

固有周期 フィリピン 日本
比較 レイリーの方法 ベースシヤ係数

正会員	○北茂紀 1*	正会員	佐久間順三 2*
正会員	芝沼健太 2*	正会員	石山祐二 3*
正会員	加藤秀弥 4*	正会員	岡本隆之輔 5*
正会員	清水豊和 6*	正会員	城攻 3*
正会員	白川和司 7*	正会員	松崎志津子 8*
正会員	関松太郎 9*	正会員	保坂公人 10*
正会員	檜府龍雄 11*	正会員	金田恵子 8*

1. 背景、目的

その 8 では、フィリピンの基準 (NSCP2010) における固有周期の算出方法に着目し、日本の計算方法と比較を行うことで、その傾向を把握した。尚、本文中の「本建物」とは「その 1」で述べられている与条件に基づく想定建物である。

2. 固有周期の算出方法

(1) 方法A：ラーメン構造

NSCP2010 の 208.5.2.2 に、大きく分けて 2 つの固有周期算出方法が提示されている。1 つ目の方法 A は略算法、2 つ目の方法 B は精算法と位置づけられる。まず、方法 A では、以下の式が用いられる。

$$T_f = C_i \cdot (h_n)^{3/4} \quad (1)$$

T_f : フィリピン基準により算出される固有周期 (s)

C_i : 構造形式により決まる係数。RC ラーメン構造では 0.0731

h_n : 建物高さ (m)

この略算式の根拠となると考えられる資料¹⁾によると、この式はベースシヤ係数を設計の初期段階でも算出できるように、建物の構造形式と外形寸法のみで固有周期の値を得ることができるようになっている。ただし、ベースシヤ係数が実際よりも小さく算出されることが無いように、実際よりも短い固有周期が算出されるよう調整されている。サンフェルナンド地震時の建物挙動とこの略算式との関係性について図 1 に示す (単位はフィート)。

また参考のために式(1)と日本の固有周期略算法 $T_j = (0.02 + 0.01 \alpha) h_n$ の結果とを比較したグラフを図 2 に示す。グラフより、フィリピンと日本の値は同様の傾向を示しているが、全般的に同じ建物高さに対してフィリピンの略算法の値の方が長く算出され、最大で 0.37 秒の差がある。

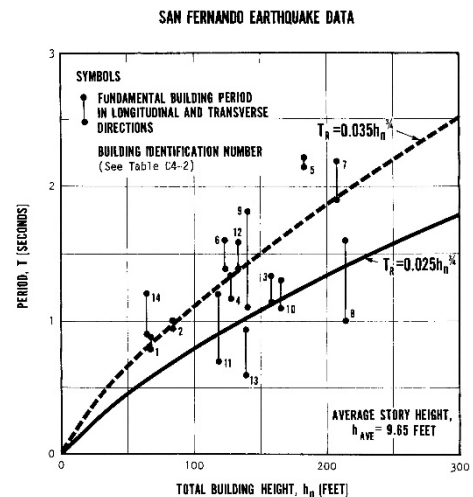


図 1 建物高さとの関係

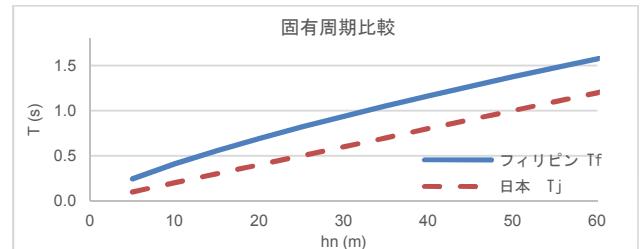


図 2 略算法による固有周期の比較

(2) 方法A：耐震壁付ラーメン構造

次に、耐震壁が存在する場合には、式(1)の C_i の値を、下記式で求めることになっている。

$$C_i = 0.0743 / \sqrt{A_e} \quad (2)$$

$$A_e = \sum A_e [0.2 + (D_e / h_n)^2]$$

ΣA_e : 水平力方向の 1 階耐震壁の断面積 (㎡)

D_e : 1 階の水平力方向の耐震壁長さ (m)

※ただし、 $D_e/h_n \leq 0.9$

上式の D_e と A_e の値が固有周期に及ぼす影響について確認したのが、図 3 である。建物高さは $h_n = 15.5m$ とし、壁

厚が一定であると仮定して $A_e = D_e \times t$ として(2)式の C_t を算出し、(1)式でラーメン構造の場合と比較して小さいほうの値を採用して記載している。また同条件の日本の略算式の値 T_j も記載している。これより、フィリピンの固有周期の算出においては、1階の耐震要素の量がある程度増えると T_f の値が小さくなるが、よほど耐震要素の面積が大きくならない限り日本の略算式の値よりも小さくなることはないことが分かる。

