

# 設計プロジェクト

## 教師用ガイド



# 橋

## 概要/全般的なガイドライン

「橋の設計プロジェクト教師用ガイド」へようこそ。講師はこの実習を様々な方法で活用できます。個々の構成部品はシンプルなので、初心者でも CAD を使用した設計の基本を学習しやすく、その結果として出来上がったモデルを利用してさらに橋設計のさまざまな側面を深堀りすることができます。このプロジェクトは、個人やチームが最終的に独自の橋を設計および構築するのに適しています。

先に完成したモデルを用意しておき、授業中にクラスで回覧することをお勧めします。講師は、以下のリソースを自由に使用できます。

### 1. 概要の PDF

- プロジェクトの概要の説明に使う最初のドキュメント。

### 2. 教師用ガイド

- このドキュメントには、発表用 PowerPoint の各セクションに対応する情報が含まれています (内容は後述)。このガイドの各セクションでは、PowerPoint の活用方法についても詳しく説明します。
- 授業で行う実習をレベルアップする場合や、さまざまなスキル レベルに合わせて調整する場合に活用できる、補足的なアイデアも含まれています。

### 3. 学生用ガイド

- このドキュメントは学生を対象に、成果物、各構成部品を作成するためのヒント、3D プリントのガイドラインなど、実習の基本的なガイドラインを提供します。

### 4. 発表用 PowerPoint

- この PowerPoint は、プロジェクトをクラスに紹介するために使用します。
- 歴史、設計概念、STEM 関連資料など、発表のあらゆる部分を自由にカスタマイズできます。

### 5. 動画

- この動画は YouTube で公開されており、CAD でモデルを作成する方法について全体的なアプローチを提供することを目的としています。
- クラスの学生と一緒に見てもかまいません。
- [YouTube 動画へのリンク](#)

### 6. 6.ステップバイステップのコース

- ここでは、設計プロセスの各ステップが、短くてわかりやすい手順とビデオクリップ、そして全体の流れを示す動画によって紹介されています。
- [ステップバイステップへのリンク](#)

## 背景

このセクションは、学生に橋の概要を説明することを目的としています。世界の有名な橋とその用途のリストが提供されています。これらの橋をインターネットで見て、さらに詳しくディスカッションすることができます。

このプロジェクトはトラス橋に特に焦点を当てているため、スライドにはいくつかのタイプのトラス設計とその背後にある歴史が説明されています。これはそれぞれのトラス設計がどのように異なっているか、どのようなメリットとデメリットがあるかをディスカッションするための糸口として使用できます。

橋のさまざまな部分を理解することが重要です。基本的な橋建設の用語は、プロジェクト自体を使用して説明されており、設計プロジェクトと関連付けて理解できます。

また、このセクションには、主な設計用語の説明スライドも含まれています。

- **フラットバック設計** – 材料は高価なものです。学生には、無駄を最小限に抑え、設計要件を満たす設計を作成するよう促します。
- **設計意図** – 製品の外観、機能、ユーザーに与える印象を明確に定義することが常に最善です。これは、形状、適合性、機能と呼ばれています。問題の解決策を設計するプロセスにおいて、この重要なステップについて少し時間をかけて話し合います。
- **DFM/DFAM (製造のための設計、積層造形のための設計)** – 設計意図に加えて、DFM/DFAM の概念も同様に重要です。何かを設計する際には、「これはどのように作られるのか？」という問いを考慮する必要があります。このプロジェクトは、3D プリント用に設計されています。そのため、学生が機械の機能を理解することが重要です。
- **ネスティング** – 製造におけるネスティングとは、レーザー カットなどの製造工程で廃棄物を最小限に抑えるため、原材料にカット パターンをレイアウトすることです。3D プリントでは、一度に複数の構成部品をプリントできるように、3D プリンタのベッドに合わせて部品をレイアウトするプロセスです。製造に向けて部品をどのように準備するか、特に 3D プリントについて話し合うことが重要です。

## 構成部品の設計

このセクションは、各構成部品を説明するスライドで構成されています。このセクションの目的は、設計意図と DFAM を各部品に適用する方法について説明することです。

各部品の詳細な寸法とステップバイステップの手順については、下記の**その他のリソース**セクションの「ステップバイステップへのリンク」を参照してください。

## 3D プリント

このセクションでは、個々の構成部品を、学生が教室で利用できる機械でどのように配置し、3D プリントの準備をするかについて、具体的な方法を話し合います。

機材を使用する際の手順を決め、使用した材料の管理方法を確立することをお勧めします。学生に、各プロジェクトのコストを計算させてもよいでしょう。構成部品の設計、および 3D プリンタでの配置に影響を与えます。これは、設計や製造を行う際の環境への影響を考慮し、持続可能性について話し合う機会にもなります。

