

令和4年度「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」

■航空機設計・製造分野におけるDX人材養成事業■

# 令和4年度プロト教材資料

本プロト教材資料は、文部科学省の教育政策推進事業委託費による委託事業として、日本航空大学校が実施した令和4年度「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」の成果物です。



**日本航空大学校**

# 3D CAD設計學習領域

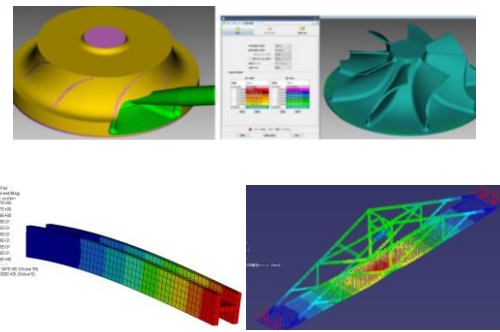
## 構造解析技術

# 産学協同教育成果発表会

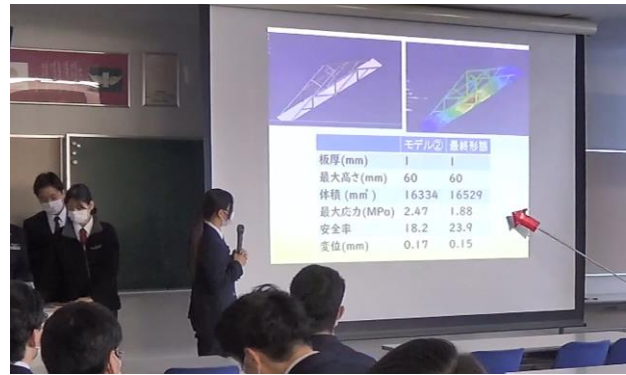
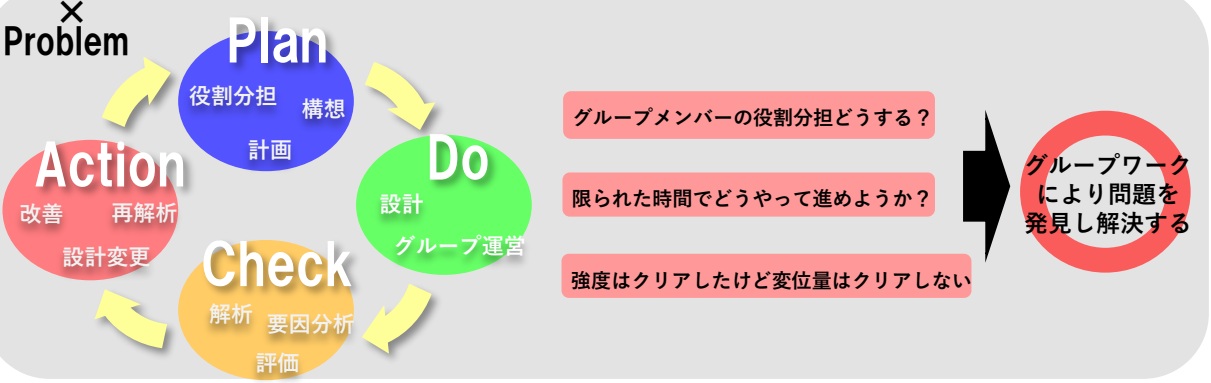
**学習領域**：3D CAD設計 **設計技術** **解析技術** **加工技術**  
**実施期間**：10/24(月)～10/27(木)  
**実施企業**：第一システムエンジニアリング(株)  
**参加学生**：航空工学科3年 34名

**教育**の狙い  
 解析・シミュレーションツールを活用して業務/生産効率向上  
 設計精度の向上を体験する

- 教育内容**
1. **加工シミュレーション** 教育
  2. **FEM構造解析** 教育
  3. **問題発見解決** PBL演習



## Project Based Learning



事項にPBL演習にて成果発表会を行った発表資料をまとめる

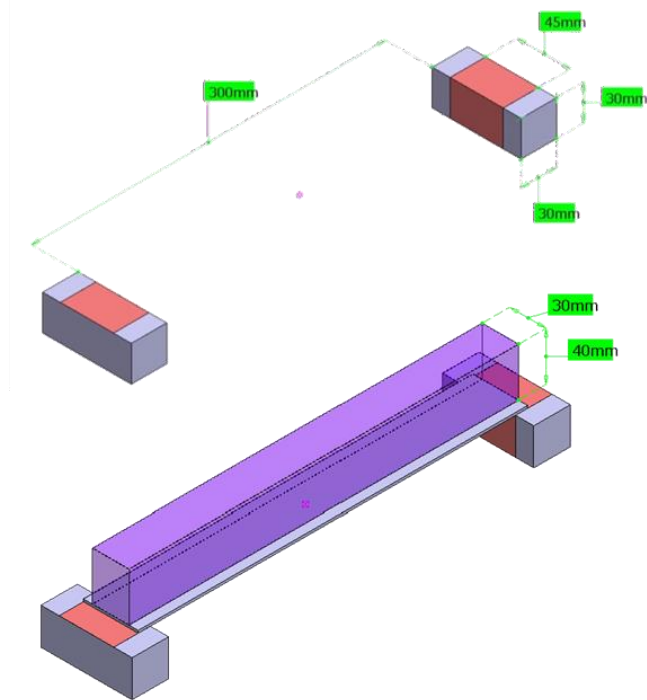
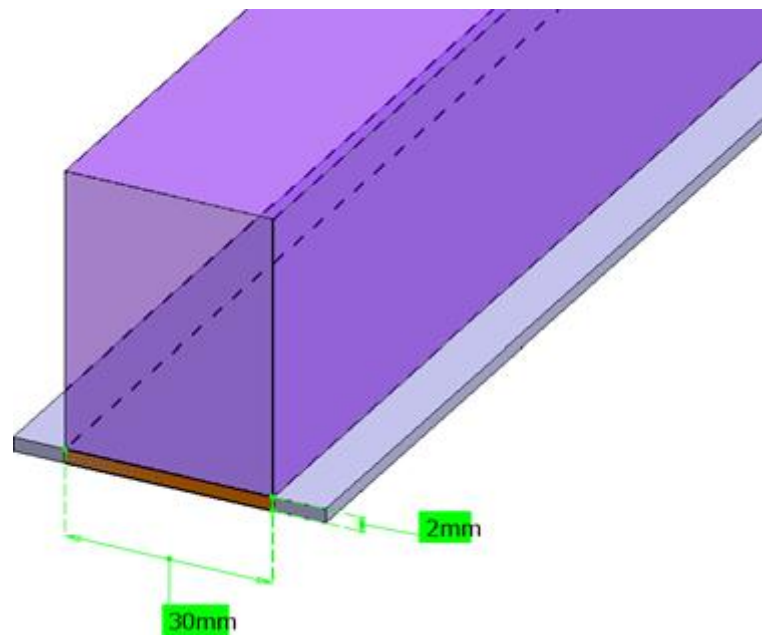
**グループA**

# 設計要件

- 300mm離れた土台に橋梁をかける。
- 中央部に1.96N(200gf)を負荷する。
- 幅30mmの通行帯を設け、その上部に紫色の空間を確保する。
- 通行帯の板厚は2.0mm以下とする。
- 通行帯の断面上部は平坦とする。
- 体積は24000mm<sup>3</sup>(24cm<sup>3</sup>)以下とする。
- 基準強さは45.0MPa、安全率は2.0とする。
- 材料はアクリル系硬質樹脂とし、物性値は以下の通りに定義する。



# 設計要件



# PDCAサイクル

計画 (Plan)



実行 (Do)



確認 (Check)



実行 (Act)

