

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へ方の一例を示すものである。

2. 設計震度の考へ方

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へ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得る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へ方の一例を示したのが図-1³⁾である。図-1の手順を式で表わすと次のようになる。

$$k_s = f(T_R) \quad \text{---(1)} \quad k'_s = g(T'_R) \quad \text{---(1')}$$

$$k_R = F(k_s) \quad \text{---(2)} \quad k'_R = G(k'_s) \quad \text{---(2')}$$

$$k_D = D \cdot k_R \quad \text{---(3)} \quad k'_D = D' \cdot k'_R \quad \text{---(3')}$$

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
 $\log N(I) = \log(1/k_i) = \alpha_i - \beta_i I \quad \text{---(4)}$ I : 震度階 (0~7) α_i, β_i : 地域別定数 (代表例を表-1に示す)⁵⁾

$$a_i = \begin{cases} a_1 = A_1 \cdot g \times 10^{0.5I} & (i=1) \\ a_2 = A_2 \cdot g \times 10^{0.5I} & (i=2) \end{cases} \quad \text{注)} \quad \text{ここに、} \quad A_1 = \frac{a_1}{g} \times 10^{-0.5I} = \begin{cases} 2.53 \times 10^{-4} & i=1 \\ 8.00 \times 10^{-4} & i=2 \end{cases}$$

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。

従て、完成時の地震動の震度(k_s)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。

$$k_s = f(T_R) = a_{1/2}^{\frac{1}{2}} = A_1 \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_1} (\log T_R + \alpha_0)} \quad i=1 \text{ or } 2 \quad \text{---(6)}$$

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。

$$k'_s = g(T'_R) = a_{1/2}'^{\frac{1}{2}} = A_1' \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_1'} (\log T'_R + \alpha_0')} \quad i=1 \text{ or } 2 \quad \text{---(6')}$$

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へ方を踏襲し、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) a_1 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、 a_2 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

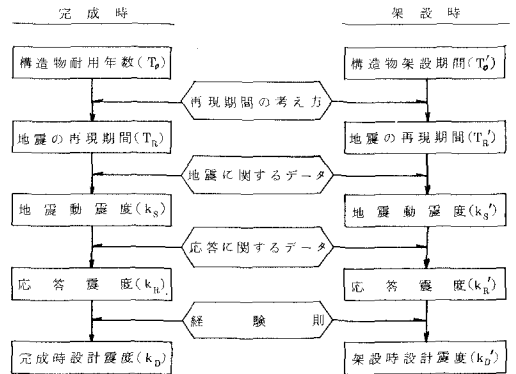


図-1 設計震度を求めるフローチャート

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

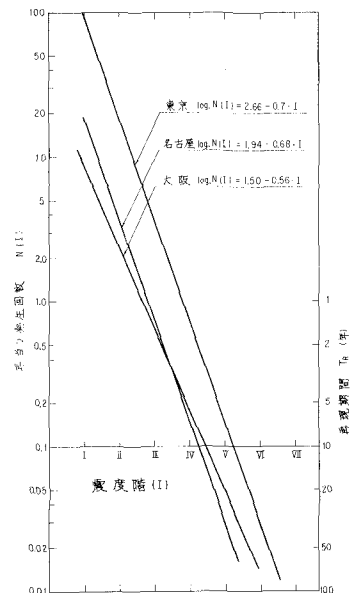


図-2 地震発生頻度例 (震度階の記録より)

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、応答震度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、経験則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。

$$R_D = D \cdot \beta \cdot A_1 \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_0}(\log T_R + \alpha_0)} \quad \zeta = 1 \text{ or } 2 \quad \text{---(8)}$$

$$R_D' = D' \cdot \beta' \cdot A_1' \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_0'}(\log T_R' + \alpha_0')} \quad \zeta = 1 \text{ or } 2 \quad \text{---(8')}$$

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、て、現行、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_R)^{1/2\beta_0}

K_{\beta}；構造物応答特性補正係数 = \beta'/\beta

\nu_3；架設時重要度別補正係数

\nu_1, \nu_2, R_0；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_{RM})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}, \nu_3及び\nu_3を決めねばよい。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=0.70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)の変化曲線は図-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\nu_3は指針¹⁾に従うが、\nu_3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い方法等、検討すべき点が残っている。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44年4月)

2) 〃；道路橋設計指針・解説(昭和44年2月)

3) 栗林忠晴；「施工時の地震荷重の求め方について」提案、橋梁と基礎 73-5

4) 晴久徳永；「地震の震度別有感回数について」測候時報 明治55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	震度補正係数	
地震動特性(震度)	K ₀	K ₀	K ₀ = k ₀ ' / k ₀	1)*
地盤特性	\nu ₁	\nu ₁ '	K ₁ = \nu ₁ ' / \nu ₁	
地盤特性	\nu ₂	\nu ₂ '	K ₂ = \nu ₂ ' / \nu ₂	
構造物応答特性	\beta	\beta'	K _{\beta} = \beta' / \beta	
重要度	完成時	架設時	\nu ₃	
設計水平震度	k km	k km	k km = (K ₀ K ₁ K ₂ K _{\beta}) (\nu ₁ \nu ₂ \beta \cdot k ₀) \cdot \nu ₃	2)*

$$1) \quad K_0 = \frac{k_0'}{k_0} = \frac{D \cdot A_1 \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_0}(\log T_R' + \alpha_0')}}{D \cdot A_1 \cdot 10^{\frac{1}{2\beta_0}(\log T_R + \alpha_0)}} = \left(\frac{T_R}{T_R'} \right)^{\frac{1}{2\beta_0}}$$

$$2) \quad K_1 = \frac{\nu_1'}{\nu_1} = 1, \quad K_2 = \frac{\nu_2'}{\nu_2} = 1$$

表-3 地震動特性補正係数 ---例---

架設期間 T _R ' (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

$$1) \quad T_R' = \frac{1}{1 - q^{\frac{1}{\beta_0}}}$$

ただし、q = 0.60

$$2) \quad K_0 = \left(\frac{T_R}{T_{R50}} \right)^{\frac{1}{2\beta_0}}$$

ただし、T_{R50} = 98.382 (年)
\beta₀ = 0.70