## クラス ディスカッション

このセクションには、ディスカッションを始めるきっかけとなる質問がいくつか用意されています。ここでの目的は、コースの目標と学生のニーズに合うようなディスカッションにすることです。質問をいくつか紹介します。

- デッキを追加することで橋の強度はどのように向上しますか？
- 橋台の下部の角度を内側に向ける必要があるのはなぜですか？
- 1 ポンドの重量を支えるために、スパンをどのくらいの長さにすればよいですか？（中央セクションを追加する、デッキあり、またはデッキなし）。
- ボルチモア トラス設計は他の橋設計と比べてどうでしょうか？

## プロジェクト タスク (評価基準)

クラスの目標に応じて、少なくとも学生は次の作業を実行できるようにする必要があります。

- CAD で次の橋構成部品を作成します。
  - 中央セクション
  - 「A」セクション
  - スナップ付き横ブレース (下部)
  - 横ブレース (上部)
  - 橋台
  - デッキ
  - デッキ接続部
- CAD で橋のアセンブリを作成します。
- 3D プリンタで物理的な構成部品をプリントします。
- 橋を組み立てます。

その他の評価項目案として、次のカテゴリがあります。

- **持続可能性** – 製造工程で発生する廃棄物の量はどのくらいですか？
- **アセンブリ** – 接着剤やファスナーがなくても、モデルはそれ自体で結合していますか？
- **製造効率** – 製造部品は 3D プリンタのパラメーターの範囲に収まっていますか？レーザーカットをしていますか？
- **性能** – 橋のスパンの長さはどのくらいにすることができますか？

## その他のリソース

[ドキュメントへのリンク](#)

[YouTube 動画へのリンク](#)

[ステップバイステップへのリンク](#)

以下のセクションは PowerPoint には対応しておらず、追加の参考情報として掲載されています。

## 上級者向けオプション

経験豊富な学生には、より高度な概念とタスクを使用して創造性を促し、工学の原則を学び、実践的に応用できるような課題を与えることができます。このレベルに適したアイデアをいくつかご紹介します。

### 高度な橋タイプ

- **アーチ橋:** 圧縮力によって高い負荷に耐えられるアーチ橋を学生に設計させます。学生はさまざまなアーチの形状を試してみることができます。
- **高度なジオメトリを使用したトラス橋:** 重量分布を最適化する斜材および垂直部材を含む複雑な幾何学的パターンを使用して、複雑なトラスを実装します。

### 材料効率と荷重解析

- **有限要素解析 (FEA):** 学生は、有限要素解析を実行し、さまざまな荷重や応力をかけたときにネーム プレートの設計がどのような影響を受けるかをシミュレーションできるようになるでしょう。
- **応力試験、故障解析、再設計:** 学生は、過去の橋の故障を調査し、その知識を用いて特定の状況下で崩壊する可能性を最小限に抑えるような橋を再設計できます。

### コラボレーション

- **チームベースの設計:** 学生にチームとして複雑な橋の構造のさまざまな部品を設計させます。チーム メンバーそれぞれが耐荷重分析、外観、材料、安全性など異なるタスクを担当します。
- **学際的設計:** 橋設計と電気工学または機械工学を組み合わせることで、太陽電池式照明、跳ね橋、センサーなどの機能要素を橋に追加して、応力とひずみを監視します。

これらの上級者向け設計要素を組み込むことで、学生はクリティカル シンキングのスキルを習得し、工学の概念をより深く理解することが期待されます。

## 教育的な概念

橋の設計構築プロジェクトは、STEM (科学・技術・工学・数学) の複数の概念を取り入れた優れた教育方法です。以下に、指導方法の例を示します。

### 科学

- 引張り強さ、圧縮、弾性、適合性など、橋のための材料特性についてディスカッションします。
- PLA や ABS など、さまざまな 3D プリント素材の強度をテストします。
- 橋に作用する力 (引張り、圧縮、せん断、ねじりなど) を説明します。

### 技術

- 橋の設計作成に 3D モデリングを使用するように学生に指導します。
- スライス ソフトウェアから実際のプリント工程まで、3D プリンタがどのように動作するかを実演します。
- 積層造形の原理と、従来の方法とどのように異なるかについて説明します。
- スマート設計を通して廃棄物を最小限に抑えることで、DFAM (積層造形設計) の重要性を強調します。

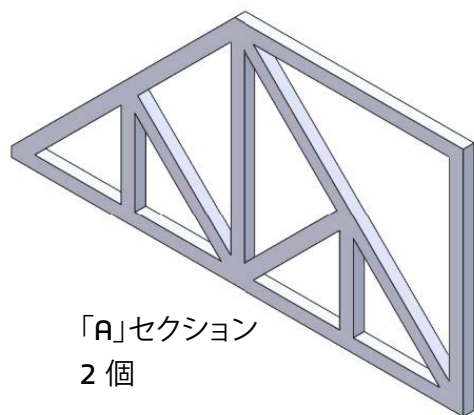
### 工学

- 吊り橋、アーチ橋、トラス橋、斜張橋などの設計を比較します。
- 具体的な制約条件 (スパン、長さ、重量の許容量など) に基づいて設計タイプを選択するように学生に指示します。
- 故障解析を導入して、設計の弱点を特定して修正します。
- 問題解決と設計の失敗の克服に重点を置きます。