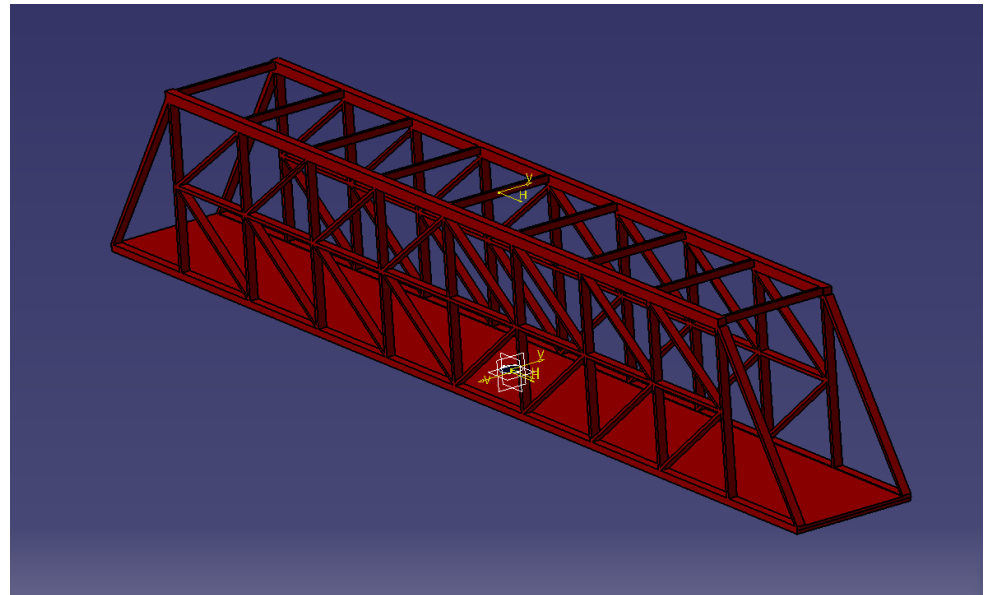
- デザイン性重視 ⇒ 見た目重視  
⇒ トラス構造
- 変位量を最小限に抑える
- 安全率を高める
  
- CATIAで各々作る
  
- 条件適合されるかの確認 (寸法、材料)  
CATIAで解析 ⇒ 静強度解析
  
- 採用は…

# 第1号 (プラレール橋)

プラレール

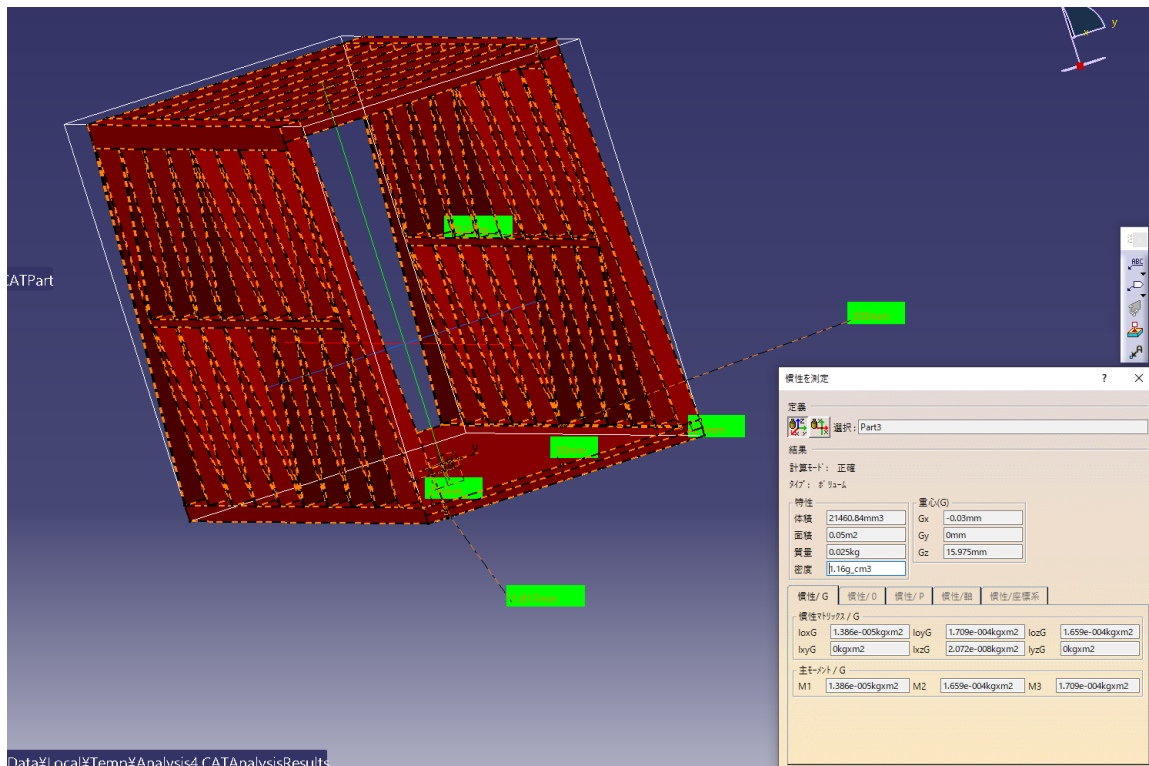


設計モデル





# 寸法

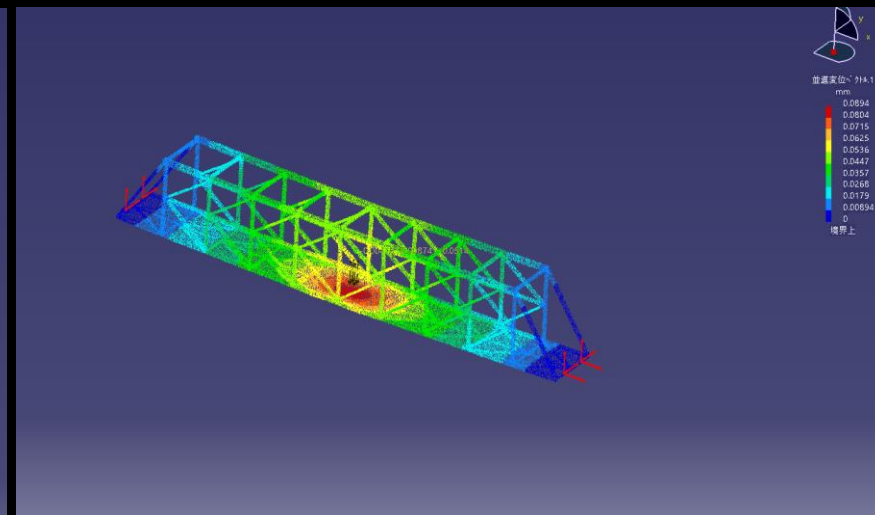
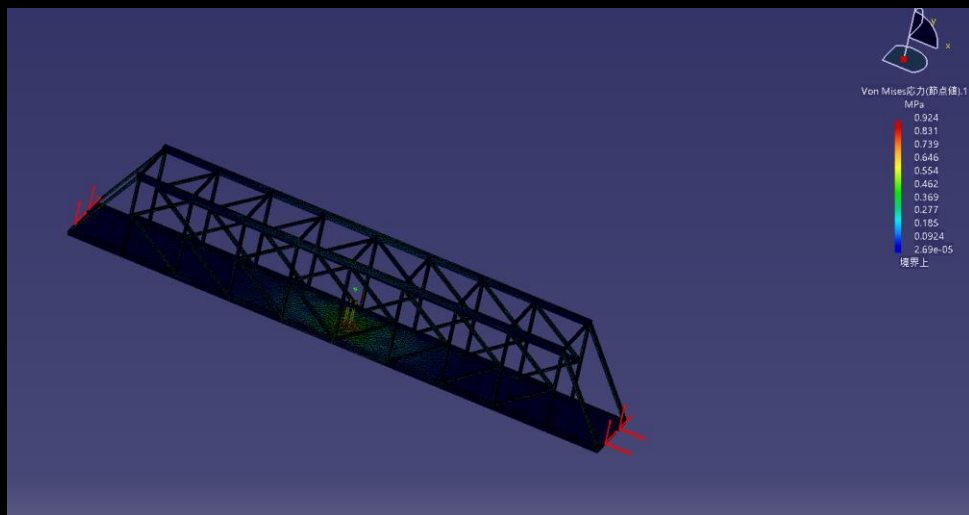


