

コンクリートや鉄骨はなぜ重いのに支えられる？

地盤改良や杭打ちとは

大規模な建物を造るときに使われる材料として代表的なのが「コンクリート」や「鉄骨」です。これらは質量が大きく非常に重いですが、柱や壁、基礎などが分散して“うまく力を受け止め合う”構造をしています。

具体的には、建物の自重（じじゅう：建物自体の重さ）や上からの荷重を柱や梁で支え、最終的には基礎を通して地盤に伝えます。地盤がしっかりしているれば、その「反力」が上に返ってきて、建物がつり合いを保つという仕組みです。

地耐力——地盤が支えられる力の限界

ただし、地面が建物を支える力には限界があります。この限界を「地耐力」と呼びます。地耐力は地盤の種類によって大きく異なり、岩盤の上に建てる場合と、柔らかい粘土質の地盤に建てる場合では、支えられる力が全く違います。

つまり、同じ重さの建物でも、建てる場所の地盤によって、安全性が大きく変わるのであります。

もし地盤の地耐力が十分でないと、反力が十分に得られず、建物が沈んだり傾いたりする危険があります。そこで登場するのが「地盤改良」や「杭打ち」といった技術です。

- ・**地盤改良**：土に薬液やセメント系の材料を混ぜ込んで強度を高める方法です。
- ・**杭打ち**：深い部分の固い地層まで杭を打ち込んで、しっかりと押し返してもらえる足場を確保する手段です。

私が現場監督をしていたとき、この杭打ち工事にはよく立ち会いました。設計通りに本数や長さが確保されているかを確認し、杭の頭が基礎のコンクリートを受け止められる高さに揃っているかを現場でチェックします。もちろん支持層まで届いているかの確認も大事ですが、「この杭の上にコンクリートの重い基礎が乗っかるんだ」と実感できたのは、今でも印象に残っています。



図1-7 建物の重さを支えるための工夫

これらは「重い建物をちゃんと押し返す力がある地盤状態」にしておくことで、巨大な重量を安全に支える仕組みを作り上げているのです。

まとめ——様々なスケールで見る力のつり合い

ここまで見てきたように、建物と地盤の関係は、大きな視点では「建物の重さ（下向きの力）」と「地盤の支える力（上向きの反力）」のつり合いによって成り立っています。重い建物が沈まないのは、まさにこの力のつり合いがあるからこそなのです。

視点を変えてもっと細かく見ていくと、建物のあちこちで様々な力のつり合いが生まれていることが分かります。床と梁、梁と柱、柱と基礎など、建物のあらゆる場所で力が伝わり、バランスをとり合っているのです。

例えば、あなたが2階の床を歩くとき、あなたの体重は床に伝わり、床から梁へ、梁から柱へ、柱から基礎へ、そして最終的に地盤へと伝わっていきます。

この力の伝達経路のどこか一か所でも力のつり合いが崩れれば、建物は安定を保てなくなります。

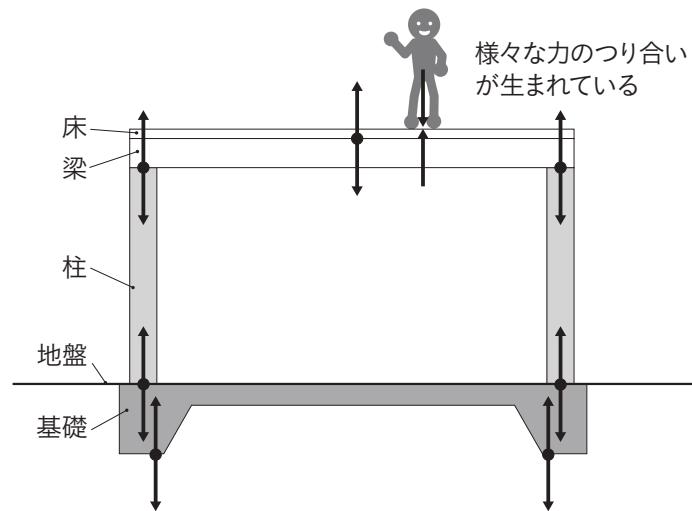


図1-8 建物のあらゆる場所で起こる力のつり合い

このように、建物は大きく見れば地盤との力のつり合い、細かく見れば無数の部材同士の力のつり合いによって支えられている「力のネットワーク」なのです。

物理で楽しむ建築巡り

世界一重い建物を支える力

ルーマニアの首都ブカレストにある「議事堂宮殿」は世界一重い建物とされています。床面積が約 365,000 m²、1,100 室を超えるこの超巨大建築の総重量は、約 410 万トンと言われています。これは世界一高いビル「ブルジュ・ハリファ」の約 9 倍にも達する桁違いの重さです。

