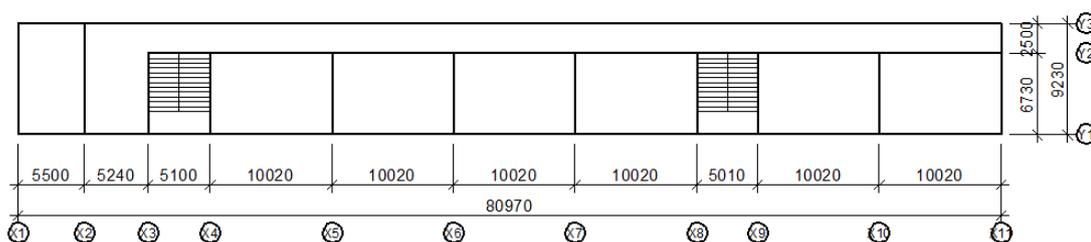
付録 A(参考用)

耐震診断事例

A. 1. 対象建物概要



a. 1階平面図

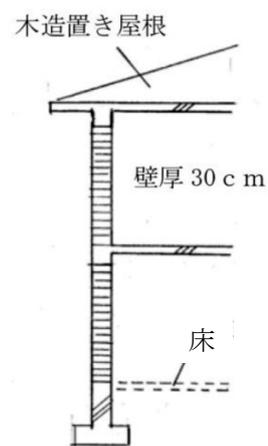


b. 2階平面図

付 A 図 1. 平面図

付 A 表 1. 建物概要

施設名	小学校校舎	
創建	1950年	
震度	7	
構造形式	組積造2階建	
煉瓦材	不明	
煉瓦壁厚	30cm, (1階、2階とも)	
階高	2階	3.75M
	1階	3.75M
床組	屋根	RCスラブの上に木造置き屋根
	1,2階の床	RCスラブ



付 A 図 2. 断面図

A. 2. 予備計算

付A表 2. 経年指標 T

部位	項目	*構造ひび割れ・変形			**変質・老朽化		
		a	b	c	a	b	c
Ⅰ 床 小梁 を含む	総床数の 1/3 以上	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	同上 1/3~1/9	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	同上 1/9 未満	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
	なし	0	0	0	0	0	0
Ⅱ 大 梁	建物各方向につき総部材数の 1/3 以上	0.05	0.015	0.004	0.05	0.015	0.004
	同上 1/3~1/9	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	同上 1/9 未満	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	なし	0	0	0	0	0	0
Ⅲ 壁 ・ 柱	総部材数の 1/3 以上	0.15	0.045	0.011	0.15	0.045	0.011
	同上 1/3~1/9	0.05	0.015	0.004	0.05	0.015	0.004
	同上 1/9 未満	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	なし	0	0	0	0	0	0
小計		0.017	0.052	0.001	0.017	0.015	0.001
合計		$p_1=0.017$			$p_2=0.033$		

$$p_1 = 0.017 + 0.052 + 0.001 = 0.07; p_2 = 0.017 + 0.015 + 0.001 = 0.033$$

1 階、2 階の経年指標

$$T_i = (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) = (1 - 0.07) \cdot (1 - 0.033) = 0.93 \cdot 0.967 = 0.90$$

付A表 3. 形状指標 S_D

項目		G_i (グレード)			R (レンジ調整係数)		
		1.0	0.9	0.8	R_{2i}		
詳細手法	平面形状 (P)	a	整形性	$a \leq 0.1$	$0.1 < a \leq 0.3$	$0.3 < a$	1.0
		b	辺長比	$b \leq 5$	$5 < b \leq 8$	$8 < b$	0.5
		c	くびれ	$0.8 \leq c$	$0.5 \leq c < 0.8$	$c < 0.5$	0.5
		d	エキスパンションジョイント*1	$1/100 \leq d$	$1/200 \leq d < 1/100$	$d < 1/200$	0.5
		e	吹抜	$e \leq 0.1$	$0.1 < e \leq 0.3$	$0.3 < e$	0.5
		f	吹抜の偏在	$f_1 \leq 0.4$ 及び $f_2 \leq 0.1$	$f_1 \leq 0.4$ 及び $0.1 < f_2 \leq 0.3$	$0.4 < f_1$ 又は $0.3 < f_2$	0.25
		g_1	代表的な部屋の分割り面積*	$g_1 \leq 60 \text{ M}^2$	$60 < g_1 \leq 100 \text{ M}^2$	$g_1 < 100 \text{ M}^2$	0.5
		g_2	壁厚/基本壁長**	$g_2 \geq 1/30$	$1/30 > g_2 \geq 1/50$	$1/50 > g_2$	0.5
		g_3	壁厚/壁高**	$g_3 \geq 1/12$	$1/12 > g_3 \geq 1/20$	$1/20 > g_3$	0.5
	断面形状 (S)	h	地下室	$1.0 \leq h$	$0.5 \leq h < 1.0$	$h < 0.5$	1.0
		i	層高の均等性	$0.8 \leq i$	$0.7 \leq i < 0.8$	$i < 0.7$	0.5
		j	ピロティの有無	ピロティなし	全てピロティ	ピロティが偏在	1.0
		k_1	剛床仮定不完成	$G_i = 0.8$	$G_i = 0.8$	$G_i = 0.8$	1.0
	平面剛性 (PR)	l	重心-剛心の偏心率	$l \leq 0.1$	$0.1 < l \leq 0.15$	$0.15 < l$	1.0
	断面剛性 (SR)	n	上下層の(剛/重)比	$n \leq 0.1$	$0.1 \leq n < 0.15$	$0.15 < n$	1.0

*スラブがない場合は、60 m²を40 m²、100 m²を60 m²に読み替える。

**代表的な部屋の壁の壁とする。

$$S_D = q_a \cdot q_b \cdot \dots \cdot q_j$$

$$q_i = [1 - (1 - G_i) \cdot R_i]; \quad i = a, b, v, d, e, f, i, j; \quad i \neq h$$

$$q_i = [1.2 - (1 - G_i) \cdot R_i]; \quad i = h$$

$$S_D = [1 - (1 - 0.8) \cdot 0.25] \cdot [1 - (1 - 0.9) \cdot 0.5] \cdot [1 - (1 - 0.8) \cdot 0.5] \cdot [1.2 - (1 - 0.8) \cdot 1.0] = 0.812$$

付A表 4. 組積造壁体の強度

	圧縮 R	引張 R引
試験値	1.3 N/MM ²	0.13 N/MM ²
上限値	3.9 N/MM ²	0.39 N/MM ²
採用値	1.3 N/MM ²	0.13 N/MM ²

A. 3. 構造耐震指標 I_s の算定

I_{so} — “地震活動が活発的な地域における建造物の設計基準・規則”（建築基準及び規則 22-01-01/2006）」の A 係数でとり、地震活動度 7 度の地域に対して 0.1 とする。

β_1 — 建物の一次固有周期に相当する変動係数で、“建築基準及び規則 22-01-01/2006” の 2.6 項による。または、 $\beta_1 = 2.5$ とすることができる。

付A表 5. 保有性能基本指標 E_0 の算定

方向	階	重量	断面積	軸力	引張	せん断強度	Q_u	C	F	$\frac{n+1}{n+i}$	E_0
		ΣW [kN]	A_w [M ²]	σ_0 [N/MM ²]	$R_{引}$ (N/MM ²)	τ_w [N/MM ²]					
X	2	11030	35.7	0.19	0.13	0.20	6993	0.634	1	0.75	0.475
	1	21501	35.7	0.37	0.13	0.30	10547	0.491	1	1.00	0.491
Y	2	11030	23.2	0.19	0.13	0.20	4544	0.412	1	0.75	0.309
	1	21501	23.2	0.37	0.13	0.30	6854	0.319	1	1.00	0.319

付A表 6. 構造耐震指標 I_s の算定

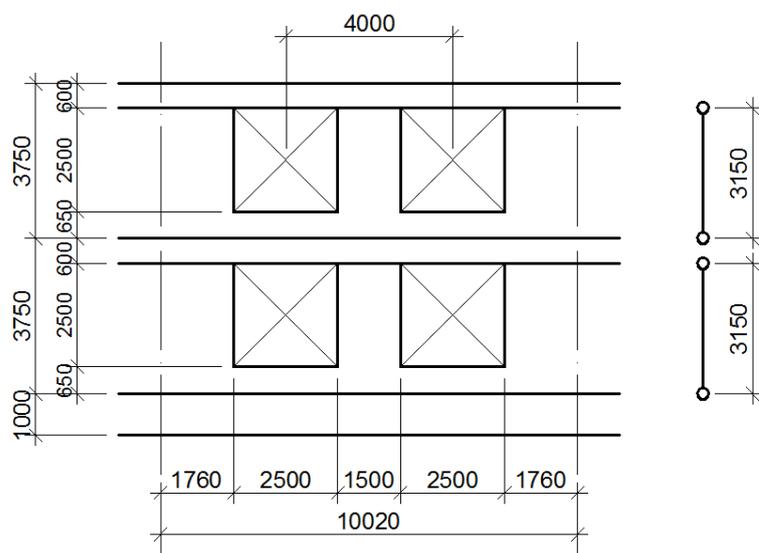
方向	階	E_0	S_D	T	$1/\beta_1$	I_s
X	2	0.475	0.812	0.9	0.4	0.139
	1	0.491	0.812	0.9	0.4	0.143
Y	2	0.309	0.812	0.9	0.4	0.090
	1	0.319	0.812	0.9	0.4	0.093

A. 4. 診断結果

付A表 7. 診断結果

方向	階	I_{s1}	震度 7	結果
				$I_{s1} \geq I_{so}$
X	2	0.139	$I_{so}=0.1$	yes
	1	0.143		yes
Y	2	0.090		no
	1	0.093		no

A. 5. 組積造壁体の面外耐力の検討



付 A 図 3. 検討壁の詳細図

付 A 表 8

符号	計算内容	単位	2 階壁	1 階壁
t	壁厚	mm	300	300
L	壁長	mm	1500	1500
H	壁高さ	mm	3150	3150
N ₁	壁軸力 (頂部)	N	93000	213000
N ₂	壁軸力 (中央)	N	122000	257000
N ₃	壁軸力 (低部)	N	143000	283000
W	壁重量	N	38900	42960
A・β ₁	(地震活動度係数) x (変動係数)	-	0.25	0.25
f _{c1}	壁体の長期許容圧縮応力度	N/mm ²	1.25	1.25
f _{cs}	壁体の圧縮耐力	N/mm ²	1.3	1.3
f _{ts}	壁体の圧縮耐力	N/mm ²	0.13	0.13
$\frac{n+i}{n+1}$	水平力分布係数	-	1.33	1
A _w	壁断面積	mm ²	450000	450000
Z _w	壁断面係数	mm ³	22500000	22500000
M _o	中央モーメント (両端ピン)	N・mm	5105625	4228875
M _t	両端モーメント (両端固定)	N・mm	3403750	2819250
M _c	中央モーメント (両端固定)	N・mm	1701875	1409625

長期の検討				
σ_{L1}	N_1/A_w	N / MM^2	0.21	0.47
σ_{L2}	N_2/A_w	N / MM^2	0.27	0.57
σ_{L3}	N_3/A_w	N / MM^2	0.32	0.63
	$\sigma_{L3} \leq f_{c1}$ 判定		ok	ok
短期の検討				
σ_{E1}	両端ピン M_o/Z_w	N / MM^2	0.227	0.188
	$\sigma_{L2} + \sigma_{E1}$		0.498	0.759
	$\sigma_{L2} + \sigma_{E1} \leq f_{cs}$ 判定		ok	ok
	$\sigma_{L2} - \sigma_{E1}$		0.044	0.383
	$\sigma_{L2} - \sigma_{E1} \leq f_{ts}$ 判定		ok	ok
σ_{E2}	両端固定 M_t / Z_w	N / MM^2	0.151	0.125
	$\sigma_{L3} + \sigma_{E2}$		0.469	0.754
	$\sigma_{L3} + \sigma_{E2} \leq f_{cs}$ 判定		ok	ok
	$\sigma_{L3} - \sigma_{E2}$		0.167	0.504
	$\sigma_{L3} - \sigma_{E2} \leq f_{ts}$ 判定		ok	ok
σ_{E3}	両端固定 M_c / Z_w	N / MM^2	0.076	0.063
	$\sigma_{L2} + \sigma_{E3}$		0.347	0.634
	$\sigma_{L2} + \sigma_{E3} \leq f_{cs}$ 判定		ok	ok
	$\sigma_{L2} - \sigma_{E3}$		0.195	0.508
	$\sigma_{L2} - \sigma_{E3} \leq f_{ts}$ 判定		ok	ok

付録B（参考用）
耐震診断カルテ

付B表 1. 予備調査

	調査項目	調査結果	備考
(a) 建築物の 概要	1) 建築物の名称		
	2) 所在地		
	3) 現在の用途		
	4) 設計者		
	5) 施工者		
	6) 設計年		
	7) 竣工年		
	8) 階数		
	9) 建築物高さ		
	10)面積		
	11)階高		
	12)平面形状の特徴		
	13)立面形状の特徴		
	14)主な外装		
	15)主な内装		
	16)基礎形式		
	17)敷地の地盤		
	18)敷地の地形		
(b) 関係図書 の有無	1) 一般図		
	2) 構造図		
	3) 構造計算書		
	4) 設計変更図		
	5) 地盤調査報告書		
(c) 建築物の 履歴	1) 使用履歴		
	2) 増改築の有無		
	3) 大規模な模様替え の有無		
	4) 補修履歴		
	5) 火災等の被災経験		
(d) 現地調査 の可否	1) 現地調査が可能か 否か		

付B表2. 耐震診断カルテ

耐震診断のカルテ

診断者	事務所名				TEL						
	担当者		資格		FAX						
建物概要	(1)建物名称										
	(2)所在地				(3)用途	大学					
	(4)構造・規模	レンガ造 ・ 地上 階 ・ 地下 階 ・ 塔屋									
		特徴 :									
	(5)建設年月	年 (築年数 年)									
	(6)面積	建築面積	m ²	・	延面積	m ² ・ 診断対象 m ²					
	(7)高さ	軒高	m	・	1階	m ・ 基準階 m					
	(8)桁行×梁間 (桁行スパン×梁間スパン)	全長	m	×	m	スパン数	×				
		(m	×	m)						
	(9)地盤	表層() ・ 支持層() GL- m									
(10)基礎	基礎()										
現地調査 結果及び 材料強度	(1)レンガ	各階の圧縮試験強度平均値	$F_c =$	N/mm ²							
		標準偏差	$\sigma =$	N/mm ²							
	(1)コンクリート	各階の引張試験強度平均値	$R =$	N/mm ²							
		標準偏差	$\sigma =$	N/mm ²							
		設計基準強度	$F_c =$	N/mm ²							
(2)鉄筋	主筋	診断時降伏点強度	$\sigma_y =$	N/mm ²							
	帯筋	診断時降伏点強度	$\sigma_y =$	N/mm ²							
(4)中性化深さ	平均 (cm)	・	最大 (cm)						
補強目標	(1)Iso										
Is指標値 C _{TU} ・S _D 値	経年指標 T=										
	階	X方向					Y方向				
		ΣQu	$S_D \cdot Fe$	Is1	Is2	判定	ΣQu	$S_D \cdot Fe$	Is1	Is2	判定
	PH										
	5										
	4										
	3										
	2										
	1										
		(注) 診断値は正加力時、負加力時の小なる値									
電算ソフト	診断:										
問題点	(1)診断で判明した耐震性能上の問題点										
備考											

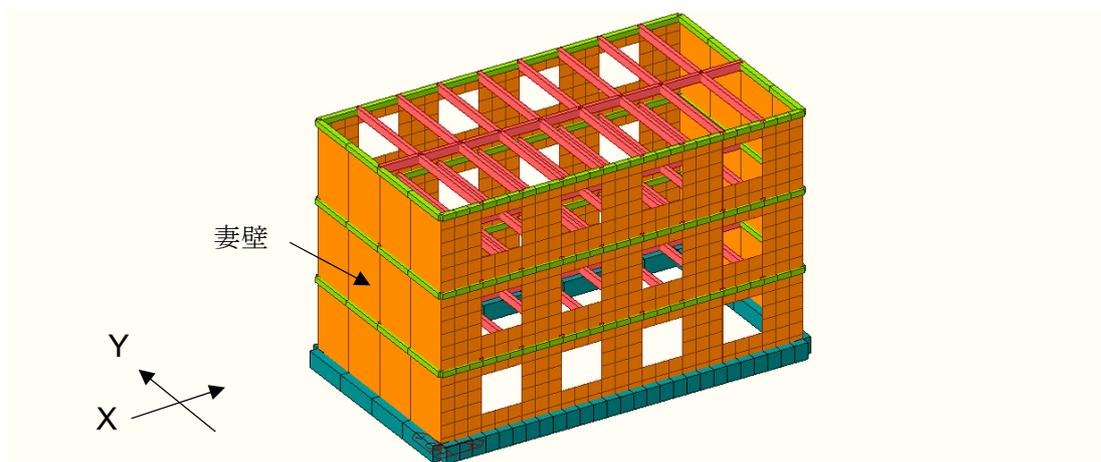
付録C (参考用)

耐震補強事例 1

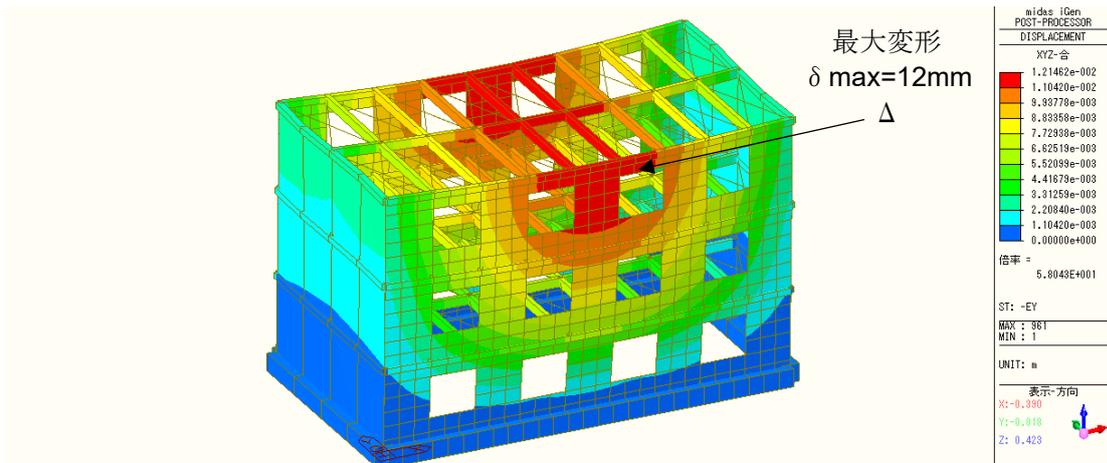
C.1. 水平構面の補強

床や屋根が木造、その他剛性の低い工法が採用されている場合についての問題と、この水平構面を補強した場合の効果について説明する。図1のような3階建てのレンガ造建物で、床が木造の場合を想定する。この建物のY方向に地震力が作用した場合、この地震力を両妻の壁に伝達する要素は長手方向の壁自身となるため、この長手方向の壁に大きな変形、曲げ応力が発生する(図2, 3)。次にこのモデルに、床へ鉄筋ブレースを設置した場合について考える(図4)。同様にY方向へ荷重が作用した際に、ブレースが地震力を両妻の壁に伝達する役割を果たすので、長手方向の壁に発生する変形、曲げ応力が大幅に軽減される(図5, 6)。このように、地震力が適切に耐震要素へ伝達されるためには、水平構面が適切な剛性を保持していることが必要となる。そのため、床や屋根が木造、その他剛性の低い工法が採用されている場合には、剛性を付加するために、鉄筋ブレースや厚めの床板を斜め貼りするなどの補強が必要となる。

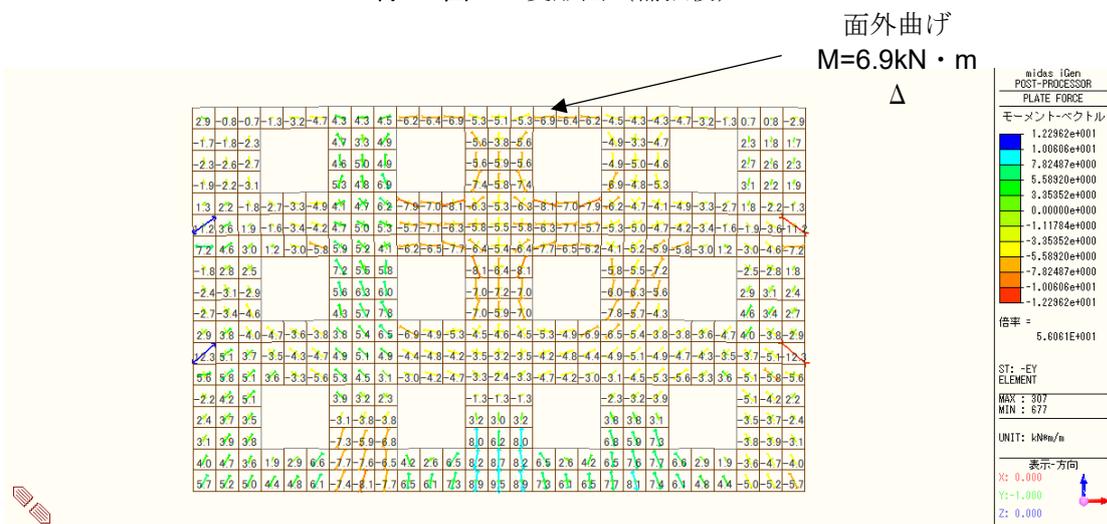
またブレースの設置に伴い、既存の臥梁や床梁にも大きな軸力が作用するために、既存床梁の接合部耐力がこの応力を上回っているかを確認し、耐力が不足している場合には、金物などでの補強が必要となる(図7, 8)。



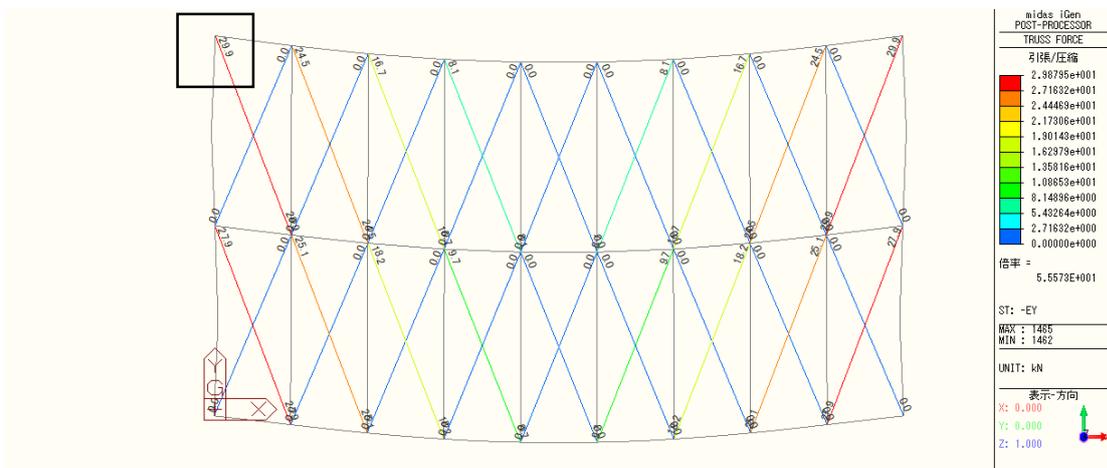
付C.図1. 3階建てレンガ造建物



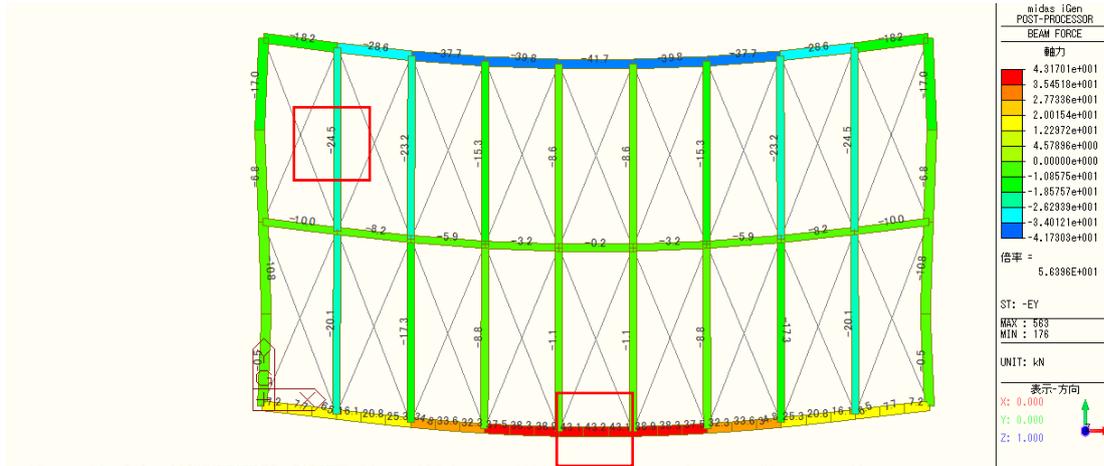
付C.図5 変形図 (補強後)



付C.図6 面外曲げモーメント図 (補強後)



付C.図7 補強鉄筋ブレース軸力 (29.9kN)



付C. 図8 臥梁軸力 (43.2kN)・既存梁軸力(24.5kN)

C. 2. 補強設計方法

水平構面の補強に期待する構造性能は、地震荷重を適切に耐震要素へ伝達し、壁の面外方向に発生する変形・応力を許容値以内に収めることを目標とする。また補強によって発生する既存部材の応力についても、適切に伝達させることができる接合部となっているかを確認する。

・鉄筋ブレースの設計

鉄筋ブレースの設置については以下の方法による。

- (a) 鉄筋ブレースを配置したモデルを作成し、各部の応力を確認する。
- (b) 壁の面外方向の耐震性能を確認する。

その他下記に示すような部位の応力を確認し、許容耐力以内となっているかを確認する。

- ・既存臥梁
- ・既存木梁と壁との接合部

付録 D

耐震補強例 2 (RC 壁を増し打ち)

D. 1. 建物概要

構造種別：レンガ壁組積造 (変電所)

階数：地上 1 階

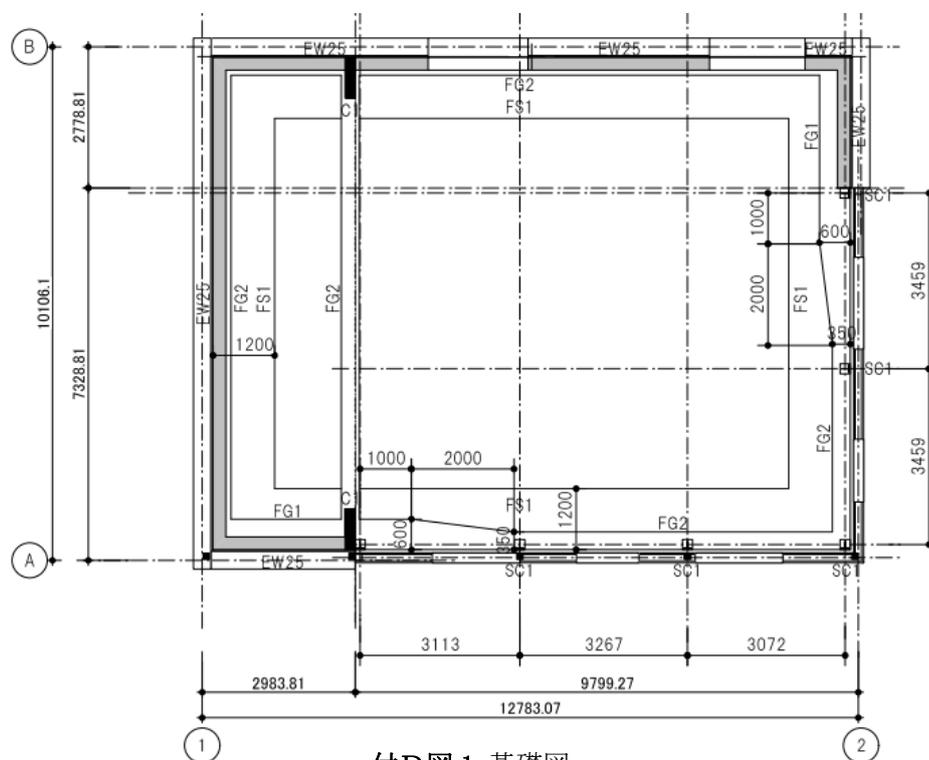
延床面積：129 m²

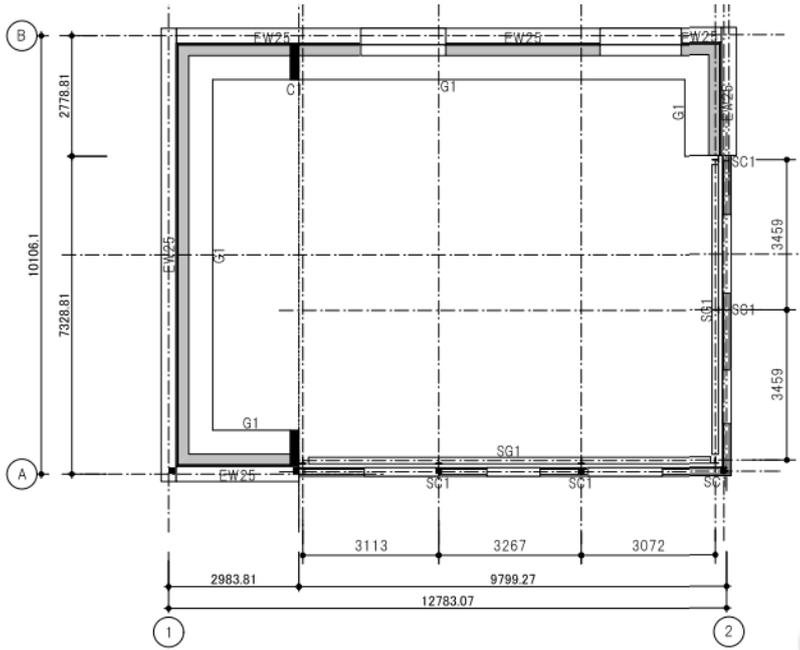
【補強前の問題点】

- ・ 平面的に煉瓦造と木造が混在しており、耐震要素となる煉瓦造の偏心が著しい。
- ・ 水平力を各煉瓦壁まで伝達し、かつ、煉瓦壁同士を一体化するために必要な屋根の水平構面の剛性と強度が低い。
- ・ 目地のせん断試験結果より、目地の接合強度が地震時の水平力に抵抗するための十分な性能を保持していない。