体積	21460[mm <sup>3</sup> ]
最大応力	0.924[MPa]
最大変位	0.894 [mm]
安全率	48.70

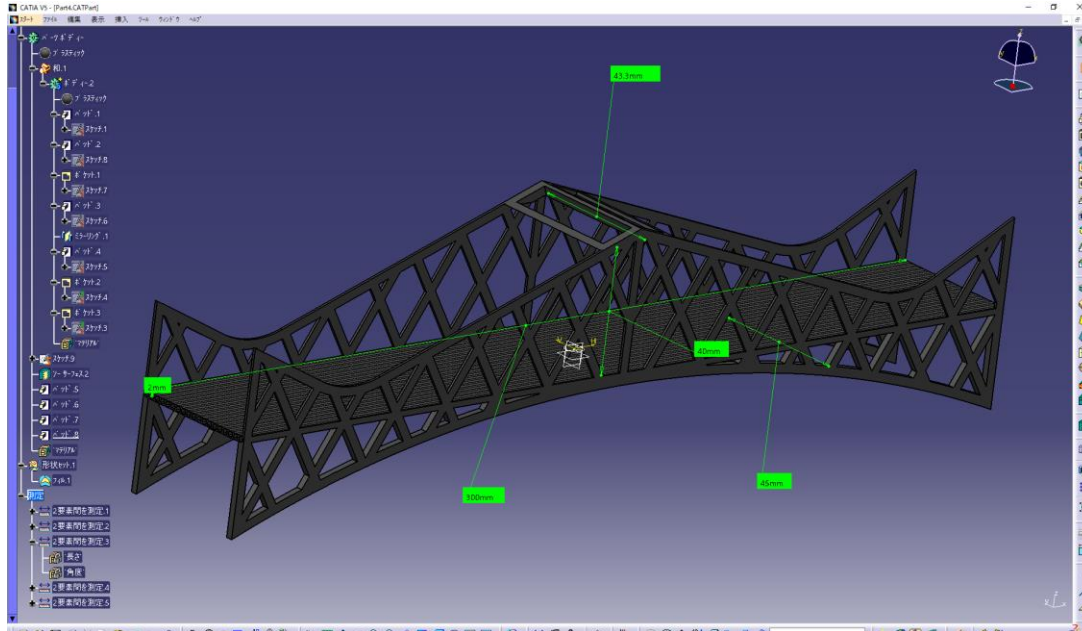
# 解析結果

最大応力 : 0.924[MPa]

最大変位 : 0.894 [mm]



# 第2号改(寸法)

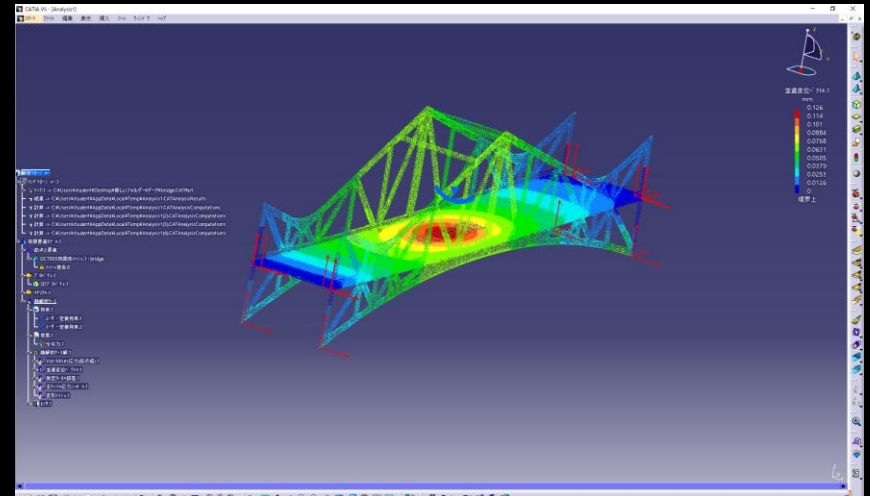
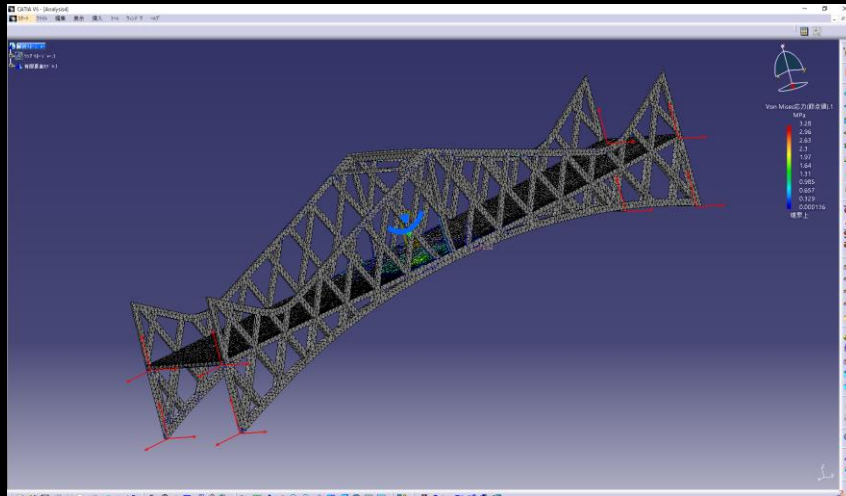


体積	23804[mm <sup>3</sup> ]
最大応力	3.28[MPa]
最大変位	0.126 [mm]
安全率	13.72

# 第2号改 (解析結果)

最大応力 : 3.28[MPa]

最大変位 : 0.126[mm]





# グループB

# 課題

設計要求を満たして  
できるだけ変位の小さい橋梁を作る

# 設計要求について

- ① 全長300mm、幅30mm、高さ40mmの通行帯を持つ橋である
- ② 通行帯の面の厚さは2mm以下とし、通行帯の上下面にそれ以上の厚さを付与してはならない
- ③ それぞれの端は、長さ30mm、幅45mm、高さ30mmの立方体の上に置くものとし、それをはみ出してはいけない（立方体同士の距離は300mmで固定）
- ④ 橋は上記の立方体で両端支持するものとする（両方固定支持とする拘束でもよい）
- ⑤ 材料は、応力2000MPa、ポアソン比0.35、密度1.16g/cm<sup>3</sup>のABS樹脂とする
- ⑥ 橋にかかる力は、中心に設けた直径6mmの円に1.96Nとする
- ⑦ 安全率は2
- ⑧ 許容応力は30MPa
- ⑨ 勾配は6%以下とする

# 選定方法





# 選定方法について

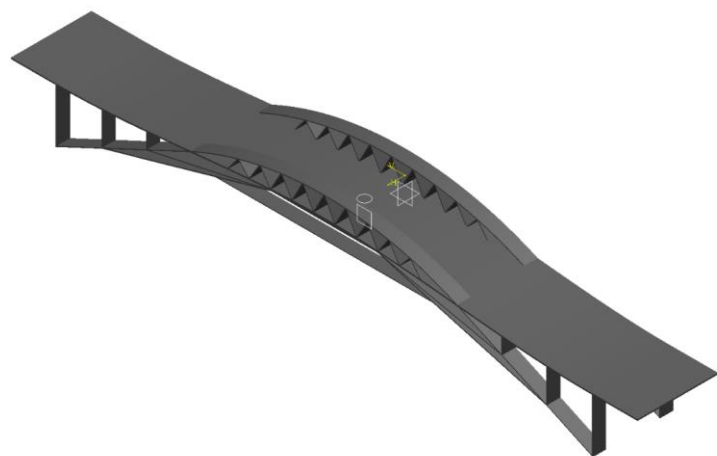
- ① 5人それぞれが思い思いの橋をつくる
- ② それぞれ完成した橋の解析まで行い、要件を満たしているかつ、最も最大変位とミーゼス応力の小さいものを採用する
- ③ 採用した橋のブラッシュアップを行い、さらに変位と応力が小さくなるようにする

