

日本とモンゴルの耐震規定の比較

菅野 忠 (Sugano Tadashi)
館野公一 (Tateno Tomokazu)

 財団法人日本建築センター
The Building Center of Japan

概要

日本

モンゴル

一般的な建物の設計法

・1次設計(許容応力度設計)

・2次設計(終局強度設計)

比較

一般的な建物の設計法

超高層建物の設計法

- ・実施設計例について
..... 2/1説明予定
- ・超高層建物の性能評価について
..... 2/5説明予定

超高層建物の設計法

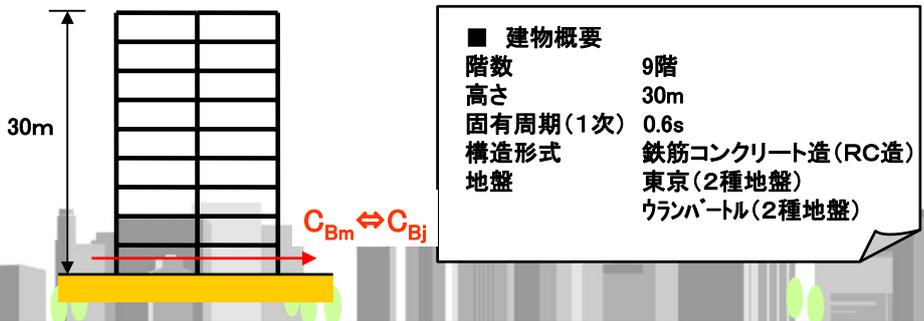
?

概要

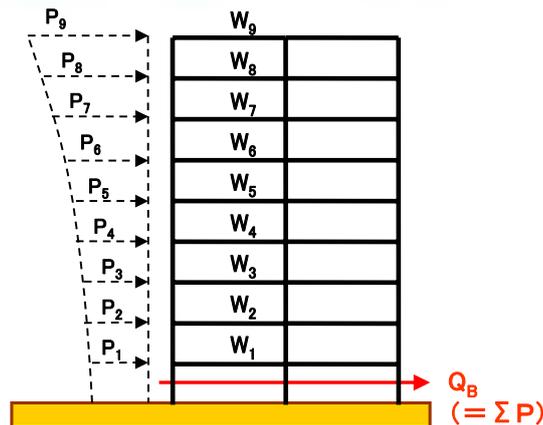
- 日本とモンゴルの耐震基準の違いを把握するために、建物の設計用地震力の式をベースシア係数で比較する。

モンゴル国 $C_{Bm} = \sum Sik / \sum Qk = Ki K\psi A \beta (\sum \eta ik Qi / \sum Qi)$
 日本国 $C_{Bj} = Ds Fes Z C_0 Rt Ai$

- 東京とウランバートルに9階建(高さH=30m)の鉄筋コンクリート造の共同住宅を設計する場合を想定して比較



ベースシア係数とは



ベースシア係数とは 1層の層せん断力係数。
 1層のせん断力を、建物の全重量で割った値

ベースシア係数 $C_B = Q_B / \sum W$

1. 日本とモンゴルの設計用地震力式の比較

モンゴル国のベースシア係数

$$C_{Bm} = \sum S_{ik} / \sum Q_k = \underline{K_i} \underline{K_\psi} \underline{A} \underline{\beta} (\sum \eta_{ik} Q_i / \sum Q_i)$$

建物に関する係数
(損傷度、形状)

地震力に関する係数
(MSK7~9、地盤、建物の重要度)

Modal analysis に関する係数

日本国のベースシア係数

$$C_{Bj} = \underline{D_s} \underline{F_{es}} \underline{Z} \underline{C_0} \underline{R_t} \underline{A_i}$$

建物に関する係数
(構造形式、形状)

地震力に関する係数
(JMA6強、地域、地盤)

Modal analysis を
近似した係数

ほぼ等しい

建物の設計クライテリアは、500年に1度発生すると考えられる、日本気象庁震度 (JMA) 6強の地震に対して、倒壊しないこと (MSK震度9に相当)

