

課題4:

RC構造物の耐震設計法

0. はじめに

土木構造物の耐震設計は、構造設計における根幹をなし、近年の大地震における多大な被害は、その設計手法が未だ不十分なること示すものである。ここでは、これまでの震度法(または修正震度法)に基づく耐力設計法(strength design)に代わり、靱性設計法(capacity design concept)を採用するものである。これは、強震下においては、構造物の降伏応答または塑性ヒンジの形成を許容することにより入力地震荷重を低減する一方、部材には十分な靱性を保持させることが重要である。さらに、近年話題となっている性能照査型設計法(performance-based design method)について考えてみたい。

1. 耐震設計法における手順

一連の耐震設計手順における個々の項目について、以下に示す6個のルーチンについて考える。

1. 1 設計地震動の算定(Aルーチン)

建設地点が決定されることにより、基盤面における設計地震動の規模を決める必要がある。ここでは、一例として、歴史地震記録(宇津カタログ, 気象庁カタログ etc.)より距離減衰式から同定される地震ハザード曲線を用いるものとする。

1. 2 応答スペクトルの設定(Bルーチン)

入力地震動の大きさが与えられると(例えば最大加速度), 構造物の弾性応答加速度を求めることができる。このとき必要となる応答スペクトルを設定する必要がある。

1. 3 構造物の力学特性の解析(Cルーチン)

次に、対象とするRC構造物の静的/動的な力学特性を算出する(固有周期, 減衰定数 etc.)。

1. 4 弾性応答加速度の算定(Dルーチン)

以上の3ルーチンから、構造物の供用期間(これは耐震設計上再現期間(return period)), 弾性応答スペクトル, 構造物の動特性(固有周期, 減衰定数)から、構造物の最大応答値(加速度, 速度, 変位)を決定することができる。

1.5 最大塑性応答変位の算定(Eルーチン)

構造物の最大塑性応答変位は、通例、非線形動的応答解析が用いられるが、設計段階では、エネルギー一定則(変位一定則)または簡易応答評価式が多用される。

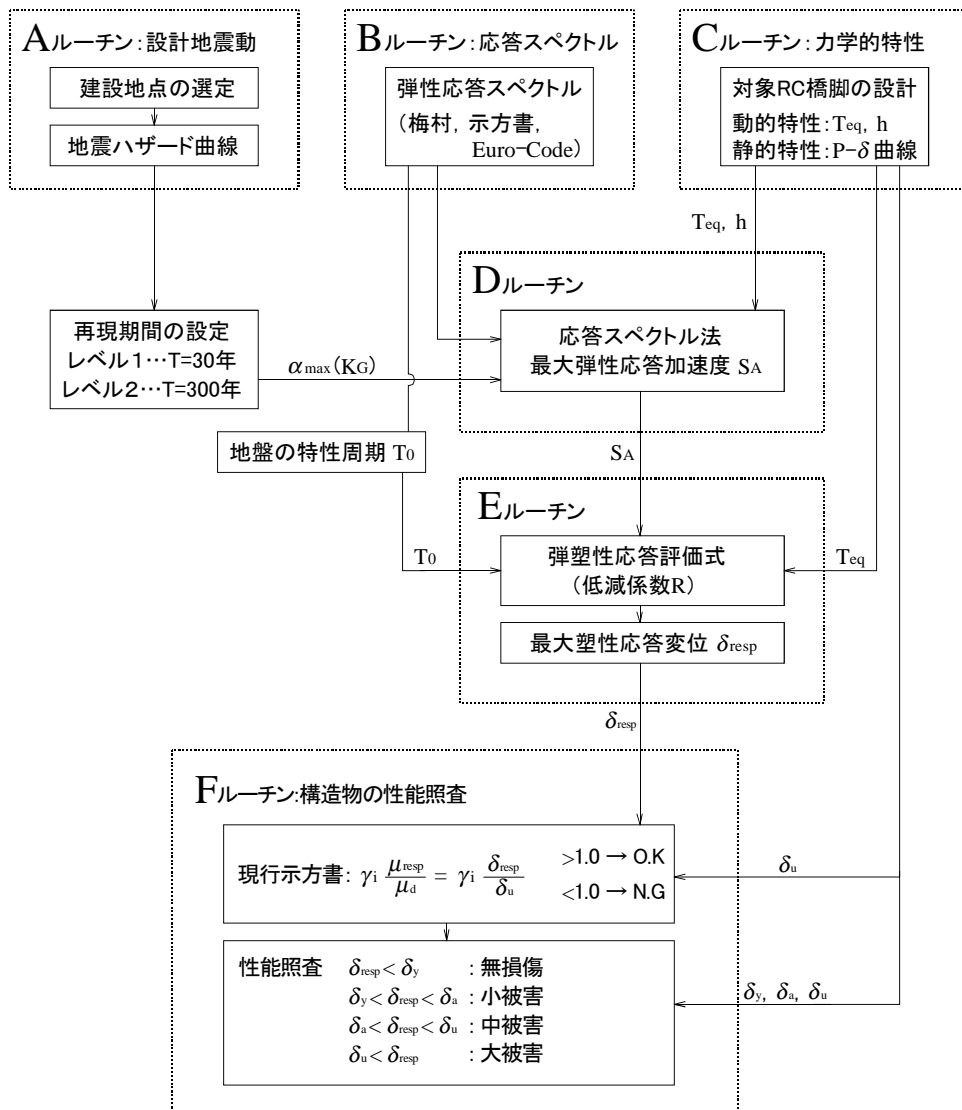
1.6 設計照査弾性応答加速の算定(Fルーチン)

