

耐震性能	構造基準	設計事例比較
フィリピン	RC 構造	集合住宅

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

### 1. 構造計算に用いる荷重の組み合わせ

フィリピン構造基準 (National Structural Code of the Philippines NSCP) においては、下記の7つの荷重の組み合わせに関して、それぞれ構造計算をすることとなっている。(NSCP 409-3) このうち、地震荷重  $E$  が関わっている式は、式(5) (NSCP 409-5 式) と式(7) (NSCP 409-7 式) であるが、後者は土圧がかかる場合についての荷重の組み合わせであり、一般的な地震時を想定した組み合わせは式(5)である。この場合、自重  $D$  に 1.2 という係数をかけていることに留意する必要がある。なお、建物の靱性の効果を、荷重を減ずる形で反映するための  $R$  ファクターは地震荷重  $E$  を算定する中で使われている。

日本ではあまり馴染みのないタイプの荷重が規定されているが、フィリピン構造技術者協会で基準作成に携わった技術者によれば、洪水荷重、雨荷重はほとんど使われていない、温度荷重は特殊なケースに使うことがある、土圧荷重は比較的良好に使うとのことである。

$$U = 1.4(D + F) \quad (1)$$

$$U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L \text{ or } R) \quad (2)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.80W) \quad (3)$$

$$U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L \text{ or } R) \quad (4)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L \quad (5)$$

$$U = 0.9D + 1.6W + 1.6H \quad (6)$$

$$U = 0.9D + 1.0E + 1.6H \quad (7)$$

$D$ : 自重	$E$ : 地震荷重
$F$ : 水関係荷重 (洪水荷重)	$H$ : 土圧荷重
$L$ : 積載荷重	$R$ : 雨荷重
$T$ : 温度荷重	$W$ : 風荷重

### 2. 構造計算方法

#### (1) 概要

構造計算の方法は、静的解析 (Static Force Procedures。次節において詳述。) と、動的解析 (Dynamic Analysis Procedures) に大別され、動的解析は更に、応答スペクトル解析 (Response Spectrum Analysis) と時刻歴解析 (Time History Analysis) に区分されている。

応答スペクトル解析は、耐震設計上有意な振動モードすべてについて、階毎の応答値を、応答スペクトル曲線を使って出し、それに重み係数を乗じて足し合わせる方法である。(NBCP 208.6.5)

時刻歴解析は、50階建て以上の建物など特別な場合のみ使われている。概要は、質量、剛性、減衰特性を設定した質点系のモデルについて、①地震波を入力して計算する、②人工地震波を入力して計算する、③地震波に代えて応答スペクトルにより応答値を求める、のいずれかの方法が用いられている。

応答スペクトル解析、時刻歴解析のいずれも、解析により得られたデータは、水平力の高さ方向の分布を求めることを主目的にしており、動的解析の場合のベースシヤは静的解析によるベースシヤの一定の範囲 (最小でも 80%) とする仕組みとなっている。(NSCP208.6.5.4)

#### (2) 静的解析法の概要

本比較研究で比較の対象にしている建物は、RC造の5階建て集合住宅である。フィリピンでは、この規模の建物は、通常、静的解析法で設計することから、本研究でもそれに従っている。そのため、ここではこの方法について詳述することとする。

##### ① 設計法の概要

フィリピン構造基準に従った構造設計の静的解析の概要を示したものが図1及び図2である。前編その2の「2.(2) フィリピンの耐震設計関係規定」に記述したとおり、同基準による設計では、まず、建物全体の靱性によって設定されている構造タイプのいずれかを選定する。今回の比較調査の対象地区は首都マニラとしており、地震ハザードの大きいゾーン4に属する。そのため、特別の事情が無い限り、構造タイプとしては、地震に対して最も粘り強い挙動が期待できる (大きな靱性を有する)、Special reinforced concrete moment frame が選定されることになる。その構造タイプに適用される  $R$  ファクター: 8.5 を用いて、前稿その2の「(1) 地震力の算定」、「(3) 地震力による荷重効果 (部材の応力算定)」により、地震荷重  $E$  を算定する。その値を使って、前章「構造計算に用いる荷重の組み合わせ」により、全ての組み合わせについて応力計算をし、各断面における応力が材料の終局強度より小さいことを確認するというのが構造設計

の大きな流れである。

比較のため、靱性を評価して行う日本の一般的な設計法であるルート3（今回の比較研究の日本の事例の設計を行うのに採用）の流れを示したのが図3、その考え方を示したものが図4である。

### ② 強度

設計に用いる強度は、フィリピン、日本ともに材料の終局的な強度であるが、フィリピンの場合には、部材の部位、応力の状況により、0.65~0.90の範囲で定められる $\phi$ （強度低減係数。NSCP 409.4.2）を乗じた値を用いる。