1.1 地震力に関する係数の比較

モンゴル国のベースシア係数

$$C_{Bm} = \sum S_{ik} / \sum Q_k = \underline{K_i} \underline{K_\psi} \underline{A} \underline{\beta} (\sum \eta_{ik} Q_i / \sum Q_i)$$

地震力に関する係数
(MSK7~9、地盤、建物の重要度)

日本国のベースシア係数

$$C_{Bj} = \underline{D_s} \underline{F_{es}} \underline{Z} \underline{C_0} \underline{R_t} \underline{A_i}$$

地震力に関する係数
(JMA6強、地域、地盤)

地震力に関する係数の比較

1.1 地震力に関する係数の比較

■ ウランバートルに9階建(高さH=30m、周期T=0.6s)の鉄筋コンクリート造の共同住宅を設計する場合...

$$C_{Bm} = K_i K_\psi A \beta \left(\frac{\sum \eta_{ik} Q_i}{\sum Q_i} \right)$$

モンゴル国の地震力に関する係数

種類	地盤	地域の地震度			建築特別仕様	計算震度		
		7	8	9		7	8	9
1	全ての種類の岩石地盤で、風化していないもの、風化の少ないもの 強固に凍結した永久凍土	6	7	8	1. 本規準の2・5条に属していない共同住宅、事務所工場の建物 2. 特別に重要な建物 3. 破壊すると大きな被害を受ける可能性のある建物(大きな鉄道の駅、スタジアムなど) 4. 地震が発生し、被害を受けたとき、復旧するために必要な建物(中央郵便局、消防署、発電所、水道設備等)	7	8	9
2	岩石地盤で、風化したもの、強く風化したもの 砂利土壌で、密度の高いもの。 粘土質土壌で、IL ≤ 0.5 間隙比がe < 0.9の粘性土 とe < 0.7の砂質土のもの。	7	8	9		7**	8**	9***
3	湿度、粒度に関わり無く、締め固まっていない砂 粘土質土壌で、IL ≤ 0.5 間隙比がe < 0.9の粘性土 とe < 0.7の砂質土のもの。	8	9	10	5. 人の生命に関係ない、大事な機械のない、停止しても影響のない建物(倉庫、工場のクレーン設備と修理設備、鉄骨製作工場、仮設宿舍等)	7***	8***	9***

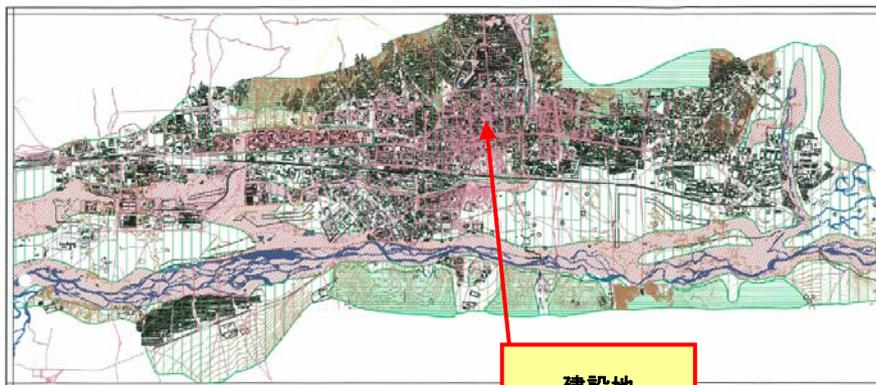
設計地震活動度7 → A = 0.1

1.1 地震力に関する係数の比較

■ ウランバートルに9階建(高さH=30m、周期T=0.6s)の鉄筋コンクリート造の共同住宅を設計する場合...

