

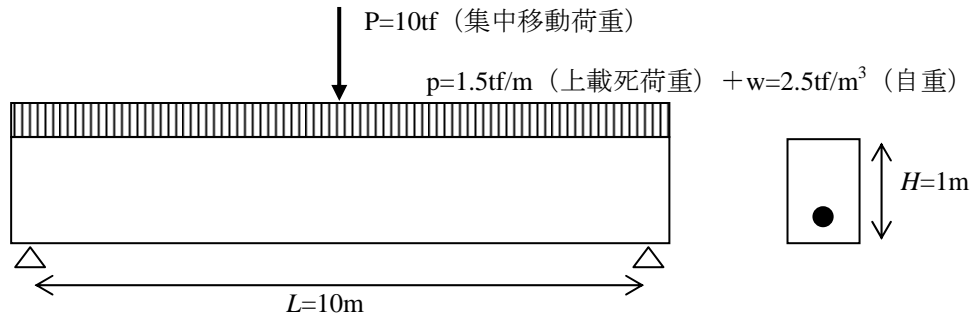
コンクリート構造物の安全性・耐久性照査の例題

与えられた条件下において、要求性能を満足する構造物を設計せよ。

- 構造物の形状、寸法、配筋、使用材料の特性値を設定し、それらにより達成される構造物の性能が要求性能を満足することを確認し、(構造物の性能照査)
- コンクリートの配合を設定し、それにより達成されるコンクリートの性能が特性値を満足することを確認する。(コンクリートの性能照査)

■与条件

一般条件、荷重条件：



環境条件：海岸から 0.5km (飛来塩分による構造物表面塩化物イオン濃度 $C_o=2.0\text{kg/m}^3$)

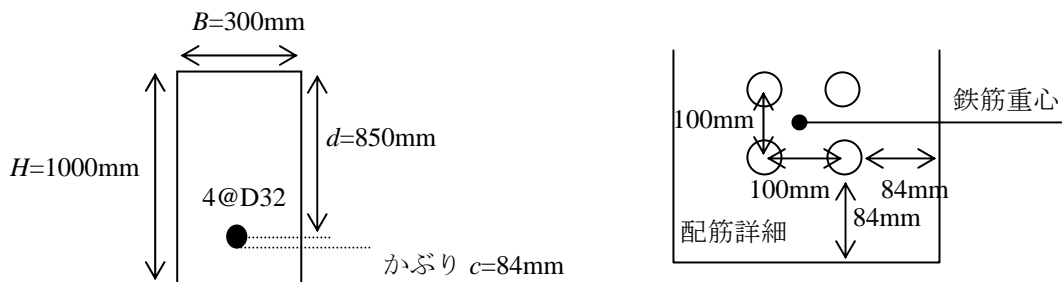
要求性能：

- 安全性；曲げモーメントによる断面破壊をしないこと
- 耐久性；塩化物イオンの侵入による鋼材腐食しないこと
(耐久性の照査では耐用年数は 50 年としてよい)
(耐久性の照査では集中移動荷重は考慮しなくてよい)

安全係数：標準的な値を設定してよい

■設計と性能照査

1. 断面寸法、材料の特性値の設定



コンクリートの圧縮強度の特性値： $f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$

鉄筋の引張降伏強度の特性値： 350N/mm^2

コンクリートの塩化物イオン拡散係数の特性値： $D_k=1.0\text{cm}^2/\text{年}$

かぶりの施工誤差： $\Delta ce=5\text{mm}$

2. コンクリート構造物の性能照査

(1) 曲げモーメントによる断面破壊に対する検討 (安全性)

設計断面力の算定：

荷重の特性値

集中荷重 (桁中央に載荷する)： $P=10\text{tf}$

上載死荷重 (等分布荷重)： $p=1.5\text{tf/m}$

自重 (等分布荷重)： $w=0.75\text{tf/m}$

荷重係数を 1.0 として、荷重の特性値をそのまま設計作用荷重とする。

曲げモーメントが最大になる断面は桁中央断面である。単純ばりとしてモデル化（構造解析係数を 1.0 とする）して、設計断面力を求めると、

$$M_d = PL/4 + pL^2/8 + wL^2/8 = 53.13 \text{tf} \cdot \text{m} = 521 \text{kN} \cdot \text{m}$$

