



# 限界荷重



TryEngineering - [www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org) 提供  
このレッスンに対するご意見はこちらまでお寄せください。

---

## レッスンの焦点

このレッスンでは限界荷重と、より大きな荷重を許容する構造の設計の強化方法を含む、土木技師が直面する問題に焦点を当てます。

---

## レッスンの概要

「限界荷重」では土木工学の概念と限界荷重(構造物が耐えられる最高重量)の測定方法を探究します。生徒は基本構造、補強方法、材料の選択、チームワーク、重量を支える構造物の原型の設計と製作について学びます。

---

## 年齢

8-14 才。

---

## 目的

- ✦ 土木工学と建造物のテストについて学びます。
- ✦ 効率等級と限界荷重について学びます。
- ✦ チームワークと技術的問題の解決について学びます。

---

## 習得内容

この学習で生徒は以下についての理解を深めます。

- ✦ 効率等級と限界荷重
- ✦ 構造設計とテスト
- ✦ 工学上問題の解決
- ✦ 測定と報告
- ✦ チームワーク

---

## レッスン内容

生徒はカードでビルの原型を設計し、構造物の最大荷重テスト方法を学びます。評価する要素には問題解決、チームワーク、および技術設計プロセスが含まれます。生徒は最初に構造物の作成を1人で行い、次にチームで材料を組み合わせ最強の構造を設計し、耐荷重と限界荷重を評価し、最強の設計が最も良い理由について話し合います。また有名な失敗および成功した構造物について学びます。

---

## リソース/材料

- ✦ 教員用リソース文書(添付)
- ✦ 生徒用リソースシート(添付)
- ✦ 生徒用ワークシート(添付)

---

## 教科課程枠組みとの調整

添付されている教科課程の調整用シートをご覧ください。

---

## インターネットでの参照資料(英語)

- ✦ TryEngineering ([www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org))
- ✦ Bryan Burg Cardstacker ([www.cardstacker.com](http://www.cardstacker.com))
- ✦ Great Structures of the World (世界の偉大な構造物) (<http://greatstructures.info>)
- ✦ McREL Compendium of Standards and Benchmarks (基準と評価の McREL 概要) ([www.mcrel.org/standards-benchmarks](http://www.mcrel.org/standards-benchmarks)) 検索およびブラウズ可能な形式による K-12 教科課程対応教材基準に関する資料。
- ✦ National Science Education Standards (全米科学教育基準) ([www.nsta.org/standards](http://www.nsta.org/standards))

---

## 推奨文献(英語)

- ✦ 『Stacking the Deck : Secrets of the World's Master Card Architect』 Bryan Berg(著) (ISBN: 0743232879)
- ✦ 『Why Buildings Stand Up: The Strength of Architecture』 Mario Salvadori(著) (ISBN: 0393306763)
- ✦ 『Why Buildings Fall Down: How Structures Fail Architecture』 Mario Salvadori(著) (ISBN: 039331152X)

---

## 任意の作文

- ✦ あなたの町で知られる建物を描写する簡単な作文を書いてください。歴史、ビル工学における興味深い課題、設計施工で技師が直面した課題を含めてください。



教員用：

## 教科課程枠組みとの調整

注意：このシリーズにおけるすべてのレッスン プランは、全米研究評議会により設定された全米科学教育基準に準じ、科学教育者協会により推奨され、また該当する場合には国際技術教育学会による技術能力基準または国立数学教師評議会による学校数学の目標と規準に準じるものです。

### ◆全米科学教育基準 学年 K-4 (年齢 4-9 才)

#### 教材基準 B: 物理学

この学習により、生徒全員は以下についての理解を習得します。

- ✦ 物体と物質の特性

#### 教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 危険要因と有益性
- ✦ 社会における科学技術

#### 教材基準 G: 科学の歴史と本質

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 科学の歴史

### ◆全米科学教育基準 学年 5-8 (年齢 10-14 才)

#### 教材基準 E: 科学技術

5-8 学年における学習の結果、生徒全員は以下を習得します。

- ✦ 技術設計能力
- ✦ 科学技術についての理解

#### 教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 危険要因と有益性
- ✦ 社会における科学技術

#### 教材基準 G: 科学の歴史と本質

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 科学の本質
- ✦ 科学の歴史



教員用：

教科課程枠組みとの調整(続き)

## ◆技術能力の基準 - 全年齢層

### 技術の本質

- ✦ 基準 1:生徒は技術の特性と範囲についての理解を養います。
- ✦ 基準 3:生徒は技術分野間および技術と他分野との関係についての理解を深めます。

### 技術と社会

- ✦ 基準 4:生徒は技術の文化的、社会的、経済的、政治的な効果についての理解を深めます。
- ✦ 基準 6:生徒は技術開発と使用における社会の役割についての理解を深めます。
- ✦ 基準 7:生徒は技術の歴史に対する影響についての理解を養います。

### 設計

- ✦ 基準 9:生徒は技術設計についての理解を養います。
- ✦ 基準 10:生徒はトラブルシューティング、研究開発、発明と革新、および問題解決における実験の役割についての理解を養います。

### 技術社会に対応する能力

- ✦ 基準 11:生徒は設計手順を応用するための能力を養います。
- ✦ 基準 13:生徒は製品とシステムの影響を評価する能力を養います。

### 技術社会

- ✦ 基準 20:生徒は建築技術についての理解を深め、これらを選び使う能力を養います。

# 限界荷重



教員用：

教員用リソース

## ◆ レッソンの目標

構造工学の概念と限界荷重(構造物に支障が生じる重量)の測定方法を探究します。生徒は基本構造、補強方法、材料の選択、チームワークについて学び、最大重量に耐える構造物の原型の設計と製作を行います。