УЛААНБААТАР ХОТЫН ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН БИЧИЛ МУЖЛАЛЫН
ТОЙМ ЗУРАГ

Улан-Батор хотын газар хөдлөлтийн бичил мужлалын тойм зураг



建設地

6 БАЛЛЫН БҮС 7 БАЛЛЫН БҮС 8 БАЛЛЫН БҮС
Баллын бүс 6-ийн хөдөлгөөн Баллын бүс 7-ийн хөдөлгөөн Баллын бүс 8-ийн хөдөлгөөн

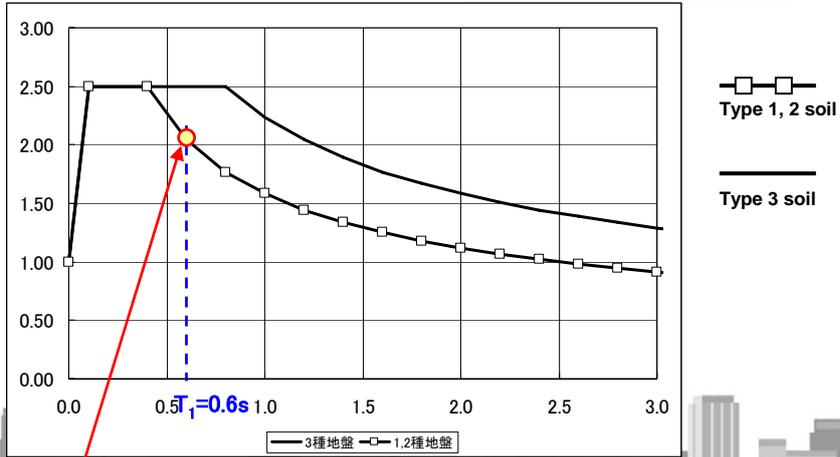
1:1 | Sargun-Khairhan dist., Souk Kitchan

1.1 地震力に関する係数の比較

■ ウランバートルに9階建(高さH=30m、周期T=0.6s)の鉄筋コンクリート造の共同住宅を設計する場合...

$$C_{Bm} = K_i K_\psi A \beta \left(\sum \eta_{ik} Q_i / \sum Q_i \right)$$

モンゴル国の地震力に関する係数



$\beta = 2.04$

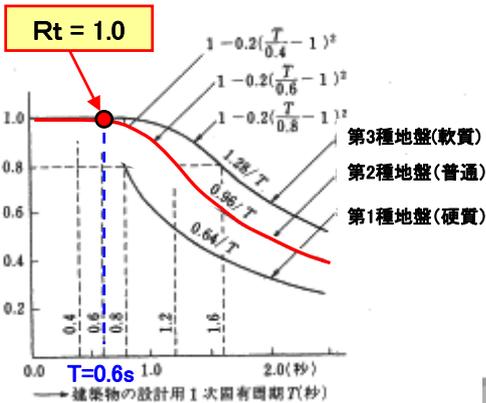
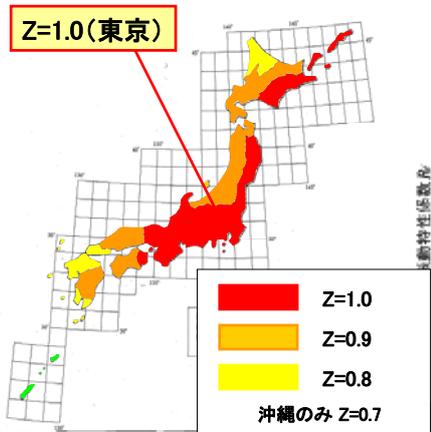
$A \beta = 0.1 \times 2.04 = 0.204$

1.1 地震力に関する係数の比較

■ 東京に9階建(高さH=30m、周期T=0.6s)の鉄筋コンクリート造の共同住宅を設計する場合...