# 選定した橋とその理由

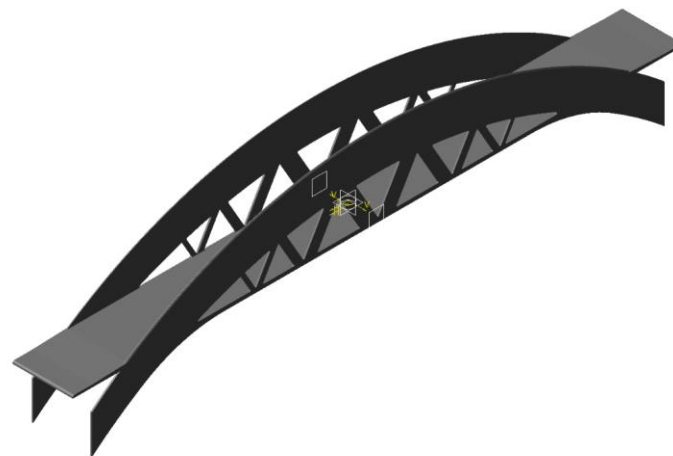


# 最終選定に残った2つの橋

1つ目

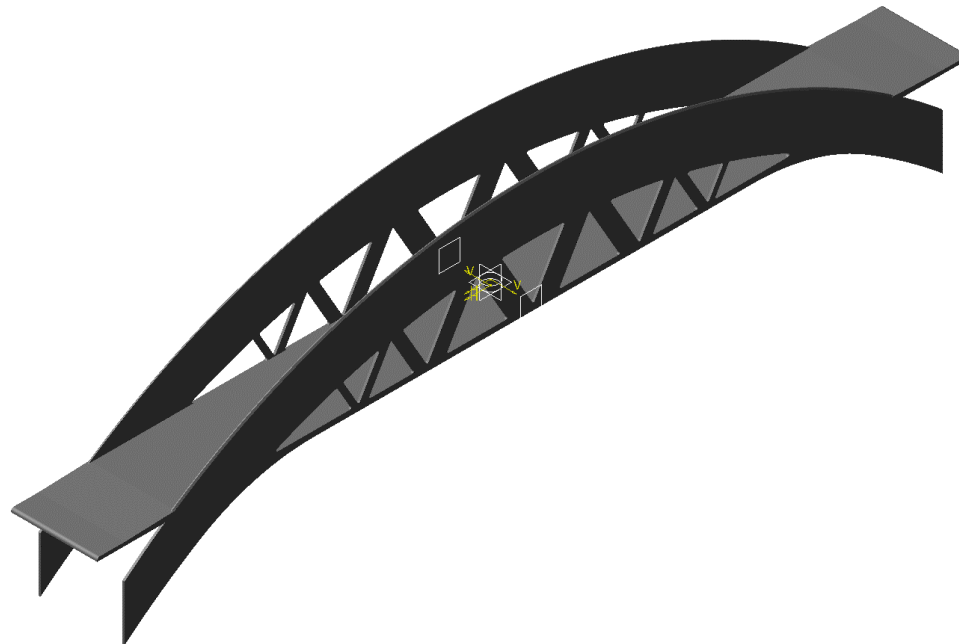


2つ目



# 最終的に選択した橋

- 解析マネージャ
- リンクマネージャ-1
- 有限要素モデル-1



# なぜ最終的に選択したほうを残したのか

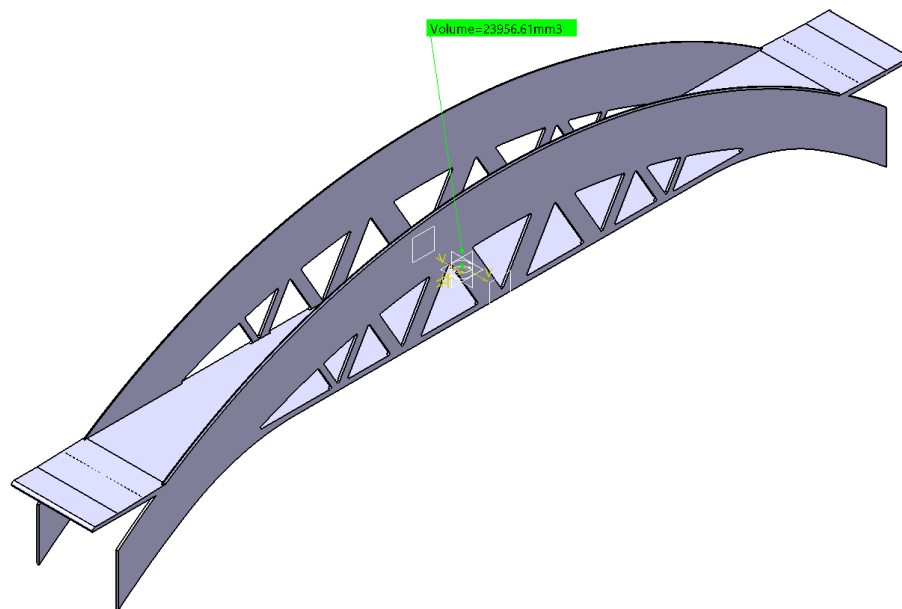
- ① 圧倒的に変位と応力が小さい
- ② 形状が単純なのでもっと値を詰めれるところが多い
- ③ シンプルな外見ながら反力が大きいというギャップ

