

建設省土木研究所 正員 岩崎 敏男
同 正員 常田 賢一

1. まえかき

各種構造物の完成時に対する地震荷重は、一般にそれぞれの設計指針等に規定されている。例えば、道路橋では道路橋耐震設計指針がある¹⁾。しかし、架設時に対しては、地震の影響について必要な検討をするよう指示されているものもあるが具体的な規定は現在のところない。本報告は、主として道路橋を対象とし、架設時の諸特性を考慮して現行の完成時設計震度を補正する形で、架設時設計震度を設定する考え方の一例を示すものである。

2. 設計震度の考え方

現行の完成時設計震度は、過去の経験的事実を積上げた結果の所産とも言之厳密にその誘導過程を見直すことは難しい。しかし、架設時設計震度を定義付ける補正係数を導くためには架設時の諸特性と完成時のそれとの関係を把握することが必要となる。そのための設計震度を決定する考え方の一例を示したのが図-1²⁾である。図-1の手順を式で表わすと次のようになる。

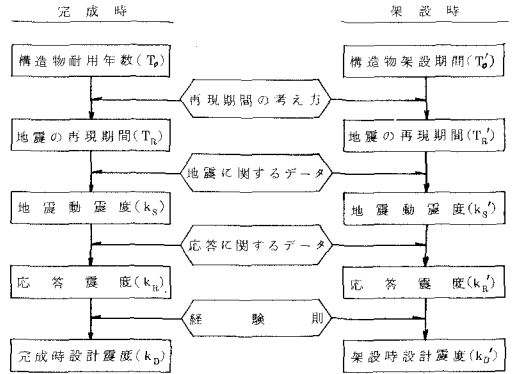


図-1 設計震度を求めるフローチャート

$$\begin{aligned} R_s &= f(T_R) \quad \text{---(1)} & R'_s &= g(T'_R) \quad \text{---(1')} \\ R_R &= F(R_s) \quad \text{---(2)} & R'_R &= G(R'_s) \quad \text{---(2')} \\ R_D &= D \cdot R_R \quad \text{---(3)} & R'_D &= D' \cdot R'_R \quad \text{---(3')} \end{aligned}$$

ここで、ダッシュ付の記号は架設時を表わす。

次に、上式中の諸関係を求めることにする。地震の震度階(I)と年当り発生回数N(I) (又は再現期間(T_R))の関係及び震度階と加速度(a_i)との関係はそれぞれ次式で表わされるものとする。⁴⁾

ここに、N(I) : 震度階 I 以上の強さの地震が 1 年間に発生する回数
I : 震度階 (0~7) a_i β_i : 地域別定数 (代表例を表-1に示す)⁵⁾

$$\log N(I) = \log(1/\bar{T}_R) = \alpha_i - \beta_i I \quad \text{---(4)}$$

$$a_i = \begin{cases} a_1 = A_1 \cdot g \times 10^{0.5I} & (i=1) \\ a_2 = A_2 \cdot g \times 10^{0.5I} & (i=2) \end{cases} \quad \text{---(5)}$$

ここに、 $A_1 = \frac{a_1}{g} \times 10^{-0.5I} = \begin{cases} 2.53 \times 10^{-4} & i=1 \\ 8.00 \times 10^{-4} & i=2 \end{cases}$
g : 重力の加速度 (=1000 ガル)

幾つかの地域における(4)式の实例を図-2に示す。

従って、完成時の地震動の震度(a_i/g)は(4)式及び(5)式から次式のように再現期間の関数で表わされる。

$$R_s = f(T_R) = a_i/g = A_i \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_i} (\log T_R + \alpha_i)} \quad i=1 \text{ or } 2 \quad \text{---(6)}$$

架設時の地震動の震度についても同様な手順を踏むことができる。この時、定数A_i, α_i及びβ_iは架設時のそれと同値としてよいので架設時の地震動の震度は次式で表わされる。

$$R'_s = g(T'_R) = a'_i/g = A'_i \cdot 10^{\frac{1}{2\beta'_i} (\log T'_R + \alpha'_i)} \quad i=1 \text{ or } 2 \quad \text{---(6')}$$