D. 2. 補強方法

- ・ RC 壁を増し打ちし、この壁が全地震時を負担することで建物に必要な耐震性能を確保した。
- ・ RC 壁頂部に剛な臥梁を配置し、既存レンガ壁と一体化することで、面外方向への変形を抑制した。
- ・ 風圧力を受け、曲げのかかる木柱を補強するために、鉄骨柱を新設した。
- ・ RC 壁の自重と地震時荷重の地盤への伝達と、RC 壁の地震時変形の抑制のために新しい基礎を設置した。
- ・ ひび割れが生じている箇所にエポキシ樹脂を注入し、耐力を回復させた。

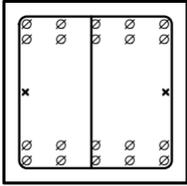
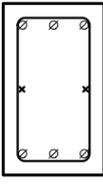




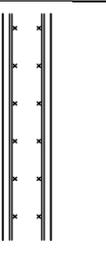
付D図 2. 補強による壁の配置

D. 3. 補強された部位

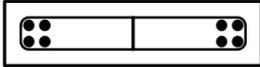
基礎梁

符号	FG1	FG2
断面		
	600 x 600	350 x 600
上端筋	5D22 / 5D22	3D22
下端筋	5D22 / 5D22	3D22
あばら筋	D13@150	D13@200
腹筋	2D13	2D13

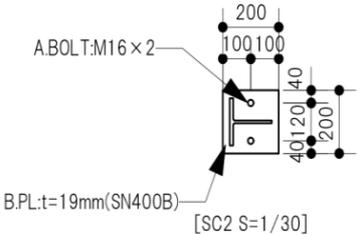
RC 増し打ち壁

符号	EW25	
厚さ (mm)	250	
主筋	D16@200	
横筋	D16@200	
開口部補強筋	2D19	
	2D19	
	2D19	

RC梁

符号	G1	
断面	800 x 200	
鉄筋	4D19	
鉄筋	4D19	
あばら筋	D13@200	

鉄骨柱

符号	SC1	
断面	T-150 x 150 x 6.5 x 9	
鉄材規格	SN400B	

鉄骨梁

符号	SG1
断面	L150 x 150 x 12
鉄材規格	SS400
アンカー	M16@1000 (1本当たり 30kN)

基準目次

第1章 総則	1
1.1. 基本方針	1
1.2. 適用範囲	1
1.3. 参考文献	2
1.4. 用語の定義	3
第2章 耐震診断の枠組み	9
第3章 耐震性の判定	4
3.1. 基本方針	4
3.2. 壁体の面内力の耐震性能.....	4
3.2.1. 構造耐震判定指標 I_{50}	4
3.3. 壁体の面外力の耐震性能.....	4
3.3.1. 地震による壁の面外方向へ作用するモーメント	5
第4章 構造耐震指標 I_s の算定（面内の評価）	6
4.1. 一般	6
4.2. 建物調査	6
4.3. 保有性能基本指標 E_0	6
4.3.1. 保有性能基本指標 E_0 の算定	6
4.3.2. 強度指標	6
4.3.3. 靱性指標	7
4.4. 形状指標	8
4.5. 経年指標	10
第5章 耐震補強	12
5.1. 基本方針	12
5.2. 耐震補強の判定	13
5.3. 補強計画と補強設計	14
5.3.1. 耐震補強の概念	14
5.3.2. 耐震補強の分類	15
5.3.3. 必要補強量の算定	16
5.4. 耐震補強設計	16
5.4.1. 補強方法 1	16
5.4.2. 補強方法 2	17
付録 A（参考用）	
耐震診断事例	19
A.1. 対象建物概要	19
A.2. 予備計算	20
A.3. 構造耐震指標 I_s の算定	22
A.4. 診断結果	22
A.5. 組積造壁体の面外耐力の検討	23
付録 B（参考用）	
耐震診断カルテ	25
付録 C（参考用）	
耐震補強事例 1	27
C.1. 水平構面の補強	27
C.2. 補強設計方法	30
付録 D	
耐震補強例 2（RC 壁を増し打ち）	31
D.1. 建物概要	31

D.2. 補強方法 31
D.3. 補強された部位 32

道路、橋梁、ライフラインシステムの地震リスク評価手法

METHODOLOGY OF SEISMIC RISK ANALYSES EVALUATION OF ROAD, BRIDGE AND ENGINEERING SUPPLY SYSTEM

1. 本基準の範囲

本基準は、過去の地震による被害に基づいて作成された被害率曲線を用いて既存の道路、橋梁及びインフラ・ライフラインの地盤（地震特性による地盤の種類や液状化危険度）、材料、経年劣化や施工品質等を要因に対象物の地震時のリスク評価をする際に用いられる。リスク評価の目的は、道路、橋梁、ライフラインシステム、及びそれらの要素のリスクを確定し、災害被害を低減することである。

なお、地震時に被害を受ける可能性のある構造物（道路、橋梁、水道、下水道、給湯パイプ、電力）に関して地震発生時の被害数量を定量的に評価し対象となる地域の地震動強さ（震度・加速度）によるリスクマップを作成するとき利用できる。

地震リスク評価の目的は対象となる構造物（道路、橋梁、上水道、下水道、温水配管、電力）の被害数量を算定し防災対策、防災計画に用いることである。

本基準は「モンゴル国ウランバートル市地震防災能力向上プロジェクト」の調査資料に基づいて作成されたものでモンゴル国内で採用されている他の手法を用いても良い。

1.1 方針

地震リスク評価は世界中の地震危険国で実施されており、その手法は様々であるが、本基準ではフラジリティ曲線による手法について記述している。

フラジリティ曲線とは収集した被害データを道路やライフライン別に分類し地震度強さと被害率の関係を構築したものである。

2. 参考文献

本基準には、以下の各建築基準書を参考にしたが本基準の発行後、下記の引用した資料が新しく発行される若しくは変更があった場合、その新しい内容を準拠することとする。

- Law of Disaster Protection (2017) chapter 8. Disaster Assessment
- Law of Construction (2016)
- “Water supply. External network and facility” /CCM 40-02-16/
- “Heating system” /CCM 41-02-13/
- “Sewerage. External network and facility” /CCM 40-01-14/
- “Advisory norm for exploitation periods and maintenance schedules of buildings and technical services /CCM 13-04-03/
- “Bridge inspection guide”
- “Evaluation method and determine level of ad and road facilities technical consumption” MNS “6441 : 2014

3. 用語と定義

本基準では、関連基準に共通する用語及び以下に示す基準の用語を使用した。

建物および構造物 ¹	Article 4.1.1 of the Law of Construction
インフラ構造物 ²	Article 4.1.33 of the Law of Construction
ライフライン ³	Article 4.1.35 of the Law of Construction
災害リスク ⁴	Article 4.1.4 of the Law of Disaster Protection
フラジリティ曲線	道路および各ライフライン構造物の単位長さあたりの被害率と地震動強さとの関係を図示したもの
地震リスクマップ	地震危険度とともに、道路、橋梁、各ライフラインをマップ上で概観したもの。道路及び各ライフラインの被害はメッシュ単位で評価される
運転状態	ライフライン構造物は建設当時の基準等に準拠するものとする ⁵

4. 総則

ライフライン施設の被害想定には適するフラジリティ曲線を設定し、それぞれ被害率を求める。この手法は比較的簡便で地震リスク評価の結果を短期間で算出することができる。そのため、首都やその他の各集落の道路、橋梁及びライフラインの地震リスク評価を行う必要がある。道路、橋梁及びライフラインの地震リスク評価にはそれぞれ異なる手法が用いられるがその概要を表1に示す。フラジリティ曲線は使用が容易で、短時間で地震リスクを求めることができる。そのため、首都やその他の都市で道路、橋梁、ライフラインシステムについての地震リスク評価が求められる。

表1 地震リスク評価手法の概要

No	種類	リスク評価手法
1	橋梁	対象橋梁の構造と周辺地盤の特徴及び橋梁位置の地震動（震度）をパラメータにした久保・片山の手法。
2	道路	周辺地盤の特徴及び道路位置の地震動（震度）によるフラジリティ曲線。
3	上水	周辺地盤の特徴及び各ライフライン位置の地震動（震度）、管種、管径をパラメータにしたHAZUS ⁶ のフラジリティ曲線。
4	下水	
5	給湯	
6	電気	地震動として地表最大加速度を用いて電柱100基当たりの被害本数を求めるフラジリティ曲線。

モンゴルの場合、被害地震の情報・整理された被害データベースが不十分なため他の国の資料を採用する。

■ 作業手順

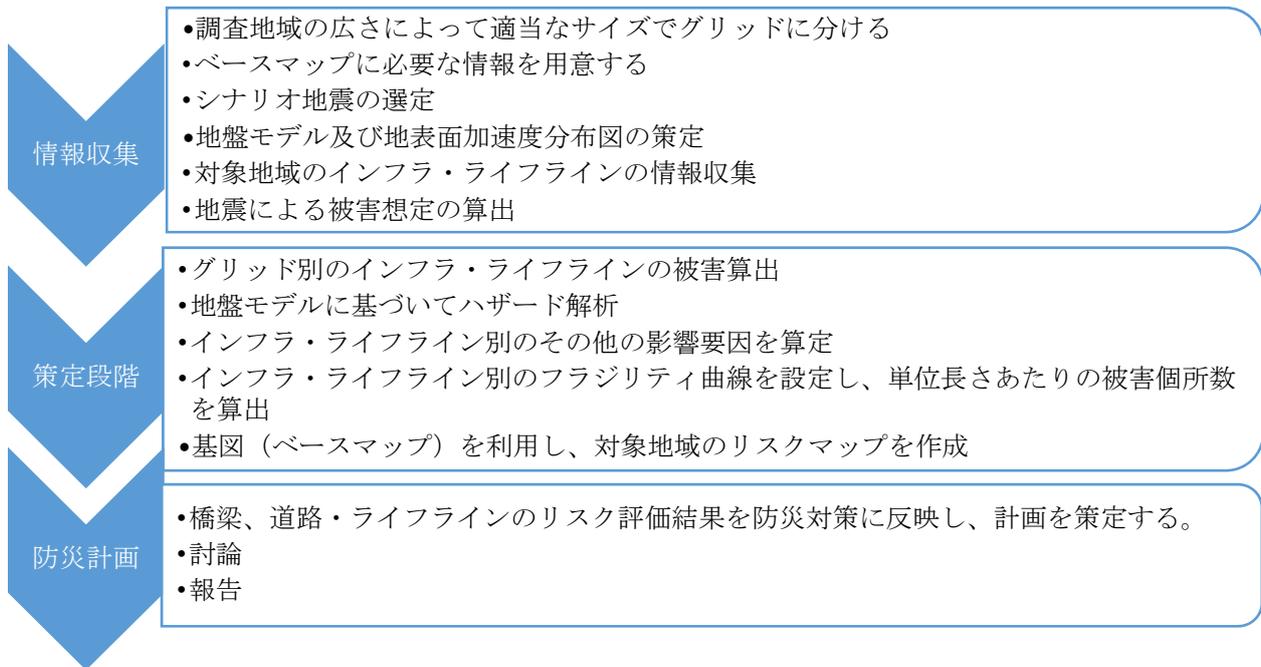
¹4.1.1.“buildings and structures” means built environment such as housing, civil, and industrial buildings and structures, power and telecommunication structures, hydro, petroleum, water supply and sewerage system, and damn, and associated infrastructure;/updating 12.May.2017/

²4.1.33.“engineering infrastructure” means construction of roads, railway, transporter bridge, underground and surface roads, engineering network to ensure safety and security during construction works;

³4.1.35.“engineering network” means a network of water, power, heating, sewerage, oil and gas pipes, and communication facilities;

⁴4.1.4.“disaster risk” means probability of damage to the population, livestock, property, and environment due to disaster;

⁵Annex to the government decree 74 dated 2009. “general scheme of documents on construction norms and normative” 8.6. normative documents shall be followed when to determine the structure, quality and safety of buildings and facilities in use.



■ 影響要因

脆弱性曲線を用いて道路、橋梁及びライフラインの地震リスク評価を行うには下記の要因が挙げられる。

- 設定したシナリオ地震による地震動、地表面の最大加速度等
- 対象となるインフラ・ライフライン周辺の地盤特徴(設計時との変更、地盤変形による亀裂、隆起、崩壊)
- ライフラインの信頼性、規模、重要度、経年劣化、現状
- 前の災害の被害情報、記録
- 道路・橋梁の構造、ライフラインの材料、使用年数やその他
- グリッド別の入手情報の精度

上記の諸要因の中に前の災害の被害情報、記録が特に重要である。モンゴルの場合、被害地の情報・整理された被害データベースが存在しないため他の国の被害データを検討し、採用する。

■ 道路及びライフラインの脆弱性曲線

モンゴルの場合、地震災害による被害情報・データベースが不十分のため脆弱性曲線の作成するにはデータが不足している。そのため、対象地域のハザード、脆弱性、リスク要素を十分に検討し日本とアメリカ（HAZUSなど）においてまとめられている脆弱性曲線を基にモンゴルで用いられる曲線を設定する必要がある。

以下の要素を参照し脆弱性曲線を設定する。

- 地震災害の被害データ
- 採用した曲線のソース/国/及び根拠
- 現状現地調査に基づいて被害率を算出
- 要素が自国の現状にマッチしてする
- 地震動表す震度及び最大加速度の関係
- 対象地域を適切なサイズにグリッド分けする等。

脆弱性曲線は対象地域の該当するインフラ・ライフラインの地震被害想定に用いられる。

道路及びライフラインの被害想定に用いられたフラジリティ曲線の設定について付録資料Bを参照すること。フラジリティ曲線を用いてリスクマップを作成することができる。ライフラインの現状現地調査に基づいて対象地域をグリッドに分ける。例えばライフラインの分布を考慮し250m×250mに分割する場合がある。フラジリティ曲線を用いて対象地域のライフライン別の全被害箇所数等を算出してから被害箇所数によって色分けし、リスクマップを作成することができる。リスクマップからリスクが高い場所を閲覧できるため想定被害地震が発生したら被災地において災害対策を実施する人員・資機材の計算、役割分担を計画する際に利用できる。

5. 橋梁のリスク評価

橋梁の地震リスク評価は、損傷ならびに落橋に関する物理的な試験結果⁶ (Kubo and Katayama methodology) に基づいている。

橋梁被害の可能性については統計的な方法に基づいており、評価項目、得点、クライテリアについては表 2 に示すようなもので、得点の合計により損傷状態が得られる。なお、複数の橋梁を対象にした静的および動的解析を用いて評価することができる。

橋梁被害の評価に用いる項目は、地盤種別、液状化危険度、橋梁の構造種別、支持方式、震度、材料、その他であり、結果として得られる被害状況は以下のように分類される。

レベル A：崩壊あるいは重大な変形

レベル B：部分的な変形

レベル C：被害なし、あるいはほとんど影響がない程度の軽微な損傷

注：落橋については、レベル A で可能性大、レベル B で可能性小、レベル C で可能性なし、とする。

表 2 橋梁のリスク評価に用いる項目と得点

	区分	項目	得点
1	地盤種別 ⁷	1 種 ($T_g \leq 0.2s$)	0.50
		2 種 ($0.2s < T_g < 0.4s$)	1.00
		3 種 ($0.4s < T_g < 0.6s$)	1.50
		4 種 ($0.6s \leq T_g$)	1.80
2	液状化危険度	なし	1.00
		可能性あり	1.50
		あり	2.00
3	構造	アーチ、ラーメン	1.00
		連続桁	2.00
		単純桁	3.00
4	支持方式	落橋防止策あり	0.60
		通常	1.00
		2つの移動可能なベアリング	1.15
5	橋脚の高さ	≤ 5 m	1.00
		5-10 m	補間
		≥ 10 m	1.70
6	スパン数	= 1	1.00
		≥ 2	1.75
7	橋梁の支持長さ	長い (支持長 (cm)/スパン長 (m) ≥ 1)	0.80
		短い (支持長 (cm)/スパン長 (m) < 1)	1.20

⁶ Kubo and Katayama's invented methodology 1997

⁷ Norms and rules for construction planning in seismic regions explanation of" БН6Д 22-01-01*/2006, 1.4 instruction table 1

8	MKS 震度 ⁸	>7	0.70
		7-8	1.00
		8-9	1.70
		9-9.5	2.40
		9.5-10	3.00
		10<	3.50
9	基礎形式	パイルベント以外	1.00
		パイルベント	1.40
10	材料	レンガ、コンクリート	1.40
		その他	1.00

注：

- 1 最新の研究に基づき正当であるとされた場合は、得点を見直すことができる。
- 2 本表は、Kubo&Katayakaの手法に基づくものである。

表 3 被害状況と総得点

被害レベル			総得点
1	A	崩壊あるいは重大な変形	55 超
2	B	部分的な変形	35～55
3	C	被害なし、あるいはほとんど影響がない程度の軽微な損傷	35 未満

6. 道路のリスク評価

地震時による道路の損傷リスクは、地盤種別の考慮し、単位長さにおける損傷箇所数（被害率）を用いて評価される。この手法では、地震動強度指標として地表面最大速度（PGV）を用いている。なお、MSK震度とPGVの関係については付録Aを参照されたい。

道路の損傷箇所数は、次式によって求められる。

道路の損傷箇所数＝被害率（箇所/km）×道路長（km）

被害率： fragility 曲線から評価される単位長さにおける損傷箇所数

道路長：対象とする道路の全長

ウランバートル市における道路の fragility 曲線については付録 B を参照されたい。

表 4 道路の被害率

地震動強度 PGV (cm/s)	地盤種別		
	I	II	III
116 ≤ PGV ≤ 171	0.11	0.16	0.25
64 ≤ PGV < 116	0.09	0.13	0.20
35 ≤ PGV < 64	0.07	0.10	0.16
20 ≤ PGV < 35	0.05	0.07	0.12
11 ≤ PGV < 20	0.03	0.04	0.06

注：

- 1 実際の調査において、1kmあたりの被害箇所数が100以下であれば損傷確率を50%、100-200であれば75%、300以上であれば100%（200～300は補間）とする。
- 2 道路健全度評価手法の規格 MNS 6441(2014)の表 8 により対象道路の健全度が 59 点以下

⁸ MKS intensity

であれば25%、40点以下であれば50%、被害率を割増す。

- 3 正しいことが証明されるならば、超過荷重や永久凍土を考慮して計算を行っても良い。

7. 上水道のリスク評価

上水道のリスク評価に影響する要因は以下のとおりである。

- 地震動強度
- 設計通りに施工されているか否か
- 材料
- 配管の老朽化程度
- 使用状況
- 管径
- 既往の損傷状態

上水配管の損傷個所数の計算は次のとおりである。

$$\text{上水配管の損傷個所数} = \text{被害率 (箇所/km)} \times \text{管路長 (km)}$$

ここで、被害率 (Rsm) は次式により標準被害率Rs (箇所/km) と、液状化、材料、管径に関する補正係数から求められる。

$$Rsm = Cl \times Cpd \times Rs$$

$$Rs = 2.24 \times 10^{-3} \times (PGV - 20)^{1.51} \quad (PGV \geq 20 \text{cm/s})$$

Cl : 液状化補正係数、液状化危険が低いと想定されるウランバートル市では1.0

Cpd : 表5に示される材料、管径に関する補正係数

表5 上水配管の補正係数 (Cpd)

直径	< 75 mm	100-250 mm	300-450 mm	500-900 mm	1000 mm -
ダクタイル鋳鉄	0.60	0.30		0.09	0.05
鋳鉄	1.70	1.20	0.40		0.15
鋼	0.84	0.42	0.24		
ポリ塩化ビニル	1.50	1.20			
アスベストセメント	6.90	2.70	1.20		

注 :

- 1 現状に基づき数値を変更しても良い。

ウランバートル市の上水道のフラジリティ曲線は付録Cを参照すること。

8. 下水道のリスク評価

下水道のリスク評価に影響する要因は、老朽化、材料、管径、埋設深さ、使用状況、他の配管との断面、管径、地震動強度、損傷状況、等である。

下水配管の損傷長さ (km) は次式により求められる。

$$\text{損傷長さ} = \text{被害率 (\%)} \times \text{管路長 (km)}$$

ここで、被害率は表5により与えられるものとする。

表 6 下水道の被害率

№	材料	地震動強度 PGV				
		11<PGV<20	20<PGV<35	35<PGV<64	64<PGV<116	116<PGV
1	セラミック	20.9	33.8	43.2	53.5	62.7
2	ポリ塩化ビニル	19.0	30.8	39.3	48.6	57.0
3	その他	7.6	12.1	14.6	18.1	21.2

注：

- 1 CCM 22-01-01*/2006/2013.をに基づき、液状化危険度については想定していない。
- 2 鋼、鋳鉄、コンクリート配管については「その他」の値を用いる。
- 3 現状に基づき数値を変更しても良い。

ウランバートル市の下水道のフラジリティ曲線は付録Dを参照すること。

9. 電力供給システムのリスク評価

電力供給システムのリスク評価では、以下のものを評価対象とする。

- 電柱の損傷本数
- 架空線の損傷長さ

1) 電柱

電柱の地震による損傷確率は次式により評価する。

$$\text{電柱の損傷数} = \text{被害率} \times \text{電柱本数}$$

被害率は電柱の材料と地表面最大加速度（PGA）を基に、表7より設定する。

表 7 100 基あたりの損傷電柱本数

№	材料	地表面最大加速度 PGA (cm/s/s)					
		PGA<=150	151<PGA<=300	301<PGA<=400	401<PGA<=600	601<PGA<=800	801<PGA
1	コンクリート製	0.0	0.0	0.04	0.13	1.0	3.2
2	木製	0.0	0.0	0.02	0.05	0.4	1.3
3	鋼製	0.0	0.0	0.02	0.07	0.5	1.6

注：

- 1 損傷データについては、日本の宮城県沖地震、新潟地震、兵庫県南部地震におけるデータを参照している。
- 2 PGAとMSK震度の関係は付録Aを参照すること。
- 3 現状に基づき数値を変更しても良い。

2) 架空線

架空線の損傷長さは表 8 に示す HAZUS の被害率（最大値ケース）あるいは表 9 の被害率（平均値ケース）を亘長に乗じて評価する。

表 8 架空線の被害率（最大値ケース）

地表面最大加速度 PGA (cm/s ²)	被害率 ⁹ (%)
196	0.5
245	1.5
294	3.0
343	5.1
392	7.5
441	9.6
490	11.1
539	12.9
588	16.1
637	21.3
686	28.2
735	35.2
784	41.3
833	46.2
882	50.1
931	53.7
980	57.3
1029	61.1
1078	64.9
1127	68.5
1176	71.6
1225	74.1
1274	76.0
1323	77.4
1372	78.4

注：

- 1 現状に基づき数値を変更しても良い。
- 2 PGAとMSK震度の関係は付録Aを参照すること。

表 9 100mあたりの架空線の被害率（平均値ケース）

地表面最大加速度 PGA (cm/s ²)	225	350	500	700	1000	1500
被害率 ¹² (%)	0.01	0.3	1.2	8.5	27.0	27.0

注：

- 1 現状に基づき数値を変更しても良い。
- 2 PGAとMSK震度の関係は付録Aを参照すること。

3) 地中線

地中線の損傷長さは表 10 に示す被害率を亘長に乗じて評価する。

表 10 100mあたりの地中線の被害率

地表面最大加速度 PGA (cm/s ²)	400	500	738.6	2481.6
被害率 ¹² (%)	0.001	0.8	6.0	16.0

注：

- 1 現状に基づき数値を変更しても良い。
- 2 PGAとMSK震度の関係は付録Aを参照すること。

⁹ In the absence of information on earthquake damages in the earthquake, earthquake data is based on data from HAZUS and the Tokyo Municipal Administration, Emergency Department and Saitama Prefecture.

