

耐震性能  
フィリピン

構造基準  
RC 構造

設計事例比較  
集合住宅

正会員 ○石山祐二\*<sup>1</sup> 正会員 城 攻\*<sup>1</sup>  
 正会員 榎府龍雄\*<sup>2</sup> 正会員 佐久間順三\*<sup>3</sup>  
 正会員 清水豊和\*<sup>4</sup> 正会員 岡本隆之輔\*<sup>5</sup>  
 正会員 保坂公人\*<sup>6</sup> 正会員 松崎志津子\*<sup>7</sup>  
 正会員 北 茂紀\*<sup>8</sup> 正会員 宮田伸昭\*<sup>2\*</sup>

### 1. 建築基準の比較について

建築基準のみの比較ではなく、同一の建物を異なる基準で設計し、その設計事例を比較することにより、設計に影響する種々の要因を明確にし、より安全で合理的な設計法のために考察を行う。

### 2. フィリピンの耐震基準

フィリピンの耐震基準は米国の基準を参考にしていて、その設計用地震力の概要は次の通りである。

なお、フィリピンの基準ではベースシヤ（1 階の層せん断力  $V$ ）の式が示されているが、ベースシヤ係数  $C$  の方が分かり易いと考え、ここでは数式の表現も若干変更している。

#### (1) ベースシヤ係数

設計に用いるベースシヤ係数  $C$  は図 1 の太実線のように与えられ、双曲線部は次式で与えられる。

$$C = \frac{C_v I}{T R}$$

(1)

$C$  の上限  $C_{max}$  下限  $C_{min}$  は次の通りである。

$$C_{max} = 2.5 C_a \frac{I}{R} \quad (2)$$

$$C_{min} = 0.11 C_a I \geq 0.8 Z N_v \frac{I}{R} \quad (3)$$

ここで、 $C_a$  と  $C_v$  は水平震度、 $I$  は重要度係数（1.00, 1.25, 1.5）、 $N_a$  と  $N_v$  は断層近傍割増係数（1.0, 1.2, 1.6）、 $T$  は建物の固有周期（秒）、 $R$  は靱性による低減係数（通称  $R$  ファクター、日本の  $D_s$  の逆数に相当）、 $Z$  は地域係数（0.4, 0.2、日本の  $Z$  とは異なり基本となる水平震度を示す）である。

#### (2) 各式と係数の意味

フィリピンの設計用ベースシヤ係数を表しているスペクトル（図 1 の太線）は、基本的に弾性のベースシヤ係数スペクトル（図 1 の点線）に重要度係数  $I$  を乗じ、 $R$  ファクターで除して求められる。

すなわち、水平震度  $C_a$  と  $C_v$  は地盤種別  $S_B$ （岩盤）の場合には  $Z$  の値に等しく、地盤種別によって増減する。 $I=1.0$ （通常の建物）で  $R=1.0$ （靱性による低減なし）とすると、(1)式は  $C=C_v/T$  となり  $C_v$  は周期 1 秒のベースシヤ係数を表し、(2)式は  $C_{max}=2.5C_a$  となり短周期の応答倍率を 2.5 とすると  $C_a$  は地盤の水平震度を表していることになる（図 1 参照）。(3)式は長周期（超高層）建物のベースシヤ係数が過小

とならないようにするための下限である。

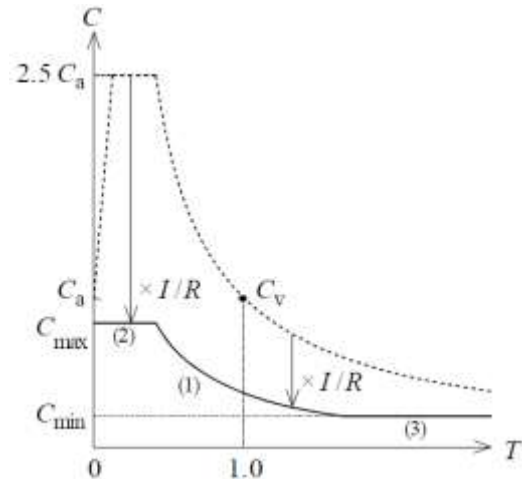


図 1 フィリピンのベースシヤ係数スペクトル

なお、双曲線部は  $T=1.0$  で  $C_v=0.4(g)$  の場合、速度に換算して 62.4 (cm/s) となる。

#### (3) 日本の基準との比較

日本の大地震動時の  $C_0=1.0$  を地盤震度 0.4、短周期の応答倍率を 2.5 の積と考えると、想定している入力地震動の大きさについては、日本 ( $Z=1.0$ ) とフィリピン ( $Z=0.4$ ) では同じ大きさであることになる。しかし、設計法の相違（特に、構造特性係数の差異）により、実際に設計された建物は次の比較事例で示されるように大きく異なっている。

### 3. 比較事例

設計に用いる地盤震度が同程度の日本とフィリピンの耐震規定によって設計した建物がどのように異なるか等を比較するため、鉄筋コンクリート造 5 階建（X, Y 両方向とも 6m×4 スパン）、階高 2.86 (m)、延面積 2,880 m<sup>2</sup> の集合住宅を両国の基準で設計した（図 2、図 3 参照）。

