

問題 : 鉄筋コンクリート構造物の震害例について、下記の問いに対して簡潔に記述せよ。

(2×8=16点)



写真 1 鉄筋コンクリート橋脚の地震時の被害例

左の写真、右の写真の各々について、～の項目を説明すること。不明な場合、その旨記すこと。

キーワード： 構造物の形式， 地震力の入力方向， 破壊形式， 損傷の状況（被りコンクリート，コアコンクリート，軸方向筋，帯鉄筋）

左写真：

ラーメン橋（中間梁なし）：鉄道高架橋と思われる，橋軸方向，柱頭部梁下にてせん断破壊，かぶりコンクリートが剥落する前にせん断破壊し，コアコンクリートは全壊。軸方向筋（主鉄筋）は完全に崩壊。帯鉄筋は破断し，痕跡も見当たらない。

右写真：

（小判型断面の）単柱式橋脚，この写真からは，橋軸方向／直交方向ともに損傷している。曲げ損傷（なせん断ひび割れは見当たらない），柱中央部にて，被りコンクリートが剥落し，鉄筋が露出している。軸方向筋およびこれを取り囲む帯鉄筋は，健全のように判断され，コアコンクリートの損傷は軽微であると判断できる。

問題 : 次の設問に関して、解答せよ。計算問題の場合、解答の過程をコンパクトに示すこと。

(5 × 10 = 50 点)

1. 異形鉄筋の疲労強度式 (土木学会標準示方書) を用いた場合、疲労回数  $N$  を  $10^4$  から  $10^5$  に増加させると、疲労強度 (疲労振幅) は何%減少もしくは増加するか。簡単のため、永久荷重による下限応力をゼロとし、係数  $k = 0.8$  とする。

$$f_{srd} = 190 \frac{10^a}{N^k} \left(1 - \frac{s_{sp}}{f_{ud}}\right) / g_s \quad \text{から、両者の比は、} \left(\frac{1/10^5}{1/10^4}\right)^{0.12} = 0.76$$

疲労回数  $N$  を  $10^4$  から  $10^5$  に増加させると、疲労強度 (疲労振幅) は 24%減少する。

2. コンクリートの疲労強度式 (土木学会標準示方書) を用いて永久荷重による下限応力を  $p = 10 \text{ N/mm}^2$ 、のときの疲労寿命 (疲労までの回数) を求めよ。ただし、圧縮強度が  $30 \text{ N/mm}^2$  の一般コンクリートを考える。

$$\text{コンクリートの材料係数 } g_c = 1.3 \rightarrow f'_{cd} = 30/1.3 = 23.1 \text{ N/mm}^2$$
$$\log N = k \left\{ 1 - \frac{f_{rd}}{k_1 f_{cd} (1 - s_p / f_{cd})} \right\} = 17 \left\{ 1 - \frac{5}{0.85 \cdot 23.1 (1 - 10/23.1)} \right\} = 9.37$$

$$\rightarrow N = 10^{9.37} = \underline{2.34 \times 10^9 \text{ 回}}$$

$f_{rd} = 5 \text{ N/mm}^2$  として、解答例を示した。

3. 曲げを受ける部材の許容ひび割れ幅は、コンクリートかぶり厚が  $45 \text{ mm}$  のとき、「特に厳しい腐食性環境」の場合  $(0.16) \text{ mm}$ 、これは、「一般の場合」の許容ひび割れ幅より、 $(0.7)$  倍大きい値となる。

4. 教科書の 8 章《例題 8.3》について、「あなたの計算結果」をもとに、以下の項目をそのまま書き出さない。

鉄筋比 = 0.0147, ひび割れ幅 = 0.116 mm, 鉄筋応力 = 95.5 N/mm<sup>2</sup>, 曲げモーメント = 75.2 kN·m

(ここでは、教科書の例題をそのまま示した。)

5. 教科書 5 章《例題 5.2》について、「あなたの計算結果」をもとに解答例 (鉄筋比, 断面寸法, 最大耐力, 設計耐力) 一つ示せ。

鉄筋比 = 0.99%, 断面寸法 = 400 mm × 400 mm, 最大耐力 = 4.62 MN, 設計耐力 = 2.84 MN

(ここでは、教科書の例題をそのまま示した。)

問題 : 耐震設計・耐震解析に関する以下の設問に解答せよ。(5×2=10点)

1. 鉄筋コンクリート橋脚(単柱形式)は、偏心軸圧縮を受けるとき、柱基部には断面力として、(曲げモーメントと軸力)が作用し、地震荷重と自重を考えると断面力として、(曲げモーメント、せん断力、軸力)が作用する。

2. ある橋脚の固有周期が1秒のとき、これを次のように変更したときの固有周期(秒)を求めよ。有効数字2桁で答えよ。ただし、1自由度1質点系の振動子の固有周期は、

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \text{ で表される。}$$

質量を2倍にする

もとの固有周期を  $T_0=1$  秒とする。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}} = \sqrt{2}T_0 = \underline{1.4\text{秒}}$$

高さを2倍にする

もとの固有周期を  $T_0=1$  秒とする。

片持ち梁のたわみの式  $= \frac{PL^3}{3EI}$  から、  $k = \frac{P}{L^3} = \frac{3EI}{L^3}$

$$k = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$$

$$T = \frac{1}{\sqrt{1/8}}T_0 = \underline{2.8\text{秒}}$$

断面の有効高さ2倍にする

もとの固有周期を  $T_0=1$  秒とする。

$$I = \frac{bh^3}{12} \text{ (長方形) } \quad EI = 8 \text{ 倍}$$

$$k = 8 \text{ 倍}$$

$$T = \sqrt{1/8}T_0 = \underline{0.35\text{秒}}$$

2. 鉄筋コンクリート橋脚の耐震解析で用いる‘ 靱性 ’の定義を図示して説明せよ。また、靱性設計とは何か。

(10 点)

靱性 (ductility) とは、部材の粘り強さで変形性能によって表される。すなわち、降伏後 (または、最大耐力の後)、変形が低下 (劣化) しないことが重要である。左下の図は、靱性の程度を表す、‘ 靱性率 (ductility factor) ’ の定義を示したもので、部材の荷重-変位曲線 (いわゆる、P- 曲線) において、初期の降伏点  $y$  と終局点  $u$  を用いて、 $\mu = u / y$  によって、表される。また、右下図は、異なる 2 つの荷重-変位曲線を示している。部材は、曲げ破壊型の部材特性を有し、十分な靱性率を有する。この、部材に軸方向筋の量を増加させると、最初の立ち上がりと耐力は改善されるが、最大耐力後、急激に変形が減退している。部材は、十分な靱性を有する (靱性率にて、 $\mu = 5 \sim 10$ ) もので、一方、部材は、靱性に乏しく、耐震性能は低下している (靱性率にて、 $\mu = 2 \sim 3$ ) と言える。靱性は、耐力 (強度) と対比され、一般に高耐力を得ようとする と靱性に欠け (高耐力低靱性)、低耐力の場合、靱性を確保しやすい (低耐力高靱性)。すなわち、靱性と耐力とは、相反することが多い。