10. 温水配管のリスク評価

温水配管のリスク放火に影響を与える因子は、老朽化と敷設状況である。

地震による実際の損傷状況からフラジリティカーブを作成するため、管径、使用状況、材質、設計に対して正しく施工されているか否か、が検討された。

温水配管の損傷個所数の計算は上水配管の計算と同じである。

$$\text{温水配管の損傷個所数} = \text{被害率 (箇所/km)} \times \text{管路長 (km)}$$

ここで、被害率 (Rsm) は次式により標準被害率Rs (箇所/km) と、液状化、材料、管径に関する補正係数から求められる。

$$R_{sm} = C_1 \times C_{pd} \times R_s$$

$$R_s = 2.24 \times 10^{-3} \times (PGV - 20)^{1.51} \quad (PGV \geq 20 \text{cm/s})$$

C1 : 液状化補正係数、液状化危険が低いと想定されるウランバートル市では1.0

Cpd : 表11に示される材料、管径に関する補正係数

表 11 温水配管の補正係数 (Cpd)

直径	< 75 mm	100-250 mm	300-450 mm	500-900 mm	1000 mm -
ダクタイル鋳鉄	0.60	0.30		0.09	0.05
鋼	0.84	0.42	0.24		

注 :

- 1 現状に基づき数値を変更しても良い。

地震動強度の関係

MSK 震度、気象庁震度（計測震度ならびに震度階）、地表面最大速度（PGV）は次式により関係づけられる。

$$MSK - 64 = 1.5 \cdot I_{JMA} + 0.75 \quad (9)$$

I_{JMA} : 気象庁震度で、

$$I_{JMA} = 1.1931 \cdot \log(PGV) + 2.519 \quad (10)$$

PGV : 最大速度

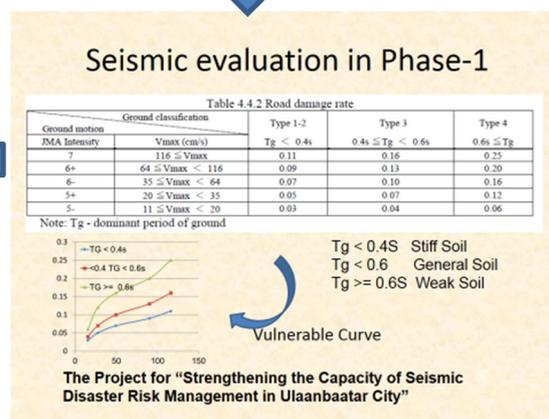
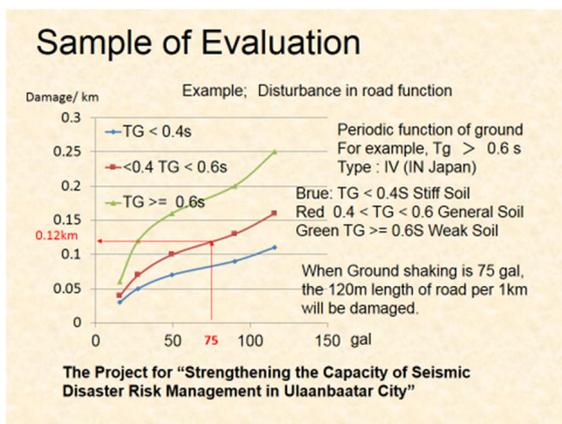
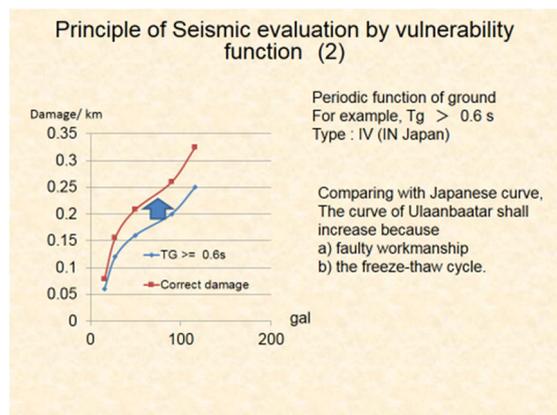
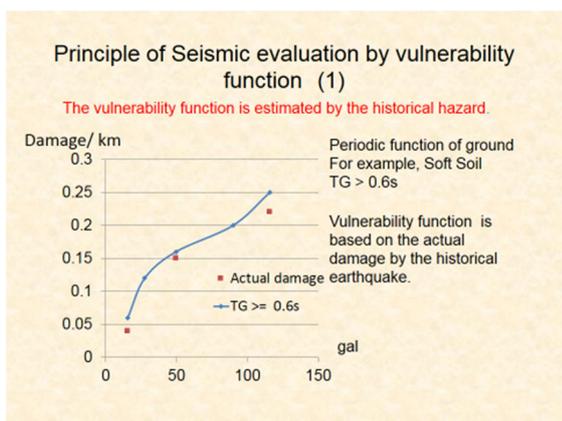
MSK 震度に対する各値を下表にまとめる。同表には"Norms and rules for seismic micro- mapping" /CCM 22-04-16 /の 4.7 節の表 1 に示されている最大加速度値（PGA）も併記している。

MSK 震度階に対する各地震動強度の関係

MSK-64 震度	日本の気象庁震度		地表面最大速度 PGV (cm/s)	地表面最大加速 度 PGA(cm/s ²)
	I_{JMA}			
VI	3.50	3	3.22	35-71
VII	4.17	4	7.13	71-141
VIII	4.83	5-	15.79	141-283
IX	5.50	5+	34.98	283-566
	5.83	6-	52.05	
X	6.17	6+	77.45	566-800
X<	6.50	7	171.49	

注 : Norms and rules for seismic micro- mapping" /CCM 22-04-16 /の4.7節の表1に加筆

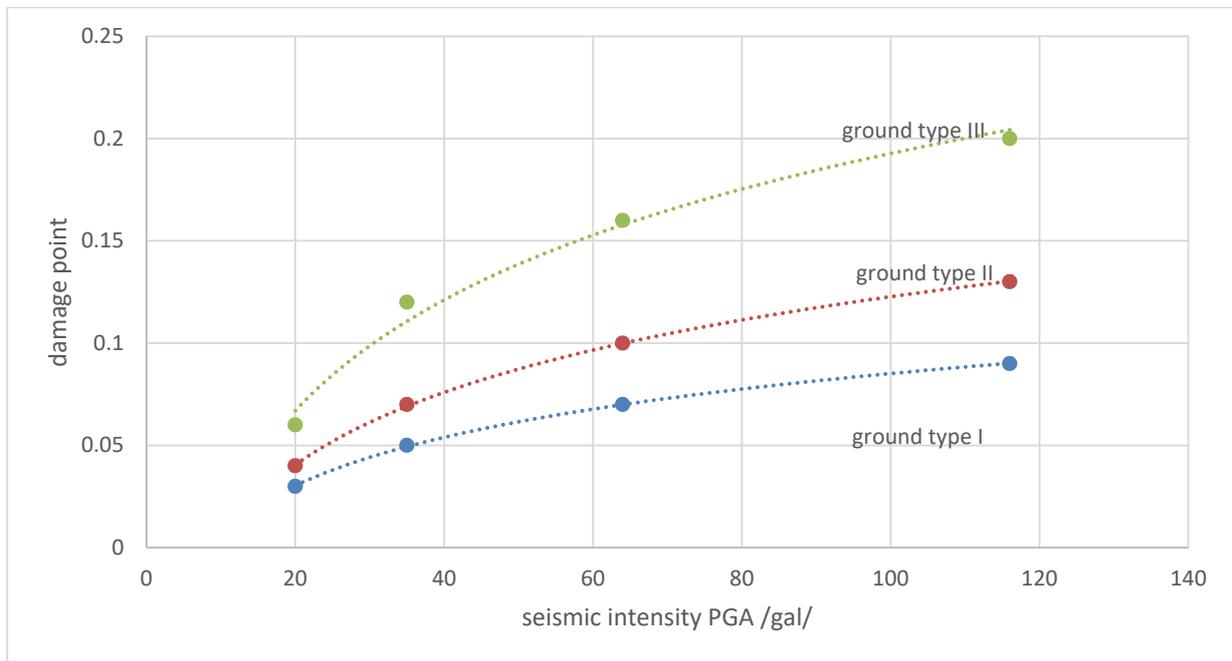
道路ならびにライフラインシステムの地震時リスク評価について



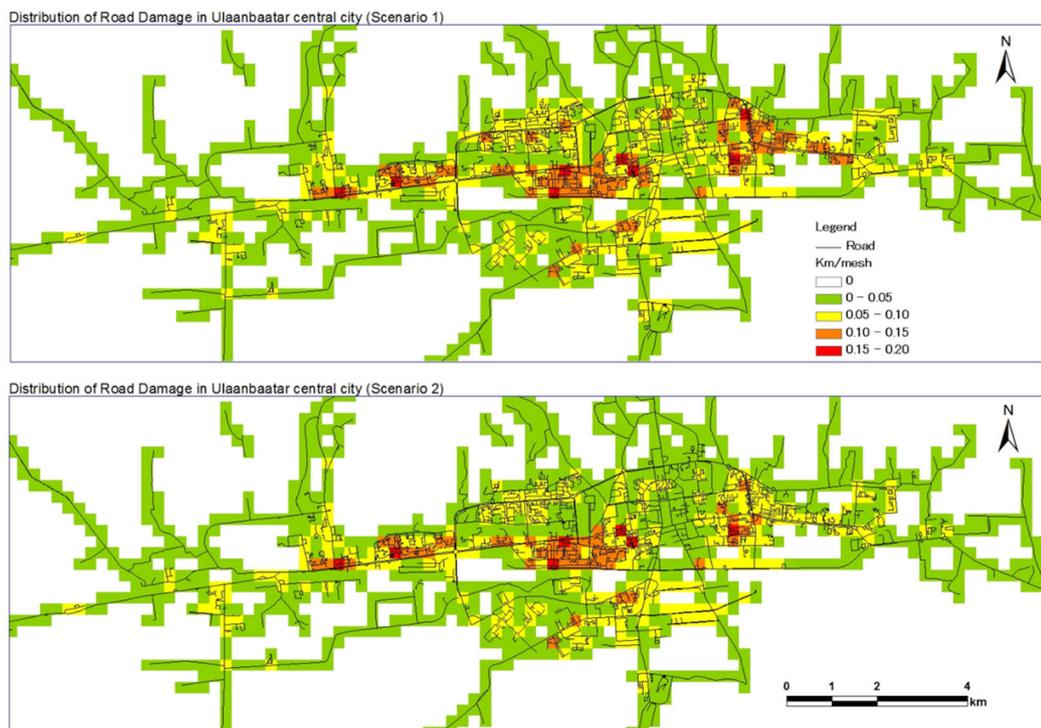
モンゴルでは、フラジリティ曲線を得るのに十分な地震動強さと被害に関する情報が得られていない。

したがって、米国 HAZUS や日本で得られているフラジリティ曲線を参照してモンゴルにおけるフラジリティ曲線を作成することが必要である。

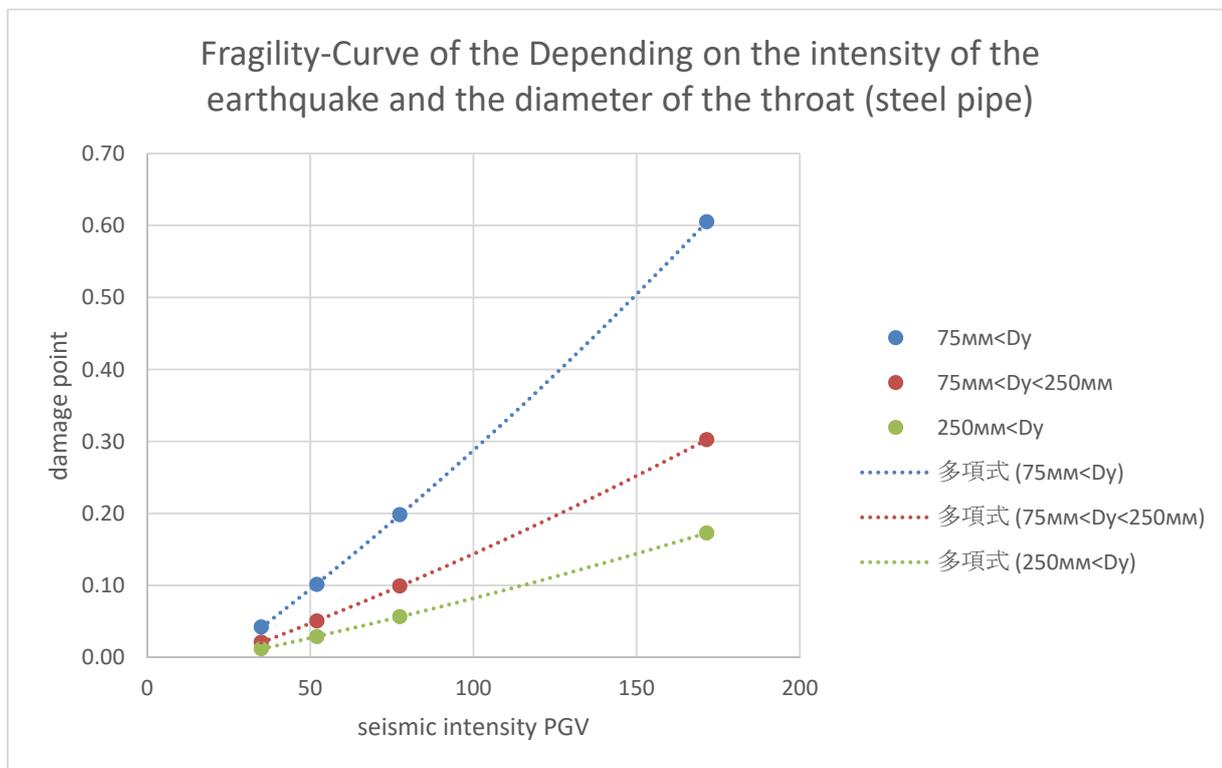
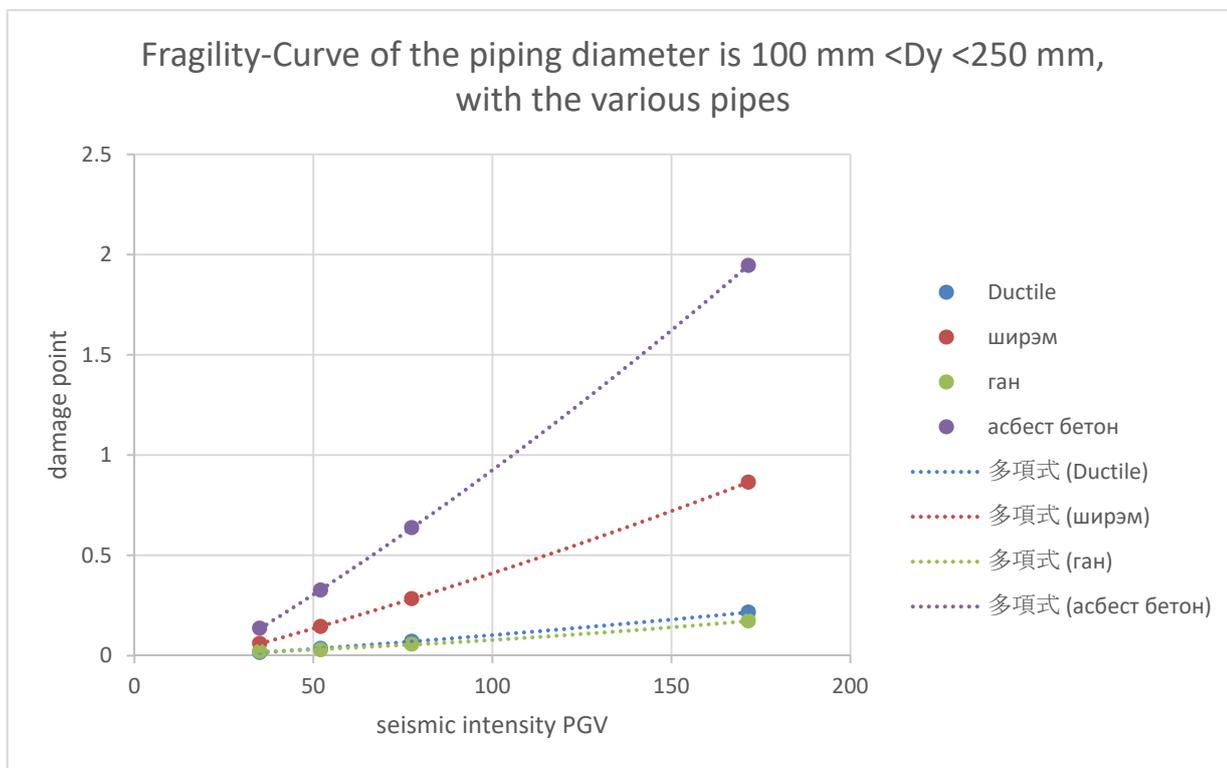
ウランバートル市の道路のフラジリティ曲線



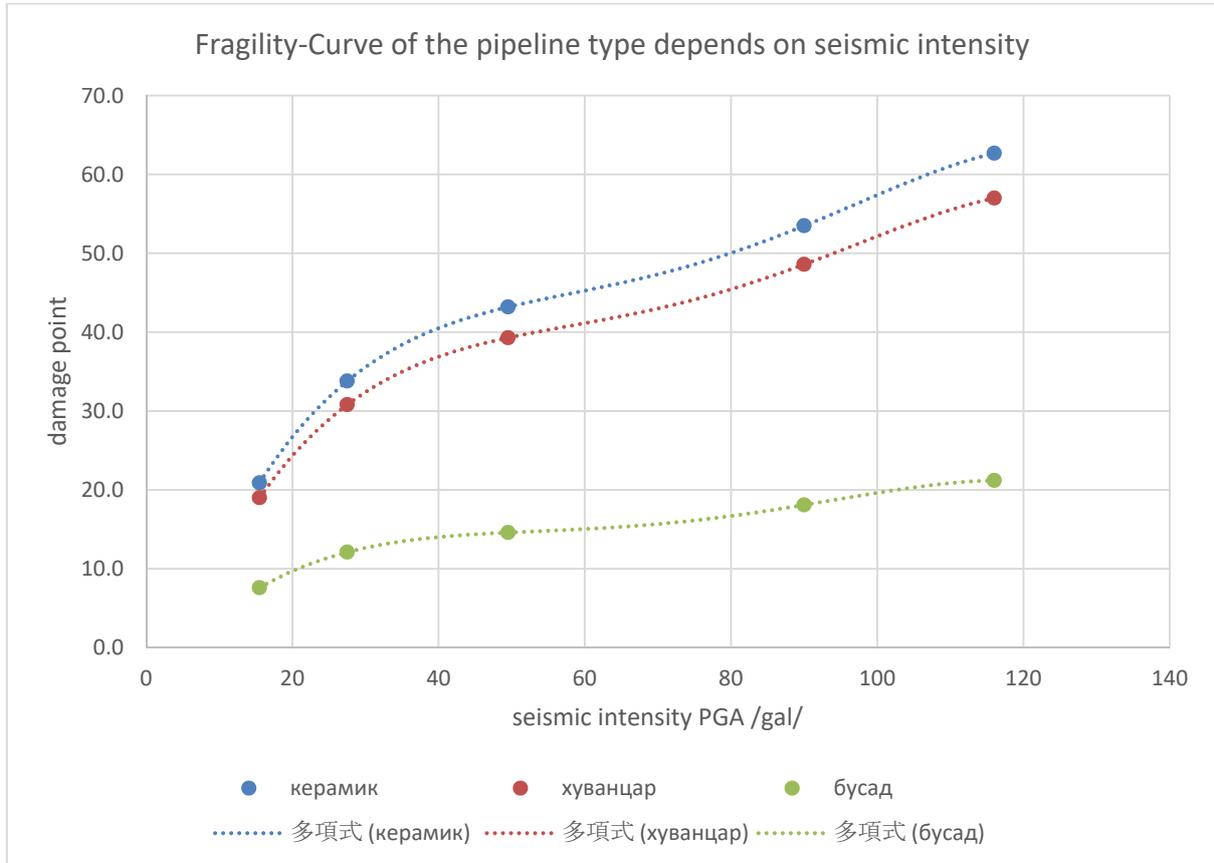
ウランバートル市の道路のハザードマップ



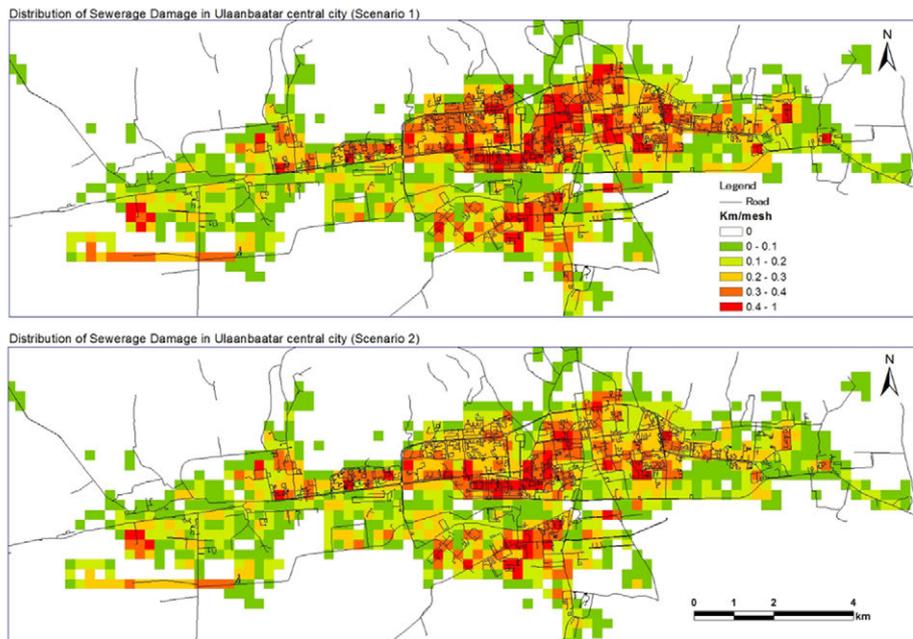
ウランバートル市の上水配管のフラジリティ曲線



ウランバートル市の下水配管のフラジリティ曲線

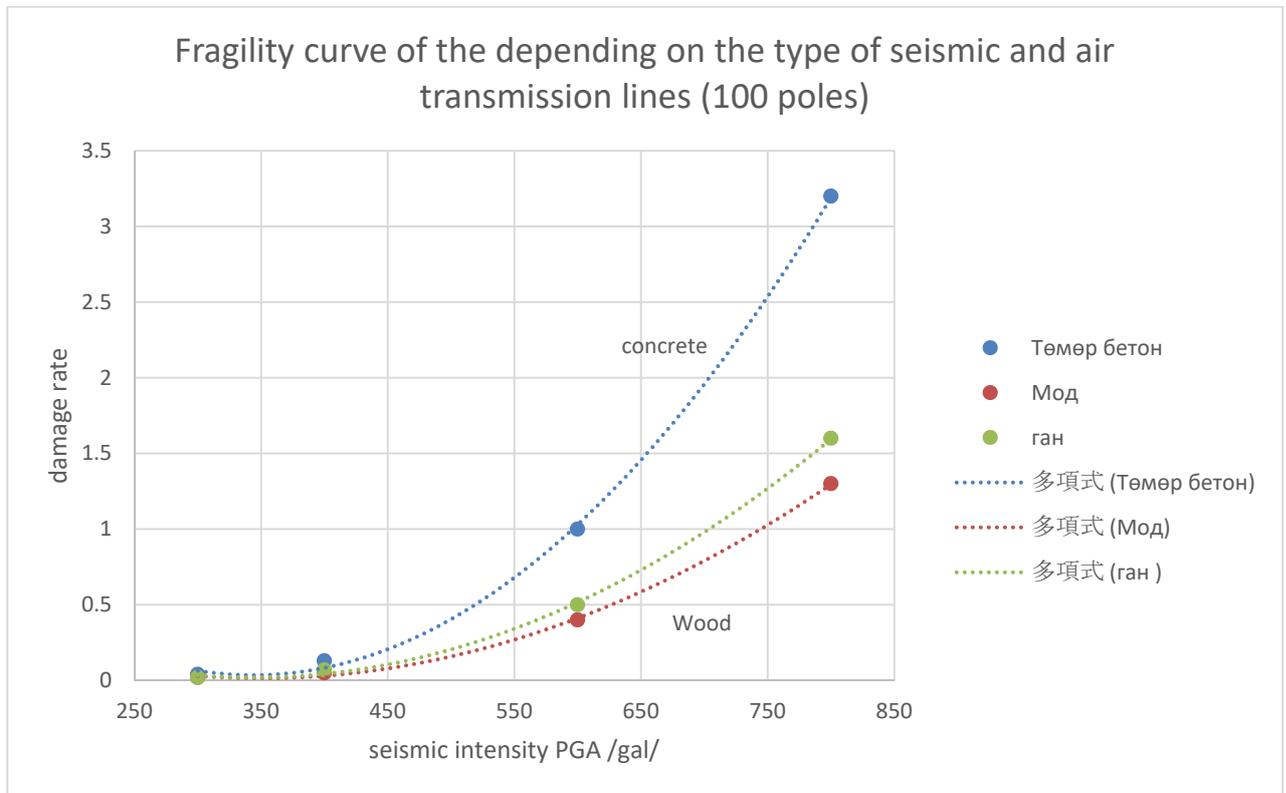


ウランバートル市の下水配管のハザードマップ

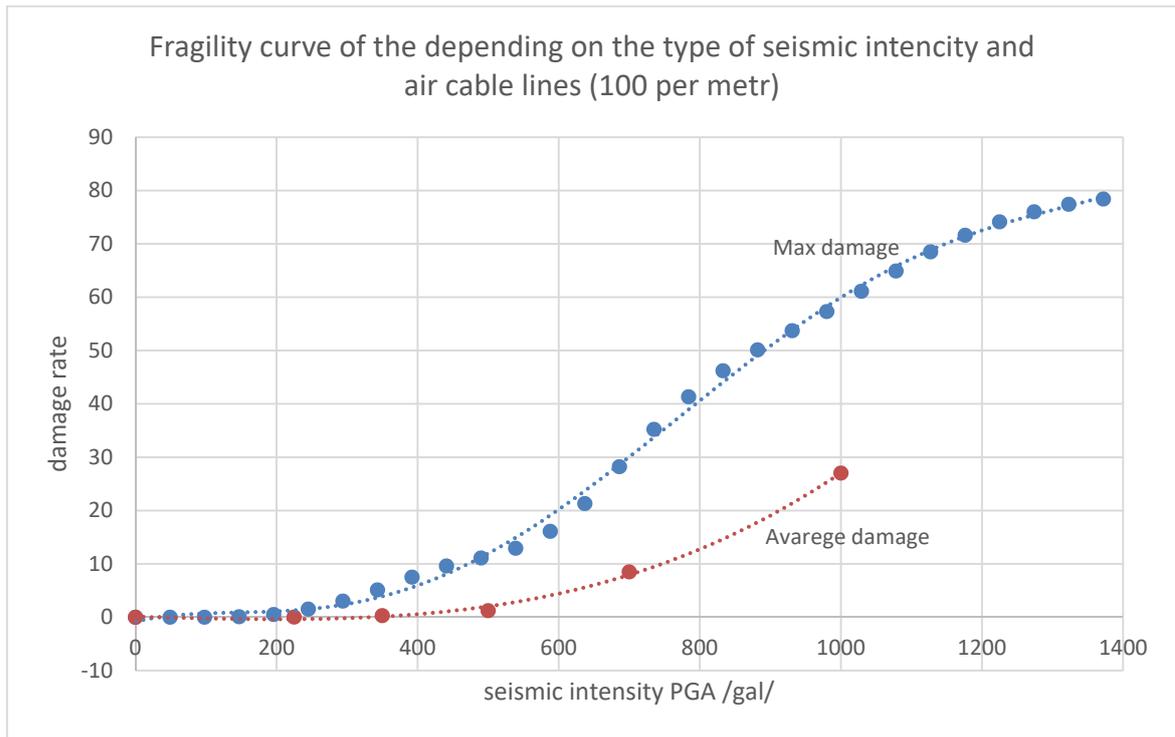


ウランバートル市の電力供給システムの fragility 曲線

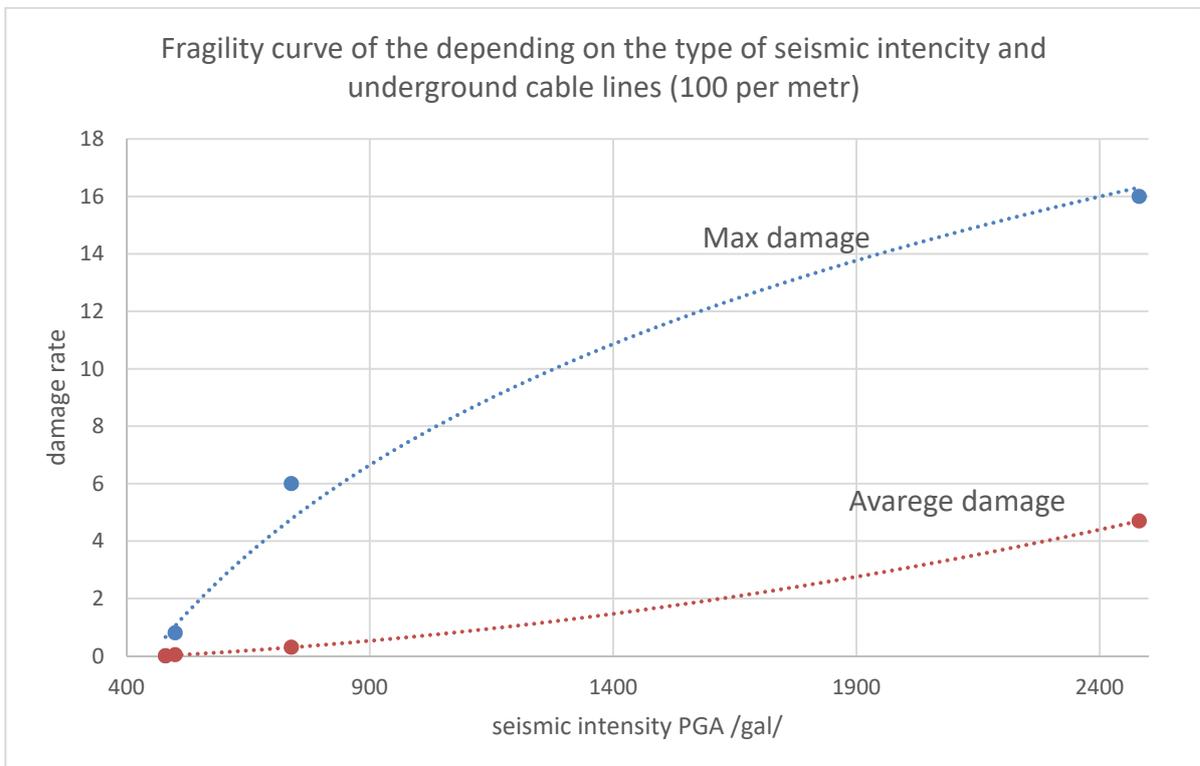
1. 電柱



2. 架空線



3. 地中線



アルジェリア共和国、ウィラヤアルジェ市の簡易地震リスク評価

G.1 橋梁のリスク評価

都市部の輸送に関して、地震後の道路機能の損傷状況を想定するには、交通輸送の要である道路橋の損傷を評価することが有効である。

多くの場合、損傷評価は橋梁個別実施される。以下に 2 種の代表的な方法を示す。

G.1.1 片山の方法 (Kubo and Katayama による)

