

JT-KOHKA Ver. 11. 02

『道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編(平成 29 年)』への対応について

JIP テクノサイエンス株式会社

1. 概要

道路橋示方書・同解説が平成 29 年 11 月に改定され、従来の許容応力度法から、部分係数法に移行しました。

JT-KOHKA では、この道路橋示方書の改定に合せ、部分係数を考慮した耐震設計を可能にしました。

2. 改定内容

(1) 橋の耐荷性能

平成 24 年道路橋示方書では、地震後に求められる性能として「耐震性能」が規定されていました。平成 29 年道路橋示方書では、橋の状態が想定される区分にあることを所要の信頼性で実現する性能として「耐荷性能」が規定されるようになりました。

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
レベル 1 : 耐震性能 1	A 種 : 耐荷性能 1
レベル 2 (B 種) : 耐震性能 2	レベル 1-限界状態 1、レベル 2-限界状態 3
レベル 2 (A 種) : 耐震性能 3	B 種 : 耐荷性能 2
	レベル 1-限界状態 1、レベル 2-限界状態 2、3

(2) 作用の組合せ

平成 24 年道路橋示方書では、地震波によらず「D+EQ」のみでした。平成 29 年道路橋示方書では、レベル 1 地震時に「D+T+EQ」と温度変化の影響の組み合わせが追加されました。

また、死荷重に荷重係数として 1.05 の割増しが考慮されるようになりました。

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
レベル 1、レベル 2 : D+EQ	レベル 1 : D+EQ、 D+T+EQ
	レベル 2 : D+EQ

(3) レベル 2 地震動の設計水平震度

平成 24 年道路橋示方書では、レベル 2 地震動の設計水平震度の算出時に、構造物の塑性率から算出された構造物特性係数 C_s による低減がなされていました。平成 29 年道路橋示方書では、様々な要素に部分係数が考慮されることによって、構造物特性係数が削除されました。

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
$k_{hc} = c_s \cdot c_{2z} \cdot k_{hc0}$	$k_{hc} = c_{2z} \cdot k_{hc0}$

(4) RC 橋脚の耐荷性能照査

平成 24 年道路橋示方書では静的照査法として「地震時保有水平耐力法」、動的照査法として「応答塑性率・せん断力・残留変位」による照査がなされてきました。平成 29 年道路橋示方書では構造解析手法によらず「変位・せん断力・残留変位」により照査することになりました。

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
<ul style="list-style-type: none"> 地震時保有水平耐力法 $k_{hc} \cdot W \leq P_a$	<ul style="list-style-type: none"> 変位 $\delta_{res} \leq \xi_1 \Phi_{RY} \delta_{yE} \quad (\text{限界状態 1})$
<ul style="list-style-type: none"> 応答塑性率 $\mu_r \leq \mu_a$	<ul style="list-style-type: none"> 変位 $\delta_{res} \leq \xi_1 \Phi_s \delta_{1s2} \quad (\text{限界状態 2})$
<ul style="list-style-type: none"> せん断力 $S \leq S_c + S_s$	<ul style="list-style-type: none"> せん断力 $S \leq \xi_1 \cdot \xi_2 (\Phi_{uc} S_c + \Phi_{us} S_s)$
<ul style="list-style-type: none"> 残留変位 $\delta_R \leq \delta_{Ra}$	<ul style="list-style-type: none"> 残留変位 $\delta_R \leq \delta_{Ra}$

(5) RC 橋脚の限界状態に相当する水平変位及びせん断力の制限値

平成 29 年道路橋示方書では各種評価式による算定値に対し、補正係数 k を乗じることになりました。

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
<ul style="list-style-type: none"> 変位 $\delta_{1s2} = \delta_y + (\phi_{1s2} - \phi_y) L_p (h - L_p / 2)$ $\delta_{1s3} = \delta_y + (\phi_{1s3} - \phi_y) L_p (h - L_p / 2)$	<ul style="list-style-type: none"> 変位 $\delta_{1s2} = k_2 (\delta_y + (\phi_{1s2} - \phi_y) L_p (h - L_p / 2))$ $\delta_{1s3} = k_3 (\delta_y + (\phi_{1s3} - \phi_y) L_p (h - L_p / 2))$
<ul style="list-style-type: none"> せん断力 $S_c = \tau_r \cdot b_w \cdot d$ $S_s = \frac{A_w \sigma_{sy} d (\sin \theta + \cos \theta)}{1.15a}$	<ul style="list-style-type: none"> せん断力 $S_c = k \cdot \tau_r \cdot b_w \cdot d$ $S_s = k \cdot \frac{A_w \sigma_{sy} d (\sin \theta + \cos \theta)}{1.15a}$