# 詳細解説



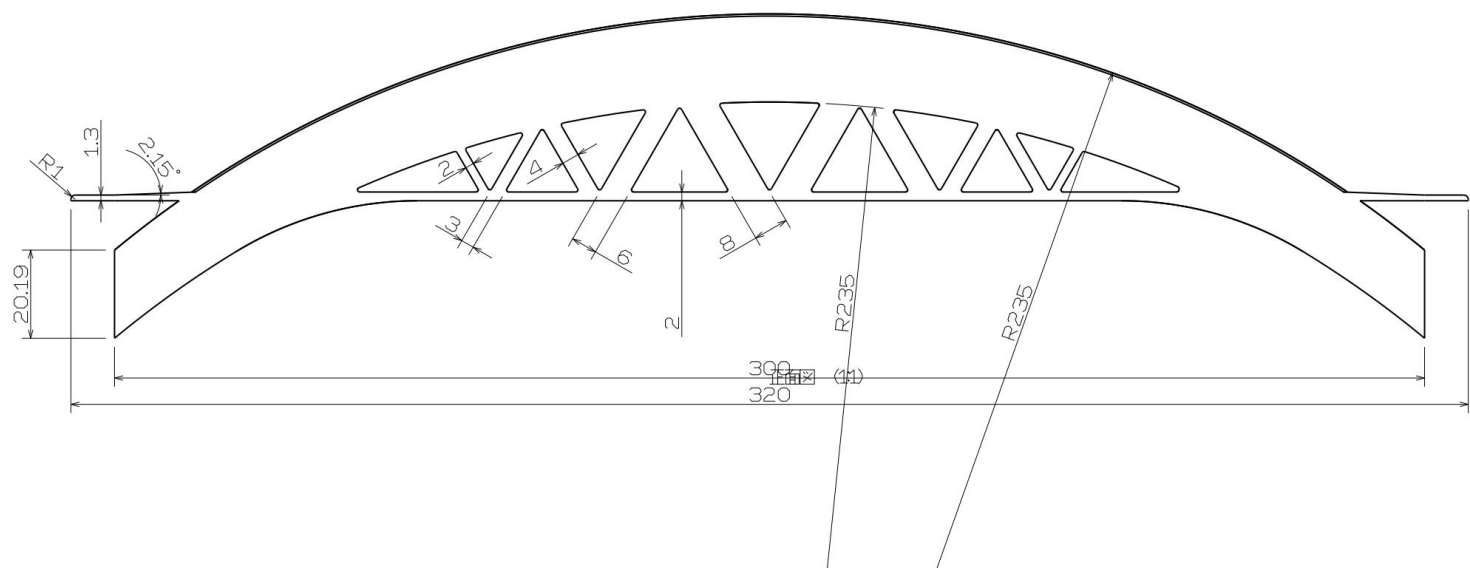
# 全体図

- Part2
- XY平面
- YZ平面
- ZX平面
- 形状tvt.1
- スケッチ.1
- ボディ
- 測定



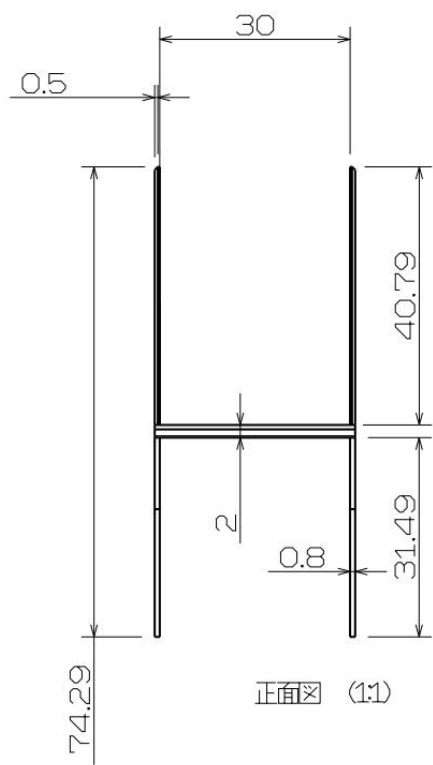
z  
x-y

# 三面图 (正面)

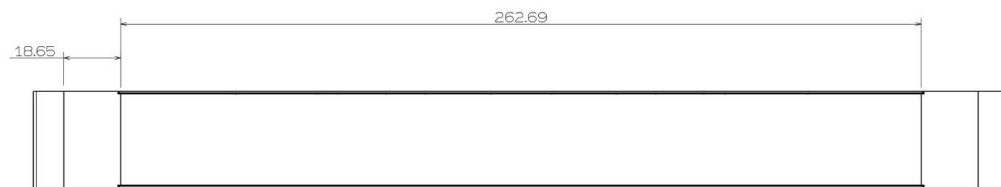




# 三面図 (側面)

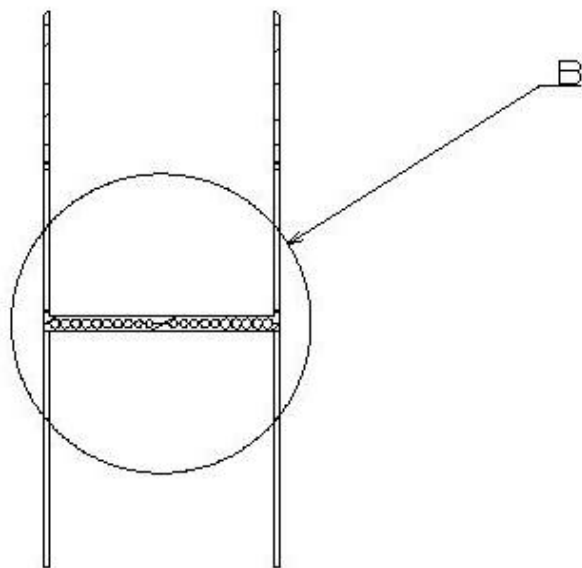
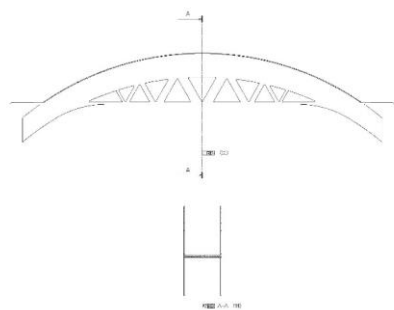


# 三面图 (平面)

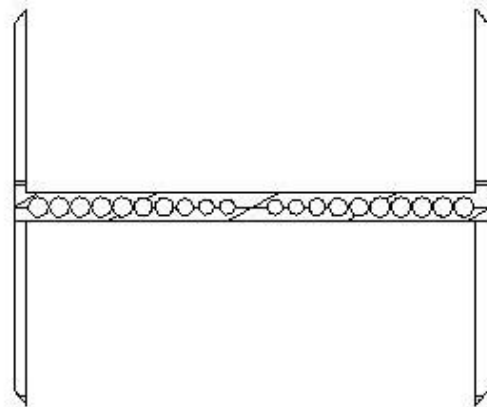


正面图 (1:1)

# 断面



断面图 A-A (1:1)



部分放大图 B (2:1)

# 特徴

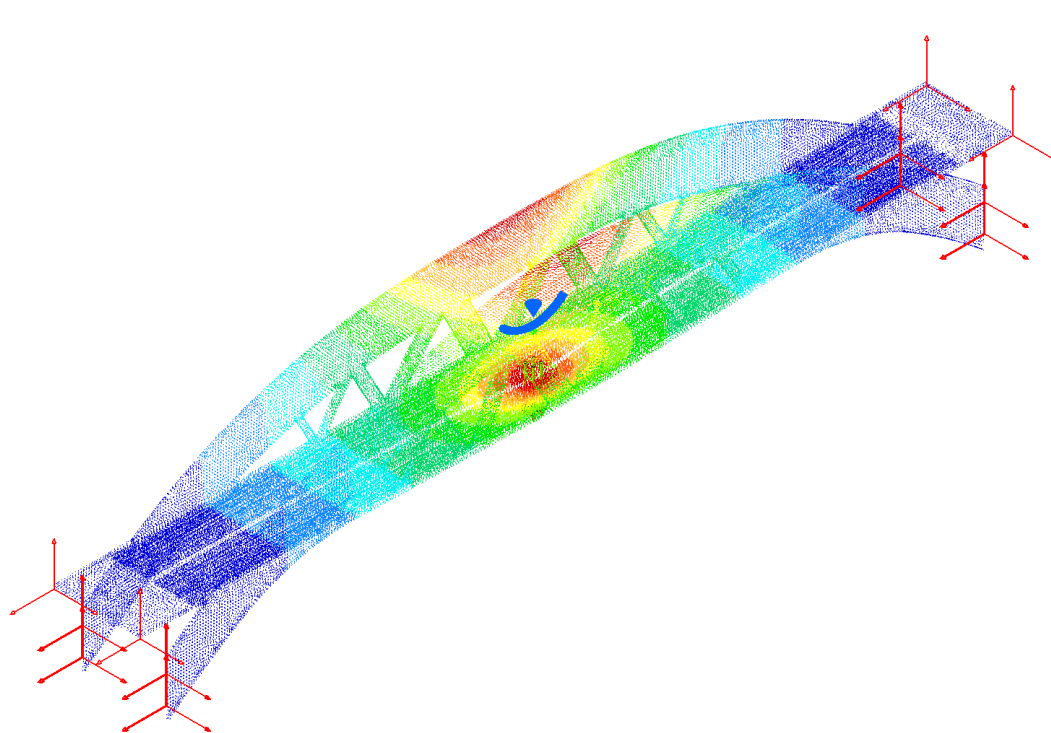
- 基本はアーチ橋を基本とし、トラス橋にある三角形を用いて力を分散させている
- 中央部を高くし、端に行くほど低くすることでモーメントに反するような形にした
- 板の内部を肉抜き形状とすることで軽量化しながら耐久性を維持できる

# 解析結果



# 解析結果：両端固定（最大変位）

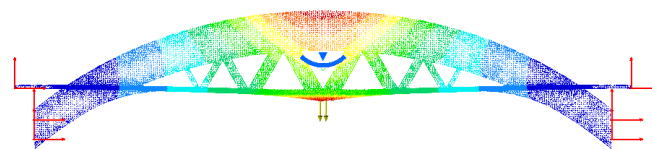
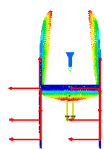
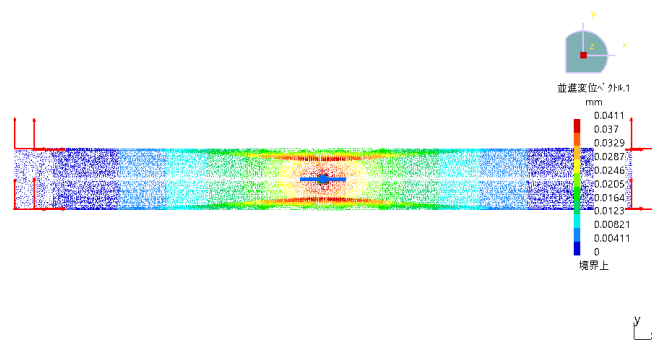
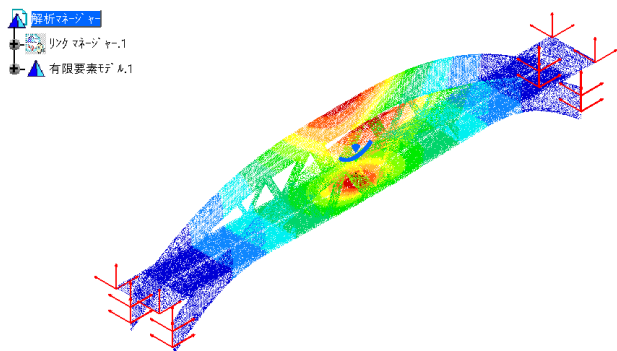
- 解析メッシュ
- リンクメッシュ
- 有限要素