## ◆ レッソンの目的

- ✦ 生徒は土木工学と建造物のテストについて学びます。
- ✦ 生徒は限界荷重について学びます。
- ✦ 生徒はチームワークと技術的な問題解決について学びます。

## ◆ 教材

- 生徒用リソースシート
- 生徒用ワークシート
- 生徒のグループあたり教材 1 セット
  - 未使用のカード 12 枚
  - スコッチテープ
  - 硬貨 4 枚
- テスト用教材：
  - 空で底が四角いジュース/牛乳の 2 リットル紙容器
  - 2-4.5kg の重りとして使うための物体(硬貨、ビー玉、砂)



## ◆ 手順

1. 生徒に生徒用参照シートを配ります。これらはクラスで読むか、または宿題として読むように事前に渡します。
2. 各チームに教材を与え、最大の重さに耐える構造物を考案するように指示します。生徒はその構造物を計画し、テスト用の原型を作ります。計画と作成に 10 分間与えてください。
3. 教師は各チームの原型が壊れるまで序々に重りを加えます。生徒は各原型の最高荷重(壊れる直前まで耐えられた重さ)を表に書き入れます。

4. 各グループはその設計に関する構想と、設計が成功または失敗した理由を発表します。もう一度設計するなら、何を調整するかを生徒に聞きます。

◆ **所要時間**

45 分のセッション 1 回または 2 回。

# 限界荷重



## 生徒用リソース： 土木工学の課題

### ◆ 土木技師の仕事

土木技師は汚染、交通渋滞、飲料水、エネルギー需要、都市の再開発、および共同体計画の課題を解決します。この学習では構造物自体の重さ、積載物の重量、風、温度、地震、および他の多くの力に耐える構造物の設計における課題に直面する構造技師の仕事に焦点を合わせます。

### ◆ 有名な構造物の失敗例

マサチューセッツ州ボストンのジョン ハンコック タワーは「その建築物の達成よりも早期の工学上欠点で知られる」と言われています。風による揺れが非常に大きかったため、上階の人々の気分が悪くなると言われました。この問題は、58階に1組の300トンのダンパーを加えることにより解決されました。上記と別のもう1つの深刻な問題は、床から天井をつなぐ板ガラス窓、1万344枚のうち65が工事中にビルから落下したことです。運良く労働者と通行人のどちらにも負傷は出ませんでした。別の例は1970年後半にシラキュース大学で建設された図書館が本の重さを考慮に入れずに建設されたという事実です。



### ◆ 有名な構造物

- ネバダ州ラスベガスのストラスフェア タワーは、パリのエッフェル塔や東京タワーよりも高い、合衆国で最高の独立タワー(1,149 フィート= 約 350 m)です。
- 世界最高の橋は、フランスの Tarn 谷にかかっており、長さ 2460m、高さ 77m~244m に及ぶ7つの埠頭によって支えられています。
- マレーシア、クアラルンプールのペトロナス ツイン タワーは世界一高いオフィスビルで、地上 451.9m です。
- カナダのオンタリオ州トロントの CN タワーは、「世界最高の独立構造」であることを誇り、高さは 1815 フィート 5 インチ (553.33m) です。
- また、カナダは世界最大のショッピング モールかつエンターテインメント センターである、アルバータ州のウェスト エドモントン モール持ちます。このモールは 800 もの店舗を含め、49 ヘクタール(121 エーカー)の広さに及びます。

#### ◆ 効率等級と限界荷重

効率等級は支障が起こるとされる構造の高さを実際の構造の高さで割った数字です。最も効率的な構造物は強く軽いものです。これを達成することは困難です。例えば積雪量の多い地域の屋根業者は、屋根の強度を設計する上で大雪の重さを計算に入れる必要があります。建物や構造物に支障がでる重さを「限界荷重」と呼びます。



# 限界荷重



生徒用ワークシート：

## 限界荷重の測定 - P. 1

### ステップ 1:

教材として4枚のカード、スコッチテープ、はさみがあります。チームでカードを変えず(例：切るなど)に、1.69 リットル(2 クォート/64 オンス)を支える構造を考案するように指示します。

### 質問:

1. あなたのチームによる製作上の対策や計画は何でしたか？

### 予測:

1. 設計した通りの構造物の「限界荷重」を予測してください。



### ステップ 2:

チームでテスト用の構造(原型)を作ります。

### ステップ 3:

先生があなたのチームの構造物をテストして、どれほどの重さで崩れるかを判断するために測定可能な重り(硬貨、砂、その他の材料)を加えます。これは構造物の「限界荷重」です。

### 質問:

1. あなたの構造物の「限界荷重」は何ですか？

2. ステップ 1 での予測とどれほど近かったですか？

# 限界荷重



生徒用ワークシート：

## 限界荷重の測定 - P. 2

3. あなたの設計ではどの面が重量を支える上で役立ったと思いますか？
  
4. あなたの設計ではどの面が重量を支える上で障害になったと思いますか？
  
5. クラスでの最高「限界荷重」は何でしたか？
  
6. 最強の設計とあなたの設計の違いは何でしたか？あなたのチームの構造物が最強だった場合、それが他の構造物よりも有利だった点は何だと思いますか？
  
7. 設計を最初からやり直すことができるなら、何を变えますか？また、それは何故ですか？
  
8. オフィスビルを設計する上で土木/構造技師が考慮する必要のある人間に関する要因は何ですか？(例：人や家具の重さ、水や新鮮な空気の必要性、避難経路など)