次に、地震動の震度と構造物の応答震度の関係であるが、ここでは指針¹⁾の応答を考慮した修正震度法の考え方を踏襲し、両震度を構造物の固有周期の関数である加速度応答倍率(β又はβ')で

注) a₁は比較的大きなマグニチュードをもつ地震に対する加速度に相当し、a₂は比較的小さいマグニチュードをもつ地震に対する加速度に相当する

表-1 各地の α_i, β_i の値

	東京	名古屋	大阪	札幌	仙台	新潟	鹿児島
α _i	2.66	1.94	1.50	1.47	1.93	1.49	1.37
β _i	0.70	0.68	0.56	0.64	0.57	0.64	0.53

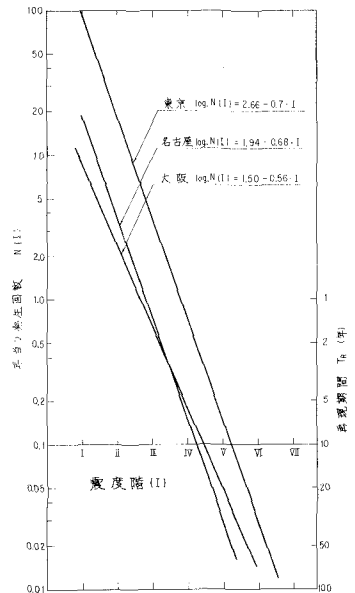


図-2 地震発生頻度例 (震度階の記録による)

関係付けることにする。つまり、

$$R_R = \beta \cdot R_S \quad \text{---(7)} \quad R'_R = \beta' \cdot R'_S \quad \text{---(7')}$$

通常、応答履歴はその分布の最大値を考えているが、設計震度は等分布とするのが普通である。その配慮が、種類別に基づくことされる(3)式又は(3)式の係数D又はD'である。

(6),(7),(3)式及び(6),(7),(3)式から、完成時及び架設時の設計震度は、それぞれ次の(8)式及び(8')式で表わされる。

$$R_S = D \cdot \beta \cdot A_i \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_0} (\log T_R + \alpha_0)} \quad i=1 \text{ or } 2 \quad \text{---(8)}$$

$$R'_S = D' \cdot \beta' \cdot A_i \cdot 10^{\frac{1}{2\beta'_0} (\log T'_R + \alpha'_0)} \quad i=1 \text{ or } 2 \quad \text{---(8')}$$

なお、架設時のD'は完成時のDと同値とする。又、(8)式及び(8')式では設計震度が再現期間で表わされているが、再現期間は完成時及び架設時に対してそれぞれ耐用年数及び架設期間から非超過確率(\beta)を媒介として次式のように定義付けられる。

$$T_R = 1 / (1 - \beta^{\frac{1}{\beta_0}}) \quad \text{---(9)} \quad T'_R = 1 / (1 - \beta'^{\frac{1}{\beta'_0}}) \quad \text{---(9')}$$

この考え方では、\beta'によって耐用年数(T_R)又は架設期間(T'_R)と再現期間(T_R又はT'_R)の関係を定めている。

3. 架設時設計震度の求め方

架設時設計震度は、前項で得た完成時と架設時の関係を使って、震行、設計震度の構成因子を補正することにより求めることとすると、最終的に架設時設計震度は次式で与えられる。(表-2参照)

$$R_{Rm} = K_0 \cdot K_\beta \cdot \beta \cdot \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \nu_3 \cdot R_0 = K \cdot R_{Rm} \quad \text{---(10)}$$

ここに、K₀ ; 地震動特性補正係数 = (T_R/T_{R0})^{1/2\beta₀}

K_{\beta} ; 構造物応答特性補正係数 = \beta'/\beta

\nu₃ ; 架設時重要度別補正係数

\nu₁, \nu₂, R₀ ; 道路橋耐震設計指針¹⁾に従う

K ; 架設時設計震度補正係数 = K₀ \cdot K_\beta \cdot (\nu_3/\nu_3)