上記にて算出された数値も用い、最終的には設計照査を完遂しなければならない。ここでは現行示方書によるものと、鉄筋降伏後の大变位を対象とした損傷度を扱うものを挙げる。

2. 解析手順(計算フロー)

以上のような6ルーチンを結びつけ、一連の耐震設計法の手順を再度復習する必要がある。

2.1 解析フロー



2. 2 入力条件の設定と諸定数の算定

名称	記号(単位)	備考	例									
Aルーチン: 設計地震動強度の設定												
地震ハザード曲線		土木学会提言式, 示方書例題	sem-log式									
地盤最大加速度	α_{max} (Gal)											
再現期間: レベル1	T ₁ (year)		T ₁ = 30年									
再現期間: レベル2	T ₂ (year)		T ₂ = 300年									
Bルーチン: 応答スペクトルの設定												
弾性応答スペクトル		梅村スペクトル, 道示, Euro-Code										
地震特性周期	T ₀ (sec)											
最大弾性応答加速度	S _A (cm/sec ²)											
最大弾性応答速度	S _V (cm/sec)											
最大弾性応答変位	S _D (cm)											
Cルーチン: 構造物の力学的特性												
動的特性		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>工学単位</th> <th>SI単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>重量</td> <td>m (kgf)</td> <td>mg (N)</td> </tr> <tr> <td>質量</td> <td>m/g (kgf·sec²/m)</td> <td>m (kg)</td> </tr> </tbody> </table>		工学単位	SI単位	重量	m (kgf)	mg (N)	質量	m/g (kgf·sec ² /m)	m (kg)	
	工学単位		SI単位									
重量	m (kgf)		mg (N)									
質量	m/g (kgf·sec ² /m)		m (kg)									
重量	W (N)											
質量	m (kg)											
等価固有周期	T _{eq} (sec)											
粘性減衰	h (-)											
静的特性												
P-δ曲線												
降伏時強度	P _y (kN)											
降伏時の変位	δ _y (mm)											
終局時強度	P _u (kN)											
終局時の変位	δ _u (mm)											
初期剛性	k ₀ (kN/mm)											
第1剛性	k ₁ (kN/mm)											
第2剛性	k ₂ (kN/mm)											
降伏点割線剛性	k _y (kN/mm)											
Dルーチン: 構造物の弾塑性応答変位の算定												
弾塑性応答評価式												
弾性応答加速度	A _{cc} (Gal)											
最大弾塑性応答変位	δ _{resp} (cm)	塑性応答評価式, エネルギー一定則										
	μ _{resp} : -	R = 1 + 0.67(μ _{resp} -1)(T/T ₀)										
荷重低減係数	R: -	R = (A _{cc} ·W)/(P _y ·g)										
Eルーチン: 構造物の設計照査												
安全係数												
構造物係数	γ _i		γ _i = 1.0~1.2									
性能基準		P-δ曲線										

3. 設計課題

建設地点を関東南部F地点として地震ハザード曲線を作成し、再現期間50年、100年、200年、および500年に対する地盤最大加速度 α_{\max} を図から読み取る。

ただし、関東南部F地点の地震データを以下のものとし、配布した付録用紙*を用いること。

地盤最大加速度 α_{\max}	年超過確率	再現期間
150 Gal	3.3×10^{-2}	
430 Gal		300年
670 Gal	1.0×10^{-3}	

①のデータをもとに再現期間50年、100年、200年、および500年に対する加速度応答スペクトルを作成する。(図は1枚にまとめる)。加速度応答スペクトルは以下の梅村スペクトルを用い、減衰定数 $h=0.05$ とする。

梅村スペクトル

$$S_A = \begin{cases} 3.6g \cdot k_G & T \leq 0.5 \\ 1.8g \cdot k_G / T & 0.5 < T \leq 3 \\ 5.4g \cdot k_G / T^2 & 3 < T \end{cases}$$

$$(g=980\text{Gal}, k_G=\alpha_{\max}/g)$$

重量 $W=8.63\text{MN}$ 、固有周期 $T=0.66\text{sec}$ 、降伏時の耐力 $P_y=2.68\text{MN}$ 、降伏時の変位 $\delta_y=3.58\text{cm}$ のRC単柱式構造物を考え、②の加速度応答スペクトルより、再現期間50年、100年、200年、および500年に対する弾性応答加速度 $S_A(=Acc)$ を算定する。 $(T_0=0.5)$