$$C_{Bj} = D_s F_{es} Z C_0 R_t A_i$$

日本国の地震力に関する係数



$R_t = 1.0$

$C_0 Z R_t = 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 1.0$

1.1 地震力に関する係数の比較

モンゴル国

$$C_{Bm} = K_i K_\psi A \beta (\sum \eta_{ik} Q_i / \sum Q_i)$$

日本国

$$C_{Bj} = D_s F_{es} C_0 Z R_t A_i$$

Aについて
設計用震度に相当する値。
地域や、地盤種別、建物重要度により、
設計用震度MSK7~9を想定し、
それぞれ、Aの値は、0.1、0.2、0.4となる。

βについて
地震応答スペクトル。
地盤種別により、2種類のスペクトルがある

C₀(標準層せん断力係数)について
設計用震度に相当する値。
JMA6強(MSK9に相当)を想定し、
日本全国一律で、C₀=1.0とする。

Z(地震地域係数)について
地域によって0.7から1.0の範囲を持つが、
日本の半分以上の地域でZ=1.0。

R_t(振動特性係数)について
地震応答スペクトルに相当する値。
地盤種別により、3種類のスペクトルがある。

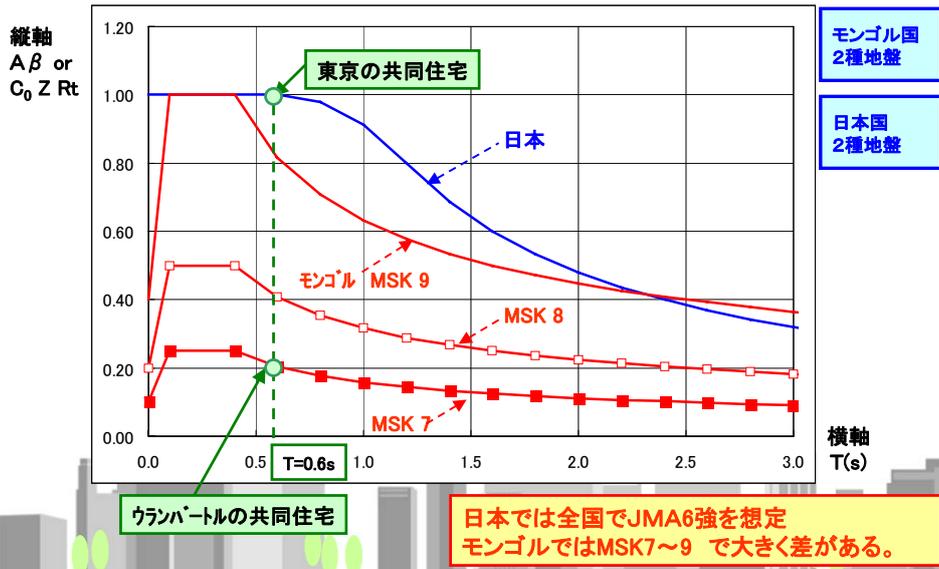
9階のRC建物で、Aβ = 0.204

9階のRC建物で、C₀ZR_t = 1.0

1.1 地震力に関する係数の比較

$$C_{Bm} = K_i K_\psi A \beta (\sum \eta_{ik} Q_i / \sum Q_i)$$

$$C_{Bj} = D_s F_{es} C_0 Z R_t A_i$$



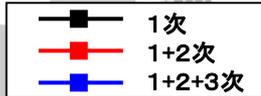
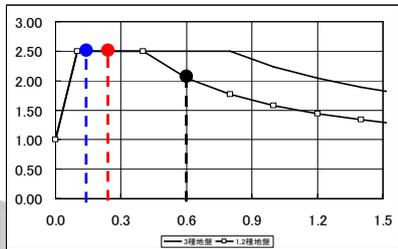
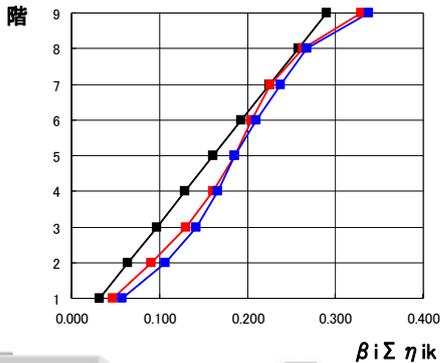
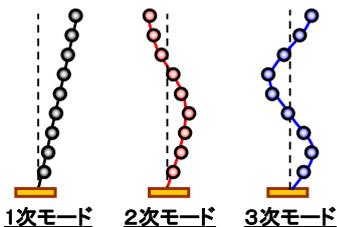
1.2 Modal analysis に関する係数

