

自分が乗るとひび割れを生じるが曲げ崩壊しない模型 RC 梁の設計・制作

I. 設計編

長谷川研究室

01512021 猪股 弓恵

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造（以下、RC 構造）のように、異種材料で構成された複合構造の力学を理解することは学生にとって難しい問題の一つと言える。そこで、表題のような要求性能に対し、自らが模型 RC 梁を設計・制作することで、理論と実践の両面から RC 構造の理解を深めることができる学習教材の開発に取り組んだ。「I. 設計編」では要求性能に対する設計方法を示し、一部その検証を実施した。

2. 要求性能と設計条件

まず、安全に両足で乗り荷重を加えることを考え 2 点载荷とした。また、打設しやすく運びやすい長さとしてスパン：L200×3=600 mm、梁幅 b=40 mm に設定した。载荷方法と M 図を図 1 に示す。これらの設定を踏まえ、「自分が乗るとひび割れを生じるが曲げ崩壊しない」ことを目標とし、模型 RC 梁の設計を行った。全体の流れを図 2 に示す。

(1) 設計条件① 自分が乗ったら曲げひび割れを生じるには、図 3 中の(1)式より自分の荷重よりも曲げひび割れ荷重を小さくすることが要求される。同図(2)式に示すひび割れモーメント¹⁾と荷重の関係から、梁せい D を決定する同図(3)式を得る。同式に自分の荷重を代入して、梁せい D を決定する。後述のモルタル圧縮強度を $\sigma_B=20 \text{ N/mm}^2$ とすると $D < 53 \text{ mm}$ となる。ここでは材料強度のばらつきを考慮し、 $D=50 \text{ mm}$ で設計した。

(2) 設計条件② 自分が乗っても曲げ崩壊しないためには、図 3 中の(4)式から自分の荷重よりも曲げ終局荷重が大きくなってはならない。同図(5)式に示す終局曲げモーメント¹⁾と曲げ終局荷重の関係にピアノ線 1 本の断面積を考慮するとピアノ線の必要本数 n を決定する同図(6)式を得る。同式に自分の荷重を代入して必要本数 n を決定する。ここでは

径 $\Phi 1 \text{ mm}$ のピアノ線を使用する。ピアノ線の降伏点 σ_y は不明なため、強度からばらつきを考慮して $800 < \sigma_y < 1600 \text{ N/mm}^2$ を仮定した。その下限値を採用すると 1.8 本となり、n=2 本で設計した。

3. モルタルの調合設計と強度

水：W、セメント：C、砂：S は文献 2) を参考に $W/C=50\%$ 、 $S/C=200\%$ とした。前章で設計した模型 RC 梁の容積から、モルタルの比重を $\gamma=2.2$ として必要質量を換算した。調合時にはテストピース 3 体を用意して圧縮試験を実施した。その結果、1~3 週強度でそれぞれ $\sigma_B=21.9$ 、 25.2 、 26.5 N/mm^2 が平均で得られた。模型 RC 梁の設計では 1 週強度を採用して検証実験を行った。

4. 曲げひび割れの検証実験

要求性能を確認するため、図 2 で示した検証実験①を行った。まず、設計条件①を確認するため「無筋 RC 梁」を制作して、図 4(a)と(b)で示すように自分が乗って载荷した。結果は同図(c)に示すように曲げ破断し、設計方法の妥当性を確認した。つぎに設計条件②の検証として、ピアノ線を配筋した模型 RC 梁を制作し、検証実験①と同様に载荷して、曲げ崩壊しないことを検証基準とした。

5. まとめ

本編では体重という身近な荷重を利用して、題意の要求性能を満足する設計方法を提案した。後編 II では具体的な制作方法と検証実験について紹介する。

【謝辞】

モルタルの調合設計に際し、本学建設学科・大塚秀三教授から参考文献をご提供頂きました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 林静雄ほか：建築家のための鉄筋コンクリート構造，市ヶ谷出版，63-80，2007.
- 2) 川野辺正徳ほか：レディーミクストコンクリート工場において製造されるモルタルの品質に関する実態調査，日本建築学会技術報告集，第 12 号，2001.