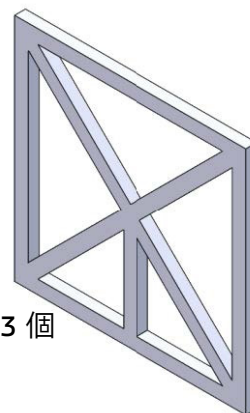
### 数学

- 安定性を確保するために、橋設計に用いられる幾何学原理 (トラス構造における三角形など) を説明します。
- 正確な CAD モデルを作成するために角度、長さ、寸法を計算します。
- プリント対象のモデルの荷重許容値を測定および解析し、結果を予測と比較します。
- 学生に、3D プリンタ フィラメントの使用量を考慮して、材料コストの見積もりをさせます。
- 予算を重視した場合の設計と、精密さを重視した設計を比較します。

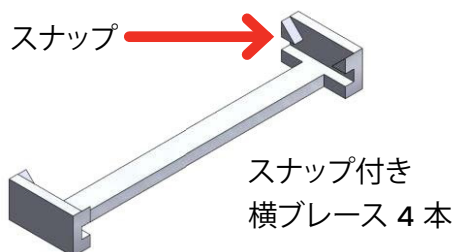
## 橋の構成部品



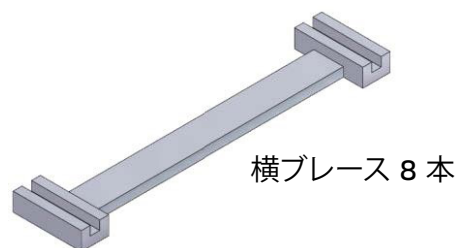
「A」セクション  
2 個



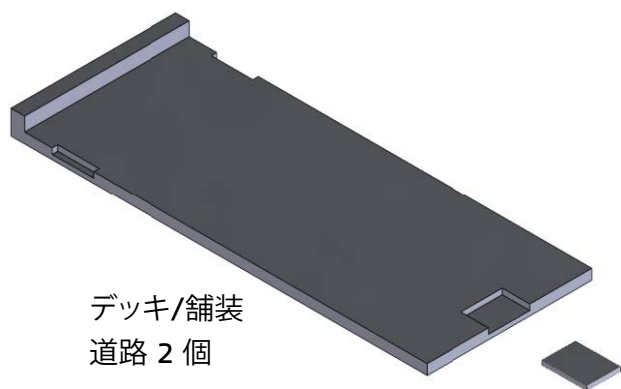
中央セクション 3 個



スナップ付き  
横ブレース 4 本

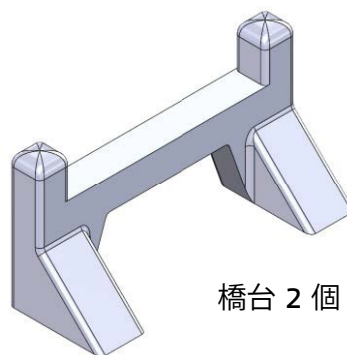