■ ウランパートルに9階建(高さH=30m、周期T=0.6s)の鉄筋コンクリート造の共同住宅を設計する場合...

$$C_{Bm} = K_i K \psi A \beta \left(\frac{\sum \eta_{ik} Q_i}{\sum Q_i} \right)$$

$$\beta_i \sum \eta_{ik} = \sqrt{(\beta_1 \eta_{i1})^2 + (\beta_2 \eta_{i2})^2 + (\beta_3 \eta_{i3})^2 + \dots}$$

モンゴル国の地震力に関する係数



1.3 建物に関する係数

モンゴル国のベースシア係数

$$C_{Bm} = \frac{\sum S_{ik}}{\sum Q_k} = \frac{K_i K \psi A \beta \left(\frac{\sum \eta_{ik} Q_i}{\sum Q_i} \right)}{\sum Q_k}$$

建物に関する係数
(損傷度、形状)

日本国のベースシア係数

$$C_{Bj} = \frac{D_s F_{es} Z C_0 R_t A_i}{\sum Q_k}$$

建物に関する係数の比較

建物に関する係数
(構造形式、形状)

1.3 建物に関する係数

■ ウランバートルに9階建(高さH=30m、周期T=0.6s)の鉄筋コンクリート造の共同住宅を設計する場合・・・

$$C_{Bm} = K_i K_\psi A \beta (\sum \eta_{ik} Q_i / \sum Q_i)$$

モンゴル国の建物に関する係数

建築の種類	Kiの値	
1. 構造に破壊と傷、つまり、塑性変形をしてはいけない建築物	1	
2. 構造に破壊と傷と変形が起こるが破壊により使用に問題がないような設備と人々の安全を保護できるように建物を下記の構造で作る	■ プレキャストコンクリート(パネル造)	0.22
	■ 鉛直方向に接続、耐震壁のない鉄骨造	0.25
	■ 鉛直方向に接続、耐震壁のある鉄骨造	0.22
	■ 鉛直方向に接続、耐震壁のないRC造	0.35
	■ 鉛直方向に接続、耐震壁のあるRC造	0.25
	■ 石とレンガ造の壁	0.35
3. 構造に亀裂や変形が起こると部材の破壊、傷のせん断のため短期間、使用禁止して人々の安全を保護出来る建築物	0.12	

建築特別仕様	Kψの値
1. 高層建物(塔、煙突、エレベーターシャフト)ピロティー構造の1階と1階以上の層との弾性比率が0.25と等しいか小さい場合	1.5
2. 壁を作る材料が構造を変形させないような建物	1.3
3. 加水分解技術建物以外で1・2に示されていない建物	1.0

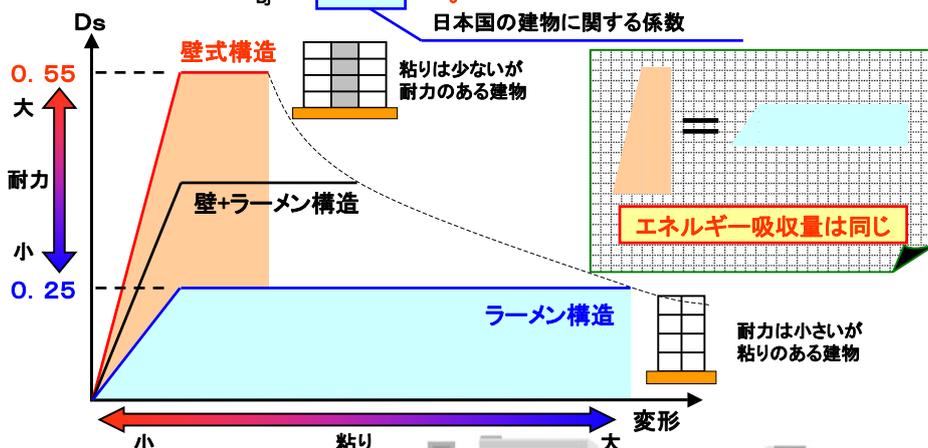
$$K_i \times K_\psi = 0.35 \times 1.0 = 0.35$$