さらに、塑性応答評価式(別表)を用いて、それぞれの最大塑性応答変位 δ_{resp} を求める。

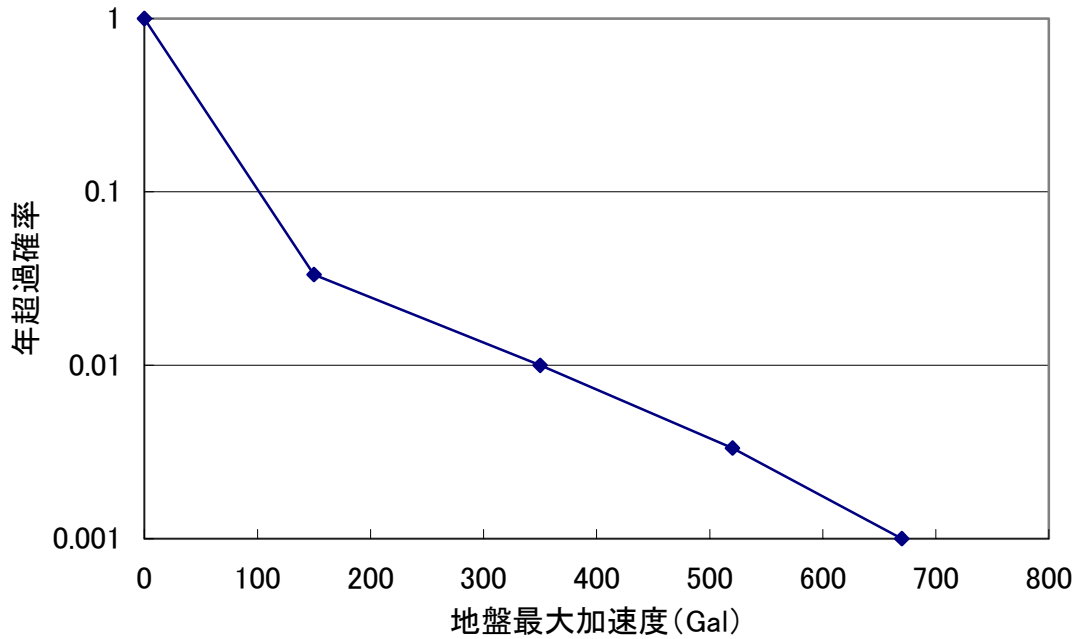
$$(\mu_{resp} = \delta_{resp} / \delta_y)$$

①～③の結果を自分の言葉でA4用紙4枚以上のレポートにまとめ、コンクリート研究室に提出する。(※印の付録用紙を必ず綴じ、これを1枚と数えて良い)

次回のゼミまでに①と②をやってくること(宿題)。

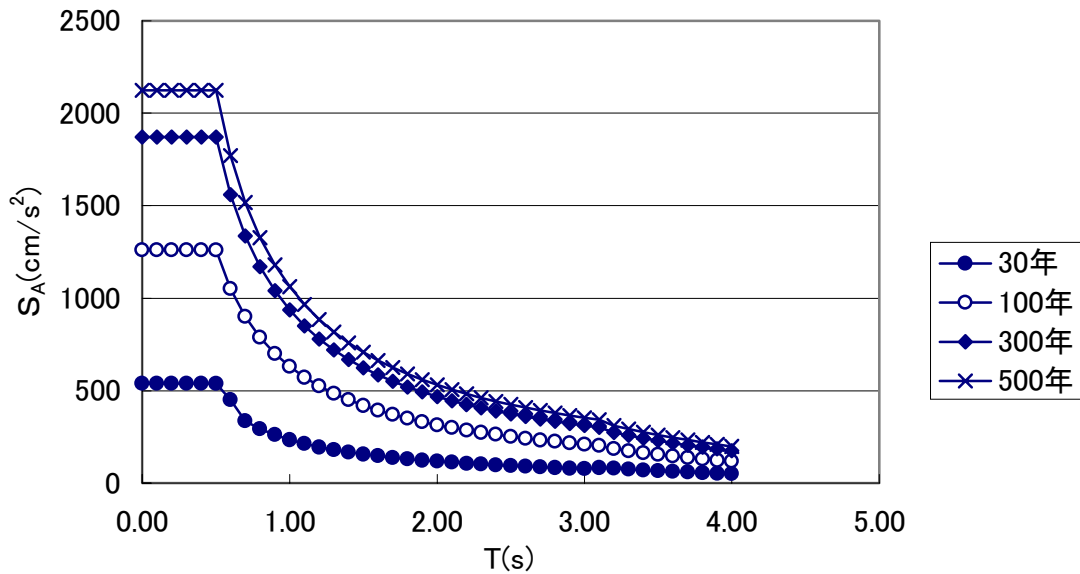
回答例のコーナー

①地震ハザード曲線



再現期間(年)	30	100	300	500
地盤最大加速度(Gal)	150	350	520	590
kG	0.153	0.357	0.531	0.602

②梅村スペクトル



加速度応答スペクトル

③計算結果

ACC	R	μ resp	δ resp
409.09	1.34	1.17	4.19
954.55	3.20	2.05	7.35
1418.18	4.75	2.80	10.03
1609.09	5.39	3.11	11.14