

# 「構造」の基本的な知識と考え方

## 1. はじめに

コンクリート技士や主任技士の試験では構造の問題も出されます。受験者の中には構造を苦手としている人も多いようですが、基本的な知識と考え方を知っていれば、正解にたどりつける問題も多くあります。ここでは、専門用語や式を極力使わず、感覚的に理解できるような構造の話をしてみたいと思います。

## 2. 構造体のかたち

コンクリート構造物には重力式のダムのように、塊として水の圧力などに抵抗するものもありますが、建物などでは柱と梁で骨組みを構成するものが多くみられます。通常、柱と梁は互いにしっかり留められていますが、このような構造をラーメン構造と呼んでいます。このラーメンはドイツ語で枠という意味で、中華料理のラーメンとは関係ありません。ラーメン構造は柱と梁のなす角度（通常は直角）が固定されているのが特徴です。

柱や梁といった棒状の部材の両端を角度が自由になるように留めることによって出来上がる構造をトラス構造と呼んでいます。4本の棒で四角を構成し、交差する4点をそれぞれの角度が自由になるように留めた場合、その四角は長方形にも平行四辺形にもなれますから、きわめて不安定な構造になります。これが、3本の棒の各端をそれぞれ留めて三角形を構成すると、形が定まり、安定した構造になります。このため、通常トラス構造は三角形をつなぎあわせるようにして作られます。

集合住宅のように柱や梁がなく、壁と床を組み合わ

せて箱を作るように建物を構成していく方法もあります。このような構造形式は壁構造と呼ばれています。

これらのほか、力がくる方向に湾曲させて力を受け止めるアーチと呼ばれる構造や、曲面で空間を構成するシェルと呼ばれる構造もあります。

## 3. 構造体にかかる力

建物などの構造体にはさまざまな力がかかります。これらの力は荷重とも呼ばれますが、大きく3種類に分けることができます。一つ目は構造体自身の重さや、設備機器の重さなどで、ほとんど大きさが変化しない力です。これらは永久荷重などと呼ばれています。二つ目は変動荷重などと呼ばれる変化の大きな力で、出入する人の重さ、風の力、積もった雪の重さなどがこれにあたります。三つ目はたまにしか作用しない力で、偶発荷重などと呼ばれ、地震、衝突による力などがあります。

構造設計ではこれらの力が構造体に作用したときに、ある程度以上壊れないように部材の寸法や強度を決めます。わが国において構造体にかかる力で最も考慮しなければならないのは地震による力です。地震に対して壊れないようにするにはいくつか方法があります。大きな力にも壊れないように頑丈なものを作る方法や、高層ビルで使われる方法ですが建物を軟らかくしてゆっくり揺らすことで耐える方法があります。あまり揺れすぎると中にいる人が不安になりますので、揺れを抑える制振装置がつけられることもあります。また、地面の揺れを建物に伝えないように基礎にゴムなどをいれて地面と建物の縁を切っておく方法もあります。この方法は免震構造と呼ばれています。

#### 4. 構造体が受ける力と変形

ここでは構造体が力を受けたときのことを考えてみたいと思います。図1のように下が固定された柱の上にものが載ったような状態では、この柱には上から下に押しつけるような力が働きます。力を考える場合はその方向が重要ですから、力を矢印で示すことがよく行われています。このように柱の方向（これを軸方向と称します）に押しつぶすような力を圧縮力と呼びます。逆に上向きに柱を引き上げるような力が働く場合には、柱に引張力が作用するということになります。圧縮力が働くと、図1の点線で示したように、柱は軸方向に縮み、軸と直角方向にわずかですが広がります。引張力が働くと、軸方向には伸び、横方向には縮むことになります。

同じような柱に図2のように軸方向に対して直角に力が働く場合もあります。地震が構造物に作用する力によくこの水平力で表されます。この場合、柱の下は固定されていますので、図2の点線のように柱の上部だけが力の方向に変形します。力を受けて柱が曲がった状態になりますので、柱に作用した力は曲げ力と呼ばれます。図2で変形前後を比べてみると、変形後の柱の左側であるA'B間の距離はAB間の距離より長くなっ