並進変位<外H.1  
mm  
0.0411  
0.037  
0.0329  
0.0287  
0.0246  
0.0205  
0.0164  
0.0123  
0.00821  
0.00411  
0  
境界上

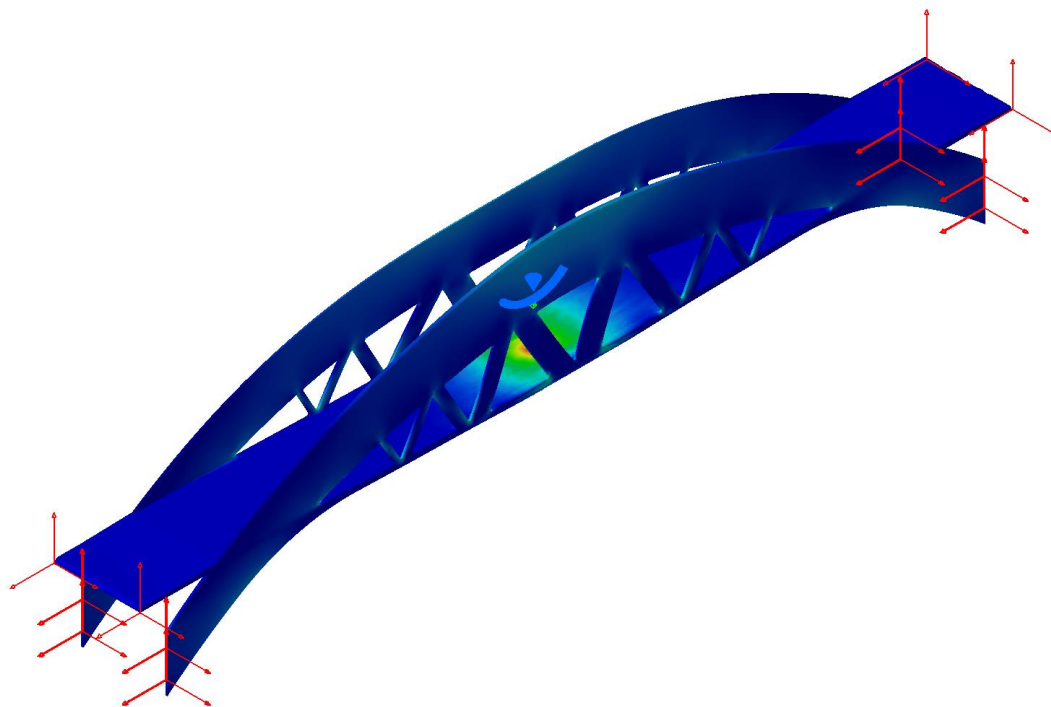


# 解析結果：両端固定（最大変位）



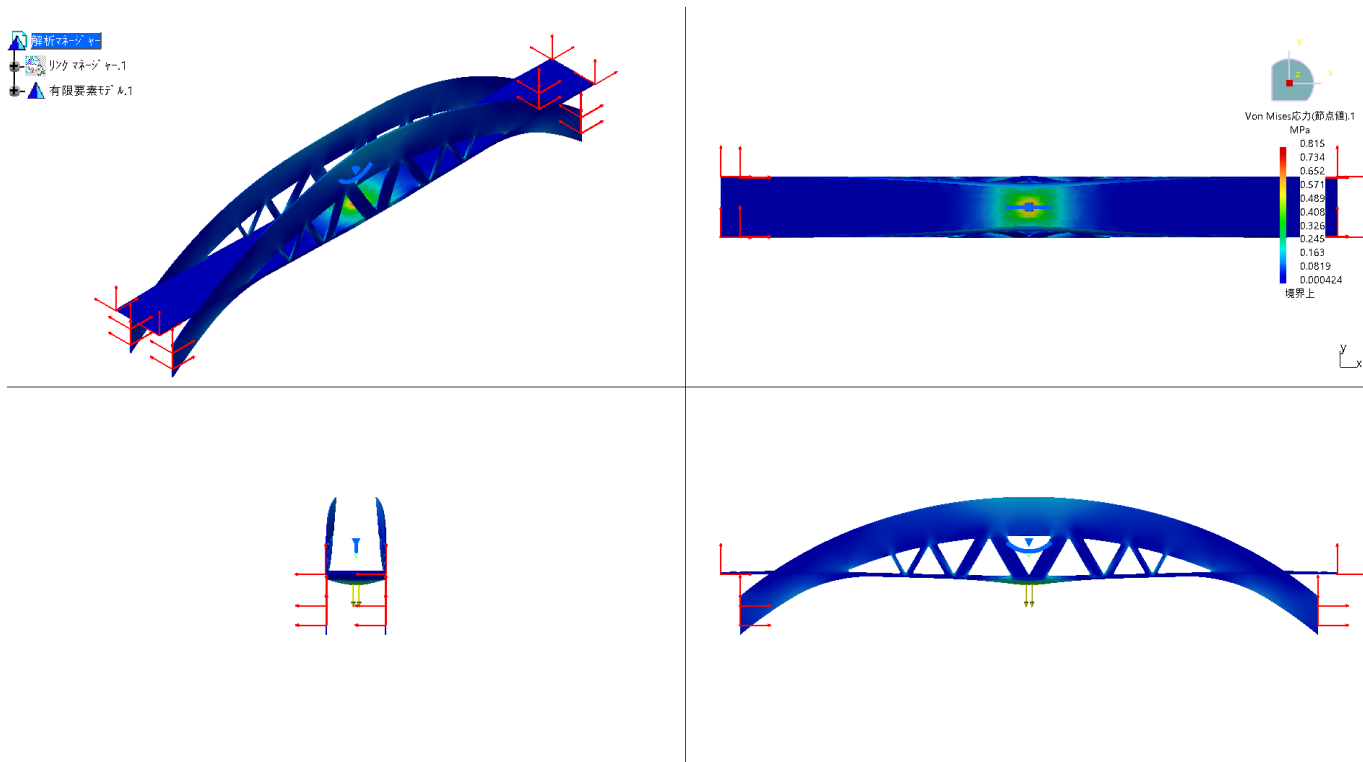
# 解析結果：両端固定（ミーゼス応力）


- 解析モデル
- リンクメッシュ
- 有限要素法





# 解析結果：両端固定（ミーゼス応力）





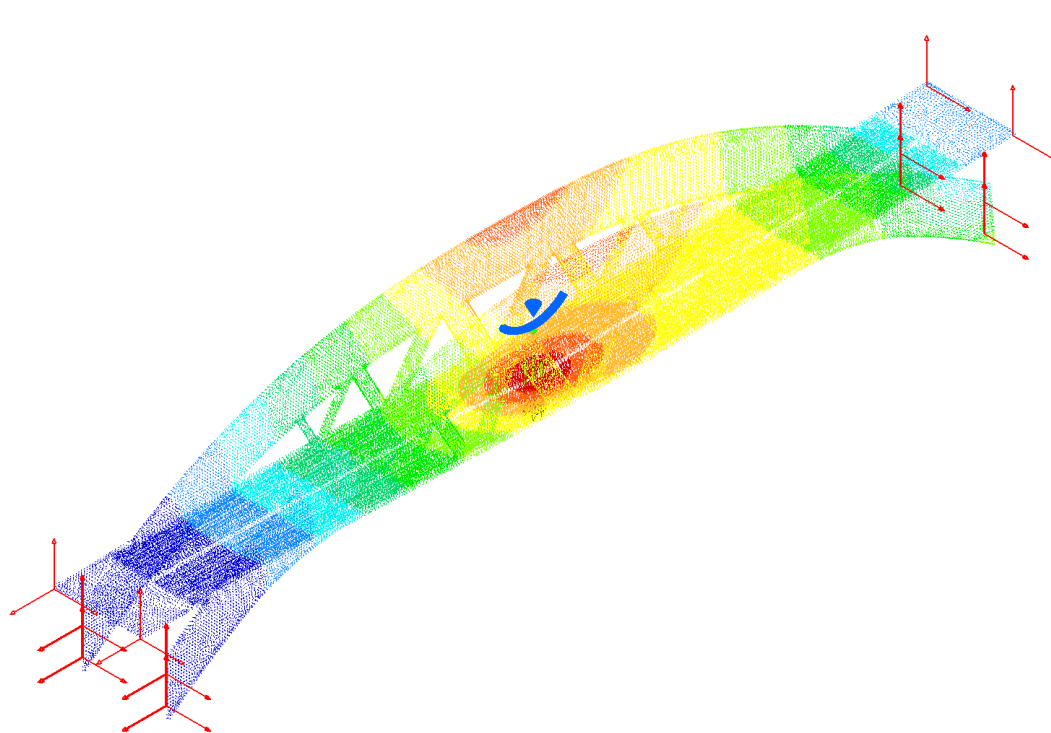
解析結果：両端固定

最大変位：0.0411mm

最大応力：0.815MPa

# 解析結果：一端固定（最大変位）

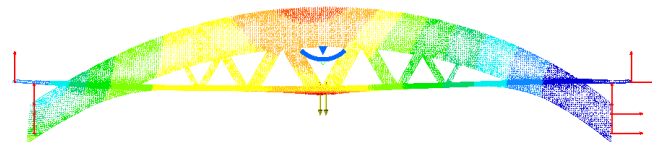
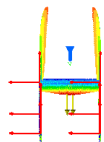
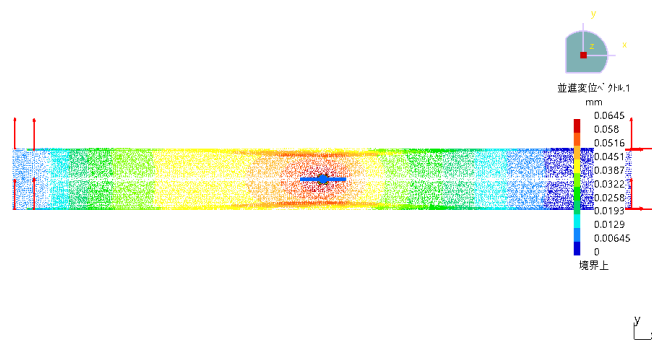
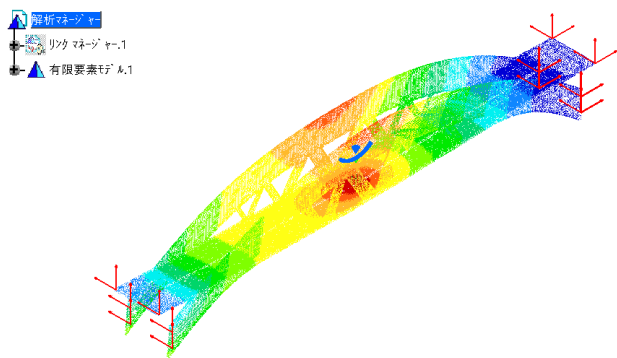
- 解析メッシュ
- リンクメッシュ No.1
- 有限要素 No.1



並進変位<外H.1  
mm  
0.0645  
0.0598  
0.0516  
0.0451  
0.0387  
0.0322  
0.0258  
0.0193  
0.0129  
0.00645  
0  
境界上