当然、これほど重い建物を支えるには地盤の強さが重要ですが、建設地

のブカレストは決して地盤が硬いわけではありませんでした。そこで建設者たちはまず基礎の形を工夫し、地盤に力が一か所に偏らないように、下に広い面を造って受け止めるようにしました。

次に地盤については、現地の状態に応じて杭を使うなどの対策がとられたと考えられています。さらに、深い地下空間を造ることで、掘り出した土の重さに近い分だけ建物の重さが軽くなる「船の原理」に近い働きもあると推測されています。

この事例は、地盤の条件が良くなくても、適切な工学的対策を講じることで、驚くほど重い建物でも安定して支えられることを示しています。物理の法則は変えられなくても、人間の知恵で自然の制約を克服できます。



© junito / PIXTA (ピクスタ)

写真1-1 議事堂宮殿（ルーマニア・ブカレスト）

建物が支える重み (荷重)

これまで、建物がどうして崩れないのか、その背景にある「力のつり合い」や「質量と重力の関係」について見てきました。また、ドアの回転運動や摩擦力の話では、日常のちょっとした動作にも物理が潜んでいることを実感できたと思います。

建物が直面する力は、まだまだこれだけではありません。風、地震、雪といった動く力が加わると、建物を揺らしたり、重さが偏ったりして、崩壊リスクを高める要素になります。今回の章では、そんな「建物にかかる重さや揺れ」を中心に、さらに踏み込んだ物理の視点を見ていきましょう。

いつもかかっている2種類の重さ「静的荷重」

建物にかかる重さの基本は、常に下向きに作用する「静的荷重」です。これは大きく二つに分類されます。

- ・**固定荷重**：柱や梁、壁、床といった建物そのものの重さです。一度建てたら変わらない、常にそこにある重さです。特に鉄骨や鉄筋コンクリート(RC)で造られた建物の場合、この固定荷重は相当な重さになります。
- ・**積載荷重**：中に住む人や、後から置かれるソファ、本棚、家電といった変動する可能性のある重さを指します。人が歩いたり、家具の配置を変えたりすることで、床にかかる負荷は常に変化します。

建物全体の重さ(固定荷重)

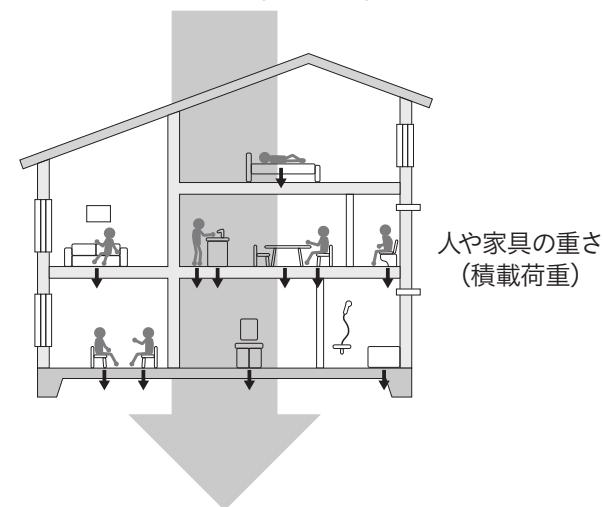


図3-1 建物にかかる静的荷重

設計者は、この2種類の静的荷重が加わっても建物が安全に耐えられるよう、建築基準法などに基づき「床 1 m^2 あたり何 kg まで耐えられるか」を計算し、柱の太さや床の強度などを決定します。

例えば、一般的な住宅の居室では床 1 m^2 あたり 180 kg 程度、オフィスでは 300 kg 程度の荷重を想定して設計されることが多いです。

また、特別な重さがかかる場所は、さらに頑丈に設計する必要があります。

例えば、図書館の本棚が並ぶエリアでは、大量の書籍の重さを考慮して床を特別に補強したり、重い機械を設置する工場では、局所的に基礎を強化したりといった対応がとられます。

静的な重さだけではない！

ただし、建物にかかる力は静的な重さだけではありません。風や地震などのように、時間によって強さや向きが変動する「動的な荷重」も存在します。建物の安全を考える上では、この「静的荷重」と「動的荷重」の両方を足し合わせ