(k, k2, k3 は 1.3 とされています)

(6) 鋼製橋脚

平成 29 年道路橋示方書では、鋼製橋脚の水平変位の制限値に部分係数が導入されました。

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
<ul style="list-style-type: none"> 許容変位 δ_a	<ul style="list-style-type: none"> 水平変位の制限値 $\delta_{1s2d} = \xi_1 \cdot \phi_R \cdot \delta_{1s2}$ $\delta_{1s2} = k \cdot \delta_a$

(7) 免震橋

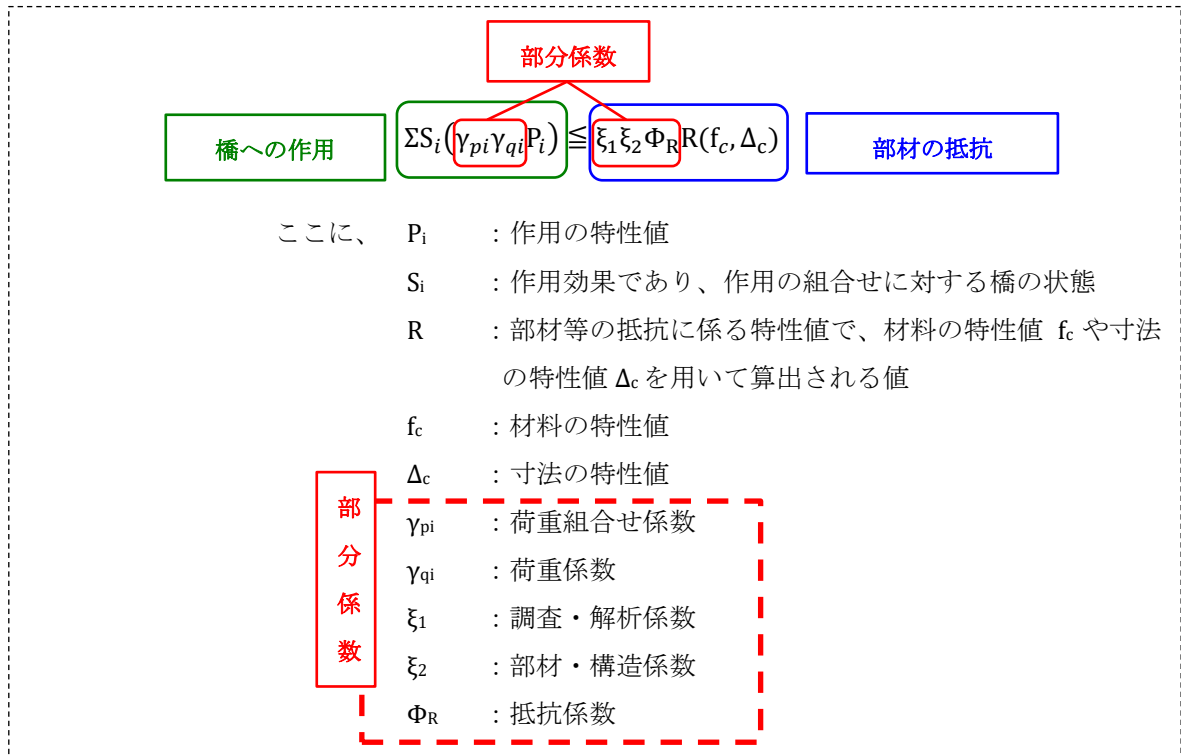
平成 29 年道路橋示方書では、照査項目が許容塑性率から変位に変更となりました。

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
<ul style="list-style-type: none"> 許容塑性率 $\mu_m = \delta_{1s2} / \alpha_m \delta_y$	<ul style="list-style-type: none"> 水平変位の制限値 $\delta_{1s2di} = \delta_{1s2d} / \alpha_m$