本手法は、図 G.1.1 に示される手順により行われる。

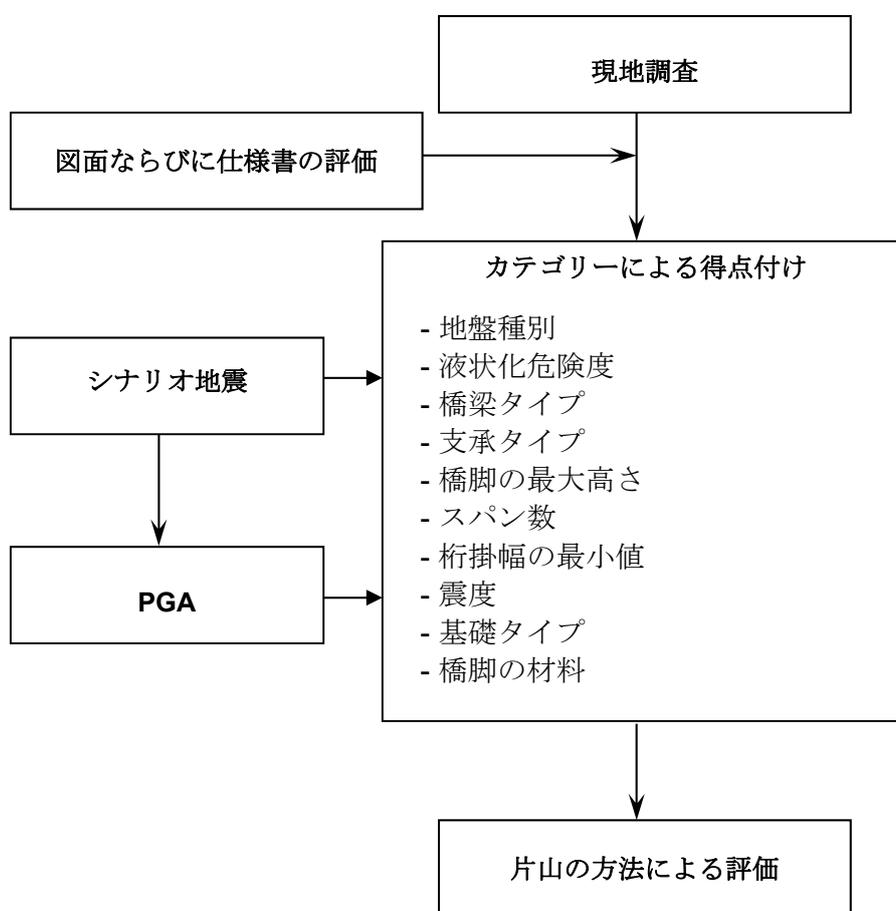


図 G.1.1 橋梁の安定性解析のフローチャート

- 1) 調査は対象とする橋梁の構造と、周辺の地盤状態について実施される。
- 2) 橋梁建設地点における地震動（震度）と液状化危険度を設定する。
- 3) 上記を基に、各評価項目についてカテゴリとその得点を選択する。
- 4) 各カテゴリの数値を掛け合わせて総得点とし、橋梁落下リスクを評価する。

片山の方法では 10 種の項目を橋梁落下の要因として考えている。各項目は複数のカテゴリに分かれ、難しい計算なしにカテゴリを選択できる。得点表は表 G.1 に示すとおりである。表 G.1 に

示されるカテゴリーは検討してん状況を鑑みて元の記述から変更されている。

表 G.1 橋梁安定解析における得点表

項目	カテゴリー	得点
地盤種別 ¹⁹	硬い地盤	0.5
	普通の地盤	1.0
	軟らかい地盤	1.5
	非常に軟らかい地盤	1.8
液状化危険度 ²⁰	液状化しない	1.0
	液状化の可能性あり	1.5
	液状化する	2.0
橋梁タイプ	アーチあるいはラーメン桁	1.0
	連続桁	2.0
	単純桁	3.0
支持形式 ²¹	特別な装置あり (橋梁落下防止策等)	0.6
	支持工 (設計が明確)	1.0
	軸方向に可動する支持工	1.15
橋脚の最大高さ	5 m 未満	1.0
	5 ~ 10 m	1.35
	10m 超過	1.7
スパン数 s	1	1.0
	2 以上	1.75
桁掛幅	広い	0.8
	狭い	1.2
日本の気象庁震度階 (計測震度)	5 弱 (5.0 未満)	1.0
	5 強 (5.0 以上、5.5 未満)	1.7
	6 弱 (5.5 以上、6.0 未満)	2.4
	6 強 (6.0 以上、6.5 未満)	3.0
	7 (6.5 以上)	3.5
基礎タイプ	パイルベント	1.4
	その他	1.0
橋脚の材料	無筋コンクリート、その他	1.4
	鉄筋コンクリート	1.0

¹⁹: 地盤種別

元	修正後のカテゴリー
硬い地盤	硬い地盤：劣化のない、あるいはかすかに劣化した岩盤
普通の地盤	普通の地盤：劣化した (中程度劣化した) 岩盤
軟らかい地盤	軟らかい地盤：埋め土あるいは洪積層
非常に軟らかい地盤	非常に軟らかい地盤：埋め土あるいは沖積層

²⁰: 液状化危険度

元	修正後のカテゴリー
液状化しない	液状化しない
液状化の可能性あり	液状化危険度： $0 \leq P_L < 15$
液状化する	液状化危険度： $15 \leq P_L$

21: 支持種別

元		修正後のカテゴリー	
カテゴリー	得点	カテゴリー	得点
特別な装置あり (橋梁落下防止策等)	0.6	特別な装置あり (橋梁落下防止策等)	0.6
支持工 (設計が明確)	1.0	支持工 (設計が明確)	1.0
軸方向に可動する支持工	1.15	軸方向に可動する支持工	1.15
		耐震システム	
		桁掛部からの落下 防止策あり	0.6
		免震支承	0.9

表 G.1 に示される数値が各カテゴリーの得点として与えられる。

リスク評価の結果は、各数値を次式に代入することで得られる。

$$y_i = \prod_{j=1}^N \prod_{k=1}^{M_j} X_{jk}^{\delta_i(jk)}$$

ここで、

y_i : 橋梁 i の損傷指標

N : 全項目数

M_j : 項目 j のカテゴリー数

$\delta_i(jk)$: ダミー変数 (橋梁 i の特性に当てはまる場合は $\delta_i(jk) = 1$ 、その他は $\delta_i(jk) = 0$ とする)

X_{jk} : 項目 j におけるカテゴリー k の得点

$\prod_{j=1}^N$: 1 から N までの総乗

過去の 3 地震 (1923 関東地震、1948 福井地震、1964 新潟地震) における 30 橋梁の被害から、表 G.2 に示すように損傷の閾値を設定した。

表 G.2 橋梁の損傷と閾値

損傷の程度		得点
A	- 支持部からの桁の落下の可能性：高 - 過大な変形が生じる - 長期間の使用不可、建て替えが求められる	30 以上
B	- 支持部からの桁の落下の可能性：中 - 変形が生じる - 一時的に使用不可、補修/補強は求められる	26 以上 30 未満
C	- 支持部からの桁の落下の可能性：低 - 僅かな変形が生じる - 点検後、使用可能	26 未満

注:

本手法は巨大災害時の橋梁の詳細な点検結果に基づく定量化手法である。30 年以上前の結果に基づくもので近年の損傷データは反映されていないが、汎用性の高いことから現在でも用いられている。

評価手法の優位点は、橋梁の構造、地盤種別、地震マイクロゾーニング等の属性を結果に反映できることにある。また、損傷に係るデータを使用して地域特性を考慮した得点や閾値を設定することも優位点として挙げられる。

本検討においては2003年ブメルデス地震（アルジェリア）の記録を用いて検証が行われた。

G.1.2 日本道路協会の方法

本手法は、橋梁点検シート（表 G.3 参照）を参照して確定された梁構造、設計基準年、地盤条件といった特性に従って計算される値を基に、耐震性を評価するものである。

橋梁点検は定期的実施され、その結果はデータベースに格納される。

表 G.3 橋梁点検に含まれる項目

主項目	副項目
上部構造	(1) 基準の適用年 (2) 上部構造の設計/施工 (3) 上部構造の材料 (4) 橋梁落下防止システム
下部構造	(5) 下部構造種別 (6) 橋梁高さ (7) 地盤種別 (8) 液状化危険度
主筋定着部の強度	(9) シアスパン比 (10) 定着部の曲げ引張りひび割れ (11) ベースおよび定着部の安全率 (12) 主筋定着部における降伏強度に対する安全率 (13) せん断応力度
下部構造の変形	(14) 支持部の変形 (15) 下部躯体の変形 (16) 基礎の変形 (17) 基礎梁等の変形 (18) 下部構造の設計/施工

注

各橋梁は基準（ガイドライン）に従って建設されているので、参照されているガイドラインが明らかであれば、橋梁の耐震特性を想定することは容易である。

同時に、公共の住宅の形状が施工方法によって様々であることとは異なり、公共構造物である橋梁の形状はほとんど変わらない。したがって、日本のように橋梁の建設ガイドラインが永く確立されている国においては、そのようなガイドラインを参照することは損傷の程度を想定する上で重要な変数となる。

本手法はガイドラインを変数として用いるという点で唯一のものである。

建設日もまた HAZUS の損傷評価手法における極めて重要な変数である。新しい橋梁ほど耐震性が高いという考え方は正当に思われることから、この考え方は有効である。

日本では全ての橋梁が定期点検を受け、その結果は個々管理事務所で作成される橋梁諸元シートに記載される。そのような環境ではこの方法はかなり有効で、耐震性評価を容易にするものである。

一方、このような点検シートがない場合には、点検シートの作成から始めなくてはならず、この手法を実施するにはかなりの時間と費用が掛かる。橋梁点検シートは橋梁点検のため、定期的に見直されなくてはならない。このため、橋梁点検シートを作成する際には、関連する種々の団体（公共機関、教育機関、経済団体）からコンセンサスを得る必要がある。

アルジェリアにおいては最近、日本で適用された諸元シートは適用されなくなった。そのため、この評価シートは適切ではない。

G.2 上水道のリスク評価

図 G.2-1 に示されるように、上水システムが複数の施設で構成されている。

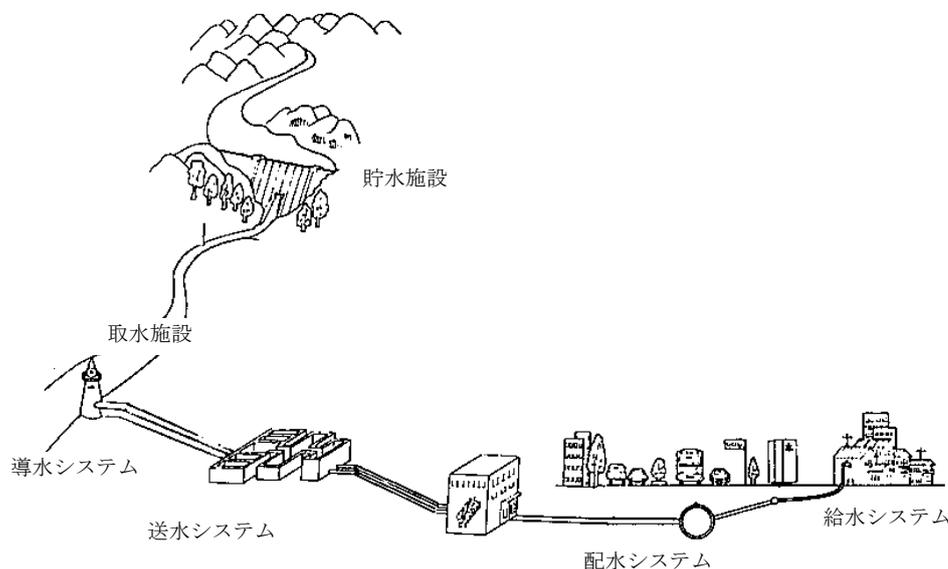


図 G.2-1 上水システムの概要図

各施設の耐震特性を以下にまとめる。

(i) 貯水、導水、水処理、配水システム

これらの施設は基本的には耐震基準に従って設計されている。過去の地震と同程度の地震に対しては軽微な損傷は発生するものの、機能損傷は発生しない。ただし、古い基準で建設されているような施設も存在している。このような場合は、耐震診断を実施することが推奨される。

(ii) 水処理施設

多くの場合、水処理施設は動力源として電力によっている。したがって、停電期間における運転状況をチェック/評価することが必要である。

(iii) 送水、配水、給水施設

送水、配水、給水施設の主要な部分は埋設配管である。給水システムにおける全設備を除いて、これらの設備は過去の地震で多くの被害を受けたと報告されている。

上記に示したように、埋設配管は過去にかなりの被害を受けた。さらに配管の被害は様々な機能に悪影響を与えた。このようなわけで、上水システムの損傷評価において埋設配管の損傷評価を行うこととした。

損傷は配管長に対する損傷個所数によって推定される。損傷推定は過去の地震被害に基づく標準被害率に、地盤種別、液状化危険度、配管材料、配管径に関する係数を考慮して求める。これらの係数は耐震特性として個別に評価される。以下に示す 3 式は、形式は異なるものの概念は同一である。

日本の地方自治体

$$R_{fm} = R_f * C_g * C_p * C_d \quad (G2.1)$$

ここで、

R_{fm} : 被害率 (箇所/km)

R_f : 標準被害率 (箇所/km)

C_g : 液状化危険度を含む地盤種別に係る修正係数

C_p : 配管材料に係る修正係数

C_d : 配管径に係る修正係数

日本水道協会 (1998)

$$R_w = C_g * C_l * C_p * C_d * R_{sw} \quad (G2.2)$$

ここで、

R_w : 被害率 (箇所/km)

R_{sw} : 標準被害率 (箇所/km)

C_g : 地盤種別に係る修正係数

C_l : 液状化危険度に係る修正係数

C_p : 配管材料に係る修正係数

C_d : 配管径に係る修正係数

水道技術研究センター (2000)

$$\text{損傷個所数} = C_p * C_d * C_l * S_d * L \quad (G2.3)$$

ここで、

S_d : 標準被害率 (箇所/km)

C_p : 配管材料に係る修正係数

C_d : 配管径に係る修正係数

C_l : 液状化危険度に係る修正係数

L : 当該グリッドにおける各配管材料・配管径に対応する配管長(km)

標準被害率と修正係数については以下に示すように様々なものが提案されている。式あるいは係数の選択においては、当該地域における最新の状況と、過去の地震被害記録との整合等を基に判断する必要がある。

標準被害率

標準被害率を計算するための地震動指標は3種ある。

地表面最大加速度 (PGA)

PGA を用いた標準被害率は、サンフェルナンド地震における埋設配管の被害から図 G2.2 に示されるような曲線として Kubo&Katayaka(1975)により得られた。

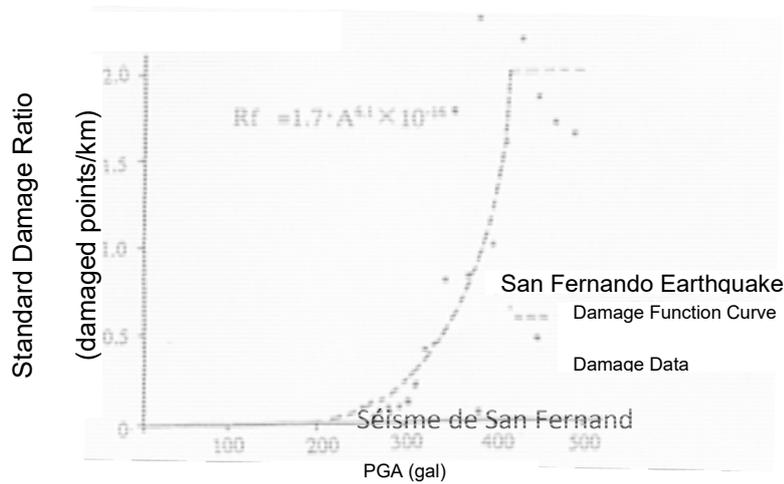


図 G2.2 1971 サンフェルナンド地震における埋設配管の PGV と標準被害率の関係

標準被害率の式は以下のように与えられる。

$$R_f = 1.7 * A^{6.1} * 10^{-16}、ただし、R_f \leq 2.0 \quad (G2.4)$$

R_f : 標準被害率 (箇所/km)

A : 地表面最大加速度 (gal)

地表面最大速度 (PGV)

PGV を指標とする標準被害率の式は 4 種ある。

1) 1995 兵庫県南部地震・他における上水配管の損傷記録に基づく式

$$R_f = 2.24 * 10^{-3} (V - 20)^{1.51} \quad (G2.5)$$

R_f : 標準被害率 (箇所/km)

V : 地表面最大速度 (cm/sec)

2) 1995 兵庫県南部地震における西宮市の上水配管の損傷記録に基づく式

$$R_f = \begin{cases} (V - 20) * 0.0125 * 0.8 & (\text{DIP} - \text{A, K, T}) \\ (V - 70) * 0.0125 * 0.8 & (\text{DIP} - \text{S, P}) \\ (V - 20) * 0.0125 * 3.0 * (2 / 3) & (\text{CIP} - \text{A}) \\ (V - 20) * 0.0125 * 0.8 & (\text{SP}) \end{cases} \quad (G2.6)$$

R_f : 標準被害率 (箇所/km)

V : 地表面最大速度 (cm/sec)

DIP : ダクタイル鋳鉄管

CIP : 鋳鉄管

SP : 鋼管

A, K, T, S, P : 接続部の形状

3) 1995 兵庫県南部地震における上水配管の損傷記録に基づく日本水道協会(1998)の式

$$R_{sw} = \begin{cases} 0 & (V_{max} < 15 \text{ cm/sec}) \\ 3.11 * 10^{-3} (V_{max} - 15)^{1.30} & (V_{max} \geq 15 \text{ cm/sec}) \end{cases} \quad (G2.7)$$

R_{sw} : 標準被害率 (箇所/km)

V_{max} : 地表面最大速度 (cm/sec)

4) 1995 兵庫県南部地震における上水配管の損傷記録に基づく水道技術研究センター(2000)の式

$$S_d = 6.33 * 10^{-5} V^{2.10} \text{ ----- } (V \leq 110 \text{ kine}) \quad (G2.8)$$

S_d : 標準被害率 (箇所/km)

V : 地表面最大速度 (cm/sec)

SI 値

SI 値による標準被害率の式は 1995 兵庫県南部地震における上水配管の被害記録から得られた。

$$R_f = 0.025 * SI - 0.51、ただし、 $R_f \leq 1.5$ \quad (G2.9)$$

R_f : 標準被害率 (箇所/km)

SI : SI 値 (cm/sec)

液状化危険度を含む地盤種別に係る補正係数

この補正係数は地域特性によるものである。表 G2.1 は日本の地方自治体の式に、表 G2.2 は日本水道協会の式に、表 G2.3 は水道技術研究センターの式にそれぞれ対応する。

表 2.1 日本の地方自治体の式で用いられる地盤種別に係る補正係数

地盤種別	秋田県、新潟県、広島県、宮崎県	地盤種別	仙台市	
山地	0.5	山地	0.4	
台地	0.5	Plateau	0.5	
沖積平野	1.0	Alluvial Plain	1.0	
軟弱地盤	2.0	軟弱地盤、埋立地	2.0	
地盤種別	宮城県	地盤種別	福井県	
沖積世以前	0.5	Diluvium	0.5	
沖積平野	1.0	Alluvium	1.0	
腐植土	2.0	Alluvium (Humus)	2.0	
埋立地	2.0	地盤種別	青森県	
地盤種別	埼玉県	洪積世	0.5	
Dc, Ds, Dg	0.5	沖積世	ローム	0.9
Lm	0.9		粘土、砂	1.0
Ac, As	1.0		腐植土	2.0
Ap	2.0	地盤種別	山口県、広島市	
Ground Type	NAGANO Prefecture	1種	0.6	
1種	0.6	2種	1.3	
2種	1.3	3種	1.3	
3種	1.3	4種	1.9	
4種	1.9	地盤種別境界	2.5	

液状化危険度指標 (P _L)	0	5	10	15	20
東京、川崎市	1.0	1.2	1.5		3.0
札幌市	1.0	1.1	1.3		2.1
静岡県	1.0	1.0	2.9		4.7
宮城県、宮崎県、仙台市	-	-	2.9		4.7
青森県、秋田県、埼玉県、広島県	-	-	2.9		4.7
福井県	-	-	2.5		3.5
新潟県	-		-		3.0

地盤種別に係る係数と液状化危険度に係る係数の両者が与えられた場合には、それらの最大値を採用する。

表 G2.2 日本水道協会の式で用いられる地盤種別に係る補正係数

液状化危険度	C ₁
なし (0 ≤ P _L ≤ 5)	0.9
部分的 (5 < P _L ≤ 15)	1.0
あり (P _L > 15)	1.6

表 G2.3 水道技術研究センターの式で用いられる地盤種別に係る補正係数

地盤種別	C_g	液状化危険度		C_l
山地 山地での埋め土	1.1	液状化危険度	高 ($P_L > 15$)	2.4
台地, 丘	1.5		中 ($5 < P_L \leq 15$)	2.0
旧河道、後背湿地、平野での埋め土、海岸	3.2		低 ($0 \leq P_L \leq 5$)	1.0
谷底低地、扇状地、崖、自然堤防（開拓部、未開拓部）	1.0			

配管材料ならびに配管径に係る補正係数

この補正係数は過去の地震損傷記録の分析に基づいたものである。地方自治体による補正係数の適用方法は2種類ある。一方は配管材料と配管径の2つを指標として1つの係数を求めるもの（表 G2.4～表 G2.6）、もう一つは配管材料と配管径それぞれに対して係数を求め、それらを掛け合わせるもの（表 G2.7～表 G2.9）である。日本水道協会ならびに水道技術研究センターでは後者の方法を採用している（表 2.10～表 2.11）

表 G2.4 日本の地方自治体（福岡県）の式で用いられる配管材料ならびに配管径に係る補正係数

材料 \ 径(mm)	≤ 75	100 - 125	150 - 350	400 -
アスベストセメント	10.2	5.3	3.9	3.3
ポリ塩化ビニル	2.6	1.9	1.9	-
鋳鉄	1.4	1.0	0.8	0.3
ダクタイル鋳鉄	1.1	0.5	0.5	0.1
鋼（ねじ接手）	10.5	5.5	4.0	3.4
鋼（溶接接手）	0.5	0.3	0.2	0.1

表 G2.5 日本の地方自治体（三重県）の式で用いられる配管材料ならびに配管径に係る補正係数

材料 \ 径(mm)	≤ 75	100 - 150	200 - 250	300 - 450	500 -
ダクタイル鋳鉄	2.1	1.0	1.0	1.0	0.1 (0.2)
鋳鉄	1.7	1.2	1.1	0.6	0.2
鋼	2.8	1.5	1.3	0.9	0.8

表 G2.6 日本の地方自治体（東京都、札幌市、川崎市）の式で用いられる配管材料ならびに配管径に係る補正係数

材料	径 ϕ (mm)	係数
ダクタイル鋳鉄	$\phi \leq 75$	0.6
	$100 < \phi \leq 450$	0.3
	$500 < \phi \leq 900$	0.09
	$1,000 < \phi$	0.045

鋳鉄	$\phi \leq 75$	1.7
	$100 < \phi \leq 250$	1.2
	$300 < \phi \leq 900$	0.4
	$1,000 < \phi$	0.15
鋼	$\phi \leq 75$	0.84
	$100 < \phi \leq 250$	0.42
	$300 < \phi$	0.24
ポリ塩化ビニル	$\phi \leq 75$	1.5
	$100 < \phi$	1.2
アスベストセメント	$\phi \leq 75$	6.9
	$100 < \phi \leq 250$	2.7
	$300 < \phi$	1.2

表 G2.7 日本の地方自治体（静岡県）の式で用いられる配管材料ならびに配管径に係る補正係数

材料	Coefficient of Pipe Material	Coefficient of Pipe Diameter	
鋼（ねじ接手）	10.0	< 100 mm	1.3
		100 mm ≤	0.75
鋼（溶接接手）	0.1	< 1,000 mm	1.0
		1,000 mm ≤	0.5
Cast Iron	1.0	< 400 mm	1.5
		400 – 1,000 mm	0.3
		1,000 mm ≤	0.15
Ductile Cast Iron	0.25	< 500 mm	1.3
		500 – 1,000 mm	0.3
		1,000 mm ≤	0.15
Asbestos Cement	3.0	< 100 mm	2.3
		125 – 250 mm	0.9
		300 mm ≤	0.4
PVC	1.5	< 100 mm	1.1
		100 mm ≤	0.9

表 G2.8 日本の各地方自治体の式で用いられる配管材料に係る補正係数

配管材料	宮城県	青森県、 埼玉 県	神奈川県	秋田県、 長野 県	広島県	新潟県、 宮崎 県	仙台市	山口県	福井県
鋳鉄	1.0								
ダクタイル鋳鉄	0.2								0.3
鋼	-	-	2.0			-	-		
鋼（溶接接手）	0.1								
鋼（ねじ接手）	2.0	-	2.0	-				2.8	

ステンレス鋼	0.1	-				
鋼（ソケット接手）	-	0.8	-			0.8
鉛	0.8	-		1.0*	-	
ポリ塩化ビニル	1.5			1.0	0.8	1.2
アスベストセメント	4.0		2.0	1.0	4.0	1.3
ポリエチレン	-	0.1		-		0.2
コンクリート	-			1.0	-	
主配管	0.1	-				

表 G2.9 日本の各地方自治体の式で用いられる配管径に係る補正係数

配管径 (mm)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
宮城県	1.3	0.9	0.6	0.5	0.3						
長野県	1.33	-	0.67	-	0.5					0.33	
神奈川県	1.3	0.8			0.4				0.2		
秋田県、広島県、仙台市	1.2	0.6		-	0.4				0.2		
青森県	1.2	0.6			0.4					0.2	
埼玉県	1.2	0.6		-	0.4				-	0.2	
新潟県	2.0	*	0.6	-	0.4				-	0.2	
福井県	1.0	0.6		-	0.4				-	0.2	
宮崎県	1.0			0.5		0.4				0.2	
山口県	1.0	0.8	0.6	-	0.4	-	0.3		-	0.1	
広島市	1.0	-	0.6	-	0.4	-	0.3		-	0.1	

* 新潟県：径 150-125mm の係数は 1.5
“-”：対応する配管径の値は示されていない。

表 G2.10 日本水道協会の式で用いられる配管材料ならびに配管径に係る補正係数

配管材料	C _p
鋼（溶接接手）	0.3
ダクタイル鋳鉄	0.3
鋳鉄	1.0
ポリ塩化ビニル	1.0
アスベストセメント	1.2
鋼（ねじ接手）	2.0
ポリエチレン	0.1
その他	1.0
不明	1.0

配管径	C _d
500 mm 以上	0.5
200 – 450 mm	0.8
100 – 150 mm	1.0
75 mm 以下	1.6

表 G2.11 水道技術研究センターの式で用いられる配管材料ならびに配管径に係る補正係数

配管材料	C_p	配管径	C_d
ダクタイル鋳鉄 (A, K, T)*	0.3	75 mm	1.6
ダクタイル鋳鉄 (S, SII)*	0.0	100 to 150 mm	1.0
鋳鉄	1.0	200 to 250 mm	0.9
鋼 (溶接接手)	0.3**	300 to 450 mm	0.7
ポリ塩化ビニル	1.0	500 to 600 mm	0.5***
鋼 (ねじ接手)	4.0**		
アスベストセメント	2.5**		

***: 参照値は限られたデータによるものである

*: A, K, T, S, SII: 接手部タイプ

** : 参照値は限られたデータによるものである

注 :

(1) 標準被害率

前記のように標準被害率の算定方法は3種ある。

近年の研究によれば、地震による損傷はPGAよりもPGVに良く対応している。また、SI値と損傷の対応はさらに良い。したがって、今後はより多くの頻度で、PGVあるいはSI値を用いて標準被害率を求めることが望ましい。

一方、PGAによる標準被害率の算定も日本の自治体で広く行われており、現在の状況の妥当性を比較・検討する上で容易な方法である。

本検討においては、ハザードマップによりPGAの分布が得られることから、PGAによる標準被害率を適用した。

(2) 液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数

液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数として様々な値が適用されている。

補正係数を精度よく確定するための十分な情報が得られないので、本検討においては、PGAを用いた標準被害関数に対して、前記の値の内平均的なものを採用した。

(3) 配管材料と配管径に関する補正係数

液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数と同様、配管材料と配管径に関する補正係数に関しても多くの値が適用されている。

補正係数を精度よく確定するための十分な情報が得られないので、本検討においては、PGAを用いた標準被害関数に対して、前記の値の内平均的なものを採用した。

G.3 下水道のリスク評価

前記の設備の内、埋設配管（埋設排水管、接続管）とマンホールは過去の地震において多くの被害が報告されているが、耐震設計が行われているポンプ施設や水処理施設では被害事例が少ない。このことから、下水の損傷評価は下水道の損傷評価として実施する。

日本においては地震時における下水の被害がほとんど報告されていない。そこで、多くの検討においては上水と同様の方法（G.2参照）が採用されている。

前記のように、現状では下水の損傷評価は上水の損傷評価と同様である。

本検討においては、配管径が 1m 程度以上の主要な埋設配管のデータのみ入手可能である。したがって、上水に対して実施する損傷評価よりは定性的な評価が望ましいと考えられる。

G.4 電力供給システムのリスク評価

前記の施設の内、中低圧送電線（配電線）と電柱については多くの地震被害が報告されているのに対し、発電所、高圧送電線、変圧器は、耐震設計が実施されているため、被害は少ない。

したがって、電力供給システムの損傷評価として、電柱と配電線の損傷評価を行うこととする。配電線については架空線と地中線に区別する。

G.4.1 電柱

電柱の損傷評価の方法について、下記の 2 つを取り上げる。

G.4.1.1 標準被害率を用いる方法

この方法は、1995 兵庫県南部地震前後に大別される。

1) 1995 兵庫県南部地震以前の方法（1991）

$$N_h = C_{gl} * R(A) * N \quad (G4.1)$$

$$R(A) = \begin{cases} 0 & (A < 150 \text{ gal}) \\ 0.0053A - 0.795 & (150 \leq A < 300 \text{ gal}) \\ 0.8 & (300 \text{ gal} \leq A) \end{cases}$$

ここで、

N_h : 損傷電柱数

C_{gl} : 液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数（上水道の場合と同様）

$R(A)$: 標準被害関数

A : 地表面最大加速度 (gal)