設計断面耐力の算定：

コンクリートの圧縮強度の特性値： $f'_{ck} = 40 \text{N/mm}^2$

鉄筋の引張降伏強度の特性値： 350N/mm^2

コンクリートの材料係数を 1.3、鉄筋の材料係数を 1.0 とする。設計強度は、

コンクリートの設計圧縮強度： $f'_{cd} = 30.8 \text{N/mm}^2$

鉄筋の設計引張降伏強度： 350N/mm^2

鉄筋コンクリートの曲げ理論により曲げ耐力を算定すると、

$$M_u = pbd^2fy(1 - 0.6pfy/f'c) = 874 \text{kN} \cdot \text{m}$$

部材係数を 1.15 として設計断面耐力を求めると、

$$M_{ud} = 760 \text{kN} \cdot \text{m}$$

照査：

構造物係数を 1.0 として断面耐力の照査を行う。

$$1.0 \times M_d / M_{ud} = 0.69 < 1.0 \cdots \cdots \text{OK}$$

(2) 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対する検討（耐久性）

許容ひび割れ幅の算定：

腐食性環境であるので許容ひび割れ幅は $w_a = 0.004c = 0.336 \text{mm}$

曲げひび割れの算定：

上載死荷重と自重を使用状態における荷重とする。曲げモーメントが最大になる桁中央断面における作用モーメントは、 $M = 14.1 \text{tf} \cdot \text{m} = 138 \text{kN} \cdot \text{m}$

コンクリートの弾性係数を $2.9 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ 、鉄筋の弾性係数を $1.9 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ と仮定して、

鉄筋の（平均）応力を求めると $\sigma_s = 56.75 \text{N/mm}^2$ 、下段の鉄筋の応力は 61.75N/mm^2

曲げひび割れ幅算定式によりひび割れ幅を求めると $w = 0.167 \text{mm}$ ($< w_a$ を満足する)

塩化物イオンに対する設計拡散係数の算定：

ひび割れ幅とひび割れ間隔の比、 $w/l = 0.00143$

コンクリートの材料係数を 1.0 として、 $D_d = 1.0D_k + (w/l)(w/w_a)^2D_0 = 1.07 \text{cm}^2/\text{年}$

鋼材位置における塩化物イオン濃度の算定：

計算のばらつきを考慮した安全係数を 1.3 として、耐用年数時点（50 年）の塩化物イオン濃度を算定すると、（耐久性照査ではかぶりは施工誤差を考慮して $c - \Delta ce$ とする）

$$C_d = 1.3 \times 2.0 \times (1 - \text{erf}(0.1(c - \Delta ce)/2/\sqrt{(D_d t)})) = 1.16 \text{kg/m}^3$$

照査：

鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度： $C_{lim} = 1.2 \text{kg/m}^3$

構造物係数を 1.0 として照査すると

$$1.0 \times C_d / C_{lim} = 0.97 < 1.0 \cdots \cdots \text{OK}$$

3. コンクリートの材料・配合の設定

普通ポルトランドセメントを使用

コンクリートの水セメント比： $W/C = 0.35$

4. コンクリートの性能照査

(1) 強度の照査

圧縮強度の予測値：

$$f'_{cp} = -14.6 + 24.5C/W = 55.4 \text{N/mm}^2 \quad (\text{水セメント比による圧縮強度予測式})$$

照査：

コンクリートの圧縮強度の変動係数を 10% とすると、予測値のばらつきを考慮する安全係数は 1.20

$$1.20 \times f'_{ck} / f'_{cp} = 0.86 < 1.0 \cdots \cdots \text{OK}$$

(2) 拡散係数の照査

拡散係数の予測値：

$$D_p = 10^{-3} [3.9(W/C)^2 + 7.2(W/C) - 2.5] = 0.35 \text{cm}^2/\text{年} \quad (\text{水セメント比による拡散係数予測式})$$

照査：

予測値のばらつきを考慮する安全係数を 1.30 として

$$1.30 \times D_p / D_k = 0.455 < 1.0 \cdots \cdots \text{OK}$$