3. JT-KOHKA による部分係数法での照査方法

(1) 照査の基本

部分係数法による部材の耐荷性能は「道路橋示方書・同解説 I 共通編 5.2 照査の方法」に示されている下式により確かめることを標準としています。



部分係数は「橋への作用」、「部材の抵抗」それぞれに含まれており、JT-KOHKA では、「橋への作用」については、死荷重や乾燥収縮の影響による初期断面力や慣性力の算出時に、特性値を入力することで荷重係数の『1.05』を考慮するようにし、「部材の抵抗」については、目標とする耐荷性能に合わせた部分係数を考慮するように対応しました。

但し、上部工反力や隣接荷重、初期断面力を直接入力する場合は、荷重組合せ係数や荷重係数を考慮した値を入力します。

表 3-1 作用の組合せに対する荷重組合せ係数および荷重係数

荷重組合せ係数 γ_p と荷重係数 γ_q

作用の組合せ			D		PS・SH		HP		EQ	
			γ_p	γ_q	γ_p	γ_q	γ_p	γ_q	γ_p	γ_q
①	D	永続	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-
②	D+EQ	変動	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.00
③	D+EQ	偶発	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.00

D : 死荷重
SH : 乾燥収縮の影響
EQ : 地震の影響
各組合せにおいては、本プログラムで扱う荷重のみを表示します。

PS : プレストレス力
HP : 水圧

死荷重や乾燥収縮の影響について
荷重係数 ($\gamma_q=1.05$) を考慮しています。

(2) 水平変位（曲げ）に対する照査方法

水平変位の制限値の算出において、JT-KOHKA では以下のように、各限界状態に応じた部分係数を考慮して算出します。

表 3-2 水平変位の制限値（部材の抵抗）

橋脚	(上段)最大応答変位 / 水平変位の制限値 [m]、(下段)比率			平均値	判定
	I - II - 1	I - II - 2	I - II - 3		
P1	-0.0910 / -0.1254	0.0617 / 0.1254	0.0588 / 0.1254		
	0.7258	0.4920	0.4692	0.5624	OK

$$\begin{aligned} \delta_{1s2d} &= \xi_1 \cdot \Phi_s \cdot \delta_{1s2} = 1.00 \times 0.65 \times 0.1929 = 0.1254 \\ \delta_{1s2} &= k (\delta_{yE} + (\phi_{1s2} - \phi_y) L_p (h - L_p / 2)) \\ &= 1.3 \times (0.0408 + (0.16301 - 0.001383) \times 0.749 \times (10.0 - 0.749 / 2)) \\ &= 0.1929 \end{aligned}$$

表 3-3 水平変位の制限値算出に係る部分係数

限界状態		限界状態 1	限界状態 2	限界状態 3
調査・解析係数	ξ_1	1.00	1.00	1.00
部材・構造係数	ξ_2	---	---	1.00
抵抗係数	Φ_{RY}, Φ_s	1.00	0.65	0.65
補正係数	K	1.3	1.3	1.3

(3) せん断力に対する照査方法

せん断力の制限値の算出において、JT-KOHKA では以下のように、作用の組合せに応じた部分係数を考慮して算出します。

表 3-4 せん断力の制限値（部材の抵抗）

部材番号	格点番号	正負	断面幅 b [mm]	有効高 d [mm]	引張鉄筋比 Pt [%]	せん断力の制限値 [kN]			
						コンクリート Sc	帯鉄筋 Ss	Ps	Ps0
1003	1003	+	5000.0	2030.0	0.712	3109.5	6289.3	7589.5	9263.4
		-	5000.0	2030.0	0.712	3109.5	6289.3	7589.5	9263.4
	1004	+	5000.0	2030.0	0.712	3109.5	6289.3	7589.5	9263.4
		-	5000.0	2030.0	0.712	3109.5	6289.3	7589.5	9263.4

$$\begin{aligned} P_s &= \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot (\Phi_{uc} \cdot S_c + \Phi_{us} \cdot S_s) = 1.0 \times 0.85 \times (0.95 \times 3109.5 + 0.95 \times 6289.3) = 7589.5 \text{ (kN)} \\ S_c &= k \cdot \tau_r \cdot b_w \cdot d = 1.3 \times 235.66 \times 5.0 \times 2.03 = 3109.5 \\ S_s &= k \cdot A_w \cdot \sigma_{sy} \cdot d (\sin \theta + \cos \theta) / 1.15a = 1.3 \times 1191.6 \times 345 \times 2.03 / 1.15 \times 150 = 6289.3 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