N : 電柱数

2) 1995 兵庫県南部地震以後の方法（1997）

$$N_d^P = C_l * R / 100 * N + N_f * N \quad (G4.2)$$

ここで、

N_d^P : 損傷電柱数

C_l : 液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数（上水道の場合と同様）

R : 標準被害関数（下表参照）

気象庁震度 地方自治体	5 強以下	6 弱	6 強	7
青森県	0.00	0.47		6.68
東京都	0.00	0.55		設定なし
札幌市	0.00	0.47	2.86	6.68
川崎市	0.00	0.47		設定なし

N : 電柱数

N_f : 焼失率

G.4.1.2 地震動-被害率マトリクスを用いる方法

この方法は、PGA を用いる方法と気象庁震度を用いる方法に大別される。

1) PGA を用いる方法

この方法には、1964 新潟地震と 1978 宮城県沖地震に基づく方法と、1995 兵庫県南部地震をこれらの地震に加えたものに基づく方法の 2 種がある。得られた被害率を表 G4.1 と表 G4.2 に示す。

表 G4.1 1964 新潟地震と 1978 宮城県沖地震に基づく電柱被害本数 (100 本あたり)

電柱		神奈川県、秋田県、富山県、福井県、宮城県					
		PGA (gal)	≤150 gal	151 – 300 gal	301 – 400 gal	401 gal≤	液状化地域: $P_L \geq 15$
折損数	コンクリート製		0.00	0.00	0.01	0.03	0.9
	木製		0.00	0.00	0.01	0.02	0.2
損傷数	コンクリート製		0.00	0.00	0.03	0.10	3.4
	木製		0.00	0.00	0.01	0.03	0.9

表 G4.2 1964 新潟地震、1978 宮城県沖地震、1995 年兵庫県南部地震に基づく電柱被害本数 (100 本あたり)

電柱		埼玉県							
		PGA (gal)	≤150 gal	151 – 300 gal	301 – 400 gal	401 – 600 gal	601 – 800 gal	801 gal≤	液状化地域: $P_L \geq 15$
被害数	コンクリート製		0.0	0.0	0.04	0.13	1.0	3.2	4.3
	木製		0.0	0.0	0.02	0.05	0.4	1.3	1.1

2) 気象庁震度を用いる方法

この方法には、1983 日本海中部地震と 1995 兵庫県南部地震に基づくもの、1995 兵庫県南部地震に基づくもの、の 2 種がある。得られた被害率を表 G4.3 と表 G4.4 に示す。

表 G4.3 1983 日本海中部地震と 1995 兵庫県南部地震に基づく電柱被害率

気象庁震度	標準被害率	福岡県	
		液状化係数	被害率
5 強以下	被害なし	-	被害なし
6 弱	0.13 %	$0.98 + 0.014 P_L$	$0.13 + 0.0018 P_L$
6 強以上	0.49 %	$0.99 + 0.006 P_L$	$0.49 + 0.0029 P_L$

表 G4.4 1995 兵庫県南部地震に基づく電柱被害率

気象庁震度	栃木県	
	柱上変圧器等	
	あり	なし
7	1.8 %	1.3 %

G.4.2 架空線

架空線の損傷評価の方法について、下記の2つを取り上げる。

1) 電柱の被害評価を用いる方法

この方法として4つの式がある、各式は異なるものの、電柱と架空線の被害率の関係を被害電柱本数に乗じるという概念は同一である。

1-1) 東京都(91)、宮城県、神奈川県、山梨県、静岡県

$$N_d^C = 0.5 [\text{span/pole}] * L [\text{m/span}] * N_d^P \quad (\text{G 4.3})$$

N_d^C : 架空線の損傷長さ (km)

L : 1 スパンあたりの平均互長

N_d^P : 被害電柱本数

1-2) 東京都(97)

$$n_d^C = a * N_d^P / L \quad (\text{G 4.4})$$

n_d^C : 架空線の損傷長さ (km)

a : 電柱 1 本あたりの架空線被害率、a = 0.396 (1995 兵庫県南部地震より)

N_d^P : 被害電柱本数

L : 架空線長さ (km)

1-3) 札幌市

$$N_d^C = L * N_d^P / N + N_f * L \quad (\text{G 4.5})$$

N_d^C : 架空線の損傷長さ (km)

L : 架空線長さ (km)

N_d^P : 被害電柱本数

N : 電柱本数

N_f : 電柱焼損率

1-4) 川崎市

$$N_d^C = a * N_d^P * L \quad (\text{G 4.6})$$

N_d^C : 架空線の損傷長さ (km)

a : 電柱 1 本あたりの架空線被害率、a = 0.5(過去の地震より)

N_d^P : 被害電柱本数

L : 1 スパンあたりの平均互長

2) 地震動-被害率マトリクスを用いる方法

この方法には2つのものがある；1つは1995 兵庫県南部地震の前に用いられたもの、もう1つは1995 兵庫県南部地震の地震記録を反映したものである。具体的な値を表 G4.5、表 G4.6 に示す。

表 G4.5 1995 兵庫県南部地震の前に用いられた架空線被害率（スパン/電柱 100 基あたり）

PGA (gal)		神奈川県、秋田県、福井県、宮崎県				
		≤150gal	151 – 300gal	301 – 400gal	401gal ≤	液状化地域: P _L ≥15
電柱	コンクリート製	0	0.01	0.32	1.2	11.0
	木製	0	0.002	0.05	0.18	2.6

表 G4.6 1995 兵庫県南部地震の地震記録による架空線被害率（スパン/電柱 100 基あたり）

PGA (gal)		埼玉県						
		≤150 gal	151 – 300 gal	301 – 400 gal	401 – 600 gal	601 – 800 gal	801 gal ≤	液状化地域: P _L ≥15
被害数	コンクリート製	0.0	0.01	0.32	1.20	8.5	27.0	11.0
	木製	0.0	0.002	0.05	0.18	1.3	4.1	2.6

G.4.3 地中線

地中線の損傷評価の方法について2つの方法を取り上げる。1つは1995 兵庫県南部地震の前に用いられたもの、もう1つは1995 兵庫県南部地震の地震記録を反映したものである。

1) 1995 兵庫県南部地震の前に用いられた手法

$$L_c = C_{gl} * R(A) * L \quad (G4.7)$$

$$R(A) = \begin{cases} 0 & (A < 200 \text{ gal}) \\ 0.002A - 0.4 & (200 \leq A < 300 \text{ gal}) \\ 0.2 & (300 \text{ gal} \leq A) \end{cases}$$

L_c : 損傷地中線長さ (km)

C_{gl} : 液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数（上水道の場合と同様）

R(A) : 標準被害率

A : 地表面最大加速度 : Peak ground acceleration (gal)

L : 地中線長さ (km)

2) 1995 兵庫県南部地震の地震記録を反映した手法

この方法は式は同じであるが、標準被害率が異なる。

地下通信ケーブルも同様の手法を採用している。ここでは、

$$N_d = C_l * R / 100 * L \quad (G4.8)$$

N_d : 損傷地中線長さ (km)

C_l : 液状化危険度に関する補正係数（上水道の場合と同様）

L : 地中線長さ (km)

R : 標準被害率

気象庁震度	標準被害率		
	東京	青森県*	札幌市*
5 強以下	0.00	0.00	0.00
6 弱	0.30	0.30	0.30
6 強			2.00
7	- **	4.70	4.70

3) アルジェリア・ウィラヤ市での評価事例

低圧線は電力供給システムの対象設備に含まれている。ただし、本検討においては、以下の理由によって低圧線の損傷評価は行わない。

アルジェリア・ウィラヤ市の低圧線は非常の複雑で、そのデジタル化は不可能であること。低圧線は建物に沿って分布していること。低圧線の損傷は建物の損傷とともに評価されること。

本検討の手順を以下に示す。

電柱

電柱の被害を想定する場合、電柱の分布（本数）を知ることが重要である。しかしながら、このデータは得られなかった。

アルジェリア・ウィラヤ市の建物の状況を鑑み、地震後火災については考慮しない。

$$\begin{aligned}
 N_d^P &= C_1 * R / 100 * N + N_f * N && (G4.9) \\
 &= C_1 * R / 100 * N + 0 \\
 &= x * N \text{ ----- } (x = C_1 * R / 100)
 \end{aligned}$$

本計算においては、関連するデータに基づき被害率を評価した。

架空線

架空線の損傷は、上記の電柱被害評価と表 G4.5 に基づき評価された。

これは、電柱の被害と架空線の被害が比例するという仮定に基づくものである。

$$\begin{aligned}
 n_d^C &= a * N_d^P / L && (G4.10) \\
 &= a * x * (N / L) \\
 &= b \text{ ----- } (b = a * x, N / L = \text{const.})
 \end{aligned}$$

各グリッドについて架空線長と被害率を掛け合わせることで、架空線の被害長を求める。

地中線

地中線の被害想定は、適用事例が多いことから、前記の「1995 兵庫県南部地震の地震記録を反映した手法」により実施した。計算においては電柱と同様に、関連するデータに基づき被害率を評価した。

G.5 ガス供給システムのリスク評価

ガス供給システムは以下の設備から構成されている。

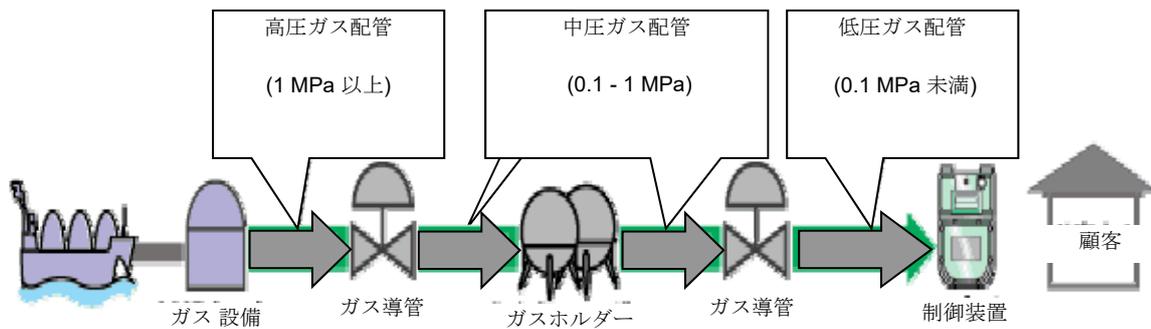


図 G5.1 ガス供給システムの概要図

上記の各設備の内、中低圧ガス導管と制御装置は過去の地震において大きな被害を受けたとされ、一方、耐震設計に基づくガス設備や高圧ガス導管には大きな被害は発生していない。

したがって、ガス供給システムの被害想定においては、中低圧ガス導管の被害想定が実施された。

被害は上水と同様に単位配管長における損傷箇所数により評価される。被害評価は過去の地震被害記録に基づく標準被害率、液化化危険度を含む地盤種別に関する補正係数、耐震性とは独立して与えられる配管材料と配管径に関する補正係数を用いて行われる。

次式は被害評価の基本的な概念を示すものである。

$$R_{fm} = R_f \cdot C_g \cdot C_p \cdot C_d \quad (G4.11)$$

R_{fm} : 被害率 (箇所/km)

R_f : 標準被害率 (箇所/km)

C_g : 液化化危険度を含む地盤種別に関する補正係数

C_p : 配管材料に関する補正係数

C_d : 配管径に関する補正係数

標準被害率と補正係数に関しては以下に示すように多くのものが推奨されている。これらの中から適切なものを選択するには、現在の状況、過去の被害記録との整合、等に基づくことが必要である。

G.5.1 標準被害率

標準被害率に用いられる地震動の指標には3種ある。

1) PGA を指標とするもの

PGA による標準被害率は、図 G5.1 に示すように、Kubo and Katayaka(1975)による 1971 サンフェルナンド地震における埋設管の被害記録の分析に基づいている。

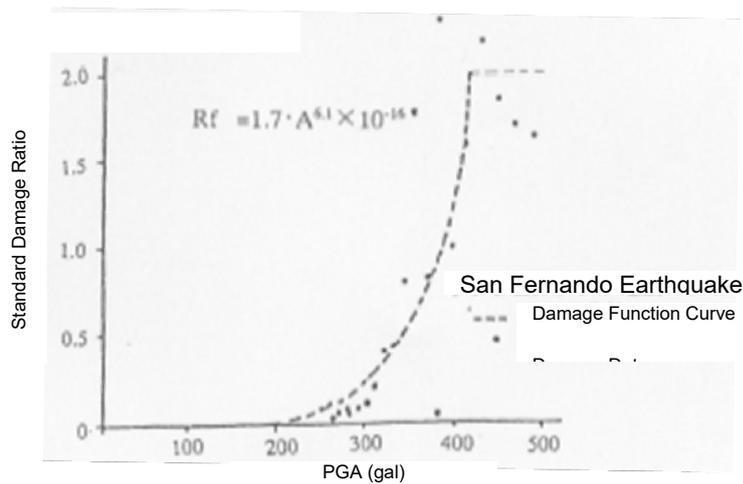


図 G5.1 1971 サンフェルナンド地震での PGA と標準被害率の関係

標準被害率に関する式は以下のものである。

$$R_f = 1.7 * A^{6.1} * 10^{-16} \text{ ----- ただし、} R_f \leq 2.0 \quad (\text{G4.12})$$

R_f : 標準被害率 (points/km)

A : 地表面最大加速度 (gal)

2) PGV を指標とするもの

PGV による標準被害率は 1995 兵庫県南部地震におけるガス供給配管の被害記録から得られた。

$$R_f = 3.89 * 10^{-3} (V - 20)^{1.51} \quad (\text{G4.13})$$

R_f : 標準被害率 (points/km)

V : 地表面最大速度 (cm/sec)

3) SI 値を指標とするもの

SI 値による標準被害率は 1995 兵庫県南部地震におけるガス供給配管の被害記録から得られた。

この方法については、2つの式が地方自治体で採用されている。

福岡県

$$R_f = 0.025 * SI - 0.76 \text{ ----- ただし、} R_f \leq 1. \quad (\text{G4.14})$$

R_f : 標準被害率 (points/km)

SI : SI 値 (cm/sec)

新潟県, 広島県, 広島市

$$R_f = 0.025 * SI - 0.5 \text{ ----- ただし、} R_f \leq 1.75 \quad (\text{G4.15})$$

R_f : 標準被害率 (points/km)

SI : SI 値 (cm/sec)

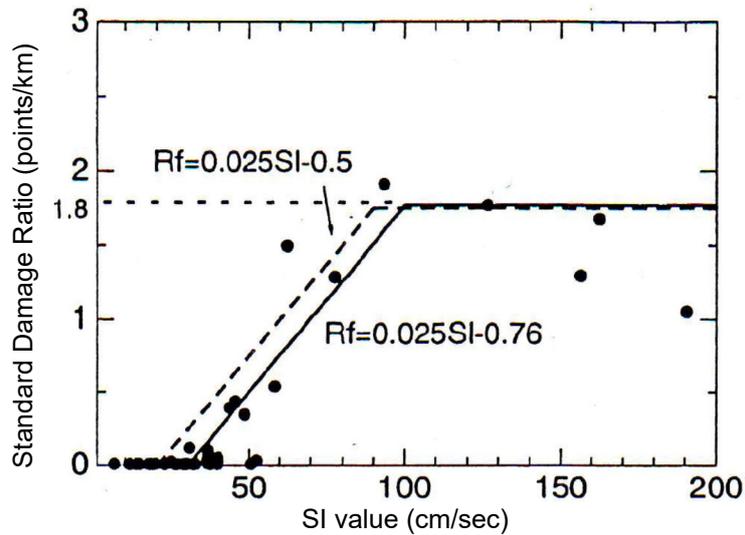


図 G5.2 1995 兵庫県南部地震における SI 値と鋼製配管（ねじ接手）の被害率の関係

G.5.2 液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数

液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数は、多くの場合、上水で用いる係数と同様である。

G.5.3 配管材料および配管径に関する補正係数

これらの係数は過去の地震被害記録の分析によるものである。地方自治体による係数の与え方には 2 通りあり、1 つは配管材料と配管径から係数を求めるもの（図 G5.1、図 G5.2）、もう 1 つは配管材料に関する係数と配管径に関する係数を個別に求めるもの（図 G5.3、図 G5.4）である。

表 G5.1 静岡県で用いている配管材料および配管径に関する補正係数

配管材料	配管材料の係数	配管径の係数	
		配管径	係数
鋼（ねじ接手）	5.0	< 100 mm	1.3
		100 mm ≤	0.75
鋼（溶接接手）	0.1		1.0
鋳鉄	1.0	< 400 mm	1.5
		400 – 1,000mm	0.3
		1,000 mm ≤	0.15
ダクタイル鋳鉄	0.25	< 500 mm	1.3
		500 – 1,000mm	0.3
		1,000 mm ≤	0.15
アスベストセメント	3.0	< 100 mm	2.3
		125 – 250mm	0.9
		300 mm ≤	0.4
ポリ塩化ビニル	1.5	< 100 mm	1.1
		100 mm ≤	0.9

表 G5.2 三重県で用いている配管材料および配管径に関する補正係数

		配管径			
		75 mm	100 mm	150 mm	200 mm
配管種別	中圧配管	0.03	0.03	0.03	0.03
	低圧配管（主配管）	0.5	0.5	0.2	0.2
	低圧配管（枝管）	1.0	1.0	1.0	1.0

表 G5.3 地方自治体における配管材料（中圧管）に関する補正係数

配管材料	宮城県	神奈川県	秋田県 埼玉県 長野県 宮崎県	福井県	新潟県	東京都 川崎市	広島県	福岡県
鋼（ねじ接手）	-		1.0	1.4	0.50	0.01	1.00	-
鋼（溶接接手）	0.05				0.025	0.01	0.00	0.01
鋼（機械接手）	-		0.1	0.125	0.05	0.01	-	0.01
鋼（SGM 接手）	-					0.01	0.055	-
鋳鉄（機械接手）	1.0		0.1		0.05	0.02	0.029	0.13
鋳鉄（ガス用）	-					0.02	0.087	0.30
鋳鉄（水用）	-		0.5		0.25	0.02	-	0.30
ダクタイル鋳鉄	-		0.1	-	0.05	0.02	-	
鋳鉄（印ろう接手）	-					0.02	0.391	-
ポリエチレン	-		0.05	0.1	0.00	-		
ポリ塩化ビニル	-		0.75	-	0.375	-		
アスベストセメント	-		2.0	-	1.00	-		
不明、その他	-	0.1	0.5	-	0.05	-		

表 G5.4 地方自治体における配管材料（低圧管）に関する補正係数

配管材料	宮城県	神奈川県	秋田県 埼玉県 長野県 宮崎県	仙台市	福井県
鋼（溶接接手）	0.1				0.2
鋼（機械接手）	0.15		0.2		0.25
鋼（SGM 接手）	-				
鋼（ねじ接手）	2.0			1.0	2.8
鋳鉄（機械接手）	0.2			-	0.3
鋳鉄（水用）	1.0			-	1.0
ダクタイル鋳鉄	-	0.2			-
ポリエチレン	0.1			0.01	0.2
ポリ塩化ビニル	-	1.5		-	
アスベストセメント	-	4.0		-	
鋳鉄（ガス用）	-				
鋳鉄（印ろう接手）	-			0.6	-
不明、その他	-	0.2 / 1.5 *	1.0	-	

配管材料	青森県	福岡県	東京都 川崎市	新潟県	広島県
鋼（溶接接手）	0.1	0.12	0.02	0.05	0.00
鋼（機械接手）	-	0.07	0.02	0.10	-
鋼（SGM 接手）	-				0.055
鋼（ねじ接手）	0.5	1.0			
鋳鉄（機械接手）	-	0.33	-	0.10	0.029
鋳鉄（水用）	1.0	0.74	-	0.50	-
ダクタイル鋳鉄	0.2	-	0.05 / 0.02 **	0.10	-
ポリエチレン	-	0.12	0.00		-
ポリ塩化ビニル	1.5	3.2	0.70	0.75	-
アスベストセメント	4.0	1.0	-	2.00	-
鋳鉄（ガス用）	-	0.50	0.23	-	0.087
鋳鉄（印ろう接手）	-		0.46	-	0.391
不明、その他	-			1.00	-

注*： 低圧管（主管） = 0.2、低圧管（枝管） = 1.5

**： 鋳鉄（ガス用） = 0.05、鋳鉄（機械接手） = 0.02

G.5.4 アルジェリア・ウィラヤ市での評価事例

低圧ガス配管は、ガス供給システムの損傷評価における対象設備に含まれる。しかしながら、SONELGAZ は低圧管を中圧管に置き換えているところであるため、本検討には低圧管の被害想定は含めない。

被害想定の要点を以下に示す。

1) 標準被害率

上水と同様に近年の検討によれば、地震被害は PGA よりも PGV に良く対応する。SI 値はさらに良く被害と対応することが報告されている。将来においては、PGV あるいは SI 値による標準被害率が将来においてより多く採用されることが期待される。

ただし本検討では、ハザードマップからは PGA の分布が与えられるため、PGA を用いて標準被害率が計算された。

2) 液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数

液状化危険度を含む地盤種別に関する補正係数に関しては、上水と同様の係数が与えられた。

3) 配管材料および配管径に関する補正係数

補正係数を精度よく確定するための十分な情報が得られないので、本検討においては上水と同様に、前記の値の内平均的なものを採用した

アルメニアの簡易地震リスク評価

H.1 橋梁のリスク評価

耐震性・耐久性を確保するには、確実な対策を実施することが必要である。特に、支持部や基礎の補強が必要である。

表 H1.1

項目	想定される対策	主な着目点
鋼製橋梁	Төмөр дам нуруунуудын хоорондын холболт, Дэд бүтцийг өөрчлөх, гүүрийг өөрчлөх	橋梁/スパン長、橋梁幅
支持部	落橋防止装置	橋梁端部
桁掛長	支持部延長装置	桁掛長、スパン長
品質	橋梁の補修・補強、橋梁の置き換え	劣化程度

橋梁の竣工年が古いため、検討に際して図面や仕様といった情報を全て収集することはほとんど不可能であった。

品質に関しては、耐震改修の観点からは、全体の補修あるいは補強は対策として採用されるべきである。部分的な補修だけではその目的を達成することはできない。

したがって、本調査においては、支持部を桁掛長に着目した。特に、上部工と下部工の接続部である桁掛は詳細に調査された。

図 H1.2 調査用インベントリシート

名称	Overpass bridge on the friendship square			名称コード	ARB-1
位置	44.4930687N	40.197831E		橋梁タイプ	道路橋
建設年	---				
(1)一般事項					
道路タイプ	1	②	3	道路車線	2
	一般路 一方通行	一般路 2あるいは4車 線	高速道路 4車線以上	3車線	
交差目的	1	2	③	4	3
	河川	道路	歩道橋/インター チェンジ	鉄道	
橋梁長さ	1	2	③	長さ	3
	20m以下	21~75m	76m以上	238.20m	
橋梁配置	1	2	③		3
	直線	歪曲	曲線		
(2)上部構造					
スパン数	1	②		スパン	2
	1	>2		7	
橋梁タイプ	1	2	③		3
	アーチ/ラーメン	連続桁	単純桁		
支持タイプ	①	2	3		1
	落下防止	通常	M-M		

橋梁スパン (0.7+0.005)	A1-P1	P1-P2	P2-P3,-,P5	P5-P6	P6-A2
	16.00mm (0.780m)	32.00mm (0.860m)	40.00mm (0.900m)	32.00mm (0.860m)	16.00mm (0.780m)
桁掛長	0.70/0.70m	0.70/0.70m	0.70/0.70m	0.70/0.70m	0.70/0.70m
桁掛幅	1	②			2
	広い	狭い			
(3)下部構造					
下部構造の最大高さ	1	②	3	最大高さ	2
	5m 未満	5-10m	10m 超	6.80m	
基礎タイプ	①	2			1
	杭以外	杭			
下部工の材料	①	2			1
	鉄筋コンクリート	レンガ/無筋コンクリート			
地盤条件	1	②			2
	岩盤	硬質～中程度	軟弱	極軟弱	
(4)構造物の状態					
構造物の状態	①	2	3		1
	良い	やや良い	悪い		
(5)地震危険度					
震度	1	2	3	4/5	--
	5.00	5.50	6.00	6.5/7.0	
液状化	①	2	3		1
	なし	可能性あり	あり		

本検討と同様の多くの検討で用いられている比較的簡易な方法である「片山の方法」が適用された。片山の方法は日本における過去の地震被害とそれに関連する項目の統計値によるものである。外観の調査により耐震性を判断できる点に特徴がある。

片山の方法の手順は以下のようである。

- インベントリ調査により構造、材料、地盤条件を明らかにする
- 地盤および地震解析により震度を評価する
- 表 H1.3 に示す 10 の項目のグレードを決定する。
- グレードに対応する重み係数を掛け合わせて最終スコアを計算する。

表 H1.3 損傷評価におけるグレード（片山の方法）

項目		グレード	重み係数	コード
ハザード	気象庁震度	- 5.0	1.0	1
		5.0- 5.5	1.7	2
		5.5- 6.0	2.4	3
		6.0- 6.5	3.0	4
		6.5-	3.5	5
	液状化危険度	なし	1.0	1
		可能性あり	1.5	2
あり		2.0	3	
上部構造	スパン数	1	1.0	1
		2 以上	1.75	2
	橋梁タイプ	アーチまたはラーメン	1.0	1
		連続桁	2.0	2
		単純桁	3.0	3
	支持タイプ	落橋防止あり	0.6	1
		普通	1.0	2
		2 方向移動可能	1.15	3
	橋梁幅	広い	0.8	1
		狭い	1.2	2
下部構造	橋脚の最大高さ	≤5m	1.0	1
		5 – 10m	1.35	2
		≥10m	1.7	3
	基礎タイプ	その他	1.0	1
		パイルベント	1.4	2
	橋脚の材料	鉄筋コンクリート	1.0	1
		無筋コンクリート・他	1.4	2
	地盤種別	1 種（硬質地盤）	0.5	1
		2 種（普通地盤）	1.0	2
		3 種（軟弱地盤）	1.5	3
4 種（極軟弱地盤）		1.8	4	

片山の方法における結果を決定する要素の 1 つに日本の気象庁震度がある。ここでは Midorikawa et al. (1999)の経験式を用いて PGA を震度に変換した。

$$JMA=0.55+1.9\cdot\log(PGA \text{ in gal}) \quad (H1.1)$$

損傷の定義と閾値は日本の過去の地震記録に基づき、表 H1.4 のように設定した。本研究では同表の定義と値を採用した。

表 H1.4 片山の方法における損傷の定義と閾値

被害の程度		閾値
A	- 橋梁倒壊の可能性：高 - 過大な変形の発生 - 長期間の通行禁止、建替えが必要	30 以上
B	- 橋梁倒壊の可能性：中 - 変形の発生 - 一時的な通行禁止、補修・補強が必要	26 以上、30 未満
C	- 橋梁倒壊の可能性：低 - 軽微な変形の発生 - 安全点検の後に通行可	26 未満

老朽化は地震時の橋梁安定性に大きく影響すると考えられる。片山の方法は日本の地震被害を基に開発されたため、入力項目には品質の項が必要である（表 H1.5）。

表 H1.5 損傷評価に係るグレード（品質）

項目	グレード	重み係数	コード
品質	普通	1.0	1
	軽微な劣化*	1.2	2
	劣化*	1.5	3

*劣化：コンクリート表面の軟化、カルシウム成分の分離、構造ひび割れ、鉄筋の腐食、その他

H.2 上水のリスク評価

過去の地震被害の分析に基づき配管の 1km あたりの被害を定量的に評価する被害関数は米国および日本で提案されている（内閣府中央防災会議（2005）、日本水道協会（1998）、水道技術研究センター（2000）、連邦危機管理局（1999））。

これらの機関による被害関数は、標準被害率と配管の種類や径に対応した補正係数により与えられる（表 H2.1）。

本検討では、最近提案された複数の被害関数を参照して被害を算定した。

米国とメキシコの被害記録に基づく HAZUS の標準被害率は最大被害を求めるために、1995 年兵庫県南部地震の被害記録に基づく内閣府中央防災会議の標準被害率は平均被害を求めるために、それぞれ用いられた。

図 H.2 は上水の標準被害率を示す。

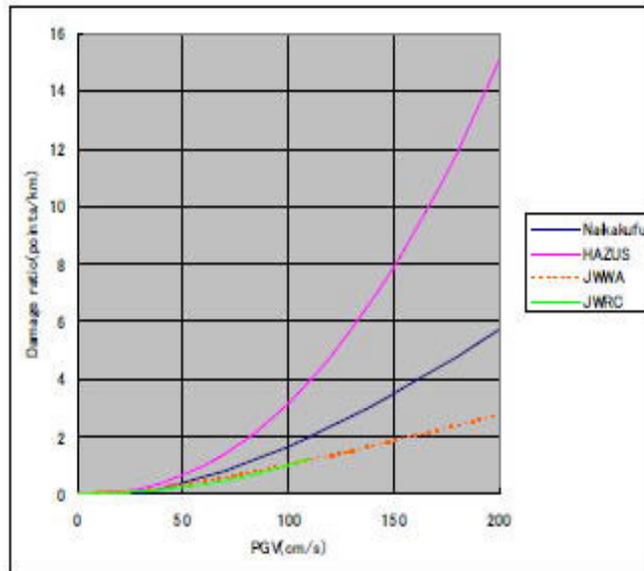


図 H.2 上水の標準被害率

被害率 (Rm) は次式により求められる。

$$R_m = R \cdot C_p \cdot C_d \cdot C_l \quad (\text{H 2.1})$$

R : 被害率 (point/km)

$$R_{\max} = 1 \times 10^{-4} \cdot V^{2.25}$$

$$R_{\text{average}} = 2.24 \times 10^{-3} \cdot (V-20)^{1.51}$$

Cp : 配管材料に関する補正係数 (表 H2.1 参照)

