

フィリピンと日本の技術基準とその適用に関する比較研究

(その 7) 米国の構造基準による RC 構造の設計例 (応力解析-1)

米国の構造基準 IBC ACI 正会員 ○岡本 隆之輔 1* 正会員 関 松太郎 2*
FEMA ASCE 正会員 石山 祐二 3* 正会員 檜府 龍雄 4*

1 はじめに

比の構造規準は米国の規準を参考に作成されているので、米国の規準を理解することが重要である。2015 年の建築学会大会において、米・比・日の耐震基準の比較を行った¹⁾が、今回は、米国の FEMA が作成した RC 構造の設計例²⁾について紹介する。用語は参考文献³⁾を参考にした。参考文献を(その 8)に示す。

2. 建物の概要

設計例では、建設地として地震の多いパークレーと、地震が少ないホノルルの建物を取り上げているが、ここでは、パークレーについて紹介する。

- ・建設地：カリフォルニア州パークレー
- ・構造種別：鉄筋コンクリート造
- ・構造タイプ：長辺方向は純ラーメン構造
短辺方向は壁付きラーメン構造
- ・階数：地上 12 階、地下 1 階
- ・階高：1 階が 5.486m、2 階以上が 3.962m
- ・建物高さ：49.068m
- ・スパン：長辺方向が 9.144m×7 スパン
短辺方向 12.192m+6.096m+12.192m
- ・建物用途：1 階が店舗で 2 階以上が事務所
- ・建築計画：伏図と軸組み図は図 1 参照
- ・設計方法：強度設計法

3. 使用材料

- ・コンクリート強度：5000psi (34.4kN/mm²)
- ・鉄筋の降伏点：60ksi (405kN/mm²)

4. 部材断面

- ・柱：76.2cm×76.2cm 日本に比べて非常に小さい
- ・梁：58.8cm×81.3cm、壁厚 400 (mm)
- ・スラブ：ジョイスト T 型スラブ、厚さが 10.16cm で、小梁部分はせいが 50.8cm で幅が 15.2cm

5. 地盤種別 (Site Class)

地盤種別は A~F の 6 種類あるが、ここでは C 種とする。表 1 参照

6. 地震応答加速度

全米各地における、建物の周期 0.2(s)と周期 1.0(s)の場合の地図上応答加速度 S_s と S₁ が、コンター図で示されている。図 2 に米国西部の B 種地盤、減衰定数 5%、周期 0.2(s)の場合の抜粋を示す (本建物の建設地は○印)。周期 1.0(s)の場合は省略する。

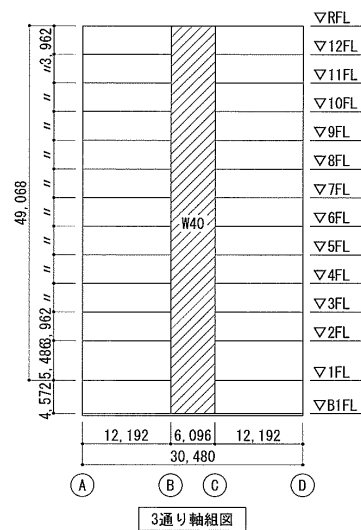
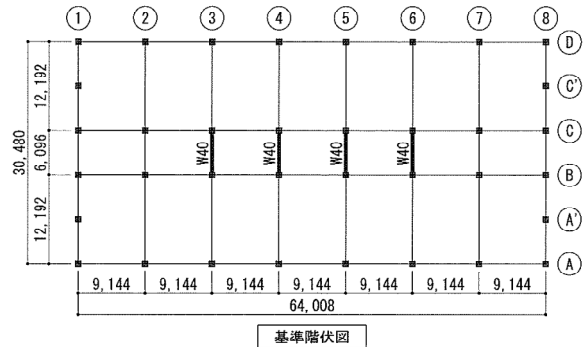


図 1 対象建物 上；伏図、下：軸組図

表 1 地盤種別 (表層 100ft 平均特性を考慮)

1ft=0.3048m, 1ft²=0.0929 m², 1psf=1lb/ft²=0.0479kPa (kN/m²)

地盤種別	せん断波速度 Vs (ft/s)	N 値	せん断強度 Su(psf)
A. 硬質岩盤	>5,000	適用不可	適用不可
B. 岩盤	2,500to5,000	適用不可	適用不可
C. 超硬質岩盤 軟質岩盤	1,200to2,500	>50	>2,000psf
D. 硬い地盤	600to1,200	15to50	1,000to2,000psf
E. 軟質地盤	<600	<15	<1,000psf
F. 詳細解析が 必要な地盤	次の性質を有する地盤が 10ft 以上続く地盤 1. 塑性指数 PI>20 2. 含水比 w ≧40%, 3. せん断強度 Su<500psf ・液状化地盤、・泥炭や有機粘土、・非常に塑性化し やすい粘土・非常に厚い軟質・中硬質粘土		