1.3 建物に関する係数

■ 東京でラーメン構造の鉄筋コンクリート造設計する場合・・・

$$C_{Bj} = D_s F_{es} Z C_0 R_t A_i$$

日本国の建物に関する係数



Ds値	粘りのある建物 ~ 耐力のある建物
鉄筋コンクリート造	0.30 ~ 0.55
鉄骨造	0.25 ~ 0.50

$$D_s = 0.3$$

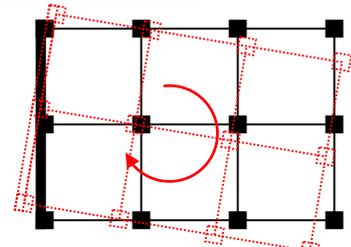
1.3 建物に関する係数

■ 東京でラーメン構造の鉄筋コンクリート造設計する場合・・・

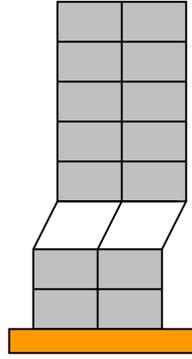
$$C_{Bj} = D_s F_{es} Z C_0 R_t A_i$$

日本国の建物に関する係数

$F_{es} = F_e \times F_s$



$F_e = 1.0 \sim 1.5$
ねじれ補正係数



$F_s = 1.0 \sim 2.0$
剛性率補正係数

原則、剛性の偏りが少なく、ねじれないように計画する Fes=1.0

1.3 建物に関する係数

モンゴル国

$$C_{Bm} = K_i K_\psi A \beta \left(\frac{\sum \eta_{ik} Q_i}{\sum Q_i} \right)$$

K_i (建物の損傷度による係数) について

- ・特別重要な建物 1.0
- ・RC建物 0.25~0.35
- ・鉄骨造建物 0.22~0.25

K_ψ (建物形状による係数) について

- ・形状による補正係数 1.0~1.5

9階のRC建物で、 $K_i K_\psi = 0.35$

通常の建物で0.22~0.35
重要度によって約4倍異なる

日本国

$$C_{Bj} = D_s F_{es} C_0 Z R_t A_i$$

D_s (構造特性係数) について

- ・RC建物 0.30~0.55
- ・鉄骨造建物 0.25~0.50

F_{es} (形状特性係数 = F_e × F_s) について

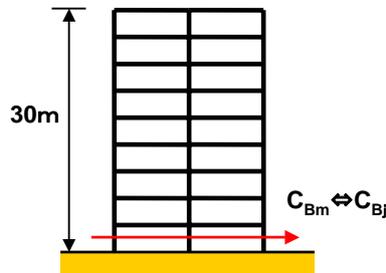
- ・ねじれ補正係数 F_e 1.0~1.5
- ・剛性率補正係数 F_s 1.0~2.0

9階のRC建物で、 $D_s F_{es} = 0.30$

通常の建物で0.25~0.55
耐力はなくても、粘りのある建物は 小さい。
耐力があっても、粘りのない建物は 大きい。

2 まとめ

- 9階建(高さH=30m、周期T=0.6s)の鉄筋コンクリート造の共同住宅を設計する場合



ウランバートル

$$C_{Bm} = K_i K_\psi A \beta \left(\frac{\sum \eta_{ik} Q_i}{\sum Q_i} \right)$$