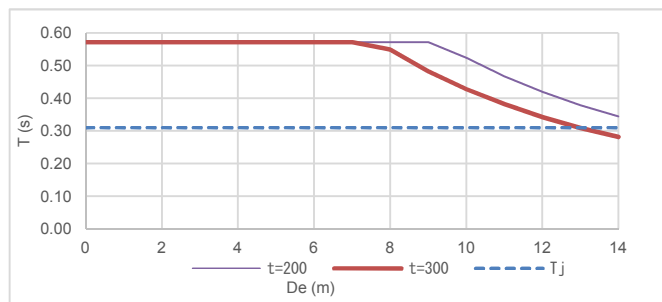


図3 耐震壁のある場合の固有周期

(3) 方法B

次に精算法である方法Bでは、レイリーの方法から誘導される²⁾以下の式より固有周期を算出する方法が定められている。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i}} \quad (3)$$

w_i : i階の地震用固定荷重

f_i : i階に作用する水平力

δ_i : f_i が作用したときの弾性変形

この計算は通常、数値解析等により算出された変形の値 δ_i を用いるが、設計者の判断で非構造部材とされた要素がモデルから省略され、実際よりも剛性が低く算出される場合も考えられる。そのためこの計算結果は、地域4では方法Aの1.3倍以下、地域2では1.4以下とすることが定められており、モデルの精度によって固有周期やベースシヤ係数が大きく変動することを抑制している。尚、本比較設計では方法Bの値が用いられている(その4)。

3. 固有周期とベースシヤ係数との関係

最後に、算出された固有周期 T とベースシヤ係数 C との関係について考察する。ベースシヤ係数の算出方法については「その2」で確認されている通りであり、 R ファクター=1として地盤種別毎に算出したものが図4である。またこの図に日本の $C = A_i \cdot C_o \cdot Z \cdot R_t$ ($A_i=1.0$, $C_o=1.0$, $Z=1.0$)の結果を重ねると、顕著な違いとしては、日本の計算式では、急激なベースシヤ係数の変動を避けるために直線と曲線とを放物線でつなぐ式³⁾となっているが、フィリピンの式ではこの放物線がないために、固有周期の算出方法の違いによりベースシヤ係数が大きく異なることがある。例えば地域4では、方法AとBの違いによってベースシヤ係数の差が最大1.3倍になる可能性もある。

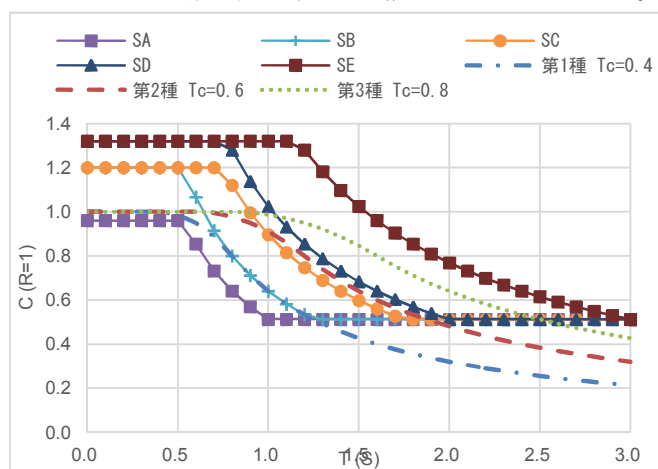


図4 ベースシヤ係数と固有周期との関係

尚、比較設計においては日本とフィリピンの略算式で算出される固有周期自体に差があることにも注意が必要である。

【文献】

- 1) Associated with the Structural Engineers Association of California, "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings": 1978
- 2) R.W.Clough J.Penzien, "Dynamics of Structures": 1975
- 3) 石山祐二, "耐震規定と構造力学": 2008

*1 北茂紀建築構造事務所

*2 設計工房佐久間

*3 北海道大学名誉教授

*4 建築住宅国際機構

*5 榊山下設計

*6 一般社団法人公共建築協会専門委員、五洋建設(株)

*7 一般社団法人公共建築協会

*8 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会

*9 独立行政法人建築研究所

*10 五十音設計(株)

*11 独立行政法人国際協力機構 (JICA)

*1 Kita Shigenori Structural Design Office

*2 Sakuma Architect's Atelier

*3 Professor Emeritus, Hokkaido University

*4 Institute of International Harmonization for Building and Housing (IIBH)

*5 Yamashita Sekkei Incorporation

*6 Public Building Association, Penta-Ocean Construction Co.,LTD

*7 Public Building Association

*8 Ex-Volunteers Association for Architects (EVAA)

*9 Building Research Institute (BRI)

*10 Isono Sekkei Incorporation

*11 Japan International Cooperation Agency (JICA)