横ブレース 8 本



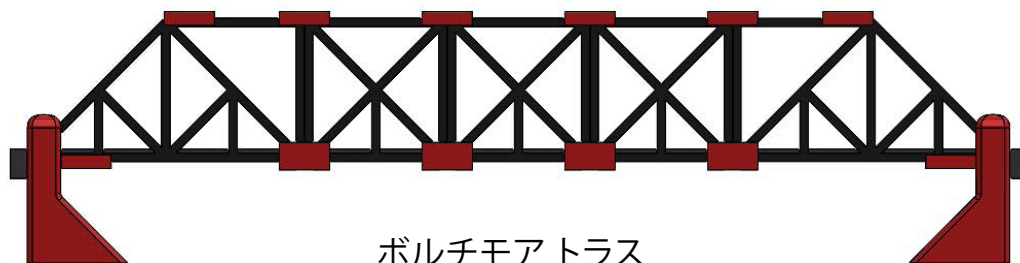
デッキ/舗装  
道路 2 個

デッキ接続部  
1 個

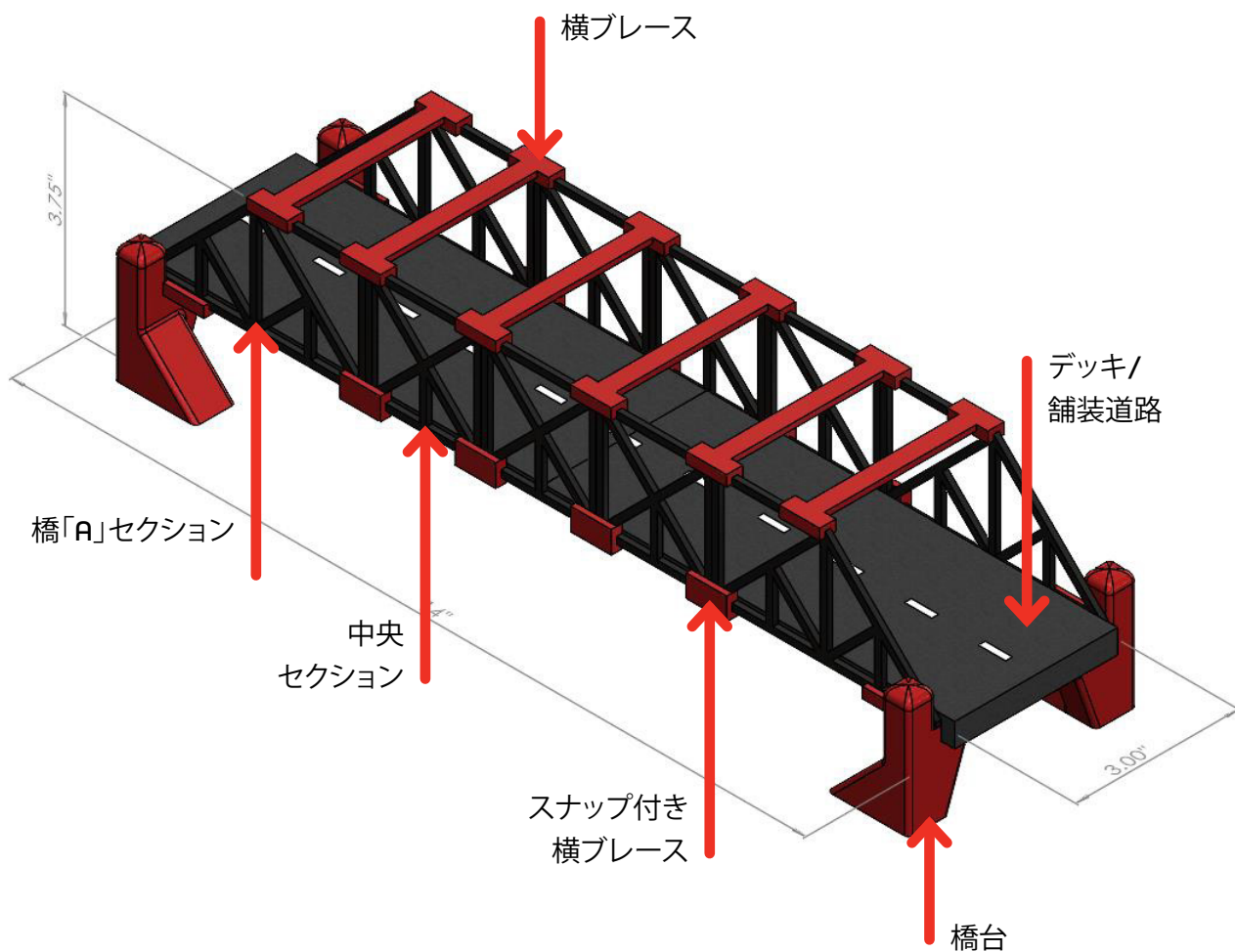


橋台 2 個

## 橋の構成部品



ボルチモア トラス



## 「A」セクション

### 設計意図

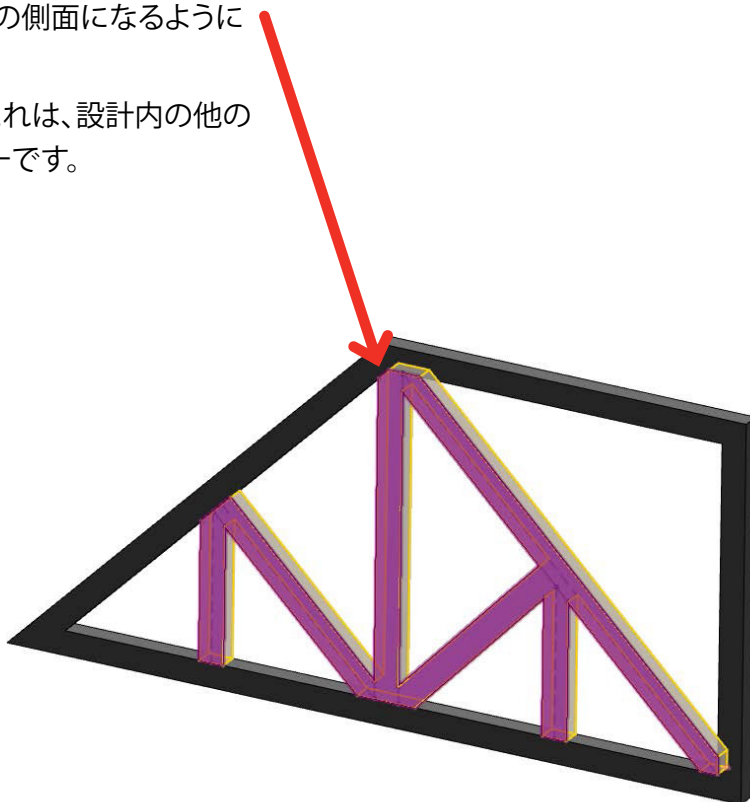
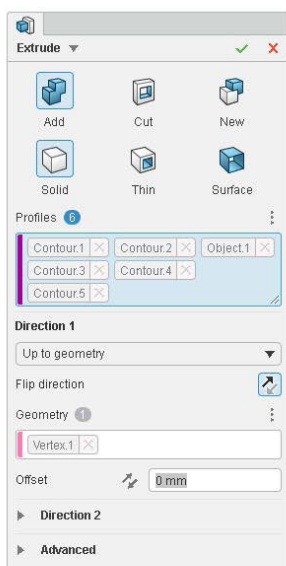
- 上弦材、下弦材、斜材、垂直材という橋のセクションのすべての構造部材を、1つの部品として組み込みます。
- 中央セクションと同じ厚さです。
- 橋台の上に乗ります。

### DFAM

- フラットパック設計を使用します(サポート材は必要ありません)。
- 複数の部品を一度で印刷できるようにネスティングを採用します。

### 設計のヒント:

- 2つの押し出しフィーチャーを使用します。1つは外周に、もう1つは内側の部材に使用します。