$$= 0.35 \times 1.0 \times 0.1 \times 2.04 \times 0.93 = 0.0664$$

東京

$$C_{Bj} = D_s F_{es} C_0 Z R_t A_i$$

$$= 0.3 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 0.30$$

約4倍の差

2 まとめ

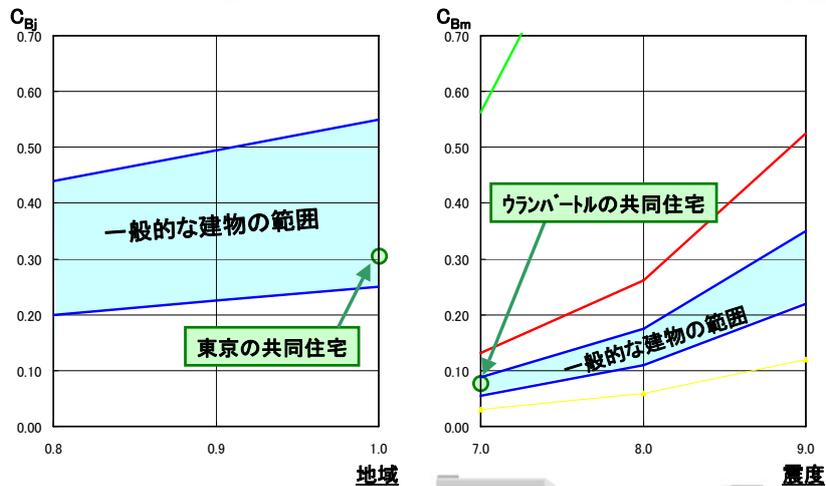
- 日本とモンゴルの設計用地震力式の比較

$$\text{モンゴル } C_{Bm} = \frac{\sum S_{ik}}{\sum Q_k} = K_i K_\psi A \beta \left(\frac{\sum \eta_{ik} Q_i}{\sum Q_i} \right)$$

$$\text{日本 } C_{Bj} = D_s F_{es} Z C_0 R_t A_i$$

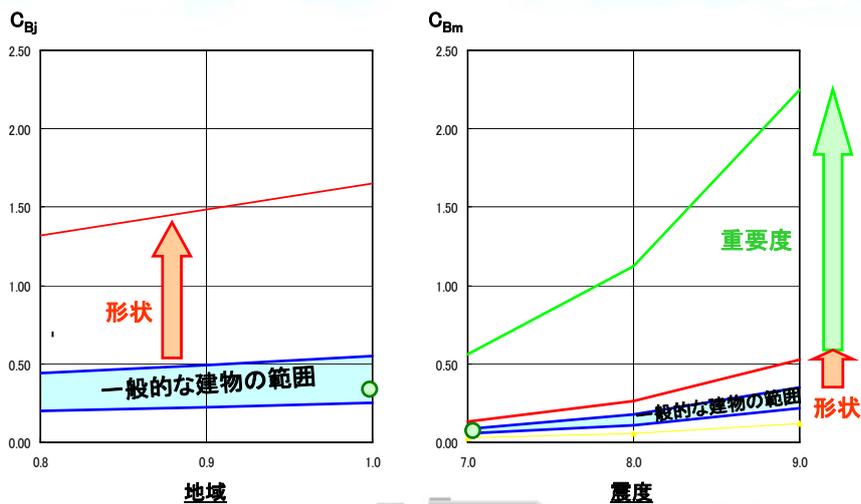
- 地震力の係数 $A\beta$ と $C_0 Z R_t$ の比較について
 - ・日本では全国一律、JMA震度6強を想定 (MSK9に相当)
 - ・モンゴルでは、地域によりMSK7～MSK9を想定しており、地震力が約1/4倍異なる。
- 建物の係数 $K_i K_\psi$ と $D_s F_{es}$ の比較について
 - ・日本では一般的な建物で0.25～0.55 (耐力や粘り強さで変化)
 - ・モンゴルでは、一般的な建物で0.22～0.35
 - ・日本では形状により最大で約3倍の安全率をとる。
 - ・モンゴルでは重要度や形状により最大で約6倍の安全率をとる。
- Modal analysis に関する係数 $\left(\frac{\sum \eta_{ik} Q_i}{\sum Q_i} \right)$ と A_i の比較について
 - ・考え方は日本とモンゴルでほぼ同じ

2 まとめ



- 一般的建物
 - ・日本の一般的な建物の耐震性能は、モンゴルのMSK9の地域の建物よりやや大きい。
 - ・モンゴルでは想定する震度(MSK7~MSK9)で、耐震性能が最大約1/4倍異なる。

2 まとめ



- 重要な建物や形状に特徴のある建物
 - ・日本では形状により最大で約3倍の安全率をとる。
 - ・モンゴルでは重要度や形状により最大で約6倍の安全率をとる。