

数値解析を用いたトラス梁の試設計

鎌田 安希子¹, 横尾 奏真²

¹ 徳島市立高等学校, ² 大阪府立北野高等学校

要旨

トラス構造は軸力のみを受ける棒部材から成る, 剛性と強度の高い骨組を経済的に構成できる構法¹である. トラス構造は建築, 土木の分野において駅や橋をはじめとする数多くの構造物で用いられている.

本研究では, トラス梁のスパンと作用荷重を設定し, 許容応力度設計によりいくつかのトラス梁の設計を行った. 設計したトラス梁に対して構造解析ソフトウェアを用いて, トラスのたわみと部材に生じる応力を計算した. 結果を比較することにより, トラス部材総延長とたわみが小さくなるトラスを提案した.

重要語句: トラス構造, 構造解析, たわみ, 許容応力度, 座屈

1. はじめに

トラス構造は, 多くの構造物で用いられる構造である. トラス構造の利点とは, 高い剛性と強度を経済的に得ることができる点である. したがって, 駅や体育館といった大空間を作るのに適している.

本研究では, 一定の設計条件のもとでトラス構造によ

る梁を設計した. 部材に生じる応力が許容応力度以下になるようにした. さらに, 複数のモデルを作成し, 構造解析ソフトウェアにより挙動解析することで, 最適なモデルの提案を行った.

2. トラス梁の設計

2.1. 設計条件

以下の条件を満たすトラス梁の設計を行った. 数値解析にはSNAP ver6を使用し, 荷重が作用した際のトラスの部材力と中央たわみを計算した.

- ・スパン 12 m の単純支持梁
- ・設計用鉛直荷重は 18 kN/m とし, 梁中央でのたわみを全長の 1/300 (40 mm) 以下に制限
- ・トラスに生じる荷重は許容応力度以下
- ・圧縮力を受ける部材の座屈を考慮
- ・トラス部材には鋼種が SS400 の鋼管を使用

許容応力度設計では各部材の許容引張応力度 f_t , および許容圧縮応力度 f_c は, $F=235$ MPa とし, (1)~(3)式で算定した.

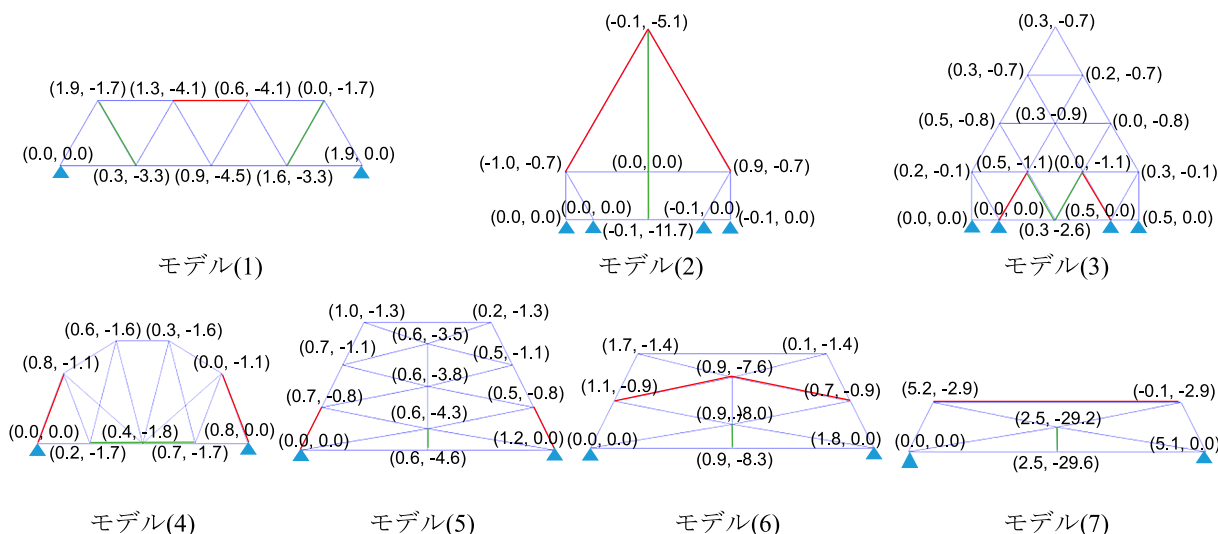


図1 トラスのモデルと解析結果

内容に関する連絡先:

西山 峰広 (京都大学大学院工学研究科)

mn@archi.kyoto-u.ac.jp

本成果は ELCAS 個人型「建築学の挙動シミュレーション」分野で実習を行った内容のレポートである.

$$f_t = \frac{F}{1.5} \quad (1)$$

$$f_c = \frac{\left\{1 - 0.4\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}F}{\nu} \quad (\lambda \leq \Lambda) \quad (2)$$

$$f_c = \frac{0.277F}{\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2} \quad (\lambda > \Lambda) \quad (3)$$

ここで $\nu = \frac{3}{2} + \frac{2}{3}\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$, $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}}$ である.