- 三角形の中心が正方形の側面になるようにします。
- 2.5mm 押し出します。これは、設計内の他の部品の主要パラメーターです。



## 中央セクション

### 設計意図

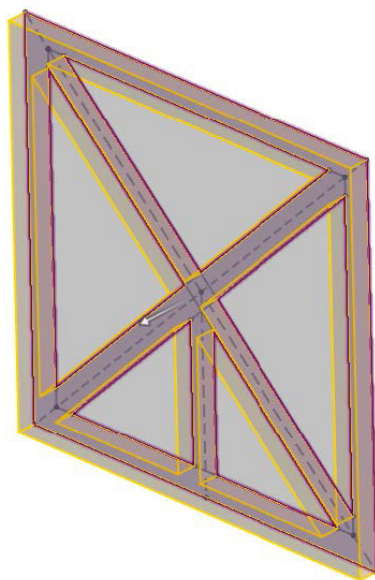
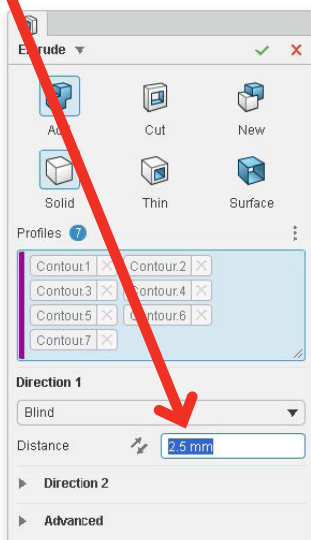
- 上弦材、下弦材、斜材、垂直材という橋のセクションのすべての構造部材を、1つの部品として組み込みます。
- 「A」セクションと同じ厚さです。

### DFAM

- フラットパック設計を使用します (サポート材は必要ありません)。
- 複数の部品を一度で印刷できるようにネスティングを採用します。

### 設計のヒント:

- 等しい幾何拘束を使用して正方形を作成します。
- エンティティ オフセット (Offset Entities) を使用して内側の正方形を作成します。
- 中心線とミラーを使用して、内側の部材の形状を作成します。
- 2.5mm 押し出します。これは、設計内の他の部品の主要パラメーターです。