Cd : 配管径に関する補正係数 (表 H2.1 参照)

Cl : 液状化係数 (液状化を仮定しないため、Cl = 1.0)

V : 地表面最大速度 (cm/sec)

表 H2.1 上水管の材料と径に関する補正係数

材料	直径 (mm)	Cp×Cd					
		補正係数				採用値	
		内閣府	日本水道協会	水道技術研究センター	HAZUS	最大被害	平均被害
鋼	≤75	0.84	0.48	0.48	0.30	0.84	0.48
	100-150	0.42	0.30	0.30	0.30	0.42	0.30
	200-250	0.42	0.24	0.27	0.30	0.42	0.29
	300-450	0.24	0.24	0.21	0.30	0.30	0.24
	500≤	0.24	0.15	0.15	0.30	0.30	0.20
鋳鉄	≤75	1.70	1.60	1.60	1.00	1.70	1.60
	100-150	1.20	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00
	200-250	1.20	0.80	0.90	1.00	1.20	1.00
	300-450	0.40	0.80	0.90	1.00	1.00	0.90
	500-1000	0.40	0.50	0.50	1.00	1.00	0.50
アスベストセメント	≤75	6.90	1.92	4.00	1.00	6.90	3.00
	100-150	2.70	1.20	2.50	1.00	2.70	1.90
	200-250	2.70	0.96	2.25	1.00	2.70	1.60
	300-450	1.20	0.96	1.75	1.00	1.75	1.10
	500-1000	1.20	0.60	1.25	1.00	1.25	1.10
	1000≤	1.20	0.60	1.25	1.00	1.25	1.10
ポリエチレン	≤75	-	-	-	-	0.17	0.16
	100-150	-	-	-	-	0.12	0.10
	200-250	-	-	-	-	0.12	0.10
	300-450	-	-	-	-	0.10	0.09
	500-1000	-	-	-	-	0.10	0.05
セラミック	≤75	-	-	-	-	3.40	3.20
	100-150	-	-	-	-	2.40	2.00
	200-250	-	-	-	-	2.40	2.00
	300-450	-	-	-	-	2.00	1.80
	500-1000	-	-	-	-	2.00	1.00
	1000≤	-	-	-	-	2.00	1.00
コンクリート	≤75	-	-	-	-	0.85	0.80
	100-150	-	-	-	-	0.60	0.50
	200-250	-	-	-	-	0.60	0.50
	300-450	-	-	-	-	0.50	0.45
	500-1000	-	-	-	-	0.50	0.25
1000≤	-	-	-	-	0.50	0.25	

注：前記の文献には、ポリエチレン、セラミック、コンクリート管の補正係数は含まれていないため、鋳鉄管の採用値を基に、それぞれ 0.1 倍、2 倍、0.5 倍した。

H.3 電力供給システムのリスク評価

1) 架空線

既存の被害関数（東京都（97）、FEMA（1999）、埼玉県（1998））を参照した上で、HAZUS ならびに埼玉県（1998）の被害関数を用いて、最大被害ならびに平均被害を求めた。

表 H3.1 架空線の最大被害の被害率（100m あたり）

PGA(cm/sec ²)	147	196	245	294	343	392	441	490	539	588	637	686	735
被害率(%)	7.5E-02	0.5	1.5	3.0	5.1	7.5	9.6	11.1	12.9	16.1	21.3	28.2	35.2

PGA(cm/sec ²)	784	833	882	931	980	1029	1078	1127	1176	1225	1274	1323	1372
被害率(%)	41.3	46.2	50.1	53.7	57.3	61.1	64.9	68.5	71.6	74.1	76.0	77.4	78.4

表 H3.2 架空線の平均被害の被害率（100m あたり）

PGA(cm/sec ²)	0	225	350	500	700	1000	1500
被害率(%)	0	1.0E-02	0.3	1.2	8.5	27.0	27.0

2) 地中線

東京都（1997）の被害関数を用いて被害率を求めた。

表 H3.3 地中線の最大被害の被害率（100m あたり）

PGA(cm/sec ²)	0	219.8	400	500	738.6	2481.6
被害率(%)	0	0	0	0.8	6.0	16.0

表 H3.4 地中線の平均被害の被害率（100m あたり）

PGA(cm/sec ²)	0	219.8	400	500	738.6	2481.6
被害率(%)	0	0	0	4.0E-02	0.3	4.7

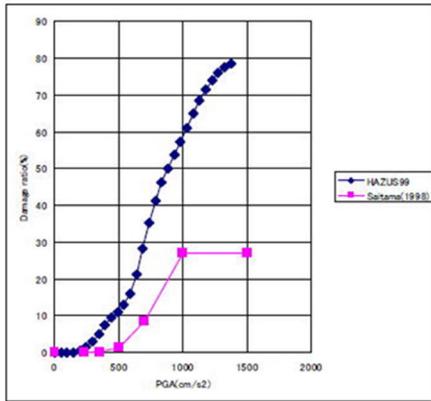


図 H3.1 架空線の被害関数

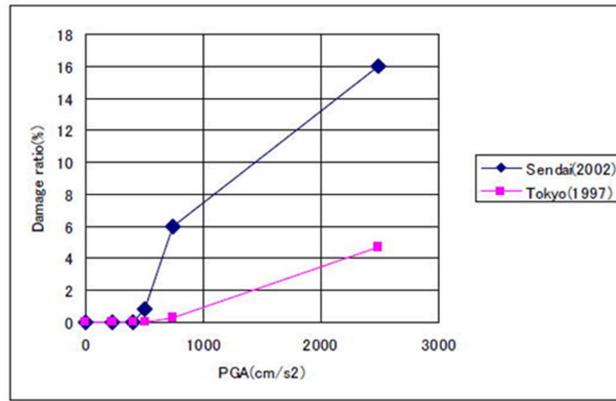


図 H3.2 地中線の被害関数

モンゴル国教育文化科学スポーツ省大臣令

2018年4月6日

A181号

ウランバートル市

ガイドライン承認について

就学前教育法第5条、初等中等教育法第7条の7.3に基づき、モンゴル国政府行動計画目標の3.2.14条項の実現を目的とし以下の通り命令する。

1. 幼稚園及び義務教育学校で実施する「生活安全教育」ガイドラインを添付通り承認する。
2. ガイドライン実施に関する指導マニュアルの作成、教員向けの研修の実施等は義務教育政策局、就学前教育政策局、教育研究所、教員研修所が責任をもって対応すること。
3. 「生活安全教育」ガイドライン実施に当たり、教育環境整備を図るため、災害訓練実施などに活用する教室を設置する費用を検討し、2019年度予算へ反映させることを財務投資局代理 H.Galsansukh の義務とする。
4. 学習者が災害時及び非常時に自他を守る方法を取得できる本「生活安全教育」ガイドラインは授業と課外活動を通して実施される際に、学習者のニーズや興味を引いた内容にするために専門機関と連携して実施するように公立と私立を問わずすべての幼稚園の園長、各学校の校長の義務とする。
5. 本大臣令の実施への管理は事務次官代理の L.Tsedevsuren の義務とする。

大臣

(ハンコ)

Ts.Tsogzolmaa

生活安全教育プログラム（仮訳）

一 背景

気候変動、人口増加に伴い、世界規模での危険現象の発生頻度が以前よりも増す傾向にある。これは国家、各種機関及び住民にとって、彼らの災害を乗り越える能力（防災能力）を向上させる必要性を生み出している。モンゴル国では干ばつ、ゾド、豪雨、雹、強い雪嵐や砂嵐、洪水等の自然、気候に由来する危険現象、災害の発生頻度及び勢力が増し、従って、人々の被災率が著しく増加し、社会と経済に及ぼす被害が過去 20 年間で 2 倍増えている¹。また、人間の活動に伴う事故、建物や林野火災、家畜や動物から感染する感染症の範囲が拡大しつつある。

就学前教育機関、普通教育学校の児童・生徒は多くの時間を幼稚園と学校で過ごしており、あらゆる災害の時に外部からの支援を必要とする脆弱な集団であるため、幼稚園と学校の安全性を確保し、災害を乗り越える能力を増進させるための教育を受けさせることが非常に重要な課題である。この意味で世界的に、幼稚園、学校の安全を確保することの重要性が広く認識されている。

2007～2008 年から災害のリスクを軽減させる活動の範囲内で学校安全を確保し、安全教育を受けさせる活動の土壌が築かれ、2010 年に「100 万校の学校安全イニシアチブ」となって拡大し、2012 年より「学校安全」コンセプトが推進されてきた。これらのイニシアチブ、コンセプトは世界レベルでの防災・減災活動の指針を示した「仙台防災枠組 2015-2030」に反映され、実施されている。

災害リスク削減に向けて 2015～2030 年に実施されている「仙台防災枠組」の優先行動「災害リスクの理解」において「災害の予防、緩和、備え、応急対応、復旧・復興などの災害リスクに関する知識を公式・非公式な教育、及びあらゆるレベルの市民教育並びに専門的な教育と訓練に取り入れることを促進する」と明記されている。この文書の採択に参加したことでモンゴル国は公式及び非公式な教育を通して防災に関する知識、理解の増進を図る義務を負っている。

モンゴル国憲法第 16 条の 2 に「モンゴル国国民は健全かつ安全な環境に暮らし、環境汚染と自然のバランスが崩れることから保護される権利をもつ」²と宣言している。

国連総会で採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」の「持続可能な開発目標」の目標 4 の項目 4.7 では「2030 年までに持続可能な開発と持続可能なライフスタイル、人権、ジェンダー平等、平和文化及び非暴力的文化の推進、グローバル市民、および文化的多様性と文化が持続可能な開発にもたらす貢献の理解などの教育を通じて、すべての学習者が持続可能な開発を推進するための知識と技能を習得できるようにする」³と設定している。

¹ 気候変動（対応）国家プログラム、2011 年

² モンゴル国憲法、1992 年

³ 国連総会で採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」、2015 年

モンゴル国「防災法」13.3.6に「学生、生徒、就学前児童に対する教育は予め承諾された教育プログラムに沿って、該当するレベルの教育機関が実施する」⁴と規定している。

「就学前教育法」の5.12.7及び12.8の教員の権利と義務に関する部分に、児童の健康や安全と関連することを決める場合、両親・保護者の合意を必ず得なければならないことについて、また、「初等・中等教育法」の4.1.8初等教育関連内容に「紛争は非暴力的手段で解決し、リスクから自分を守る知識、人間関係の技能を与える」、5.1.5中等教育関連内容に「暴力を予防し、紛争を非暴力的手段で解決し、リスクから自分を守る知識と人間関係の技能を与える」、6.1.4後期中等教育関連内容に「身体を発達させ、健全に生活する倫理を守り、家庭生活及び生活を営み、暴力を予防し、自分を守る方法を習得させ、自国を愛し、法律を尊重する観点を育成する」⁵と、安全確保の観点を反映させている。

「防災に関する国家政策」の2.1と2.2の規定を実現させる目的で決定した「コミュニティ参加型防災国家プログラム」の3.2.10に、「就学前および初等・中等教育プログラムに、災害のリスク軽減及び安全な生活をする技能を与える授業を導入し、発達段階に応じて実施する」⁶、さらに、「モンゴル国政府活動プログラム」の目標3.2.14に「一般教育学校の生徒の生活能力を発達させ、安全教育を導入し、子どもがリスクのない、事故のない、健全かつ安全に生活する能力を育てる」⁷とそれぞれ規定している。

二 生活安全教育プログラムの目的

2.1. 就学前教育

幼児は保育士、両親・保護者の支援を得て危険と事故について想定できるようになり、安全に生活する習慣、自分の身を守る方法を学び、他人に助けを求め、他人を助けることができるようになる。

2.2. 初等教育

生徒は起こりうる危険と事故を想定して、それを予防し、自分の身を守り、自分で判断することができるようになり、適切な行動が取れるようになる。

2.3. 基礎教育

生徒は起こりうる危険現象、事故を想定し、安全を確保する備えをし、自分の身を守り、他人を助け、応急手当を施し、安全かつ適正な行動を選択して実施することができるようになる。

2.4. 後期中等教育

生徒は起こりうる危険現象、事故を想定し、（それらが起きた時の）対応ができ、応急手当を施し、ボランティア活動に参加し、適応性に富んだ、正しい生活習慣を身につけた人になる。

三 生活安全教育プログラムの内容

3.1. 就学前教育

⁴ 防災法、2017年

⁵ 初等・中等教育法、2002年

⁶ 「コミュニティ参加型防災国家プログラム」、2015年

⁷ モンゴル国政府2016年～2020年活動プログラム実施対策計画、2016年

環境安全

生活環境の安全

1. 家庭内事故、怪我
 - a. ハサミ、鉛筆、定規など尖っているものを口に入れない、正しく手に持ち、人に渡す時や運ぶ時に慎重に扱い、手に持ったまま走らない習慣を身につける
 - b. ガラスや陶器のような割れやすい物及び割れた物を手に持ったり、踏んだりしないよう注意をし、フォーク、箸、ハサミ、定規、包丁等を手に持ったまま走らない、正しく扱う習慣を身につける
 - c. 電池、小さなビーズ、ティッシュペーパー、ボタンを耳、鼻、口に入れない
 - d. 階段を下りる時、角を曲がる時に急なスピードで走らない、集中を切らさない、話さない、互いを押さないルールを守る
 - e. 台所にある物を言えるようになり、それぞれの使い方について理解し、近づいてはいけない危ない物を分かるようになる
 - f. やけどの恐れがある熱い鍋、熱い料理・お茶、お湯、火を避け、大きなタンクに貯めた水、下水溝、トイレなどに落ちる危険について理解し、近付かない習慣を身につける
2. 医薬品、家庭用化学製品、その取扱い
 - a. 大人の指示なしで薬を飲まない、勝手に使用しないよう注意する
 - b. 香水、スプレー、ガス、家庭で使われる洗濯用洗剤、掃除用洗剤の危険性を知る
3. 応急手当
 - a. 非常用バッグにある物を言えるようになり、その用途を知る

社会環境の安全

4. 家庭、幼稚園、学校、暮らしの環境の安全
 - a. 幼稚園の中と外を見学し、安全に遊ぶルールを分かって、それに従い、見覚えのある景色と物の位置について簡単な図を見て話しするほか、それらを絵にして描くことができる
 - b. 出入り口の階段、ポーチで滑らないよう設置した標示を識別できるようになる
 - c. 迷子になった時、人に助けを求める
5. 交通安全
 - a. 一部の道路標識、表示を識別し、（それらの）名前を言えるようになる、教室や外出先で十字路交差点交通のルールを知り、それを守る
 - b. 大人と一緒に横断歩道、信号を渡り、道路を通行する時に歩行者右側通行ルールを守る
 - c. 車に乗る時、チャイルドシートを使い、シートベルトを締め、後ろの座席に座ること、また、車の窓から頭や体、手を出さないことを知り、習慣にする
 - d. 路上、駐車場、横断歩道、橋、踏切で遊ぶことの危険性を知る
6. 情報技術利用の安全
 - a. 携帯電話、コンピューターゲームを長時間しないことを知る

- b. テレビを一定時間以上見ないようにする
7. 大気・土壌・水質汚染
- a. ごみをポイ捨てしない、ごみを専用のごみ箱に分別して捨てる習慣を身につける
 - b. 川や水にゴミを入れないことを知る
 - c. 大気汚染の多い環境でマスクをつける習慣を身につける
8. 気候変動
- a. 紙や水を適切に使用する習慣を身につける

災害、事故、危険現象

自然・気候由来の危険現象

9. 地震
- a. 地震の揺れを感じ、強い揺れによって家具や物が移動し、落ちたり、倒れたり、崩れ落ちたり、割れたりする危険があること、エレベーターを使ってはいけないことを理解する（落ちたり、崩れたりする危険性のある家具等を言えるようになり、平面図に記入し、固定する方法を知る）
 - b. 地震発生の際に自分の身を守るため「すわれ、かくれ、待て」のルールを知り、訓練に参加する（机の下にもぐる、机の脚をしっかりと握る、動物の姿勢を真似て座る、じっと待つなど）
 - c. 災害時に使用する備蓄食品やものについて知り、（正しく）選び、備蓄することの重要性を理解する
 - d. 足と手を切ったり、刺したりしないよう用心し、自分がどこにいるかを他の人に知らせ、心境を人に打ち明けて落ち着く方法を学ぶ
 - e. 大人の指示に従って安全な場所に移動する際に「走らない、押さない、話さない、戻らない」のルールを守って訓練をし、その習慣を身につける
10. 洪水、地滑り、土砂崩れ、雷
- a. 水、薪、温かい服、好きなおもちゃが洪水で流れていかないようなどに保管することを知り、備蓄をし、水を大切に使用する
 - b. 大人の同伴なしで川や池に入ってはいけない、高い河岸に近付かないことを知る
 - c. 洪水の時、大人の指示に従い高台へ避難する訓練をする
 - d. 雷を伴う暴雨が降った時、家から出ない、必要な場合に避難し、携帯電話や電化製品を利用しないことを知る
11. 干ばつ、ゾド
- a. 日差しの強い日に日陰の所で遊び、外へ出ない、出かける際に帽子をかぶり、飲み物などを飲むことを知り、習慣にする
 - b. 頭と体が太陽に当たって熱くなること、熱中症、日焼けを予防する
12. 強い雪嵐、砂嵐
- a. 天気予報から雪、雨、風、暴風を言えるようになり、識別でき、メモする
 - b. 強い雪嵐、砂嵐の時に外を出歩くと道や街頭、建物が見えなくなること、空中に様々な病原菌が蔓延することを知る

- c. 気象状況に合った適切な服装をし、帽子、手袋、マフラーを使うことを知る

人間の行為に伴う危険現象

13. 火災（林野火災、建物火災）

- a. アイロン、電気調理鍋、電気コンロ、電気ストーブ、電気暖房具、扇風機、電気プラグ、延長コード、コンセント、ゲルのストーブ、ガスと全てのガス機器が危険であることについて理解し、近づかない、手や指を入れていじらない、使用しない習慣を身につける
- b. マッチ、ロウソク、ライターを点けない、火をつける行為をしない、遊ばないことを理解する
- c. 火が発生したら他人に助けを求め、緊急ダイヤル番号 101、102、103 の存在を分かり、保護者や親しい人へ電話をして知らせる。また、その際に幼稚園と家の住所が言えるようになる
- d. 非常口の標識、表示を識別でき、火事や煙が発生した際に非常口の標示に従って避難する方法を知る
- e. 火事や煙が発生した時、なるべく走らない、押さない、誘導者の指示をよく聞くために話さない、戻らないことを知り、火事が起きた部屋から早く脱出して安全な場所へ避難して待つ訓練をする
- f. 防煙のために口と鼻をタオルで塞ぎ、煙が充満したところで姿勢を低くして避難することを知り、訓練をして身につける

14. 人、家畜、動物の伝染病

- a. 外で遊んで家に帰ってきたら手洗いとうがいをする習慣をつける
- b. 人の口から食べ物、お菓子をもらわない習慣をつける
- c. 家畜と動物（ペット）の口、鼻を触らないことを知る
- d. 人のスプーン、歯ブラシ、フェイスタオル、オマルを共用しないことを理解する

3.2. 初等教育

環境安全

生活環境の安全

1. 家庭内事故、怪我

- a. 鋭いエッジのあるまたは先端の鋭い学習用具や家庭で使われる道具（ハサミ、コンパス、定規、包丁、熱い鍋、電気鍋、電線、アイロン、電気コンロ、ストーブ、お湯、水蒸気など）は用途と安全な取扱説明書に従って使用する習慣をつける
- b. 家庭用品の名称、用途、使い方の説明、タグを読んで理解する
- c. 危険、事故について身近な人や地域の緊急通報用電話番号（101、102、103、107）から該当するものを選んで危険と事故の発生、住所と位置を正確に伝え、助けを求める

2. 医薬品、家庭用化学製品、その取り扱い

- a. 医薬品、家庭用化学製品の名称、用途、説明、表示を読んで理解する
- b. 医薬品の適切な使用と間違った使用に伴う結果を理解する

3. 応急手当

- a. 応急手当セット、（非常用）リュックとその用途を知り、用意し、説明できるようになる
- b. 家庭内で起きた怪我、負傷の時に施す応急手当について知る（裂傷、切り傷、やけどなど）

社会環境の安全

4. 家庭、学校、暮らしの環境の安全

- a. クラスや同級生間、学校のルールを守り、それを守らないことで発生する結果について理解する
- b. 学校、家の位置を分かり、他の人に説明し、先生の指導、指示に従って学校と家の周辺、そこにある特徴的な建物、安全な登下校の経路のマップを作り、マークする（平面図、経路図、危険な所や建物を写すなど）、安全を確保して通行する
- c. 家、学校と人が沢山集まる場所で遭遇しえる危険、事故について知る、知らない人や他人の影響を受けない（同年代の子どもたちや他人からの圧力など）、誘いを断ることができるようになる
- d. 道に迷った時に周囲の特徴的な物を見極めて、方角を推測し（太陽や星、植物、特徴的な建物など）、他の人に助けを求める

5. 交通安全

- a. 道路標示、標識を識別でき、他の人に説明する
- b. 通行する際の歩行者の義務を分かり、注意して歩行する
- c. 駄獣、乗り物を使って移動する時のマナーを守る（シートベルトと他の安全装置を使用し、ゴミを捨てない、手や頭を出さない、手すりを掴まるなど）

6. 情報技術利用の安全

- a. 携帯電話、パソコン、テレビ等を正しく、適切に使用する
- b. インターネット環境のプラスとマイナスの影響について考え、必要な時に、自分と他人にリスクのないように使用する

7. 大気・土壌・水質汚染

- a. ごみ捨て場以外のところでごみを捨てない、ごみを専用のごみ箱に分別して捨てる習慣を身につける
- b. 大気汚染の多い環境（埃、煙など）でマスクをつける習慣を身につける

8. 気候変動

- a. 気候変動を加速化させる一部の要因について知り、その要因軽減のために自分なりに貢献をできるようになる（節電、節水、紙の節約、植樹の意義を理解して世話をし、保護する、食べ物を正しく選んで使うなど）

災害、事故、危険現象

自然・気候由来の危険現象

9. 地震

- a. 地震を想定し、対応について理解する（サイレンについて、物が落ちてこない、倒れてこない、ガラス等が割れない、物が移動してこない所、震災に準備する物、備蓄食料品など）
- b. 災害時警報サイレンが鳴った時に、大人の指導、指示に従って行動する
- c. 災害発生後、安全を確保するための方法を知る（手足に切り傷やけがを負わないよう気をつける、自分の居場所を他に人に知らせる、音を出す、精神を落ち着かせるなど）

10. 干ばつ、ゾド、洪水、雷、強い雪嵐、砂嵐

- a. 干ばつ、ゾド、洪水、雷、強い雪嵐、砂嵐とそれらがもたらす結果について理解をする
- b. 気象情報や天気予報を常に聞き、人に与える影響を理解し、適切な対応をする（太陽に長時間当たること、熱中症になること、やけどや凍傷を負うことを予防し、迷子にならないよう用心するなど）

人間の行為に伴う危険現象

11. 火災（林野火災、建物火災）

- a. 火災に関する知識を習得し、火事が発生する原因、理由、もたらす結果、被害について理解する
- b. 学校、家庭、住宅にある簡易消火器具、標識、表示、非常口を案内する平面図を理解し、識別でき、火災が起きた際に家屋から安全に避難し、他の人に知らせる方法を学ぶ

12. 人、家畜、動物の伝染病

- a. 家畜、野生動物、ペット、植物、昆虫からもたらされうる危険を知り、伝染病を予防し、個人の衛生管理を保つ
- b. 一般的な感染症（風邪、感染性胃腸炎など）を予防する簡単な方法を学び、衛生管理を保つ（手洗い、うがいなど）

3.3. 前期中等教育（基礎教育）

環境安全

生活環境の安全

1. 家庭内事故、怪我

- a. 負傷、怪我（落ちる、滑る、下敷きになる）を予防し、自分の身を守る

2. 医薬品、家庭用化学製品、その取扱い

- a. 家庭用品の包装などに記載されている説明に従い、正しく使用する習慣をつける
- b. 家庭でよく使われる化学物質を分かり、有毒か無毒かを識別し、それらを適切に使用する
- c. 化学物質を保存していた容器に食品を保存してはいけないことを理解する

- d. 薬を医師の指導に従って使う習慣をつける
3. 応急手当
- a. 身近な材料、道具を使って応急手当を施す

- 骨折、出血の際の応急手当
- 間接脱臼、筋挫傷の時に施す応急手当
- やけどの応急手当
- 凍傷の応急手当
- クラッシュ症候群の際の応急手当

社会環境の安全

4. 家庭、学校、暮らしの環境の安全
- a. 実験授業の際に安全を確保する
 - b. 暮らしの環境と地域の安全マップを作成する
 - c. 課外活動時の安全を確保するための計画を作成する
 - d. 学校で低学年の生徒や障害のある生徒を手助けする
 - e. 起こりうる攻撃、ハラスメントより自分の身を守る方法を学び、人に助けを求める
5. 交通安全
- a. 気候変動によって発生する交通事故について知る
 - b. 自分の身を守るために交通安全ルールを守る
 - c. 歩行する時や駄駄、自転車を使う時、安全に通行するよう注意する
 - d. 各種交通機関を利用する際に、乗客が守るべきルールや規則に従う
6. 情報技術利用の安全
- a. ネット環境で個人情報公開しない、インターネット上に他の人の情報、写真を許可なく公開することの悪影響について理解する
 - b. 情報技術の利用とその効果的利用の重要性について理解する（携帯電話、インターネット）
 - c. 電子通信のマナー（インターネット・リテラシー）を大切にする
7. 大気・土壌、水質汚染
- a. 環境（水、大気、土壌）に対して人間の行為が及ぼす影響（過剰人口、家畜頭数の増加など）について説明する
 - b. 大気汚染の削減に対する住民一人ひとりの義務と役割について話し合う
 - c. 地域の水資源量を知り、水質を検証する
 - d. 土壌汚染を予防するために自分ができることを検出し、実施する
8. 気候変動
- a. 気候変動に影響を及ぼす人間の間違った行動を洗い出す
 - b. 気候変動、温室効果ガスの影響について話し合う
 - c. 気候変動に影響を及ぼしている要因を削減するために自分ができることを検出する

災害、事故、危険現象

自然・気候由来の危険現象

9. 地震

- a. 住んでいる地域、国及び各国で発生した（地震）災害について情報を収集し紹介する
- b. 地震によって暮らしの環境で起こるリスク（家と学校周辺、街頭など）を見つけだし、負傷、怪我を避ける方法について考える
- c. 地震発生時の集合行動、秩序確保、整列時の列の増加及び削除など自分を守り、他の人に邪魔にならない行動の仕方、支援活動について考える
- d. 災害時の警報、注意報に従って行動し、地震防災訓練をする
- e. 災害発生後に自分を守る方法、避難ルールを知り、家族、友人を助けることについて話し合う

10. 洪水、水害、地滑り、土砂崩れ、雷

- a. 天気予報の分析をする
- b. 洪水、水害が発生する原因を知り、地域にあるリスクの高い箇所を確認する
- c. 洪水及び水の事故に遭遇したときに自分の身を守る方法を学ぶ（避難、水泳ができるようになる）
- d. 水に溺れた時の心肺蘇生法（CPR）の施し、応急手当をする
- e. 雷が発生する条件、もたらす被害を理解し、雷発生時の緊急対策を知る

11. 干ばつ、ゾド

- a. 地域や全国に起こった干ばつ、ゾドの教訓について情報を収集し、紹介する
- b. 天気について空の様子、植物、家畜に現れる徴候で察知し、生活に活用できるようになる
- c. 極寒、猛暑の時期に自分の安全、命を守るよう避難所を設計する
- d. 農業、食糧品の充足度、供給状態、砂漠化に対して干ばつが与えている影響について話し合う
- e. 干ばつ、ゾドの時にショックを受け、精神的不安に陥ることを予防し、精神的な備えを持つこと
- f. 自分の住んでいる地域へ貢献するためのボランティア活動を行う

12. 強い雪嵐・砂嵐

- a. 天気予報を聞き、他の人に伝え、注意する
- b. 強風、雪嵐、砂嵐の時に緊急対策を計画する
- c. 道に迷った時に方角を推測する方法、人に助けを求める方法を知る

