

計算の流れ、解き方がわかる！
1 級建築士【構造】 力学問題解説集⑤

～合成ラーメン～

本書の無断複写・複製・転載は固く禁じます。また第三者に対して譲渡・貸与等を行うことは、有償・無償に問わず固く禁じます。また本書は、1 級建築士試験の合格等を保証するものではありません。あらかじめご了承ください。(c) 2021 sometimes study All Rights Reserved.

-目次-

1. 合成ラーメンとは？	p.3
2. ブレースと柱に生じる水平力の比率	p.4
3. 柱頭と支点に生じる曲げモーメントの比率	p.5
4. 過去問の分析	p.6
5. 過去問の解き方	p.7
5-1. 合成ラーメンの柱頭の曲げモーメントを求める問題	p.8
5-2. 合成ラーメン（柱脚ピン）の柱頭曲げモーメントを求める問題	p.13
5-3. 曲げモーメント図から合成ラーメのンブレース引張力を求める問題	p.16
5-4. 方杖つき合成ラーメンの軸方向力を求める問題	p.20
5-5. 山形合成ラーメンの引張力を求める問題	p. 26
5-6. 合成ラーメンのせん断力を求める問題	p. 29

1. 合成ラーメンとは？

そもそも「合成ラーメンとは？」と疑問に思うかもしれません。合成ラーメンとは、下図のようにラーメン構造に斜め材（ブレース）などが組み合わされた構造です。

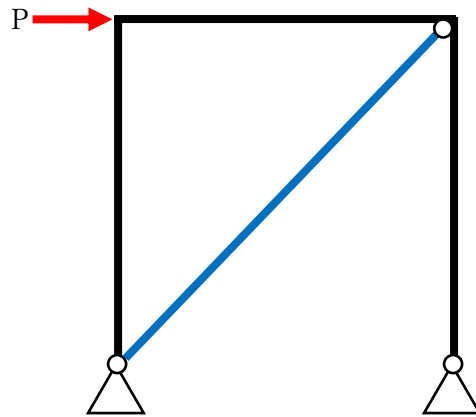


図-1-1

普通のラーメン構造に比べると斜め材がある分、変形しにくい特徴があります。ちなみに、上図のような構造（ブレース付きラーメン構造）は、鉄骨造などでごく一般的に採用されています。

1級建築士試験で出題される合成ラーメンの問題は、これまで学習した「反力を求める⇒応力を求める」といった方法論とは少し異なります。

どちらかという、構造計算の実務で用いるような考え方が必要ですが、慣れると力のつり合い式より簡単です。これは後述で解説いたします。

2. ブレースと柱に生じる水平力の比率

下図のような合成ラーメンに水平力 100kN が作用するとき、水平力はせん断力として「ブレース」と「柱」に分配されます。まずはこの事実を覚えてください。

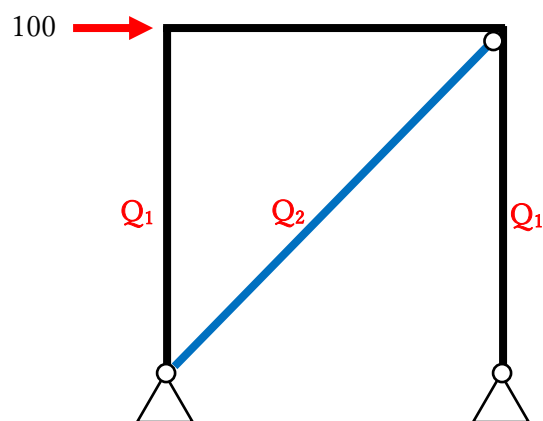


図-2-1

では「各部材にせん断力がどのような比率が分配されるのか？」という疑問がわくと思います。これは簡単に言うと「部材の固さ（剛性）」などが影響します。剛性の高い部材（かたい部材）にはせん断力が集中し、柔らかい部材には力は伝わりにくい、という性質があるのです。