## スナップ付き横ブレース

### 設計意図

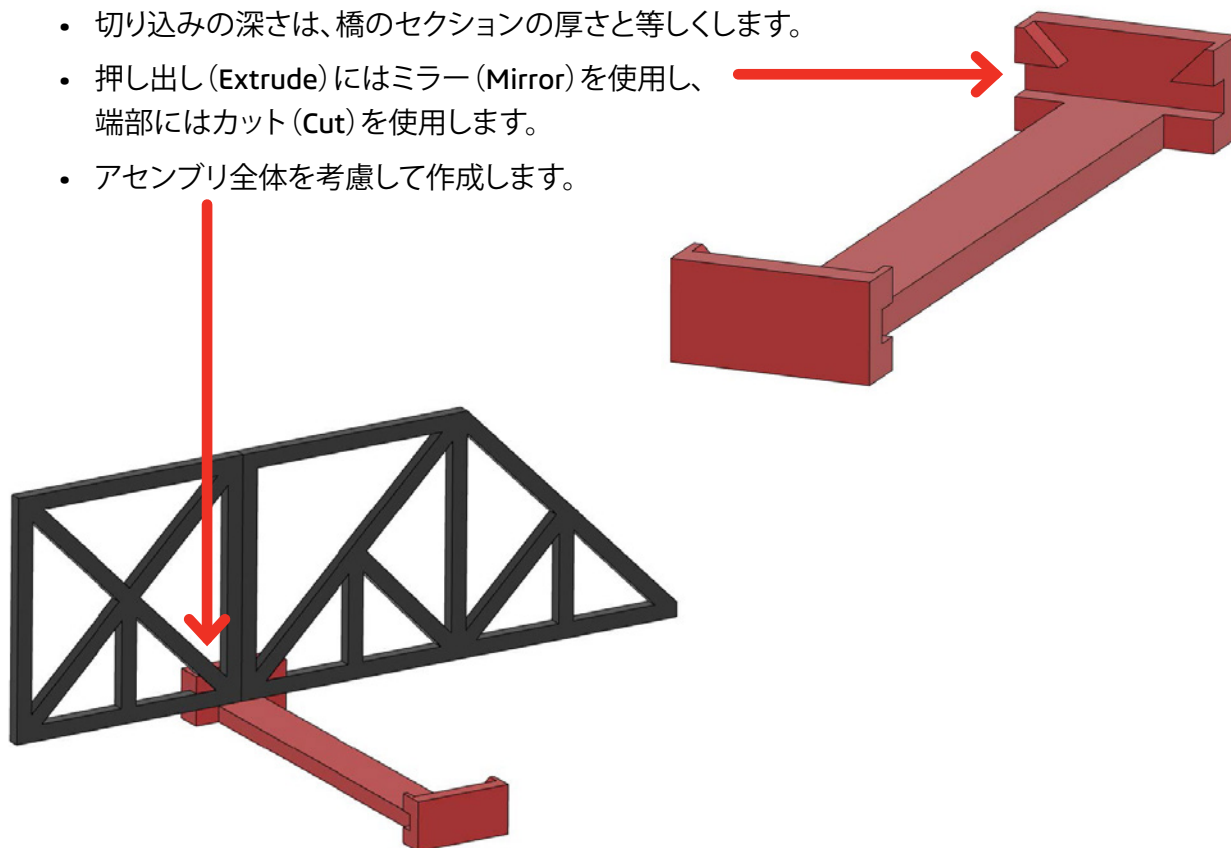
- 下部で橋の 2 つのセクションをつなぎ合わせます。
- 構造に力がかかった場合に広がるのを、スナップが防止します。
- スナップで組み立てがしやすいように、クリアランスが適用されます。

### DFAM

- サポート材を最小限に抑えるように設計されます。
- 複数の部品を一度で印刷できるようにネスティングを採用します。
- スナップの張り出し部分にサポート材が必要です。

### 設計のヒント:

- 切り込みの深さは、橋のセクションの厚さと等しくします。
- 押し出し (Extrude) にはミラー (Mirror) を使用し、端部にはカット (Cut) を使用します。
- アセンブリ全体を考慮して作成します。



## 横ブレース

### 設計意図

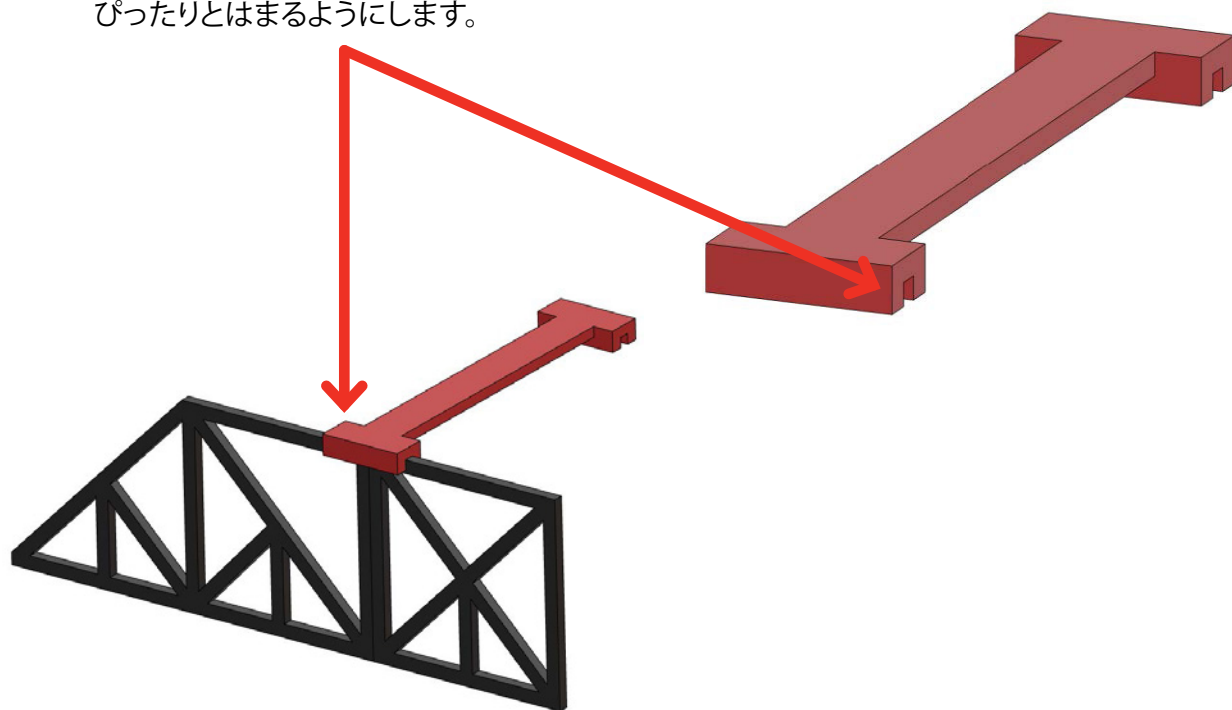
- 上部で橋の 2 つのセクションをつなぎ合わせます。
- スロットはセクションと同じ厚みです。