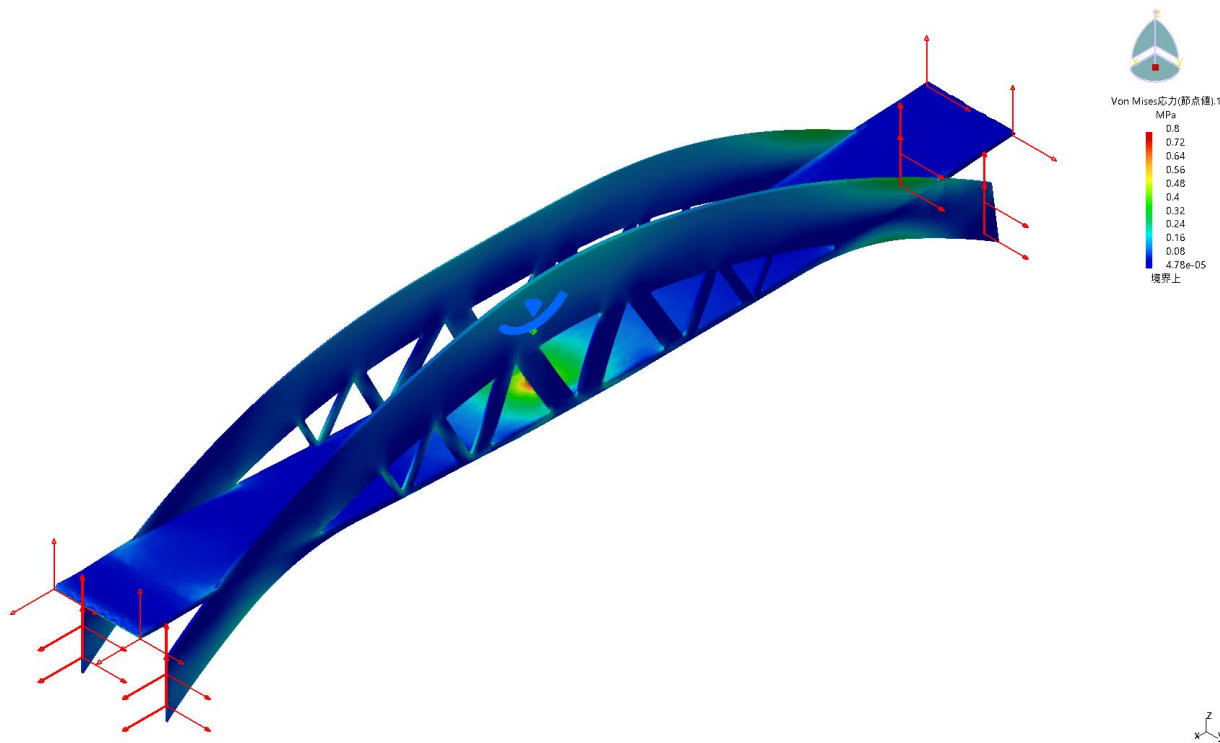


# 解析結果：一端固定（最大変位）

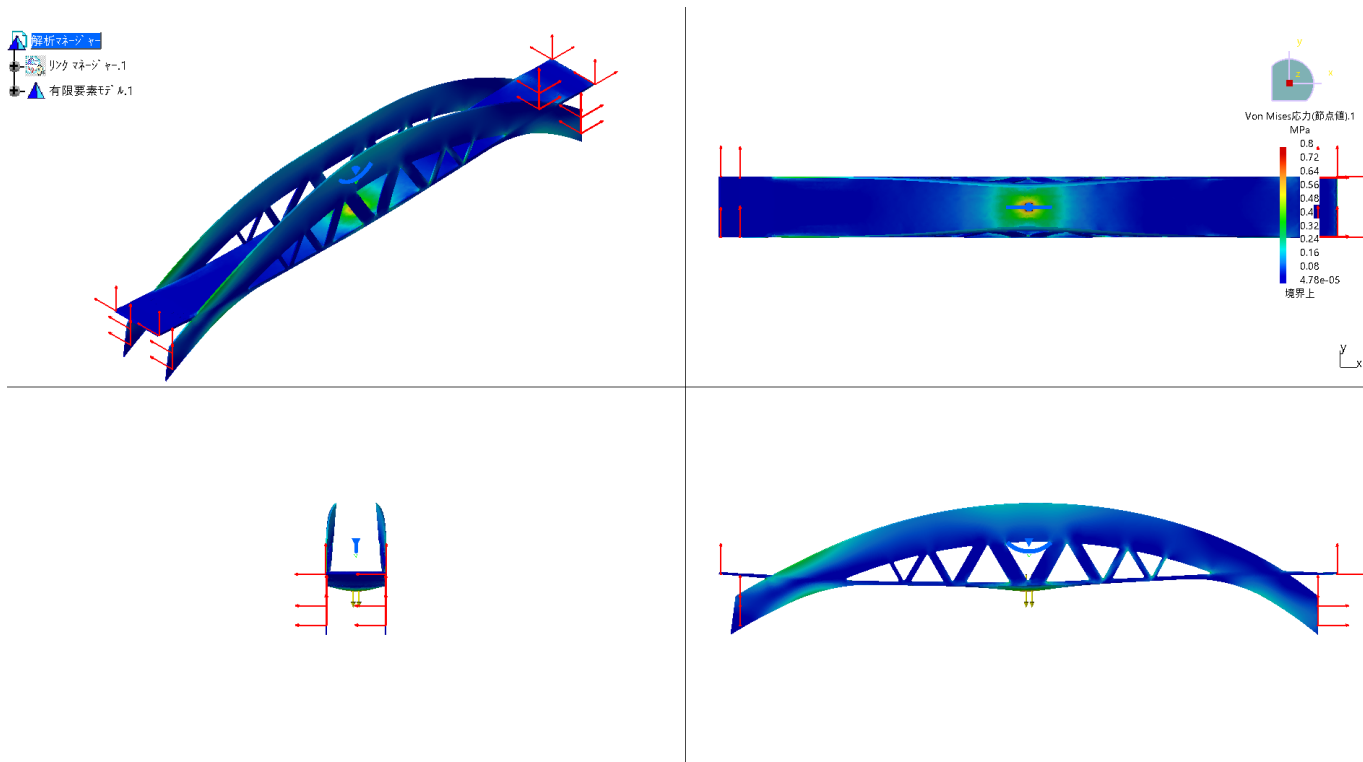



# 解析結果：一端固定（ミーゼス応力）

- 解析マッシュアップ
- リンクマッシュアップ-1
- 有限要素マッシュアップ A.1



# 解析結果：一端固定（ミーゼス応力）





**解析結果：一端固定**

**最大変位：0.0645mm**

**最大応力：0.8MPa**

## 解析結果：比較

	両端	一端
変位	0.0411mm	0.0645mm
応力	0.815MPa	0.8MPa



# 改善点



# 改善点

- 力を加えた際、アーチ最上部が内側に倒れようとするため、それを支える桁を設けるべき
- 肉抜き穴の直径を大体で決めたが、もっと最適化が可能
- 面取りやフィレットを適当な場所に施したが、やらなくてもよい場所ややったほうがよい場所がある

# まとめ



# 橋梁制作を通して



普段のCADを使った授業では、基本的に図面をもとに製作するためあまり深く考える必要はないが、今回はどうすればよりよくなるかと考えて制作したためかなりの疲労があった。

しかし、時間を忘れるほど没頭でき、設計することの楽しさを身をもって実感することができた。

# 産学共同教育を通して

また、今回の実習ではCAEを利用した解析というものに初めて触れることができ、設計におけるCADの偉大さというものを感じることができた

はじめて、解析ソフトであるVERICUTやCATIAの解析機能を使用したけど、DSEの皆様のおかげで、短期間である程度利用までできるようになった

実際の設計職というものの一端に触れることができ、今後の進路に役立つ実りあるものとなった

# グループC

---

# 設計要件

- 300mm離れた土台に橋梁をかける。
