

鉄筋コンクリート梁模型による縮尺鉄筋の研究

Study on reduced scale rebar with reinforced concrete beam model

苫小牧工業高等専門学校 ○正 員 土門 寛幸 (Hiroyuki Domon)

苫小牧工業高等専門学校 正 員 渡辺 暁央 (Akio Watanabe)

苫小牧工業高等専門学校 正 員 廣川 一巳 (Kazumi Hirokawa)

1. はじめに

近年、3次元情報による施工管理（CIM）の導入が進められているが、学生にとっては平面から立体というイメージを持つことが難しいため、立体感を養う教育が必要である。本校の環境都市工学科では、4年生で実施している設計製図の授業に、縮尺鉄筋を用いた模型製作を取り入れている、これは、各自設計した構造物の図面から1/25スケール模型を製作するというものである。これにより、多くの学生が平面から立体へのイメージがしやすくなったようである。

しかし、松土らの研究¹⁾のように模型を作製し視覚的に利用したものは多いが、教育現場では製作した後に観察のみであればコスト面では針金のような安価な材料で製作するのが好ましいであろう。また、渡嘉敷ら²⁾のような縮尺鉄筋の力学性状を示した研究は多くなく、教材へと転換するのは難しい。

そこで、本研究では教育現場で実施可能な強度試験を行うため、縮尺鉄筋を用いて製作した模型を力学的な観点から実験するプログラムの開発を目的とする。

2. 使用材料

本研究で使用了材料を表-1に示す。

表-1 使用材料

骨材	細骨材のうち1.5mmふるいを通過するもの
セメント	早強セメント
鉄筋	D32相当縮尺鉄筋φ1.4mm
型枠	アクリルボード厚さ2.5mm

(1) 配合の決定

まず、配合を変えた4種類のφ50mm×100mmのモルタル円柱供試体を3本ずつ作製し、圧縮強度試験により7日強度とスランプフロー試験によりフロー値のデータを得た（表-2）。この結果より、最も強度の大きいNo.4の結果を用い設計を行う。

表-2 強度試験結果

No	w/c	c:s	フロー値の平均 (cm)	圧縮強度の平均 (kN/mm ²)
No.1	50%	1:3	14.2	39.6
No.2	40%	1:3	14.7	46.9
No.3	50%	1:2	23.3	44.0
No.4	40%	1:2	15.2	52.3

(2) 縮尺鉄筋の特性

使用した縮尺鉄筋の引張試験を行い図-1の結果を得た。試験結果から、メーカーの提示している降伏強度である295N/mm²は得られているが、明確な降伏点が見られず一般的に知られている鉄筋とは強度特性が違うことが確認された。

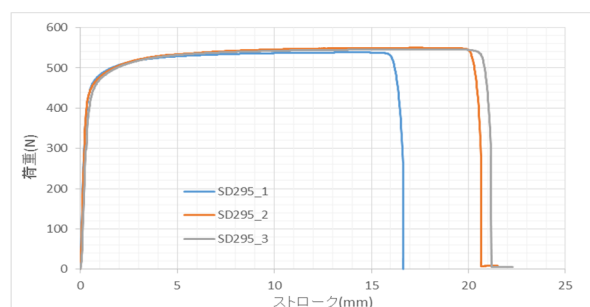


図-1 引張試験結果

3. 研究手順

(1) 設計条件

モルタル強度試験の結果よりNo.4の強度で設計計算を行う。曲げ耐力 M_{ud} は以下の式で求められることが一般的に知られている。

$$M_{ud} = \frac{A_s f_{yd} z}{\gamma_b}$$

ここで、

A_s ：引張鉄筋の断面積

f_{yd} ：鉄筋の設計引張降伏強度

z ：抵抗偶力のアーム長

γ_b ：部材係数

また、同様にせん断耐力 V_{cd} は以下の式で求められる。

$$V_{cd} = \frac{\beta_a \beta_p \beta_n f_{vcd} b_w d}{\gamma_b}$$

ここで、

$$f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{cd}}$$

$$\beta_a = \sqrt[4]{\frac{1000}{d}}$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_v}$$