人間の行為に伴う危険現象

13. 火災（林野火災、建物火災）

- a. 家庭用の引火性、爆発性物資を含む物品を検出し、引火性、爆発性であることを示す標記、表示を識別して説明する

- b. 火災の種類、建物火災の予防、家と学校で火災が発生した際の対策計画を作成し、それに基づいて訓練をする
 - c. 火災発生に影響を及ぼす要因を知り、火事を予防し、他の人の安全に気を配る
 - d. 消化器の種類と用途について理解し、初期消火に使われる道具を使用できるようになる
14. 人、家畜、動物の伝染病
- a. 伝染病の種類、病原体、感染経路について理解する
 - b. 家畜や動物から人へうつる感染症の予防、病原体を保有する動物とそれを媒介する動物の種類について知る（疑わしい場合に近付かない、専門機関に連絡する、家畜及び動物性の原料と食料を加工して使用するなど）
 - c. 殺菌、消毒、防疫の重要性を理解する

3.4. 後期中等教育

環境安全

生活環境の安全

1. 家庭内事故、怪我
 - a. 良く起きる家庭内事故、怪我について話し合い、結果をまとめ、事故に遭わない、怪我をしない環境を整備する
 - b. 家電製品、エアゾール製品を正しく利用し、安全ルールを守る
2. 薬品、家庭用化学製品、その取扱い
 - a. 危険な化学物質（爆発性、引火性、酸化性、腐食性）を識別できるようになる
 - b. 化学物質による事故、汚染による悪影響、それを防ぐ方法を言えるようになる
 - c. 家庭用品の包装などに記載されている説明を理解し、正しく使用する習慣をつける
 - d. 医薬品、化学物資の適切な利用について他の人に知らせ、紹介する
3. 応急手当
 - a. 身近な材料、道具を使って応急手当を施す
 - 医薬品、化学物質性中毒の時に施す応急手当
 - 電流に打たれた時の応急手当
 - 心肺蘇生法（CPR）

社会環境の安全

4. 家庭、学校、暮らしの環境の安全
 - a. 学校で健全かつ安全な環境を整える提案をする
 - b. 犯罪、暴力事件に関する情報について調査し、議論する
 - c. 暴力事件が多く発生する場所などを明らかにし、（そのような場所を）避けるようにする
5. 交通安全
 - a. 交通安全に関する法規定を守り、市民と法人の権利及び義務を知る

- b. 道路標識、道路標示（通知、禁止、指示、警告、順番の規定など）を識別でき、仲間、年下の子に説明する
 - c. 運転士の義務と責任について理解し、交通事故を起こした際に責任を持ち、被害を賠償する義務があることを知る
6. 情報技術利用の安全
- a. 情報技術の負の影響、正しい利用について考える
 - b. ソーシャルネットワークの安全かつ適切な利用、設定の方法について知る
 - c. インターネット利用の悪影響とネット犯罪を予防し、影響されないようにし、自分の身を守る
7. 大気・土壌・水質汚染
- a. 河川汚染、その原因ともたらず結果を判断し、水質改善対策を実施する
 - b. 地域の土壌の性質を評価し、土壌の劣化を防ぐ方法を地域別に比較研究し、我が国の特徴に合った方法を検討する
 - c. 大気汚染の現状、原因を説明し、大気汚染を軽減する方法について住民、コミュニティに対して広報活動を行う
8. 気候変動
- a. 気候変動が自然災害発生の頻度に影響を与えていることについて話し合う
 - b. 気候変動が社会、経済へ与える大規模な変化、リスクについて明らかにする
 - c. 気候変動への適応、リスクについて議論する

災害、事故、危険現象

自然、気候由来の危険現象

9. 地震
- a. 家庭のリスク評価に基づいた準備計画を作成する
 - b. 災害発生後の復興、発展に向けたボランティア活動の計画を作成する
 - c. 災害時の警報、注意報に従って行動し、地震防災訓練を実施する
10. 洪水、水害、地滑り、土砂崩れ、雷
- a. 住んでいる地域にある川と湖の変化に影響を与える要因について調べ、地域の洪水リスクマップを作成する
 - b. 洪水発生後の土砂崩れ、地滑りの予防対策を考える
 - c. 洪水発生後の廃棄物の処理へ参加し、衛生ルールを守る
 - d. 雷が伴う雨雲を識別し、雷が落ちるリスクの高い場所を把握する
11. 干ばつ、ゾド
- a. 干ばつとゾドのリスク軽減のために遊牧民が注意する事項について知り、遊牧民支援活動を実施する
12. 強い雪嵐、砂嵐
- a. 住んでいる地域の防災機関の活動を見学し、そこで働いている人々の話を聞く

人間の行為に伴う危険現象

13. 火災（林野火災、建物火災）

- a. 火災の種類、林野火災の予防、他の人への伝達
- b. 家庭、学校の火災ハザードマップの理解、使用
- c. 住んでいる地域の消防署を見学
- d. 消火器の種類、用途について理解し、簡易消火器具を利用できるようになる

14. 人、家畜、動物の伝染病

- a. 家畜、動物から人に移る感染症にかかった時の症状、予防方法について知る
- b. 細菌、ウィルスによって発症する感染症にかかった時の症状、予防法について知る
- c. 人、家畜、動物の伝染病発生時の検疫隔離対策の重要性と（その時）市民が果たすべき義務について知る

四 指導法

4.1. 指導法の原理、指導実施、発達させる能力

4.1.1. 伝統的な教授法を現代的な教授法と両立させて次の教育原理に従って実施する。

- 課題を見つけ、解決方法を検索する
- プログラム実施に関しては、授業と課外活動との関連性を図った実施計画を立てる
- 生徒中心かつ参加型の指導法にする
- データ、情報を処理し、課題を解決し、結論を導き出すなど（生徒の）学習行為を促す指導法をとる
- 協同活動に基づく

4.1.2. 指導実施

安全教育は教室内と教室外型の形態をとり、科目間の統合性を図って実施するとともに、次の活動を学校の計画に反映させて実施する（表 1、2、3）

- 地域の専門機関、NGO、研修センターの活動の見学
- 専門機関、保護者の協力に基づいた実習、訓練の実施
- 会談、インタビュー、討論会の開催
- プロジェクト型学習、研究・調査の実施
- 実習、訓練
- 遠足、エクスカージョンの実施
- レポートの執筆、発表
- 創造的なイニシアチブを持つチャリティキャンペーンの実施

4.1.3. 教育活動、その他の活動を通して、21 世紀の学習者が習得しなければならない（次の）総合的な技能、能力を発達させることに注意を払う

- A. クリエイティブな発想力
 - クリエイティブに発想する能力
 - ビジネススキル
 - 創作力
 - 思考力
 - 熟考、理解する能力
 - 課題解決力

- 決断力
- B. 社会化、精神力
 - コミュニケーション能力
 - マネジメント能力
 - チームワーク能力
 - 協調性
 - 社交性
 - 自分を他の人の立場において考える能力、他人への思いやり
- C. 個人の資質
 - 個人規律
 - 感情コントロール、容赦力
 - 責任感
 - 倫理性
 - 自習能力
 - 適応力
 - 持久力
 - 自己発想、願望、自尊
- D. グローバル・シチズンシップ（能力）
 - 公開性
 - 多様性を尊重する態度
 - 多文化の理解
 - 紛争解決力
 - 自由な参加の下、決断をする能力
 - 自国の民族的特徴と周囲の環境に対して尊重の意を持って接する能力
- E. 情報技術利用の能力
 - 情報技術を通して情報を修得する能力
 - 情報分析力
 - マナーを守って情報技術を利用する能力

4.2. 環境、用具

4.2.1. 教育環境

学校、幼稚園の外部と内部環境の安全が確保されていなければならない。例えば：

- 学校、幼稚園の配置図、非常口の案内図の作成
- 初期消化器具であるスコップ、バケツ、砂、不燃シート、消火器、専用の防煙タオルの用意
- 各クラスに応急手当用具と非常用バッグの準備

4.2.2. 用具に求められる条件

- 衛生条件を満たしていること
- 使いやすいシンプルな構造・設計になっていること
- 経済的であること
- 自然環境にやさしいこと
- 情報技術の進展、成果を活用していること

4.2.3. 一般的な用具（教材）

教育を実施する際に、地域、学校、幼稚園の資源に基づいて次の用品から選んで利用することができる

- オーディオ・ビデオ資料
- 各種の絵（画像、イラスト）
- 地図
- 本、手引き
- インターネット
- 道具、器具
- 模型、モデル
- 学習用情報と研究情報、文書

五 評価

5.1. 評価の目標、基準

生徒の学習過程を観察し、知識、能力、志向に現れる進展、変化及び教育の成果を次の評価目標、基準をもって評価する。

レベル	評価の目標、基準		
	知識、理解	能力	志向
就学前教育	危険、事故に関する想定 自分の身を守り、他人（状態と気持ち）を感じ取って理解し、助けを求める知識	事故、危険現象より自分の身を守る	事故、危険現象の前、発生時、発生後に適切な行動をとる <ul style="list-style-type: none"> ● イニシアチブ ● 参加 ● 影響力
初等教育	起こりうる事故、危険現象に関する理解 自分の身を守り、他人を助ける方法	事故、危険現象を予防し、自分の身を守り、判断する	
前期中等教育	起こりうる危険現象、事故の知識、理解 自分の身と他人を助ける方法	起こりうる危険現象、事故に備え、自分を守り、他人を助け、応急手当を施す	
後期中等教育	起こりうる危険現象、事故の知識、理解 自分の身と他人を守り、他人を助ける方法	起こりうる危険現象、事故の対応、応急手当、適応力	

5.2. 評価方法、評価の対象

方法：自己評価、他者評価、中間評価、結果評価

評価の対象：質問、観察、感想、意見調査、課題・宿題、執筆テスト、展示パネル作成、発表、エッセー、作品等

生活安全教育プログラムの内容
授業、教育活動の関連性

初等教育

学習目標	1年	2年	3年	4年	5年
環境安全					
生活環境の安全					
1. 家庭内事故、怪我					
a. 鋭いエッジのあるまたは先端の鋭い学習用具や家庭で使われる道具（ハサミ、コップ、定規、包丁、熱い鍋、電気鍋、電線、アイロン、電気コンロ、ストーブ、お湯、水蒸気など）は用途と安全な取り扱い指示に従って使用する習慣をつける	<p>準備教育課程 1 ハサミ、定規、絵の具、鉛筆、先の尖ったものは安全な取扱いの指示に従って使用し、危険な環境の中で怪我をしないよう予防する</p> <p>人と環境 1 授業の道具を識別でき、用途通り使用し、保管することについて他の人に話してあげる。家電製品を慎重に取り扱う。家や住居に（例えば台所）何が、どこにあるかを分かかって、それらの名前を言える</p> <p>美術、技術 1 絵描き、工作する際に、道具を正しく使う</p>	<p>国語 2. 指示と質問を慎重に聞いて、正しく答える。活動の指示を理解して、従う</p> <p>人と環境 2 教室にある教育用具が何でつくられているかを調べ、正しい使い方について友達にアドバイスする</p> <p>美術、技術 2. 絵描き、描出、工作に使う道具を選び、正しく使う。絵で表した説明を読んで理解する</p>	<p>国語 3. 名称、住所、銘板、タグ、説明を読んで理解する。因果関係を表す言葉を使って説明する（そのため、それで、なぜかと言いますと、これによってなど）</p> <p>人と環境 3. 授業に使われる道具を分かります、正しく選んで使います、安全に取扱いする方法について知る</p> <p>美術、技術 3. 絵描き、描出、工作に使う道具を選び、安全な取扱いルールを守り、簡単なゲームのスキーム、図、説明を読んで理解する</p>	<p>人と自然 4. 金属は多くの場合、電流をよく伝えるのに対して他の材料がどうしてよく伝えないかを実験する。金属を電線と電気ケーブルに使うのに対し、プラスチックは電話機、コンセント、スイッチのカバーとして使う理由を知る</p> <p>美術、技術 4. 裁縫道具を使って簡単な手縫いをし、ボタンを付ける</p> <p>生きる力を身につける活動4～5. 家族と人の命、人生の価値</p>	<p>国語 5. 簡単な説明書を書く</p> <p>美術、技術 5. 小さい物の工作（裁断し、縫う）</p>
市民教育1～5 規則及びルールを守る、熟考する					

<p>b. 家庭用品の名前、用途、説明、タグを読んで理解する</p>	<p>国語 1. 名称、住所、銘板を読む</p>	<p>美術、技術 2. 絵で表した説明を読んで理解する</p> <p>国語 2. 行動の指示を理解し、従う</p>	<p>美術、技術 3. 名称、住所、銘板、タグ、説明を読んで理解する</p> <p>美術、技術 3. 簡単なゲームのスキーム、図、説明を読んで理解する</p>	
<p>市民教育1～5 熟考</p>				
<p>c. 危険、事故について身近な人や地域での緊急通報用電話番号（101、102、103、107）から該当するものを選んで危険と事故の発生、住所と位置を正確に伝え、助けを求め</p>	<p>準備教育課程 1. 助けを求めめる言葉、フレーズを使う</p> <p>国語 1. 見たこと、聞いたことを覚え、メモし、話す</p> <p>人と環境 1. 家族を紹介し、電話番号を分ける、必要な時に他の人と連絡をとる。家、学校、アイマブ、市、ソム、区の名称と住所を言え、紹介できる</p>	<p>人と環境 2. 緊急ダイヤル番号を知り、他の人を助ける(101、102、103、109)</p> <p>国語 2. 自分と家族を紹介する文書を書け、お互いに質問をし、根拠のある回答をする</p>	<p>人と環境 3. 父、母と家族の専門(職)と職場を知る</p> <p>国語 3. 見たこと、聞いたことを分析し、図形化して説明する</p>	<p>国語 4. その場面に合わせて声と表情を変えて話す</p> <p>生きる力を身につける活動4～5. 家族と人の命、人生の価値</p> <p>国語 5. 言葉の選択、声色をその場面に合わせて変える。</p>
<p>課外活動 1～5 記念日、記念活動 市民教育 1～5 熟考、判断</p>				
<p>2. 医薬品、その利用</p>				
<p>a. 医薬品、家庭用化学製品の名称、用途、説明、表示を読んで理解する</p>	<p>国語語 1. 名称、住所、銘板を読む</p>	<p>国語 2. 行動の指示を理解し、従う。物事を想像する</p> <p>美術、技術 2.</p>	<p>国語 3. 名称、住所、銘板、タグ、説明を読んで理解する。因果関係を表す言葉を使って説明する(そのため、それで、なぜかと</p>	<p>国語 4. 目的に合わせて紹介文書、記事を書く</p> <p>国語 5. 目的に合わせて様々な原稿を選んで、比較しながら読む</p>

b. 医薬品の適切な使用と間違 った使用に伴う結果を理解 する	絵で表した説明を読 んで理解する	言いますと、これによっ てなど)		
市民教育 1～5 熟考、判断				
3. 応急手当		国語 3. 図、表、グラフから情報 を得る	国語 4. 新聞記事を読み、役立つ情 報をメモする	
a. 応急手当バック、非常用リ ュックとその用途を知り、 用意し、説明できるように なる				
b. 家庭内で起きた怪我、負傷 の時に施す応急手当につい て知る（裂傷、切り傷、や けどなど）	課外活動 1～5 記念日、記念活動			
社会環境の安全				
4. 家庭、学校、暮らしの環境の安全				
a. クラスや同級生間、学校の ルールを守り、それを守ら ないことで発生する結果に ついて理解する	準備教育課程 1. 学校の規律が分かるように なり、教室と授業の規律作 りに参加し、遵守する 人と環境 1. 教室、同級生、学校の環境 に適応し、学校の規律、規 則について分かるようにな る 国語 1. 書く内容を考えて一覧と図 を作成する	人と環境 2. 学校での規律を守 り、習慣づけをし、 協力して決断を出す 方法を学ぶ 国語 2. 他人の話を慎重に聞 く。まず、アイディ アを見つけて、計画 して、執筆する	人と環境 3. 生徒たちがどのようなル ール、規則を守っている かを調査する	人と社会 4. 家、学校において自分の意 思と希望を表現して（人 と）交流する。家族、学校 とクラスの生活に自分ので きるレベルで参加し、協同 する。人々の共同生活の規 律、規則を知り、守る。個 人がどのような義務と責任 を果たすべきかを理解し、 実行し、評価する
			人と社会 5. 家族、仲間、同年代、教職 員、年上の人と自分を正し く表現してコミュニケーション をとる。家族、学校、 クラスの生活に積極的に参 加し、協働する方法を選ん で、それを実行する 国語 5. 自分の主張に賛同してもら うため主張の根拠を提示す る。図形、グラフを使って 証拠と主張を見分けて、証 拠を立てて書く	生きる力を身につける活動 4～5.

		家族と人の命、人生の価値	
<p>b. 学校、家の位置を分かり、他の人に説明し、先生の指導、指示に従って学校と家の周辺、そこにある特徴的な建物、登下校する安全な経路のマップを作り、マークする（平面図、経路図、危険な所、建物を写すなど）、安全を確保して通行する</p>	<p>課外活動 1～5 学校行事 市民教育 1～5 熟考、判断</p>	<p>算数 2. 見慣れた周辺と物の簡単な配置図を説明し、物の位置を確認する内容の課題解決型作業を行う 人と環境 2. 家、住居から学校までの経路を指し、基本方位と中間方位を確認する 安全教育 5. 交通安全</p>	<p>算数 3. 与えられた地図、情報を使って、物の位置、そこまでの経路、方向を示し、物の位置と移動に関する内容の課題解決型作業をする 人と環境 3. 家、学校周辺の平面図を作成し、（映っている物の名前を言えるようになる。家、住居から学校までの経路周辺の安全性を評価する。学校の周辺を調べ、安全性を図る。地図に使われる記号を利用してできるようになる。地図を使うことを通して土地勘能力を発達させる 安全教育 5. 交通安全</p>
	<p>準備教育課程 1. 教室、学校を見学する。校内と学校の外にある標識、表示を分かるようになり、利用する 算数 1. 空間、方向と関係ある用語を使って、物の位置、動きを説明する 人と環境 1. 周辺のものを目印に家やマンションがどこに位置するかを知る 国語 1. 見たこと、聞いたことを覚え、メモし、話す 安全教育 5. 交通安全</p>	<p>算数 4. 平面図及び地図に使われる記号を理解し、利用する。尺度について理解し、利用する。平面図や地図上に角度と距離を見極めることを通じて空間知覚能力を発達させる 算数 4. 位置図（平面図）、道路地図（経路図）を理解し、作成し、説明する。平面図、経路のルートを計算する等課題解決型作業をする 安全教育 5. 交通安全</p>	<p>算数 5. 平面図、経路図と地図の尺度を理解し、一定の尺度を用いて描く。一定尺度の平面図、経路図、地図を使って長さ、面積を計算し、可能性を計算する内容の課題解決型作業をする 安全教育 5. 交通安全</p>
<p>c. 家、学校と人が沢山集まる場所で遭遇しうる危険、事故について知る、知らない人、他人の影響を受けない（同年代の子どもたちや他人からの圧力など）、誘い</p>	<p>課外活動 1～5 学校行事</p>	<p>人と環境 2. 家、住居の周辺にどう影響を与えるかを説明する</p>	<p>人と社会 4. 自分の安全を確保することについて理解し、それに連する判断を出す 音楽 4.</p>
	<p>国語 1. 相手を敬って、礼儀正しい言葉を使う 安全教育 4. a</p>	<p>人と環境 3. 住んでいる地域の公共スペース、施設（公園、遊び場、街頭など）を言葉、見学する。公共スペースにおいて守るべき規</p>	<p>人と社会 5. 子どもが権利を享受し、義務を果たし、権利が侵害されることを防ぎ、侵害された場合に関連する機関、人々にどう連絡するかを知</p>

<p>を断ることができるようになる</p>	<p>クラスや同級生間、学校の規律、ルール、規則を守り、それを守らないことで発生する結果について理解する</p>	<p>安全教育4. a クラスや同級生間、学校の規律、ルール、規則を守り、それを守らないことで発生する結果について理解する</p>	<p>律、規則を分かるようになり、従う 安全教育4. a クラスや同級生間、学校の規律、ルール、規則を守り、それを守らないことで発生する結果について理解する</p>	<p>芸術、文化、公共の場でマナーを守り、教養のある聴者になる 国語4. 自分の意見が他の人と異なることを丁寧に表現すること 安全教育4. a クラスや同級生間、学校の規律、ルールを守り、それを守らないことで発生する結果について理解する</p>	<p>り、連絡のやりとりをする。 国語5. 言葉の選択、声色を状況に合わせて変える 安全教育4. a クラスや同級生間、学校の規律、ルールを守り、それを守らないことで発生する結果について理解する</p>
市民教育I～5 決断力					
<p>d. 道に迷った時に周囲の特徴的な物を見極めて、方向を推測し（太陽や星、植物、特徴的な建物など）、他の人に助けを求める</p>	<p>人と環境2. 周辺を研究し、学習する。物の形、大きさ、位置と方向を識別して比較、空間知覚能力を身につける 国語2. 正しい順番、正しい構造を持つ完全な文で話す</p>				
5. 交通安全					
<p>a. 道路標示、標識を識別でき、他の人に説明する</p>	<p>準備教育課程1. 学校周辺の標識、標示を識別し、利用する 国語1.</p>	<p>国語2. 互いに質問をし、根拠ある回答をする</p>	<p>国語3. 見たこと、聞いたことを見分けし、図形化して説明する</p>	<p>国語4. 見たこと、聞いたことについて証拠にて立証し、結論をつける</p>	<p>国語5. 一つのテーマの範囲内で幾つかの見たこと、聞いたことを比較し、まとめて結論を出す</p>

	見たこと、聞いたことを覚え、メモし、話す					
課外活動1～5 クラス活動						
<p>b. 通行する際の歩行者の義務を分かり、注意して歩行する</p> <p>c. 駄獣、乗り物を使って移動する時のマナーを大事にし、（シートベルトと他の安全装置を使用し、ゴミを捨てない、手や頭を出さない、手すりに撞まるなど）</p>	<p>国語1. 絵を見て、出来事を推測し、主人公が何を感じているかを想像する</p>	<p>国語2. ストーリーの終わりを推定する</p>	<p>国語3. 主人公の行動を推測し、どう展開するかを推定する</p>	<p>国語4. ストーリーを想像、推測する</p> <p>人と社会4. 人々の共同生活の規律、規則を知り、遵守する。個人がどのような義務と責任を果たすべきかを理解し、実行し、評価することについて全を確保することについて理解し、それに関連する判断を出す。地域のサービスを営む企業を義務と活動別に分類し、説明する</p>	<p>国語5. 原稿の（書かれた）環境を推測し、直接的な意味と隠れた意味を比較して議論する</p> <p>人と社会5. 家族、仲間、同年代、教職員、年上の人と自分を正しく表現してコミュニケーションする。家族、学校、クラスでの活動に積極的に参加し、協力の方法を選び、実行する</p>	<p>生きる力を身につける活動4～5. 健康教育</p>
市民教育1～5 価値あるものを理解し、感じ取る能力。決断力						
6. 情報技術（利用）の安全						
<p>a. 携帯電話、パソコン、テレビ等を正しく、適切に使用する</p>	<p>国語1. 他人の話を慎重に聞く。指示を理解し、従う</p>	<p>国語2. 相手を敬って、礼儀正しい言葉を使って話す。情報をメモし、一覧の形で並べて理解する</p>	<p>国語3. 知識、興味を深めるために読書する</p>	<p>国語4. 新しいアイデアを加えて議論をする</p>	<p>国語5. 議論をする</p>	<p>生きる力を身につける活動4～5. 情報技術、通信技術のメリットとデメリット</p>
市民教育1～5 決断力						

<p>b. インターネット環境のプラスとマイナスの影響について考え、必要な時と他人にリスクのないように使用する</p>	<p>国語 1. 相手を敬って、礼儀正しい言葉を使う</p>	<p>国語 2. 相手を敬って、礼儀正しい言葉を使って話す</p>	<p>国語 3. 見たことや聞いたことを分析し、図形化して説明する</p>	<p>人と社会 4. 自分に必要な情報から見つけて使用する</p> <p>国語 4. 見たことや聞いたことを証拠にて立証し、結論をつける</p>	<p>人と社会 5. 情報を自分なりに処理し、使う</p> <p>国語 5. 目的に合わせて手紙、日記、記事、広告文書を書く。一つのテーマの範囲内で幾つかの見たこと、聞いたことを比較し、まとめて結論を出す</p>
<p>生きる力を身につける活動4～5. 地域の人々と機関（企業、組織、団体）、健康教育</p>					
<p>市民教育 1～5 感情、意思の表現</p>					
<p>7. 大気・水質・土壌汚染</p>					
<p>a. ごみ捨て場以外のところでごみを捨てない、ごみを専用のごみ箱に分別して捨てる習慣を身につける。</p>	<p>国語 1. 読んだ童話、小説について分かりやすく感想文を書く。絵を見て、出来事を感じているかを想像する。</p>	<p>国語 2. 感謝状、挨拶状、説明書を書く。ストーリーの終わりを推定する。</p>	<p>国語 3. 異なる目的の手紙を何枚か書く。主人公の行動を推測し、どう展開するかを推定する。</p>	<p>人と自然 4. 人間が生息環境に及ぼす良い影響、悪い影響を確認し、自然環境を愛し、保護するイニシアチブを持つ。</p> <p>国語 4. 出来事を想像、推測する。紹介状、新聞記事を書く。</p>	<p>国語 5. 目的に合わせて手紙、日記、記事、広告文書を書く。原稿の（書かれた）環境を推測し、直接的な意味と隠れた意味を比較して議論する</p>
<p>課外活動 1～5 学校の日常的な活動 市民教育 1～5 決断力、価値あるものを感じる、理解する能力</p>					
<p>b. 大気汚染の多い環境（埃、煙など）でマスクをつける習慣を身につける</p>	<p>国語 1. 見たことや聞いたことを覚え、メモし、話す</p>	<p>国語 2. 互いに質問をし、根拠のある回答をする</p>	<p>国語 3. 見たことや聞いたことを分析し、図形化して説明する</p>	<p>人と社会 4. 自分の安全を確保することについて理解し、それに関連する判断を出す。</p>	<p>人と社会 4. 自分の安全を確保することについて理解し、それに関連する判断を出す。</p>

<p>生きる力を身につける活動4～5。 健康教育</p>				<p>8. 気候変動</p> <p>a. 気候変動を加速化させる一 部の要因について知り、そ の要因軽減のために自分な りに貢献をできるようにな る（節電、節水、紙の節 約、植樹の意義を理解して 世話をし、保護する、食べ 物を正しく選んで使うな ど）</p>	<p>国語1. 原稿の内容を理解する。 絵を見て、出来事を推測 し、主人公が何を感じてい るか想像する 算数1. 物体または図形を使って作 品をつくる 美術、技術1. 描く作業、色を塗る作業、 手に握る作業、折る作業、 ハサミで切る作業、貼る作 業などによる（様々な材料 を使って）工作作業</p> <p>国語2. 原稿の内容を理解する し、質問に該当する 部分を読む。ストー リーの終わりを推定 する 美術、技術2. 描く作業、色を塗る作 業、手に握る作業、折る 作業、巻く作業、ハサミ で切る作業、貼りつける 作業、つなぎ合わせる作 業、並べる作業などによ る（様々な材料を使っ て）工作作業する 算数3. 買物の計算やその他の課 単位と結びつく内容の課 題解決を行う 人と環境3. 生体の基本的な需要を研 究する（食料、餌、餌を とる行為など）</p> <p>国語3. 原稿の因果関係を理解し て話す。主人公の行動を 推測し、どう展開するか を推定する 美術、技術2. 描く作業、色を塗る作 業、手に握る作業、折る 作業、巻く作業、ハサミ で切る作業、貼りつける 作業、つなぎ合わせる作 業、並べる作業などによ る（様々な材料を使っ て）工作作業する 算数3. 買物の計算やその他の課 単位と結びつく内容の課 題解決を行う 人と環境3. 生体の基本的な需要を研 究する（食料、餌、餌を とる行為など）</p> <p>国語4. 出来事を想像し、推定す る。原稿の中から証拠と主 張を見分けて、まとめて判 断する質問をする 美術、技術4. データ、情報を収集及び記 録し、それらを表、絵文 字、棒グラフ、円グラフま たは簡易グラフにして図式 化し、説明し、結論を出 す。買物も計算やその他 の単位と結びつく内容の課 題解決を行う、または作成 する 美術、技術4. 簡単な物体を並べたり、組 み立てたりして構造物をつ くる、模型をつくる。あら かじめ用意された様々な部 品を使って機械のモデルを 工作する。</p> <p>国語5. 人から自然5. 気候変動への適応、（地球 温暖化の）減速に自分の果 たす役割と義務を認識す る。エネルギーの種類を識 かるようになり、種類を識 別する。 国語5. 原稿から自分に必要な情報 を集めて、生活に活用し、 守る 算数5. データと情報を収集し、デ ータ、情報、ダイアグラム に適合する表、ダイアグラ ム、グラフを作成し、比較 し、説明し、まとめる。一 定の条件に沿って抽出した データの最頻値、範囲、中 央値、平均値を算出す る。 美術、技術5. 物体を使ってモノをつく り、装飾する。機械のモデ ル、作品をつくり、改良す る</p> <p>生きる力を身につける活動4～5。 自然環境に優しい利用</p>
----------------------------------	--	--	--	---	---