### DFAM

- サポート材を最小限に抑えるように設計されます。
- 複数の部品を一度で印刷できるようにネスティングを採用します。

### 設計のヒント:

- ベースの形状は、スナップ付き横ブレースと同じです。
- 押し出し (Extrude) にはミラー (Mirror) を使用し、端部にはカット (Cut) を使用します。
- スロットの幅は、橋セクションの厚みと同じです。公称値を使用して、ぴったりとはまるようにします。



# 橋台

## 設計意図

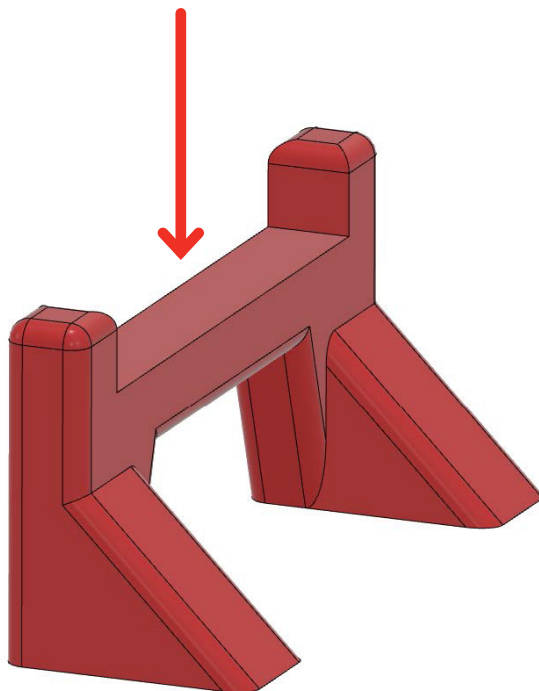
- 両端で橋の構造を支持します。
- 橋のセクションをデッキとつなぎ合わせます。
- 橋に力がかかるため、ベースは内側に向いています。

## DFAM

- サポート材を最小限に抑えるように設計されます。
- 複数の部品を一度で印刷できるようにネスティングを採用します。

## 設計のヒント:

- ベースの角度付き押し出しにはミラー (Mirror) を使用します。
- 橋台の内側の幅は、側面のセクションとデッキがぴったりとはまって保持します。



# デッキ

## 設計意図

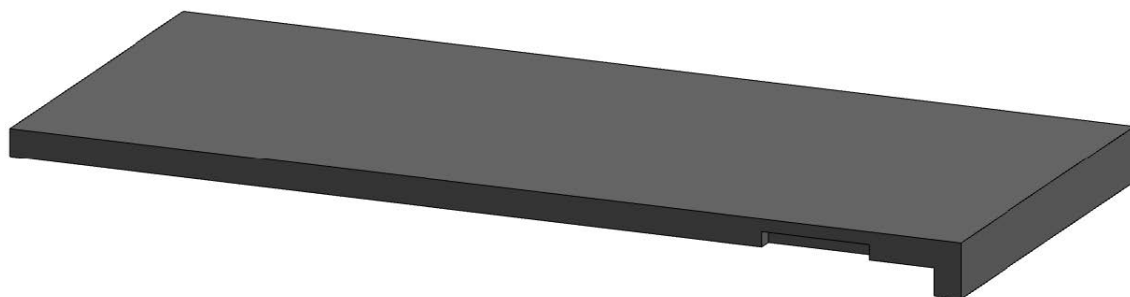
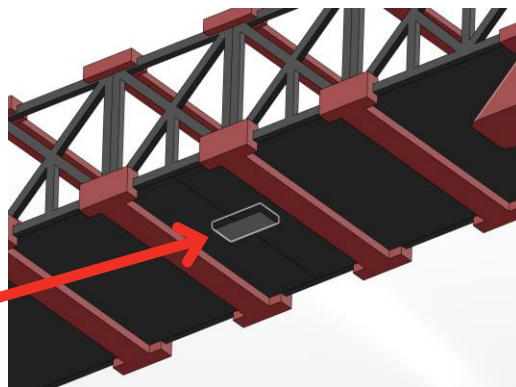
- 横方向のサポートを提供します。
- 橋の両側と橋台の間に取り付けます。
- 2 つのセクションを接続部でつなぎます。