(10)式からわかるように、架設時設計震度(R_{Rm})は完成時設計震度(R_{R0})を 図-3 架設期間と地震動特性補正係数 架設時設計震度補正係数(K)と補正することにより求められることになる。そして、架設時設計震度補正係数(K)を求めるには、各補正係数、つまり、K₀, K_{\beta}, \nu₃及び\nu₃を決めればよい。まず、K₀を得るには完成時の再現期間(T_R)、定数(\beta)及び非超過確率(\beta)が必要である。例えば、構造物の耐用年数(T_R)を50年、\beta=0.20及び\beta=0.60とした場合、架設期間(T'_R)に関する補正係数(K₀)の変曲線は図-3で与えられる(表-3参照)。次に、K_{\beta}は完成時及び架設時における構造物の固有周期及び減衰定数を求め、加速度応答倍率のスペクトル曲線(例えば、1))から応答倍率\beta及び\beta'を求めて算定する。重要度別補正係数\nu₃は指針¹⁾に従うが、\nu₃は架設中の構造物の破壊の全体系に与える影響、社会的迷惑度あるいは修復の難易等を考慮して慎重に決める必要がある。

4. あとがき

架設時の設計震度についての考え方の一例を示したが、諸定数の与え方、構造物の固有周期等の算定、設計震度の上下限値の取扱方法等、検討すべき点が残されている。なお、本課題は、現在、日本道路協会耐震設計分科会で検討中のものである。

- 1) 日本道路協会; 道路橋耐震設計指針・解説 (昭和47年4月)
- 2) ; 道路橋示方書・解説 (昭和47年2月)
- 3) 隈本忠尚; 「施工時の地震荷重の求め方について」提案、橋梁と基礎 23-5
- 4) 勝又徳永; 「地震の震度別有感回数について」測候時報 沖巻第5号別刊 (昭和42年10月)

表-2 架設時設計震度を求めるための補正

	完成時		架設時	
	設計震度	構成因子	設計震度	補正係数
地震動特性(震度最大値)	k ₀	k'₀	K₀ = k'₀/k₀	1)*
地域特性	\nu₁	\nu'₁	K₁ = \nu'₁/\nu₁	
地盤特性	\nu₂	\nu'₂	K₂ = \nu'₂/\nu₂	
構造物応答特性	\beta	\beta'	K_\beta = \beta'/\beta	
重要度	\nu₃	---	---	
架設時	---	\nu'₃	---	
設計水平震度	k km	k km = (K₀ K₁ K₂ K_\beta) (\nu₁ \nu₂ \beta k₀) \nu₃		2)*
	\beta \nu₁ \nu₂ \nu₃ k₀	= K₀ \cdot K_\beta \cdot \beta' \cdot \nu₁ \cdot \nu₂ \cdot \nu'₃ \cdot k₀		

$$1) * K_0 = \frac{k'_0}{k_0} = \frac{D \cdot A_i \cdot 10^{\frac{1}{2\beta'_0} (\log T'_R + \alpha'_0)}}{D \cdot A_i \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_0} (\log T_R + \alpha_0)}} = \left(\frac{T_R}{T'_R} \right)^{\frac{1}{2\beta_0}}$$

$$2) * K_1 = \frac{\nu'_1}{\nu_1} = 1, K_2 = \frac{\nu'_2}{\nu_2} = 1$$

表-3 地震動特性補正係数 (例1)

架設期間 T' (年)	再現期間 T _R (年)	地震動特性補正係数 K ₀
1/12	1.022	0.038
2/12	1.049	0.039
3/12	1.149	0.042
6/12	1.563	0.052
1	2.500	0.073
2	4.437	0.109
3	6.387	0.142
4	8.341	0.172
5	10.297	0.200
50	98.382	1.000

ただし、 $T'_R = \frac{1}{1 - \beta^{\frac{1}{\beta_0}}}$
 $q = 0.60$
 $2) * K_0 = \left(\frac{T_R}{T'_{R50}} \right)^{\frac{1}{2\beta_0}}$
 ただし、 $T'_{R50} = 9.8382$ (年)
 $\beta_0 = 0.70$