	<p>課外活動 1～5 クラス活動 市民教育 1～5 熟考、決断</p>				
<p>災害、事故、危険現象</p>					
<p>自然、気候由来の危険現象</p>					
<p>9. 地震</p>					
<p>a. 地震を想定し、対応について理解する（サイレンのこ と、物が落ちてこない、倒 れてこない、ガラス等が割 れない、物が移動してこな い所、震災に準備する物、 備蓄食料品ことなど）</p>	<p>体育 1. 這う、登る 国語 1. 他人の話を慎重に聞く。見 たことや聞いたことを覚え、 メモし、話す。聞きと りやすいはきりした声で 分りやすく話す</p>	<p>国語 2. 指示、指導を慎重に 聞く。指示と質問を 慎重に聞いて、的確 に答える</p>	<p>国語 3. 他人の話を積極的に聞 く。話を慎重に聞いて、 重要な部分を知り、話題 の範囲内で話す。人の前 で明確かつ自由に話す。</p>	<p>国語 4. 他人の話をじっくりと聞く。他 人の考えを聞き入れる。人 聞いたことを判断する。人 の話の話を聞いて、主張を確 認する質問をする。自分の主 張を述べる際には、例をあ げて立証する 美術、技術 4. 簡単な材料から成る軽食を つくる</p>	<p>国語 5. 正しく聞き取れたことを表 現する。一つのテーマの範 囲内で幾つかの見たことや 聞いたことを比較し、まと めて結論を出す。議論を行 う 美術、技術 5. 簡単な材料の軽食をつくる</p>
<p>b. 災害時警報サイレンが鳴つ た時に、大人の指導、指示 に従って行動する c. 災害発生後、安全を確保す るための方法から知る（手 足に切り傷やけがを負わな いよう気をつける、自分の 居場所を他に人に知らせ る、音を出す、精神を落ち 着かせるなど）</p>	<p>体育 1. 走る、飛ぶ、投げる、渡す エレメントを含む各種の運 動遊びをする 国語 1. 他人の話を慎重に聞く。見た ことや聞いたことを覚え、 メモし、話す</p>	<p>体育 2. 走る、飛ぶ、投げる、渡 すエレメントをし、ゲ ームのルールを守る 国語 2. 指示と指導を慎重に 聞く。指示、規則に 従う</p>	<p>体育 3. 走る、飛ぶ、投げる、渡 すエレメントを含む遊び をゲームのルールに従っ てする 国語 3. 他人の話を積極的に聞 く。話を慎重に聞いて、 重要な部分を知り、話題 の範囲内で話す。</p>	<p>体育 4. 身体の一般的な発達に使わ れる機具を使った練習をす る。走る、飛ぶ、投げる、 渡すエレメントを含むゲー ムをそのルールに従ってす る。 国語 4. 他人の話をじっくりと聞く。他 人の話を聞いて、話の意図 などについて確認する。自</p>	<p>体育 5. チームでする一般的な体操 をする。忍耐力を発達させ る走り、飛び、投げ、パス エレメントを含むゲームに 追加エレメントを足して行 う 国語 5. 正しく聞き取れたことを表 現する。一つのテーマの範 囲内で幾つかの見たことや 聞いたことを比較し、まと めて結論を出す。</p>

				<p>人の主張については例をあげて立証する。</p> <p>人と社会 4.</p> <p>自分の安全を確保することについて理解し、それに関連する決断を出す。家、学校で自分の意思、希望を表現して（人と）コミュニケーションする。家族、校とクラスでの活動において自分のできるレベルで参加し、協力する。</p> <p>音楽 4.</p> <p>芸術作品の美しさを感じ、癒しを感じ取り、（それを）他の人と共有する</p>	<p>人と社会 5.</p> <p>家族、仲間、同年代、教職員、年上の人と自分を正しく表現してコミュニケーションをとる。家族、学校、クラスの活動に積極的に参加し、協力して実施する方法を選び、実行する。梃子により、エネルギーを変換させる方法を学ぶ。梃子の生活上の活用についての自分の知識を使って説明する。</p>
<p>10. 干ばつ、ゾド、洪水、雷、強い雪嵐、砂嵐</p>	<p>a. 干ばつ、ゾド、洪水、雷、強い雪嵐、砂嵐とそれらがもたらす結果について理解をする</p>	<p>国語 1.</p> <p>絵をみて、誰が、何を、どうしましたかといった質問の答えになる言葉を質問別に分けて分類し、文を質問で展開させる。絵をみて、出来事を推測し、想像し、話し合う。見たことや聞いたことを覚え、メモを取り、話す</p>	<p>国語 2.</p> <p>指示と質問を慎重に聞いて、的確に答える。文を因果関係の質問で展開させる。ストーリーの終わりを推測し、推定する。</p>	<p>国語 3.</p> <p>話を慎重に聞いて、重要な部分を知り、話題の範囲内で話す。文を性質、空間、時空、数量を表す言葉で展開させる。原稿の出来事を推測し、推定する。</p>	<p>国語 4.</p> <p>他人の話をじつと聞いて、主張を確認する質問をする。自分の主張を述べる際には、例をあげて立証する。文を性質、空間、時空、数量を表す言葉で展開させ、比喻する意味を正しく使う。文章の隠れた意味を理解する。</p> <p>人と社会 4.</p>
	<p>国語 5.</p> <p>一つのテーマの範囲内で幾つかの見たこと、聞いたことと比較し、まとめて結論を出す。原稿の（書かれた）環境を推測し、直接的な意味と隠れた意味を比較して議論する</p>	<p>人と社会 4.</p>			

<p>自分の住んでいるアイマ グ、ソム、区、ホローの領 土、自然、人々の生活、文 化を理解し、分かるように なる</p> <p>算数4. 気温とその他のスケールと 関連ある課題解決作業を行 う</p>	<p>生きる力を身につける活動4～5. 自然との調和、珍しい現象、理由。家族、人の命、人生の 価値</p>								<p>生きる力を身につける活動4～5. 「科学技術の発展、結果が私たちの生活に」、伝統的な儀 式</p>
<p>課外活動1～5 クラス活動 市民教育1～5 価値あるものを感じる、理解する</p>									
<p>b. 気象情報天気予報を常に聞 き、人に与える影響を理解 し、適切な対応をする（太 陽に長時間当たること、熱 中症になること、やけどや 凍傷を負うこと予防し、迷 子にならないよう用心する など）</p>			<p>国語1. 見たことや聞いたことを覚 え、メモ取り、話す。 絵をみて、出来事を推測 し、想像し、話し合う。</p>	<p>国語2. 指示と質問を慎重に 聞いて、正しく答え る。出来事の終わりを 推測し、推定す る。指示と規則を守 る。</p>	<p>国語3. 話を慎重に聞いて、重要 な部分を知り、話題の範 囲内で話す。原稿の出来 事を推測、推定する。</p>	<p>国語4. 他人の話をじっと聞いて、 主張を確認する。質問をす る。自分の主張を述べる際 には、例をあげて立証す る。 文章の隠れた意味を理解す る。 人と社会4. 自分の安全を確保すること について理解し、それに関 連する決断を出す。</p>	<p>国語5. 一つのテーマの範囲内で幾 つかの見たことや聞いたこ とを比較し、まとめる。文 章が書かれた環境を推測 し、直接的な意味と隠れた 意味を比較して議論する 人と自然5. 風の方向を計り、風速と風 量については、物の様子を 使って比較し、理解する。 算数5. ...比例寸法（移動）の内容 を持つ課題を解決する</p>		

	課外活動1～5 クラブ活動、部活動、サークル活動 市民教育1～5 熟考、決断力			
人間の行為に伴う危険				
11. 火災（林野火災、建物火災）				
a. 火災に関する知識を習得し、火事が発生する原因、理由、もたらす結果、被害について理解する	国語1. 他人の話を慎重に聞く	国語2. 指示、規則に従う	国語3. 他人の話を積極的に聞く	国語4. 他人の話をじっと聞く。必要な情報を分けてメモする 国語5. 正しく聞き取れたことを表現する
生きる力を身につける活動4～5. 自然環境、自然に優しい利用				
課外活動1～5 クラス活動				
b. 学校、家庭、住宅にある簡易消火器具、標識、標示、非常口を案内する平面図を理解し、識別でき、火災が起きた際に家屋から安全に避難し、他の人に知らせる方法を学ぶ	準備教育課程1. 学校内にある標識、標示を分かるようになり、使用する 国語1. 名前、住所、銘板を読む。行動の指示を理解し、従う	算数2. 見慣れた周辺と物の簡単な配置図を説明する 国語2. 行動の指示を理解し、従う	算数3. 与えられた地図、情報を使って、物の位置、そこまでの経路、方向を示す 国語3. 図、表、グラフから情報を得る。行動の指示を理解し、従う	算数5. 平面図、経路図と地図の尺度を理解する 国語5. 創造的に想像し、簡潔、明瞭、的確に話、実行する。行動の指示を理解し、従う
生きる力を身につける活動4～5. 家族と人の命、人生の価値				
課外活動1～5 クラブ活動、学校行事、記念日、記念活動 市民教育1～5 価値あるものを感じ、理解する 市民教育1～5 決断力				
12. 人、家畜、動物の伝染病				

<p>a. 家畜、野生動物、ペット、植物、昆虫からもたらされる危険を知り、伝染病を予防し、個人の衛生管理を保つ</p>	<p>人と環境1. 地域に良く目にする植物、動物（ペット）を言え、識別する 国語1. 絵をみて、誰が、何を、どうしましたかといった質問の答えになる言葉を質問別に分けて分類し、文を質問で展開させる。図書を選んで読む</p>	<p>人と環境2. 植物、動物の生きる環境を言う（「森の動物」など）、生活する環境にどう適応しているかを観察し、実験、例で説明する 国語2. 文を因果関係の質問で展開させる。行動の指示を理解し、従う</p>	<p>人と環境3. 地域の植物（木本植物、垂低木、草本植物）、動物（森、草原の、水のななど）を分類し、生活する環境がどう成り立ったかを調べる。 国語3. 話を慎重に聞いて、重要な部分を聞き、話題の範囲内で話す。文を性質、空間、時空、数量を表す言葉で展開させる。原稿の出来事を推測し、推定する。</p>	<p>国語4. 文を性質、空間、時空、数量を表す言葉で展開させ、比喩する意味を正しく使う。必要な情報を分けてメモする。</p>	<p>国語5. 文を性質、空間、時空、数量を表す言葉で展開させ、習慣づける。目的に合わせて様々な本、雑誌を比較して読む。ルール、規則を守る。</p>
<p>生きる力を身につける活動4～5. 地域の人々と機関（企業、組織、団体）</p>					
<p>b. 一般的な感染症（風邪、感 染性胃腸炎など）を予防する 簡単な方法を学び、衛生 管理を保つ（手洗い、うが いなど）</p>	<p>市民教育1～5 熟考 準備教育課程1. 個人衛生管理 国語1. 絵をみて、誰が、何を、どうしましたかといった質問の答えになる言葉を質問別に分けて分類し、文を質問で展開させる。</p>	<p>国語2. 文を因果関係の質問で展開させる。行動の指示を理解し、従う</p>	<p>国語3. 話を慎重に聞いて、重要な部分を聞き、話題の範囲内で話す。文を性質、空間、時空、数量を表す言葉で展開させる。図、表、グラフから情報を得る</p>	<p>国語4. 文を性質、空間、時空、数量を表す言葉で展開させ、比喩する意味を正しく使う。必要な情報を分けてメモする。 生きる力を身につける活動4～5. 健全で安全な市、区、ホロー、アイマダ、ソム、バグ</p>	<p>国語5. 文を性質、空間、時空、数量を表す言葉で展開させ、習慣づける。</p>
<p>市民教育1～5 熟考</p>					

前期中等教育

学年 (学習目標)				
授業、科目	6	7	8	9
国語 (モンゴル語、モンゴル文字)			<p>国語 8.3.2. 社会が直面する問題について議論し、関連する情報を入力して分類し、誰を対象に、どんなテーマで、どう話して紹介するかを決め、話を計画する</p> <p>安全教育 4.e. 起こりうる攻撃、ハラスメントより自分の身を守る方法を学び、人に助けを求める</p>	<p>国語 9.2.1. 自然、社会、経済をテーマに、公共の注目する問題の中から選んで文章を書く際に、それに関する情報を収集及び整理し、自分の意見や考え方を示し、因果関係を提示する。</p> <p>安全教育 9.e. 災害発生後に自分を守る方法、避難ルールを知り、家族、友人を助けることについて話し合う</p>
情報技術	<p>情報技術 6.2.3. インターネット環境で作業をする基本的なマナーを知り、マナーを守る。インターネットと映画館、学校などその他の環境で守るべきマナーをどう守っているかを検討し、注意深く扱う</p> <p>安全教育 6.b. 情報技術の利用とその効果的利用の重要性について理解する (携帯電話、インターネット)</p>	<p>情報技術 7.2.4. インターネットリテラシーのルール、規則を知り、従う。自分と他の人のインターネットを利用している技術を比較し、批判的な立場から扱い、判断する</p> <p>安全教育 6.c. 電子通信のマナー (インターネット・リテラシー) を大切にす</p>	<p>情報技術 8.2.5. ソーシャルネットワークのマナーを知り、守り、ソーシャルネットワークのマナーを守って安全に正しく利用し、意思を丁寧かつ正しく表現し、他の人とのコミュニケーション及びソーシャルネットワーク上で起こりうる問題ともたらされる結果を知る</p> <p>安全教育 6.a. ネット環境で個人情報公開しない、インターネット上に他の人の情報、写真を許可なしで公開することの悪影響について理解する</p>	
物理			<p>物理 8.2.1. 静電気現象をテスト、実験で検出し、静電化した物体間の相互作用の特徴を分かるようになる</p> <p>安全教育 10.e. 雷が発生する条件、もたらす被害を理解し、雷発生時の緊急対策を知る</p>	

生物			<p>生物 8.2.5. 医薬品、その影響を説明</p> <p>安全教育 2.d. 薬を医者からの指導に従って使う習慣をつける</p>	<p>生物 9.2.2. 地球人口の食糧問題、干ばつ、洪水、人口激増問題について議論する</p> <p>安全教育 11.a. 地域や全国に起こった干ばつ、ゾドの教訓について情報を収集し、紹介する</p> <p>安全教育 11.d. 農業、食糧品の充足度、供給状態、砂漠化に対して干ばつが与えている影響について話し合う</p> <p>生物 9.1.1. 生物分類の下位単位（門、界、一部のドメイン、生物）の特徴を知り、一部の種を識別し、検証する</p> <p>安全教育 7.c. 地域の水資源量を知り、水質を検証する</p>
化学	<p>科学 6.4.2. 家庭内での汚染予防とそれに自分が貢献できることを見つけて出す</p> <p>安全教育 2.b. 家庭でよく使われる化学物質を分かち、有毒か無毒かを識別し、それらを適切に使用する</p> <p>安全教育 2.c. 化学物質を保存していた容器に食品を保存してはいけないことを理解する</p>	<p>化学 7.4.2. 住んでいる地域に水質、空気が汚染されている例を出し、その原因を究明する</p> <p>安全教育 7.a. 環境（水、大気、土壌）に対して人間の行為が及ぼす影響について説明（過剰人口、家畜頭数の増加など）する</p>	<p>化学 8.8.2. 誤差を少なくし、より信頼できる結果を出すのに十分な観察、測定を行う</p> <p>安全教育 4.a. 実験授業の際に安全を確保する</p> <p>化学 8.4.2. 水質汚染、大気汚染を予防する方法を検証する</p> <p>安全教育 7.b. 大気汚染の削減に対する住民一人ひとりの義務と役割について話し合う</p>	<p>化学 9.8.8. 化学物質が人間の健康、建物・施設へ与える悪影響を説明する</p> <p>安全教育 13.a. 家庭用の引火性、爆発性物質を含む物品を検出し、引火性、爆発性であることを示す標記、表示を識別して説明する</p> <p>化学 9.8.12. CO₂、メタンを温室効果ガスという点と、温室効果ガスが気候変動にどう影響を与えるかを説明</p> <p>安全教育 8.b. 気候変動、温室効果ガスの影響について話し合う</p>
地理		<p>地理 7.4.3. 気候の様子を観察、測定し、グラフィックスを利用することを通して研究する方法を関連させ、生活に活用する</p>	<p>地理 8.4.3. 天気予報図を読解し、利用する</p> <p>安全教育 10.a. 安全</p>	<p>地理 8.5.2. 持続可能な開発の基本理念、直面する課題、実行する方法を地域の例で研究し、結論を出す</p>

	<p>安全教育12.a. 天気予報を聞き、他の人に伝え、注意する</p> <p>地理7.1.2. 地理空間を表すもの（地理図、地球儀、上空写真、衛星画像、町の平面図など）の上で方角、位置を検証し、簡単な地図を作成する</p> <p>安全教育4.b. 暮らしの環境と地域の安全マップを作成する</p> <p>安全教育12.c. 道に迷った時に方角を推測する方法、人に助けを求めする方法を知る</p> <p>地理7.4.1. 地形の凸凹が形成されるのに影響を与える外的及び内的要因を識別し、実験を通して立証する</p> <p>安全教育9.a. 住んでいる地域、国及び各国で発生した（地震）災害について情報を収集し紹介する</p> <p>安全教育9.b. 地震によって暮らしの環境で起こるリスク（家と学校周辺、街頭など）を見つけてだし、負傷、怪我を避ける方法について考える</p>	<p>天気予報の分析をする</p> <p>安全教育11.b. 天気について空の様子、植物、家畜に現れる徴候で察知し、生活に活用できるようにになる</p> <p>地理8.5.2. 自然保護の伝統的な儀式、方法について調べ、地域が抱える自然問題を解決に導く提案をする</p> <p>安全教育7.d. 土壌汚染を予防するために自分ができるところを検出し、実施する</p> <p>地理8.4.7. 気候変動と人間の行為が地表水、地下水の蓄積にどう影響を与えているかについて例を挙げて立証する</p> <p>安全教育8.a. 気候変動に影響を及ぼす人間の間違った行動を洗い出す</p>	<p>安全教育8.c 気候変動に影響を及ぼしている要因を削減するために自分ができるところを検出する</p>
<p>体育 保健</p>	<p>体育6.2.1. 二人組でのアクロバット回転、逆立ちができるようになり、それらを他の運動と組み合わせてアクロバットのセト運動をアレンジする。安全な環境を確保する</p> <p>安全教育1.a. 安全教育1.a.</p>	<p>体育8.1.1. 柔部組織の損傷、鼻血などの事故、怪我を予防し、必要な時に自分と他の人に応急手当を施す</p> <p>安全教育3.a. 身近な材料、道具を使って応急手当を施す</p>	<p>体育9.1.1 必要な時に、出血を止めるため包帯を施し、自分と他の人に応急手当を施して、健康を守る</p> <p>安全教育3.a. 身近な材料、道具を使って応急手当を施す</p>

負傷、怪我（落ちる、滑る、下敷きになる）を予防し、自分の身を守る		間接脱臼、筋挫傷の時に施す応急手当		骨折、出血の際の応急手当	
教育活動をサポートする活動					
生活安全教育プログラムの内容		市民教育		課外活動	
生きる力を身につける活動					
家、幼稚園、学校、暮らしの環境の安全			安全教育 4.c. 課外活動時の安全を確保するための計画を作成する 安全教育 4.d. 学校で低学年の生徒や障害のある生徒を手助けする		
干ばつ、ゾド	安全教育 11.e. 干ばつ、ゾドの時にショックを受け、精神的不安に陥ることを予防し、精神的な備えを持つこと	安全教育 11.f. 自分の住んでいる地域へ貢献するためのボランティア活動を行う	安全教育 11.c. 極寒、猛暑の時期に自分の安全、命を守るよう避難所を設計する		
強風、砂嵐			安全教育 12.b. 強風、雪嵐、砂嵐の時に緊急対策を計画する		
洪水、水害、地滑り、土砂崩れ、雷		安全教育 10.c. 洪水及び水の事故に遭遇したときに自分の身を守る方法を学ぶ（避難、水泳ができるようになる）	安全教育 10.b 洪水、水害が発生する原因を知り、地域にあるリスクの高い箇所を確認する 安全教育 10.d. 水に溺れた時の心肺蘇生法（CPR）の施し、応急手当てをする		
交通安全		安全教育 5.c. 歩行する時や駄獣、自転車を使う時、安全に通行するよう注意する 安全教育 5.d. 各種交通機関を利用する際に、乗客が守るべきルールや規則に従う	安全教育 5.a. 気候変動によって発生する交通事故について知る 安全教育 5.b. 自分の身を守るために交通安全ルールを守る		
地震		安全教育 9.d. 災害時の警報、注意報に従って行動し、地震防災訓練をする	安全教育 9.c. 地震発生時の集合行動、秩序確保、整列時の列の増加及び削除など自分を守り、他の人に邪魔にならない行動の仕方、支援活動について考える		

<p>応急手当</p>			<p>安全教育 3.a 身近な材料、道具を使って応急手当を施す</p> <ul style="list-style-type: none"> ● やけどの応急手当 ● 凍傷の応急手当 ● クラッシュ症候群の際の応急手当
<p>火災</p>		<p>安全教育 13.b. 火災の種類、建物火災の予防、家と学校で火災が発生した際の対策計画を作成し、それに基づいて訓練をする</p>	<p>安全教育 13.c. 火災発生に影響を及ぼす要因を知り、火事を予防し、他の人の安全に気を配る</p> <p>安全教育 13.d. 消火器の種類と用途について理解し、初期消火に使われる道具を使用できるようにする</p>
<p>人、家畜、動物の伝染病</p>			<p>安全教育 14.a. 伝染病の種類、病原体、感染経路について理解する</p> <p>安全教育 14b. 家畜や動物から人へうつる感染症の予防、病原体を保有する動物とそれを媒介する動物の種類について知る（疑わしい場合に近付かない、専門機関に連絡する、家畜及び動物性の原料と食料を加工して使用するなど）</p> <p>安全教育 14c. 殺菌、消毒、防疫の重要性を理解する</p>

後期中等教育

学年 (学習目標)		11	12
授業、科目	10		
化学	<p>化学 10.6.d. 水素と窒素を製造する原料 (炭化水素、水蒸気、空気) とハーバー・ボッシュ法で窒素を製造する工場の基本条件を検証 化学 10.10.f. 希硫酸の性質を検証</p> <p>安全教育 2.a. 危険な化学物質 (爆発性、引火性、酸化性、腐食性) を識別できるようになる</p> <p>化学 10.14.d. 分解に長い時間がかかる一部プラスチック材用の環境へ与える影響を検証する</p> <p>安全教育 2.c. 家庭用品の包装などに記載されている説明を理解し、正しく使用する習慣をつける</p> <p>化学 10.2.2.a. 食料品と医薬品等日常生活に使われる物質の純度の重要性を理解する</p> <p>安全教育 2.d. 医薬品、化学物質の適切な利用について他の人に知らせ、紹介する</p>	<p>化学 11.10.e. 硝酸塩肥料の不適切な利用が環境へ与える影響を述べ、理由を述べて説明する</p> <p>安全教育 2.b. 化学物質による事故、汚染による悪影響、それを防ぐ方法を言えるようになる</p>	
生物	<p>生物 10.14.a. 人間の行為が生活環境劣化に与える影響を分析する</p> <p>安全教育 7.c. 大気汚染の現状、原因を説明し、大気汚染軽減する方法について住民、コミュニティに対して広報活動を行う</p>	<p>生物 11.12.b. 劣化した生活環境をどう修復させられるかを地域や地帯の例で説明</p> <p>安全教育 4.a. 学校において健全かつ安全な環境整備の提案をする</p>	
地理	<p>地理 10.4.1.e. 岩石圏由来のリスク (土砂崩れ、地すべり、地震、火山など) を計算し、それを予防する、決断を出す能力を学ぶ</p> <p>安全教育 9.a. 家庭のリスク評価に基づいた準備計画を作成</p> <p>安全教育 10.b. 洪水発生後の土砂崩れ、地滑りの予防対策を考える</p> <p>地理 10.4.4.c. 土壌劣化防止、土壌保護方法を実践する</p> <p>安全教育 7.b. 地域の土壌の性質を評価し、土壌の劣化を防ぐ方法を地域別に比較研究し、我が国の特徴に合った方法を検出する</p> <p>地理 10.4.2.g. 雲が発生する理由、雲の種類、性質を検証</p> <p>安全教育 10.d. 雷が伴う雨雲の識別、雷が落ちるリスクの高い場所の把握</p>	<p>地理 11.5.14.b. 気候変動の原因、結果を世界とモンゴルのケースで検証</p> <p>安全教育 8.a. 気候変動が自然災害発生頻度に影響を与えていることについて話し合う</p> <p>安全教育 8.b. 気候変動が社会、経済へ与える大規模な変化、リスクについて明かにする</p> <p>地理 11.5.14.c. 気候変動を減速させる方法、それに適応する方法を検証する</p> <p>安全教育 8.c. 気候変動への適応、リスクについて議論する</p> <p>地理 11.5.15.b. 水の適切な利用を計算し、先端技術を導入する方法を検出する</p> <p>安全教育 7.a. 河川汚染、その原因ともたらず結果を判断し、水質改善対策を実施する</p>	

社会	社会 10.3.d. 歪みが生むプラスとマイナス結果を検証し、起こりうるマイナス結果から身を守ることにエッセーを書けるようになる 安全教育 4.b. 犯罪、暴力事件に関する情報について調査し、議論する	社会 11.2.c. 実際にあった事件から犯罪と害の違いを検証することにより犯罪の基本的な概念を学び、犯罪予防、安全生活の環境を整備する方法を考え出す 安全教育 4.c 暴力事件が多く発生する場所などを明らかにし、(そのような場所を)避けるようにする 安全教育 1.a. 良く起きる家庭内事故、怪我について話し合い、結果をまとめ、事故に合わない、怪我をしない環境を整備する	
デザイン、画学、技術		デザイン・画学・技術 11. 食品を製造、加工する機械、用具は取り扱い方に従って正しく使い、安全に働く 安全教育 1.b. 家電製品、気体状の物質を正しく利用し、安全ルールを守る	
情報技術	情報技術 10.1.c. ネット環境、ソーシャルネットワーク上のマナーを守り、ソーシャルネットワークを安全かつ適切に利用するための設定をする対策を説明し、実行する 安全教育 6.b. ソーシャルネットワークを安全かつ適切な利用、設定の方法について知る	情報技術 11.3.d. インターネット利用上起こりうるリスク、実際に起きたことなどについて具体的な事例をあげて説明し、判断する。 安全教育 6.a. 情報技術の負の影響、正しい利用について考える 情報技術 11.3.a. ネット上に個人情報や写真を許可なしで公開または利用すること、感想を書くこと、人を言葉で侮辱すること、讒言すること、侵害された権利の復元、知的財産、ソフトウェア、著作を許可なしで利用するまたはコピーして公開することについて理解し、守ること 安全教育 6.c. インターネット利用の悪影響とネット犯罪を予防し、影響されないようにし、自分の身を守る	
生活安全教育プログラムの内容			
教育活動をサポートする活動			
洪水、水害、地滑り、土砂崩れ、雷		安全教育 10.a. 住んでいる地域にある川と湖の変化に影響を与える要因について調べ、地域の洪水リスクマップを作成 安全教育 10.c. 洪水発生後の廃棄物の処理へ参加し、衛生ルールを守る	
干ばつ、ゾド		安全教育 11.a. 干ばつとゾドのリスク軽減のために遊牧民が注意する事項について知り、遊牧民支援活動を実施する	
強風、砂嵐		安全教育 12.a. 住んでいる地域の防災機関の活動を見学し、そこで働いている人々の話を聞く	
交通安全		安全教育 5.a. 交通安全に関する法規定を守り、市民と法人の権利及び義務を知る 安全教育 5.b. 道路標識、表示(通知、禁止、指示、警告、順番の規定など)を識別でき、仲間、年下の子に説明する 安全教育 5.c. 運転士の義務と責任について理解し、交通事故を起こした際に責任を持ち、被害を賠償する義務があることを知る	

地震	<p>安全教育 9.b. 災害発生後の復興、発展に向けたボランティア活動の計画を作成</p> <p>安全教育 9.c. 災害時の警報、注意報に従って行動し、地震防災訓練を実施する</p>
応急手当	<p>安全教育 3.a. 身近な材料、道具を使って応急手当を施す</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 医薬品、化学物質性中毒の時に施す応急手当 ● 電流に打たれた時の応急手当 ● 心肺蘇生法 (CPR)
火災	<p>安全教育 13.a. 火災の種類、林野火災の予防、他の人への伝達</p> <p>安全教育 13.b. 家庭、学校の火災ハザードマップの理解、使用</p> <p>安全教育 13.c. 住んでいる地域の消防署を見学</p> <p>安全教育 13.d. 消化器の種類、用途について理解し、簡易消火器具を利用できるようになる</p>
人、家畜、動物の伝染病	<p>安全教育 14.a. 家畜、動物から人に移る感染症にかかった時の症状、予防方法について知る</p> <p>安全教育 14.b. 細菌、ウイルスによって発症する感染症にかかった時の症状、予防法について知る</p> <p>安全教育 14.c. 人、家畜、動物の伝染病発生時の検疫隔離対策の重要性と (その時) 市民が果たすべき義務について知る</p>