どのような比率で分配されるかは、1級建築士の試験レベルで問われることはありません。計算が複雑で難易度が高くなりすぎるからです。

その代わりに

- ブレースの軸力が分かっている
- ラーメン構造として左右対称
- 梁が剛体かつ支点が固定

という条件を付して、「簡単に柱とブレースの水平力の比率が分かる」ように問題がつくられています。

3. 柱頭と支点に生じる曲げモーメントの比率

支点が固定のラーメン構造の場合、柱頭と柱脚（支点）に生じる曲げモーメントは「剛性（かたさ）」で変わります。

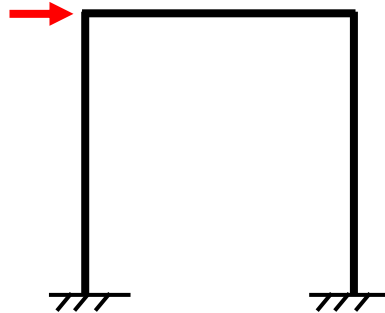


図-3-1

仮に梁の剛性が高ければ、梁に近い柱頭に曲げモーメントは集中します。梁が無限に硬く、支点がピンで曲げモーメントが生じない場合、下図のように、曲げモーメントは柱頭で最大になるのです。

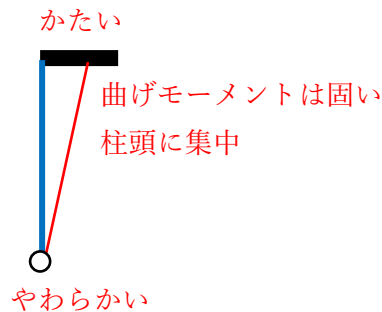


図-3-2

1級建築士で出題される合成ラーメンの問題では「梁が剛体」で「支点が固定」のパターンがほとんどです。このとき、曲げモーメントはどうかというとき、柱頭と支点に均等に生じます。

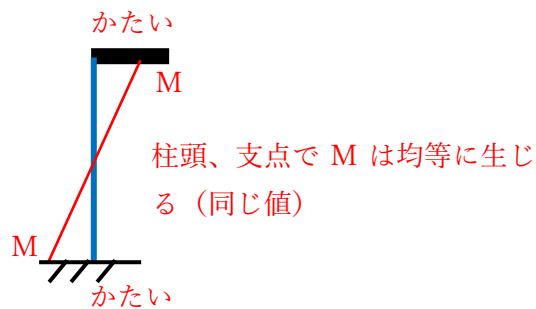


図-3-3

4. 過去問の分析

合成ラーメンに関する問題は、H28、H24、H20 と定期的に出題されています。H28 年以降は出題が無いので、今年か来年あたりに出題される可能性があります。また、時に難問が H15、H23、H25 と定期的に出題されています。

出題された問題を分析しました。下記の通りです。

- ・合成ラーメンの曲げモーメントを求める問題
- ・合成ラーメンのせん断力を求める問題
- ・合成ラーメンのブレースの引張力を求める問題
- ・合成ラーメンの軸方向力を求める問題

上記のように、合成ラーメンの各部材の応力を求める問題が出題されています。曲げモーメント、せん断力、軸力（引張力）と構成する部材に生じる応力算定の方法を、過去問を通して学びましょう。