## DFAM

- 3D プリント エンベロープの要件により、2 つのセクションで設計されています。
- サポート材を最小限に抑えるように設計されます。
- 複数の部品を一度で印刷できるようにネスティングを採用します。

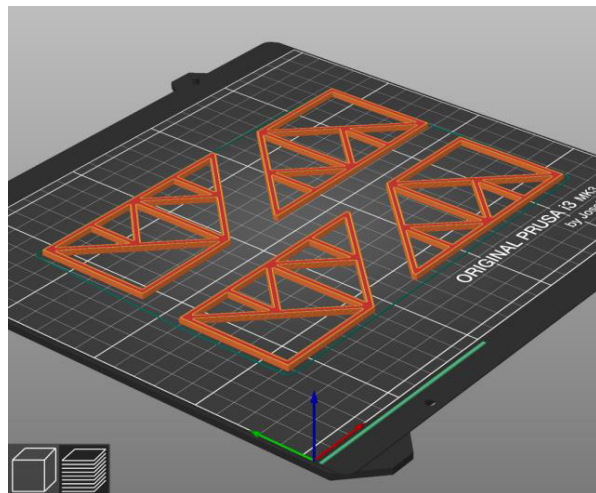
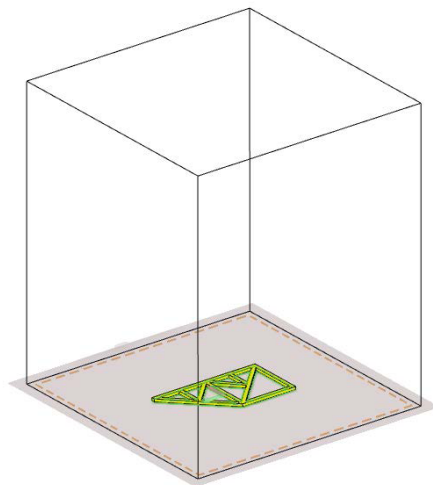
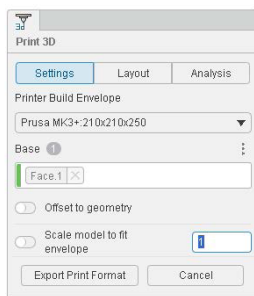
## 設計のヒント:

- 橋の側面のセクションの間に収まるように、アセンブリ全体を考慮してデッキ セクションを 1 つ作成します。
- アセンブリでミラー (Mirror) を使用して、他方のデッキ セクションを作成します。
- 半分ずつになっている 2 つのデッキを結合する小さな接続部を作成します。

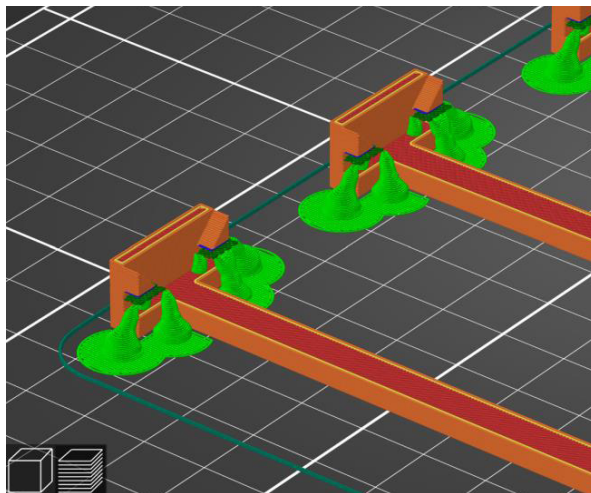


## 3D プリント

- xDesign の **Print 3D** を使用して、STL ファイルをエクスポートします。
- プリンタのビルド エンベロープを追加 (Add Printer Build Envelope) を使用して、3D プリンタのパラメーターを定義します。
- 複数の部品を一度で印刷できるようにネスティングします。
- サポート材の使用を最小限に抑えるように部品の向きを設定します (次の図を参照)。



ネスティング



オーガニック サポート  
構造