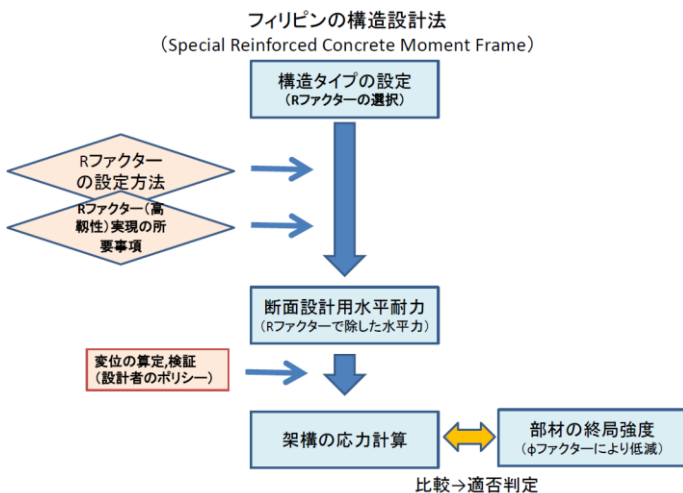


図1

### ③ 変位の制限

想定される最大層間変位についての制限は、固有周期 0.7 秒未満の建物で、2.5% (1/40) 以下、0.7 秒以上で、2.0% (1/50) 以下とされている。(NSCP 208.5.10.1) この場合の最大変位 $\Delta_M$ （塑性変位）は、下式により Rファクターを用いて算定される。(NSCP 208-5-9-2) ここで、 $\Delta_S$ は、設計用地震力（ベースシヤ係数 Cに、地震荷重算定用自重 Wを乗じたもの。その2の2.(2)参照。Rファクターで除した後の地震力）を受けた場合の弾性変位である。

$$\Delta_M = 0.7R\Delta_S \quad (8)$$

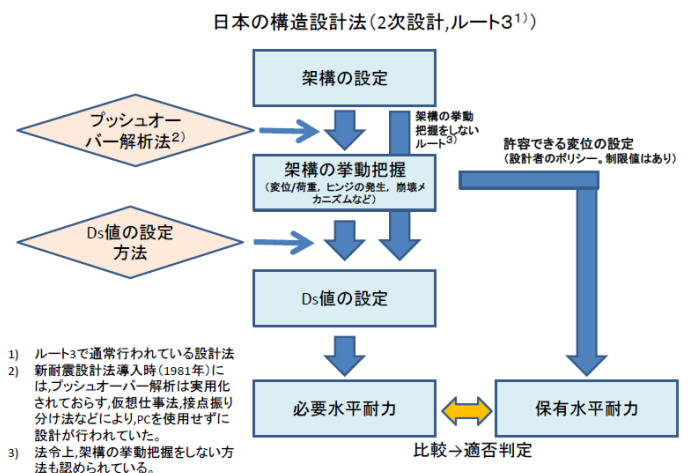


図3

### フィリピンの設計法

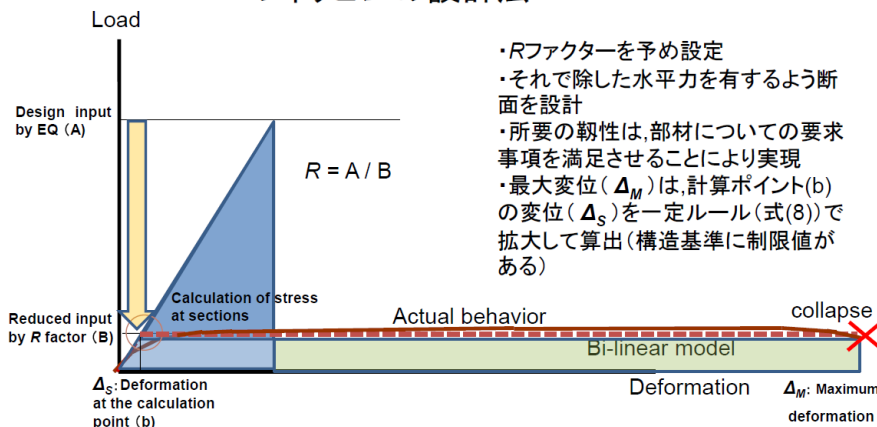


図2

### 日本の設計法 (2次設計。ルート3)

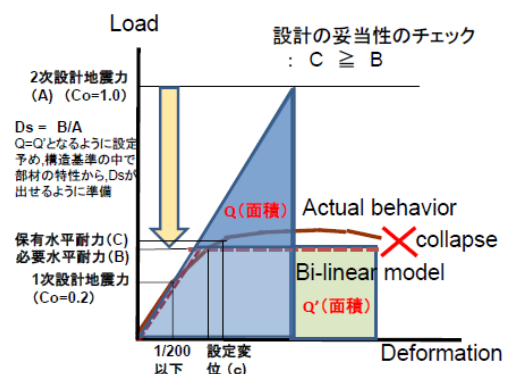


図4

\*1 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会

\*2 独立行政法人国際協力機構

\*3 設計工房佐久間

\*4 北海道大学名誉教授

\*5 (株)山下設計

\*6 五十音設計 (株)

\*7 五洋建設 (株)

\*8 (株) 増田建築構造事務所

\*1 Ex-Volunteers Association for Architects (EVAA)

\*2 Japan International Cooperation Agency (JICA)

\*3 Sakuma Architect's Atelier

\*4 Professor Emeritus, Hokkaido University

\*5 Yamashita Sekkei Incorporation

\*6 Isono Sekkei Incorporation

\*7 Penta-Ocean Construction Co. Ltd.

\*8 Masuda Structural Design Office