λ : 細長比

E : ヤング係数 ($2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$)

Λ : 限界細長比

2.2. モデル概要

作製したモデルを図1に示す。部材はJIS規格から選択し、すべてのトラスにおいて外形101.6mm、厚さ12mmの鋼管を用いた。鉛直荷重はトラス梁下辺の各節点につながるトラスの半分までを節点の支配長さとし、支配長さに比例した鉛直荷重を作用させた。

モデル(1)は標準的な形状のトラスであり、一辺の長さが3mの正三角形を連続させた。モデル(2)はモデル(1)のスパン両端外側にもトラスを配置したものであり、モデル(3)はモデル(2)を補強したモデルある。モデル(4)は半円周上にトラスの節点を配置したモデルである。モデル(5)はトラスを鉛直方向に積み上げたモデルであり、モデル(6)とモデル(7)はモデル(5)の高さを低くしたモデルである。

2.3. 解析結果

各モデルの鋼材使用量と中央でのたわみを表1に、各モデルの最大圧縮力と最大引張力を表2に示す。表中の赤い文字は各モデルの中で最も小さい値を示したものである。

図1において各接点の数値は、荷重が作用した際の変位を示す。赤色のトラスと緑色のトラスはそれぞれ最大圧縮力、最大引張力が作用したトラスである。

表1

モデル	中央たわみ (mm)	鋼材使用量 (kg)
(1)	4.5	1,193
(2)	11.7	3,021
(3)	2.6	4,081
(4)	1.8	2,067
(5)	4.6	2,385
(6)	8.3	1,935
(7)	29.6	1,325

表2

モデル	最大引張力 (kN)	最大圧縮力 (kN)
(1)	125	166
(2)	216	124
(3)	124	81
(4)	53	115
(5)	216	118
(6)	216	196
(7)	336	362

2.4. 比較と評価

鋼材使用量はモデル(1)の1,192.5 kgで最小となり、モデル(3)の4,081 kgで最大となった。中央たわみは、モデル(4)の1.8 mmが最小であり、モデル(7)の29.6 mmが最大であった。最大引張力はモデル(4)の53kNで最小となり、モデル(7)の336kNで最大となった。最大圧縮力は、モデル(3)の81 kNで最小となり、モデル(7)の362 kNで最大となった。

鋼材使用量はモデル(3)に比べモデル(4)では35%増加したが、中央たわみ、最大引張力、最大圧縮力のすべてにおいて減少した。これはトラスの一部材の長さが減少したことによるものだと考えられる。

モデル(5)、(6)、(7)に着目すると、鋼材使用量はモデル(5)からモデル(6)、モデル(6)からモデル(7)でそれぞれ23%、21%減少したが、中央たわみは80%、257%増加した。

モデル(1)とモデル(4)に着目すると、鋼材使用量においてモデル(4)はモデル(1)より73%増加したが中央たわみ、最大圧縮力、最大引張力の各項目において減少している。これは斜めの部材を入れたことや、上方の部材を斜めに配置することにより縦方向にかかる力をより多くの部材で受け持つことができるようになったことによるものである。

全体を比較するとモデル(4)が中央たわみとトラスの最大引張力が最小となり、荷重に対し余裕があるトラスであることが分かった。

3. まとめ

本研究では、ある設計条件のもとでトラス梁の試設計を行った。設計では許容応力度設計を用いた。複数のモデルを作成し、構造解析ソフトウェアで挙動解析を行った。

トラス一部材を短くすると中央たわみ、最大圧縮力、最大引張力の各項目の値は減少した。また、標準的な形状をしたトラスに斜めの部材を加え、さらに三角形の高さを変えて半円に近づけると中央たわみ、最大圧縮力、最大引張力の各項目の値は減少した。さらに、高さ方向に積み上げた形状のトラスでは、上部を取り除いていっても鋼材使用量が減少する割合はあまり変化しなかったが中央たわみ、最大圧縮力、最大引張力の各項目の値の

変化の割合には大きな差が見られた。

モデル(4)では中央のたわみとトラスの最大引張力が小さくなり、設計条件に対して余裕のあるトラスとすることができた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、京都大学大学院工学研究科建築学専攻建築構法学講座の西山峰広教授、野村昌弘技術職員、大学院生の川崎亮さん、渡瀬誓さん、一宮弘昂さんには温かいご指導を賜りました。半年間ありがとうございました。

参考文献

1. 日本建築学会：構造入門教材 ちからとかたち，丸善出版，1998