表 3-5 せん断力の制限値算出に係る部分係数

作用の組合せ		D+EQ 以外	D+EQ (変動作用時)	D+EQ (偶発作用時)
調査・解析係数	ξ_1	0.90	0.90	1.00
部材・構造係数	ξ_2	0.85	0.85	0.85
抵抗係数	Φ_{uc}, Φ_{us}	0.65	0.95	0.95
補正係数	k	1.3	1.3	1.3

4. 動的解析例（RC 橋脚）

以下に示す橋脚で動的解析を実施し、平成 24 年道路橋示方書と平成 29 年道路橋示方書で結果の比較をしました。

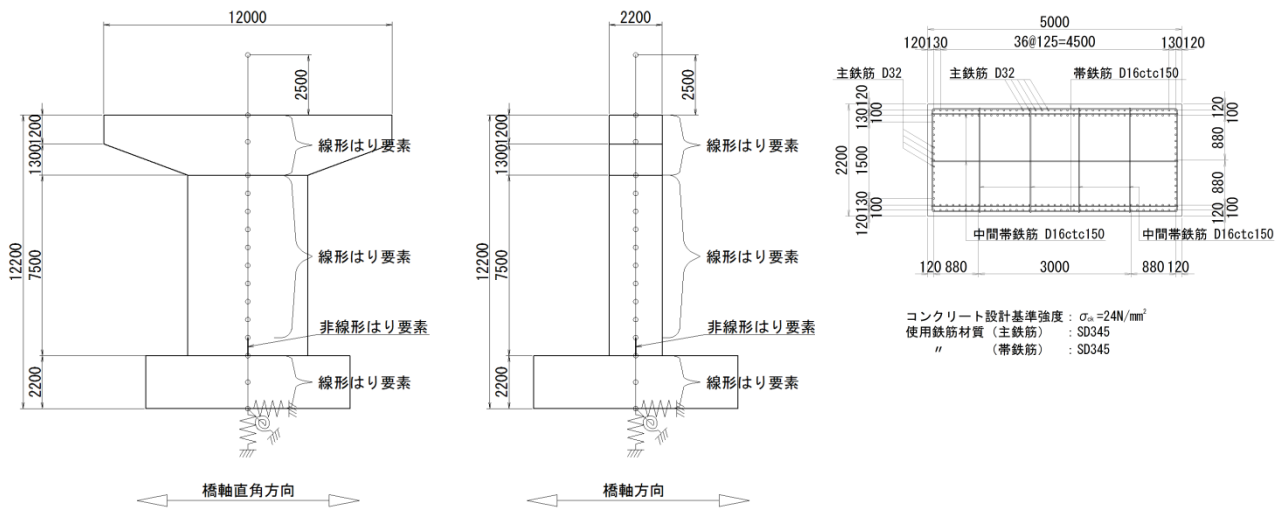


図 4-1 橋脚概要図

表 4-1 解析結果表

(抽出ケース) 橋軸方向、レベル 2 タイプ II		① 平成 24 年 道路橋示方書	② 平成 29 年 道路橋示方書	比率 (②/①)
水平変位の照査	最大応答変位 δ_{res} (m)	0.0858	0.0983	1.146
	水平変位の制限値 δ_a (m)	0.1235	0.1254	1.015
	比率	0.695	0.784	---
塑性率の照査	最大応答塑性率 μ_r	2.107	---	---
	許容塑性率 μ_a	3.032	---	---
	比率	0.695	---	---
残留変位の照査	残留変位 δ_R (m)	0.0271	0.0345	1.273
	残留変位の制限値 δ_{Ra} (m)	0.1000	0.1000	1.000
	比率	0.271	0.345	---
せん断力の照査	最大応答せん断力 S (kN)	6888.3	7005.0	1.017
	せん断力の制限値 P_s (kN)	8027.1	8426.4	1.050
	比率	0.858	0.831	---

※各数値は三波平均した値を示しています。

荷重係数 γ_0 (1.05) 考慮される項目

調査解析係数 ξ_1 や部材・構造係数 ξ_2 、抵抗係数 Φ 、補正係数 k が考慮される項目