#### (1) 設計条件

両国とも地震活動度の最も高い地域に建設される最も靱性のある建物を対象として設計を行った（図 2、図 3 参照）。その主なパラメータは次の通りである。

（フィリピン）  $Z=0.4$ 、 $R=8.5$ （最も靱性のあるラーメン）、

$N_a=1.2$ 、 $N_v=1.6$ 、 $I=1.0$

（日本）  $Z=1.0$ 、ルート 3、 $D_s=0.3$

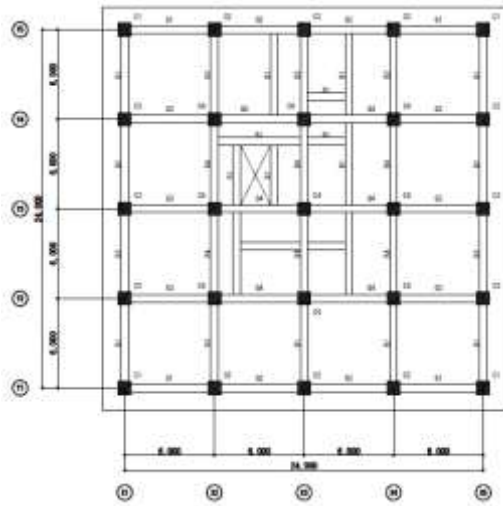


図2 平面図 (伏図)

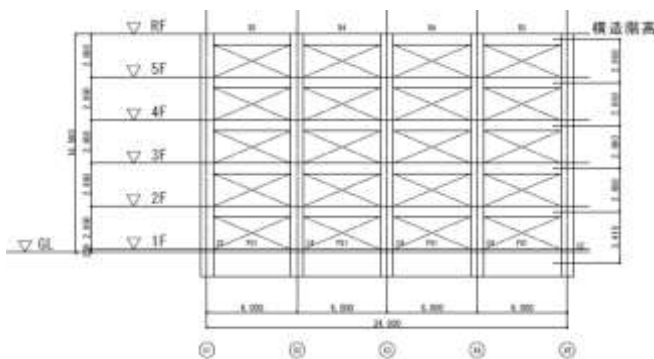


図3 立面図 (軸組図)

表1 比較事例の結果

	日本	フィリピン	比較
柱断面	750×750	500×500	2.25倍
1階柱主筋	20-D25	16-D29	0.99*
1階柱帯筋	3-D13@100	5-D10@100	1.07*
梁断面	400×700	350×600	1.33倍
2階梁主筋	5(3)-D29	4(3)-D25	1.63*
端部と( )内は中央	4(3)-D29	3(3)-D25	(1.27*)
2階梁肋筋	2-D13@100	2-D10@100	1.79*
基礎梁断面	450×1800	350×600	3.86倍
全重量	38,921 kN	27,656 kN	1.41倍
保有水平耐力	12,294 kN	7,621 kN	1.61倍
保有層せん断力係数	0.316	0.276	1.13倍
固有周期	0.29秒	0.60秒	0.48倍

\* 鉄筋量 (断面積) の比

## (2) 比較事例の結果

両国の基準によって設計した RC 造 5 階建の建物 (共同住宅) の断面・補強筋などは表 1 に示す通りである。

## (3) 比較事例の考察

- 1) 日本の方が柱・梁とも断面が大きいが、特に柱断面積が 2.25 倍と非常に大きくなっている (梁は 1.33 倍)。
- 2) 日本では基礎梁断面を大きくするのが一般的であるが、フィリピンでは基礎梁は他の梁と同程度の断面とするのが一般的である。
- 3) 1 階柱の主筋量 (断面積) は両国でほぼ同じであるが、柱径が異なるので、フィリピンの鉄筋比は日本の 2.56 倍となっている。なお、2 階以上の柱主筋量は日本の方がかなり多く、主筋比に換算しても日本の方が高い。
- 4) フィリピンの設計用ベースシヤ係数は 0.155 であるが、保有層せん断力係数は 0.276 となる。このため、保有水平耐力は日本の方が 1.61 倍も大きい。日本の全重量が 1.41 倍大きい。保有層せん断力係数は日本が 1.14 倍大きくなっているに過ぎない。
- 5) 正確な積算を行ってはいないが、建物全重量はほぼコンクリート量によると考えると、コンクリート量は 1.41 倍、(鉄筋比は全体的には両国で同程度なので) 鉄筋量も同程度、日本の方が多くなる。

なお、以前行われた日米の比較事例によると、RC 造建物のコンクリート量は 1.3 倍、鉄筋量は 2.4 倍、いずれも日本の方が多かった (文献 1、2) こともあり、この点については更に検討を加える必要がある。

## 4. 今後の課題

本研究では、フィリピンと日本の建築基準による設計事例の比較を行ったが、他国の基準による設計事例も有意義である。また、積算を行い、使用材料やコストについても比較する必要がある。将来、国際化の下に自国のみではなく他国の基準を用いるようになることも考えられるので、このような研究を通じて、前もって準備などを行っておくことが重要であると考えている。

(参考文献)

- 1) Applied Technology Council, "3rd U.S.-Japan Workshop on the Improvement of Structural Design and Construction Practices", ATC Publication ATC 15-2, 1989
- 2) 石山祐二「耐震規定と構造力学」三和書籍、2008.3

\*1 北海道大学名誉教授

\*2 独立行政法人国際協力機構

\*3 設計工房佐久間

\*4 五洋建設

\*5 (株)山下設計

\*6 五十音設計 (株)

\*7 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会

\*8 (株) 増田建築構造事務所

\*1 Professor Emeritus, Hokkaido University

\*2 Japan International Cooperation Agency (JICA)

\*3 Sakuma Architect's Atelier

\*4 Penta-Ocean Construction Co. Ltd.

\*5 Yamashita Sekkei Incorporation

\*6 Isono Sekkei Incorporation

\*7 Ex-Volunteers Association for Architects (EVAA)

\*8 Masuda Structural Design Office