た、トータルの負担を考慮することが不可欠です。「地震が起きて梁が折れた」あるいは「強風で壁が壊れた」といったトラブルが起きないよう、建物はあるゆる力の組み合わせに耐えられるように設計されているのです。

3 - 2

風や台風で 壁や屋根にかかる圧力

押される力と引っ張られる力

台風や強風シーズンになると、「最大瞬間風速 20 メートル」などと大きな数値が報じられます。この風が建物に吹き付けると、

- ・風上側（当たる面）：壁や窓を前方から押す（正圧）
- ・風下側（背面）：屋根や外壁を後方から引っ張る（負圧）

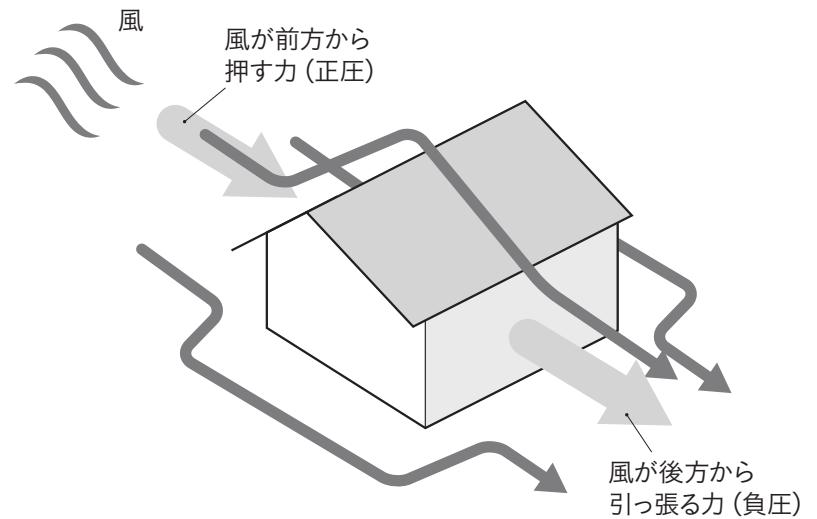


図 3-2 風によって建物にかかる力



コラム

なぜ色は「そう見える」のか？—— 照明と色の物理学

スーパーで買った新鮮なイチゴが、家に帰って見てみると、なんだか色褪せて見える。洋服屋さんで素敵だと思ったセーターが、太陽の下だと突然違う色に見えた。そんな経験はありませんか？

ものが同じでも、当たる光によって色の見え方が変わる。この日常的な謎の裏には、「スペクトル」と「演色性」という、光の物理学が隠されています。

光源によって「色の素」は違う

6-4 で見たように、太陽光は虹の七色（赤～紫）の光がすべてバランス良く含まれた、いわば「理想的なフルスペクトル」の光です。

一方、人工照明、特に LED 照明や蛍光灯は、特定の色の光を組み合わせることで「白い光」を作り出しています。そのため、そのスペクトルを詳しく見ると、太陽光に比べて特定の波長の光が強かったり、一部の波長の光が抜け落ちたりします。

つまり、太陽光が「すべての絵の具を揃えたパレット」だとすれば、人工照明は「いくつかの絵の具だけを使って、白く見えるように工夫したパレット」なのです。

色の再現度を測る「演色性」

この「色の再現の忠実さ」を示す物理的な指標が「平均演色評価数 (Ra)」です。

太陽光（またはそれに準ずる基準光）の下での色の見え方を 100 点満点とし、その照明がどれだけ忠実に色を再現できるかを数値で表します。Ra

100 に近いほど、その照明は「演色性が高い」つまり、ものの本来の色を美しく見せる力がある、ということになります。

「正しい色」が求められる場所

この演色性は、私たちの生活の様々な場面で、非常に重要な役割を果たしています。

- ・美術館や博物館：画家が意図した色彩を忠実に鑑賞者に届けるため、Ra95以上の演色性が非常に高い照明が使われます。
- ・病院の手術室：医師が患者の顔色や組織の色を正確に判断できるよう、色の再現性は人命に関わる重要な要素です。
- ・アパレルショップや化粧品売場：商品の色が店と外で違って見えるとクレームの原因になるため、演色性は売上を左右する大切な性能です。

普段何気なく浴びている照明の光も、実は一つ一つ異なるスペクトルを持ち、私たちの「色の世界」を形作っています。照明を選ぶということは、単に明るさを選ぶだけでなく、その空間でどんな「色」を見たいかを選ぶことでもあるのです。