$$\beta_n = 1 + \frac{2M_0}{M_{ud}} (N'_d \geq 0 \text{ の場合})$$

$$\beta_n = 1 + \frac{4M_0}{M_{ud}} (N'_d < 0 \text{ の場合})$$

f'_{cd} : コンクリートの設計圧縮強度

d : 有効高さ

p_v : 引張鉄筋比

M_0 : 設計曲げモーメント M_d に対する断面引張縁において、
軸方向力によって発生する応力を打ち消すのに必要なモーメント

b_w : 腹部(ウェブ)の幅

N'_d : 設計軸方向圧縮力

ここに、モデル化した梁の諸量を代入して設計計算を行い、曲げ耐力 $M_{ud} = 66.9 \times 10^{-3} \text{ kNm}$ 、せん断耐力 $V_{cd} = 544 \times 10^{-3} \text{ kN}$ を得た。

(2) 型枠作製

厚さ 5mm のアクリルボードをレーザー加工機とフライス盤により加工し、内部高さ 40mm×幅 20mm×長さ 200mm となる型枠を作製する。

(3) 鉄筋加工

鉄筋の間隔を保つため、鉄筋組み台を 3D プリンタにより作製し、鉄筋を 4mm 間隔になるよう配置する(図-1)。その後スペーサを兼ねた径 2mm の番線で鉄筋を固定する。



図-2 鉄筋組み台

(4) 打設

(1) で決定した No.4 の配合でモルタルを練り、鉄筋を配置した型枠に流し込む。テーブルバイブレータで締め固めた後静置し、翌日脱型する。脱型後は 20℃ の恒温室で養生を行い、打設から 7 日後に梁の曲げ試験を行う。

(5) 曲げ試験

万能試験機により作製した梁をスパン 180mm 載荷点間距離 20mm の 4 点曲げ試験を行った。

4. 結果・考察

曲げ試験を行い最大荷重から算出した結果を表-3 に、実験での破壊状況を図-3 に示す。

表-3 曲げ試験結果

番号	荷重 P (kN)	P/2 (kN)	最大曲げモーメント ($\times 10^{-3} \text{ kNm}$)	せん断力 ($\times 10^{-3} \text{ kN}$)
1	2.37	1.185	0.0948	1185
2	2.17	1.085	0.0868	1085



図-3 供試体写真

試験結果と設計計算を比較すると、曲げモーメントでは 50%程度、せん断力では 90%以上設計より大きな数値で破壊している。供試体写真から曲げひび割れの発生が少なく、せん断補強鉄筋を入れていないことからせん断ひび割れの増大により破壊していることがわかる。

供試体側面に注目すると鉄筋配置側面よりモルタルが剥離しており鉄筋のあき不足であることが明らかになったため、型枠とのあきを確保する対策をとるべきである。

5. まとめ

設計は満足していたが、破壊形状や設計との差から試験方法・製作方法の見直しが必要であることが明らかになった。また、授業で設計を行っている構造物については、縮尺鉄筋が 200mm 程度しかいないためスケール化すると継手が必要になる。そこで、継手の手法について検討する必要があるが、継手の手法について、縮尺鉄筋を複数の方法で接続する検討を行っている。溶接・接着・収縮材料による拘束等であるが、引張試験では表-4 の通り引張荷重のデータを取得した。今後は、梁に埋め込み曲げ試験による強度の比較を行う。

表-4 引張試験結果

材料	番号	荷重(N)
溶接	1	260
	2	524
	3	319
拘束+接着	1	405
	2	517
	3	545
拘束	1	2.1
	2	14.3

参考文献

- 1) 松土雄紀, 満木泰郎, 溝渕利明: 鉄筋模型作成による立体視能力の向上, 土木学会第 64 回年次学術講演会, pp.5-6, 2009
- 2) 渡嘉敷勝, 浅野勇, 森充広, 西原正彦: 鉄筋コンクリート梁を模擬した縮小模型の曲げ挙動, 農村工学研究所技報第 515 号, pp.103-111, 2014