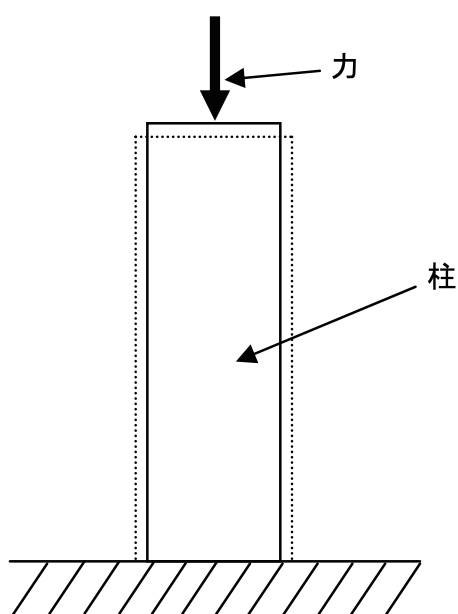


図1 圧縮力と変形

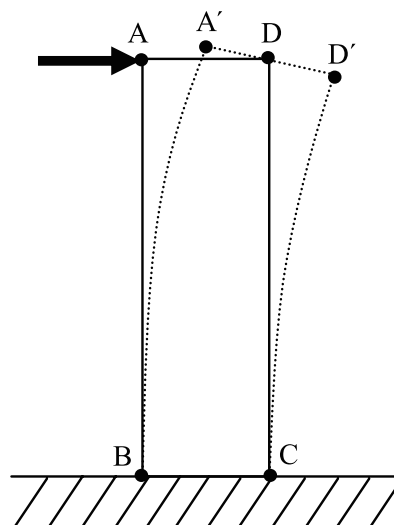


図2 曲げ力と変形

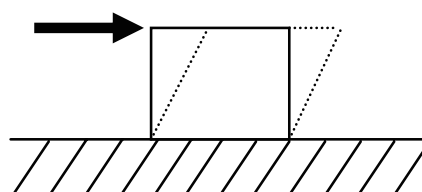


図3 せん断力と変形

ています。逆に右側D'Cは短くなっています。先ほど柱は圧縮力を受けると縮み、引張力を受けると伸びるといいましたが、図2の柱は左側が引張力を受け、右側が圧縮力を受けたときの変形をしていると見ることができます。

圧縮や引張のような軸方向の力や曲げの力のほかに、せん断力と呼ばれる力があります。図3のように短い柱に横から力が働いた場合、柱が曲がるというよりは、横にずれるような変形をすると考えるほうが実際に近くなります。このような横にずらすような力をせん断力と呼びます。一般に曲げが作用するところにはせん断力も作用しているわけですが、どちらが構造物を壊すような力になるかは構造物のかたちなどによって決まってきます。このほか、柱の上下を逆方向に回転させようとする「ねじり」と呼ばれる力もあります。

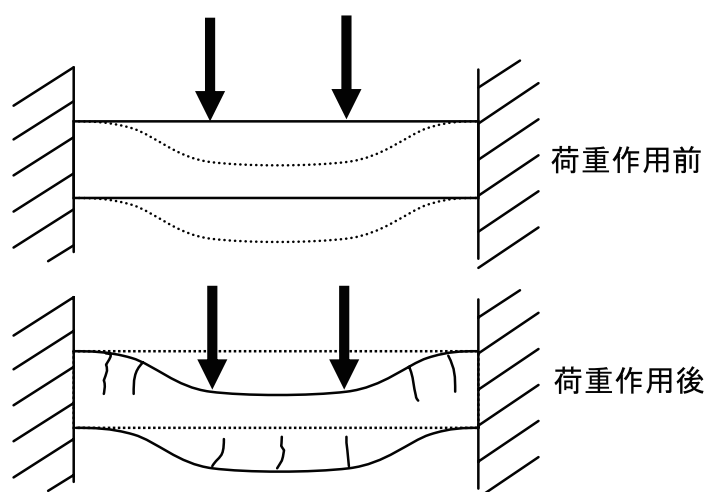


図4 両端固定梁への荷重とひび割れ

## 5. 鉄筋コンクリート構造

コンクリートは圧縮力に対して強く、引張力に対して弱い材料です。このため引張力を受けたときに壊れないように鉄筋で補強した鉄筋コンクリート構造として使われるのが普通です。鉄筋コンクリート構造では圧縮力をコンクリートと鉄筋、引張力を鉄筋が受けるものとして設計していきます。またコンクリートは圧縮力を負担するだけでなく、鉄筋を錆や火災から保護する役割をもっていることもよく知られています。

構造体が引張力を受けるとコンクリートにはひび割れが発生し、引張力は鉄筋だけで負担することになります。ですから引張力を受ける可能性がある構造体の部分には、その引張力の方向に鉄筋を埋め込んでおく必要があります。通常、柱や梁には軸方向以外の力が作用し、結果として曲げ力が作用しますので、そのときに引張力を受ける側に軸方向の鉄筋を配さなければなりません。力はさまざまな方向から作用しますので、通常柱や梁の四隅や周辺部には主筋と呼ばれる軸方向の鉄筋が埋め込まれています。

せん断力に対しては一般に軸方向の鉄筋はあまり効果がありません。このため柱では主筋を巻くように配する帯筋、梁ではあばら筋と呼ばれる鉄筋が用いられています。

## 6. ひび割れ発生位置

例題として、図4の上のように両端が固定された梁に二つのものが載った場合に、どのようなひび割れが入るか考えてみます。構造に強い人はモーメント図を作ってひび割れの位置を検討することになりますが、モーメント図を作らなくても、力による変形を考えることで、ひび割れの位置を推定することもできます。

この梁の変形は図の点線のようにになると考えられます。このときカーブの外側となる両端上部と中央下部が伸びていますので、この部分に引張力が作用し、ひび割れが入ることになります。結果として図4の下のようにひび割れが入ると考えればよいわけです。また補強筋が必要な位置もこの引張を受ける側となります。

## 7. おわりに

身近にあるものにもさまざまな力が働き、それによって形を変えています。時にはこのようなことにも興味をもって観察してみることをおすすめします。