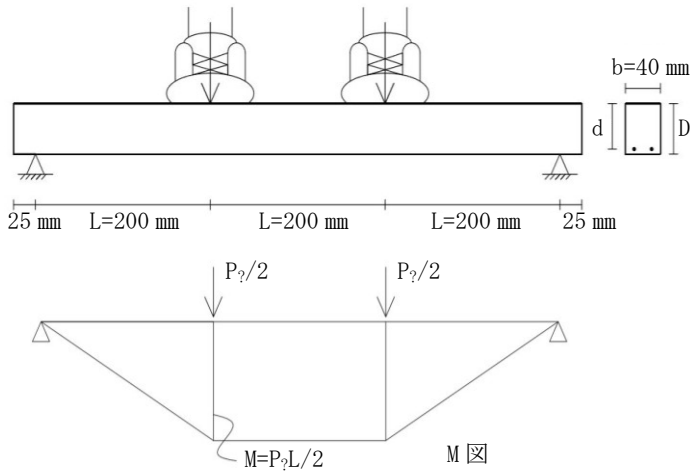


図1 模型RC梁と荷重方法のイメージスケッチ

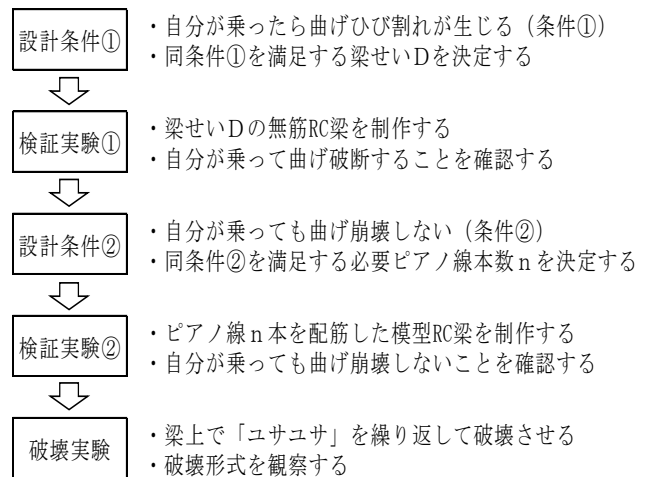


図2 設計条件と検証実験の概要

要求性能	荷重	曲げモーメント	設計値
設計条件①	$P_{\gamma} > P_{Mc} \quad \dots (1)$ <p>P_{γ}: 私の荷重 P_{Mc}: 曲げひび割れ荷重</p>	$Mc = 0.56\sqrt{\sigma_B} \cdot Z$ $= 0.093\sqrt{\sigma_B} \cdot bD^2 \quad \dots (2)$ <p>Mc: 曲げひび割れモーメント Z: 断面係数(=bd²/6) σ_B: モルタル圧縮強度(=22N/mm²)</p>	$D < \sqrt{\frac{P_{\gamma} \cdot L}{0.186 \cdot b \sqrt{\sigma_B}}} \quad \dots (3)$ <p>σ_B: モルタル圧縮強度(=22N/mm²)</p>
設計条件②	$P_{\gamma} < P_{Mu} \quad \dots (4)$ <p>P_{γ}: 私の荷重 P_{Mu}: 曲げ終局荷重</p>	$Mu = a_t \cdot \sigma_y \cdot (0.9d) \quad \dots (5)$ <p>Mu: 終局曲げモーメント a_t: 引張ピアノ線断面積 σ_y: ピアノ線降伏点 d: 有効せい(=D-5mm)</p>	$n > \frac{a_t}{S} = \frac{p_{\gamma} \cdot L}{1.8d\sigma_y \cdot S} \quad \dots (6)$ <p>n: ピアノ線の必要本数 S: ピアノ線1本の断面積(=πφ²/4) φ: ピアノ線径(=1mm)</p>
備考			<p>P_{Mc}: 曲げひび割れ荷重 P_{My}: 曲げ降伏荷重 P_{Mu}: 曲げ終局荷重 Mc: ひび割れモーメント My: 鉄筋降伏モーメント Mu: 終局曲げモーメント</p>

図3 設計条件の一覧¹⁾



(a) 模型RC梁とピン支持架台



(b) 荷重の概要



(c) 無筋RC梁の破断状況

図4 検証実験①の概要(無筋RC梁の荷重実験)