

2002年11月15日実施『鉄筋コンクリート棒部材の曲げに関する小テスト』の解答

解答は略解を示す。詳細は講義で解いた例題の解答を参照のこと。

(1) 曲げひび割れ発生モーメント M_{cr}

曲げひび割れ発生までの鉄筋コンクリートはりは、弾性はりとしてモデル化できるから、

$$M_{cr} = f_b \cdot I \cdot \frac{2}{h} = \frac{f_b \cdot b \cdot h^2}{6} = \frac{5 \times 200 \times 500^2}{6} = \frac{25}{6} \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm} = 4.17 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：4.2 × 10kN・m (42kN・m)

【コメント】正答率はきわめて高かった。

(2) 鉄筋降伏時の中立軸の位置 z_n

曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏までの鉄筋コンクリートを表現する際の一般的な仮定を方程式で表し、これらを連立し、中立軸の位置 z_n について解くと、

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = \frac{1000 \times 20}{200 \times 2.5} \times \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{200 \times 400 \times 2.5}{1000 \times 20}} \right) \\ = 40 \times (-1 + \sqrt{1 + 20}) = 40 \times (-1 + 4.58) = 143 \text{ mm}$$

答：1.4 × 10²mm (140mm)

【コメント】 z_n の解の式をそのまま憶えるのではなく、計算仮定と解く手順を理解してほしい。式の形を意味なく記憶すると、いつか記憶違いをする恐れがある。2次方程式くらい、その場で誘導して、解を求めることができるはず。

(3) 降伏モーメント M_y

(2)で求めた z_n を用いる。

$$M_y = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 1000 \times 400 \times \left(400 - \frac{143}{3} \right) = 1.41 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1.41 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：1.4 × 10²kN・m (140kN・m)

【コメント】(2)で求めた中立軸の位置 z_n が間違っている場合でも、解き方が正しければ部分点を与えた。

(4) 曲げ耐力 M_u

コンクリートの圧縮合力は $C'_c = 0.8 \cdot f'_c \cdot b \cdot z_n$ となることに留意する。

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.8 f'_c b} = \frac{1000 \times 400}{0.8 \times 30 \times 200} = \frac{100}{1.2} \text{ mm}$$

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 1000 \times 400 \times \left(400 - 0.4 \frac{100}{1.2} \right) = \frac{44}{3} \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm} = 147 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：1.5 × 10²kN・m (150kN・m)

【コメント】この問題も解き方を丸憶えするのではなく、原理を理解してほしい。

(5) 終局時において鉄筋が降伏していることの確認

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d - z_n}{z_n} \right) \varepsilon'_u = \left(400 \frac{1.2}{100} - 1 \right) \times 3500 \times 10^{-6} = 13300 \times 10^{-6} > \varepsilon_y, \text{ よって降伏している}$$

【コメント】中立軸の位置 z_n が間違っていて、 ε_s の値が正しく求まっていない場合でも、確認方法が正しければ部分点を与えた。

【全体講評】

- 今回のテストは、予想された基本問題であったので、かなりの人ができていた。
- この種の工学問題を解くには、原理（計算仮定）を理解することと、それを運用して答を求める力（計算能力）が必要です。今回のテスト、およびその準備を通じて、このことを認識できたと思う。
- 「有効数字 2 桁」は専門の問題ではあまり見かけないかもしれないが、物理や化学でなじみがあるはず。その意味も理解していると思う。この断りを記した理由は、例年試験やレポートで 5 桁も 6 桁も数字を書き並べる学生がいるので、有効数字の意味への注意を喚起するためである。鉄筋コンクリートの力学挙動で登場する物理量の有効数字は、測定精度、試験体作製精度等を考えるとせいぜい 2 桁か 3 桁である。