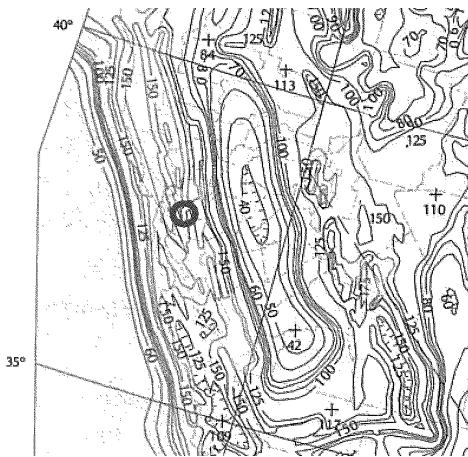


図2 B種地盤における0.2秒応答加速度 S_s (抜粋)

図2から 地図上応答加速度： $S_s=165\%g (=1.65g)$
 同様に 地図上応答加速度： $S_1=68\%g (=0.68g)$
 この値に地盤係数 F_a (表2参照)、 F_v (省略) を乗じる。

表2 周期0.2(s)の場合の地盤係数 F_a

地盤種別	周期0.2(s)の地図上応答加速度				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	(ASCE7の規定による)				

地盤係数を乗じた後の調整応答加速度は

周期0.2(s)の場合： $S_{MS} = F_a \times S_s = 1 \times 1.65 = 1.65$

周期1(s)の場合： $S_{M1} = F_v \times S_1 = 1.3 \times 0.68 = 0.884$

設計用応答加速度はこれらの値に2/3を乗じる。

周期0.2(s)の設計用応答加速度： $S_{DS} = 2/3 \times 1.65 = 1.1$

周期1(s)の設計用応答加速度： $S_{D1} = 2/3 \times 0.884 = 0.589$

7. 建物の危険度区分・重要度係数・耐震設計区分

建物の危険度区分は表3からII類に分類される。

表3 建物の危険度区分

危険度区分	施設などの用途
I	農業施設、仮設の施設、小規模貯蔵施設など、その破壊による人命への影響が小さい建築物や他の構造物
II	危険度区分I, III, IV以外の建築物や他の構造物
III	公共の集会場、教育施設など、その破壊による人命への影響が非常に大きい建築物や他の構造物
IV	手術や応急処置を行う施設、消防・救助・警察などの施設、緊急避難施設、発電所、有害物質貯蔵庫、航空管制塔、重要な国防施設などの非常に重要な建築物や他の構造物

重要度係数は危険度区分により表4のように分類される。耐震設計区分を表5に示すが、 S_{DS} と S_{D1} および危険度区分によって決まる。耐震設計区分に応じて、余剰係数 ρ 、応力解析手法の適否、層間変形角の制限値の値等が決まる。

表4 危険度区分と重要度係数I

建物の危険度区分	重要度係数I
I or II	1.0
III	1.25
IV	1.5

表5 耐震設計区分 (S_{DS} による)

S_{DS} の値	危険度区分		
	I or II	III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.5$	C	C	D
$0.5 \leq S_{DS}$	D	D	D

本建物の場合はDに該当する。なお、 $S_1 > 0.75$ のばあい、危険度区分がI、II、IIIの場合はE、IVの場合はFとする。

8. 応答補正係数R、余力係数 Ω_0 、変形増大率Cd

本建物場合、応答補正係数R、余力係数 Ω_0 、変形増大率Cdを表6に示す。

表6 応答補正係数R,余力係数 Ω_0 ,変形増大率Cd

加力方向	構造骨組形式	応答補正係数R	余力係数 Ω_0	変形増大率Cd
長辺方向	純ラーメン構造	8	3	5.5
短辺方向	壁付きラーメン構造	7	2.5	5.5

9. 組み合わせ荷重 (荷重効果)

荷重効果とは、荷重によって部材に生じる応力や変形で、本建物の場合、荷重効果の組み合わせは次の通りとする。

$1.2D + 1.6L, 1.2D + 0.5L \pm 1.0E, 0.9D \pm 1.0E$

ここで、Dは固定荷重、Lは積載荷重、Eは地震荷重

10. 余剰係数 ρ 、余力係数 Ω_0

部材を設計する時の地震荷重効果Eは水平と鉛直を考慮する。 $E = E_h \pm E_v$ E_v は鉛直地震力で $E_v = 0.2S_{DS}D$

E_h は水平地震力で次の二つの式を検討する。

$E_h = \rho Q_e$ (Q_e は設計用地震力による効果、また本建物はバランスが良いので余剰係数 ρ は1.0)

$E_h = \Omega_0 Q_e$ (本建物は構造部材の不連続性がないので余力係数 Ω_0 は考慮しない)

11. 平面的不整形と立面的不整形

平面的不整形は振り、平面的突出部分、床面積の欠き込み、直交しない骨組み等が定義され、本建物では偶発的な振りを生じる。立面的不整形は上下方向の剛性、重量、耐力の不整形等が定義される。日本の剛重比も類似している。本建物では立面的不整形をクリアしている。

*1 (株)山下設計

*2 国立研究開発法人建築研究所

*3 北海道大学名誉教授

*4 独立行政法人国際協力機構 (JICA)

*1 Yamashita Sekkei Incorporation

*2 Building Research Institute(BRI)

*3 Professor Emeritus, Hokkaido University

*3 Japan International Cooperation Agency (JICA)