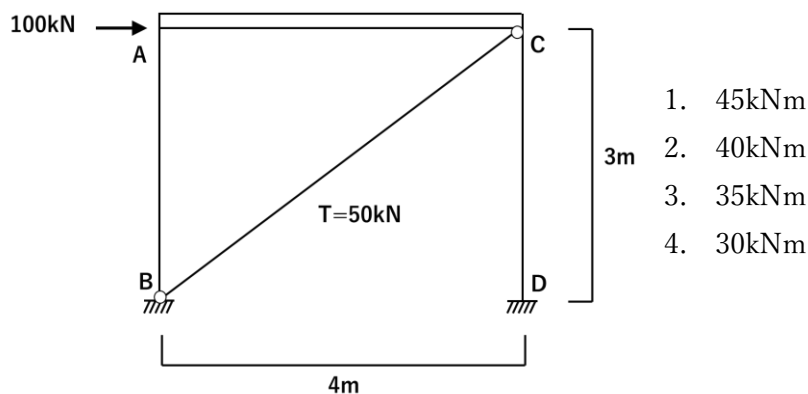
5. 過去問の解き方

合成ラーメンの過去問を分析すると、いくつかのパターンに分けられます。出題頻度の高い問題として、「柱の曲げモーメントを求める問題」や「ブレースの引張力を求める問題」があります。

本ページ以降から過去問の解説を行います。単に反力、応力を求めるだけでなく、解き方のテクニックを要します。解き方の流れを解説しているので必ず読み進め、自分で解けるように慣れましょう。

5-1. 合成ラーメンの柱頭の曲げモーメントを求める問題

図のような骨組みに水平荷重 100kN が作用したとき、部材 BC の引張力 T は 50kN であった。このとき、柱 AB の A 点における曲げモーメントの絶対値の値として、正しいものは次のうちどれか。ただし、梁は剛体とし、柱 AB 及び CD は等質等断面で伸縮はないものとする。



※平成 20 年一級建築士試験学科（構造）の引用

計算の流れ（パターン）

では、下記の流れで計算します。

- ① ブレースに生じる軸力から、ブレースに作用する水平力を算定
- ② 柱 1 本に作用するせん断力を算定
- ③ 柱の曲げモーメント（=せん断力×高さ÷2）を算定
- ④ 答えと合致する選択肢を選ぶ

解答

- ① ブレースに生じる軸力から、ブレースに作用する水平力を算定

部材 BC（ブレース）に引張力 50kN が生じています。ブレースに生じる軸力は下図に示すように「斜め方向」に作用しています。

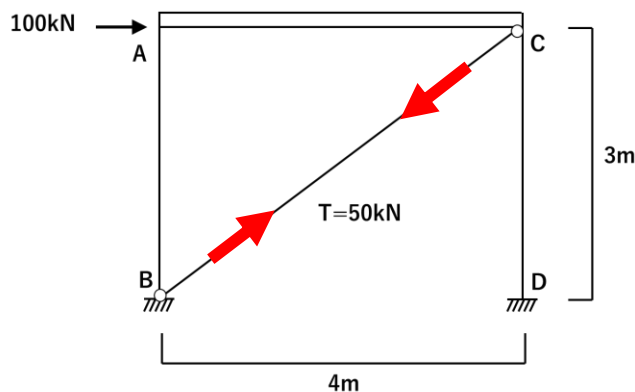


図-5-1-1

柱の曲げモーメントを求めるためには、柱のせん断力を知る必要があります。そのためには「ブレースに生じる水平力」を求める必要があります。簡単です。高さ3m、距離が4mということは、斜め部材の長さ=5mです。よって三角比の関係より、

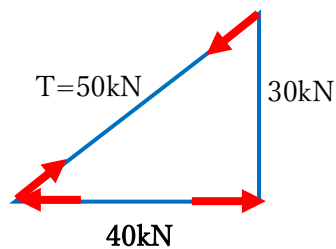


図-5-1-2

40kN がブレースに作用する水平力だとわかります ($5 : 4 = 50 : x$ 、 $x = 40\text{kN}$)。

② 柱1本に作用するせん断力を算定

ブレースに作用する水平力が 40kN です。合成ラーメンに作用する水平力=100kN なので、2本の柱に生じる水平力=100-40=60kN です。

ここで重要なことは、柱 AB、柱 CD に作用するせん断力は何 kN になるか? です。これは梁の剛性、支点の条件で変わります。一方で、本問題 (1 級建築士の試験問題) はブレースを無視した時、ラーメン構造としては左右対称です。