- 中央部の直径6mmに1.96N（200gf）を負荷する。
- 幅30mmの通行帯を設け、その上部に幅30mm、高さ40mmの空間を確保する。
- 通行帯端部は10mm以上土台の上に載せる。また、拘束条件は任意とする。
- 土台として利用できるのは幅45mm、高さ30mm、奥行き30mmのみ。また、土台のよりも下の空間は利用できない。
- 橋梁の形状は蛇行形状もしくはアーチ状としても構わないが、その形状に応じた通行帯および上部空間を設けること。なお、アーチ状とする場合は通行帯の勾配を6%以下とする。
- 通行帯の板厚は2.0mm以下とする。
- 通行帯の断面上部は平坦とする。
- 体積は24000mm<sup>3</sup>（24cm<sup>3</sup>）以下とする。
- 基準強さは45.0MPa、安全率は2.0とする。
- 材料はアクリル系硬質樹脂とし、物性値は以下の通りに定義する。

ヤング率       : 2000MPa（2GPa）

ポアソン比   : 0.35

密度           : 1.16g/cm<sup>3</sup>

# 目標

シンプルで強靱な橋を造る



# 橋の構造

橋の構造は様々あるが最初に思い浮かぶのはアーチ型あった。

この考えから2つ制作した。

1つ目は通行帯を平地とし、その下面を補強を行ったもの。

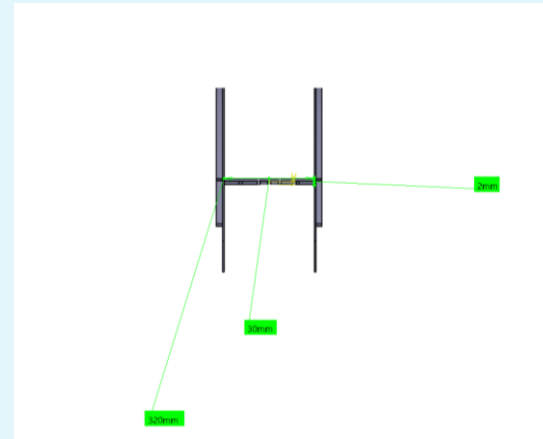
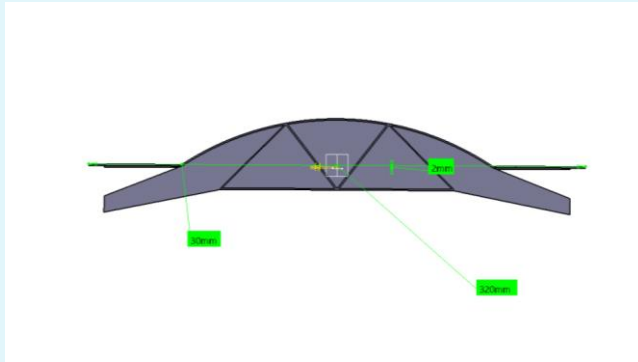
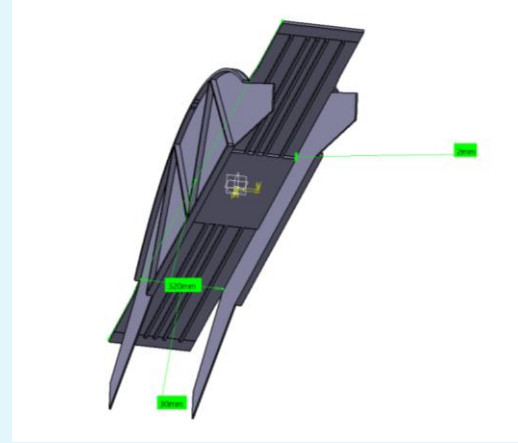
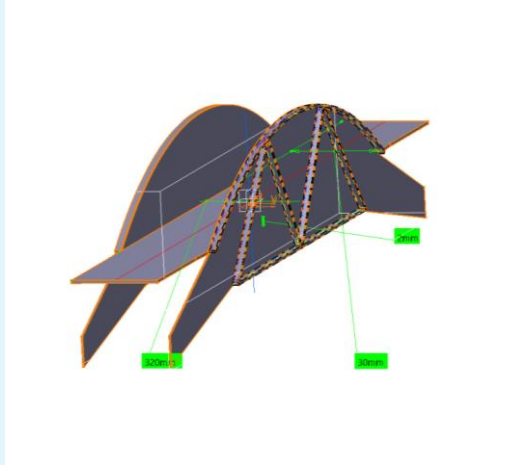
2つ目は通行帯に勾配をつけアーチ型にしたもの。

これらを作成した。



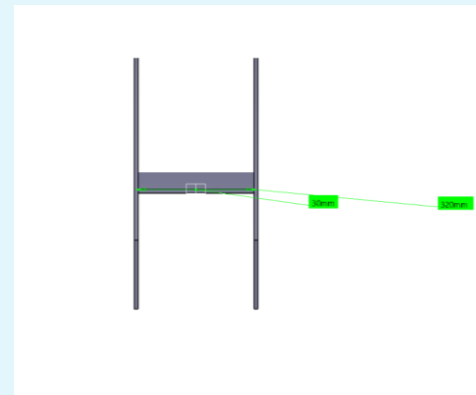
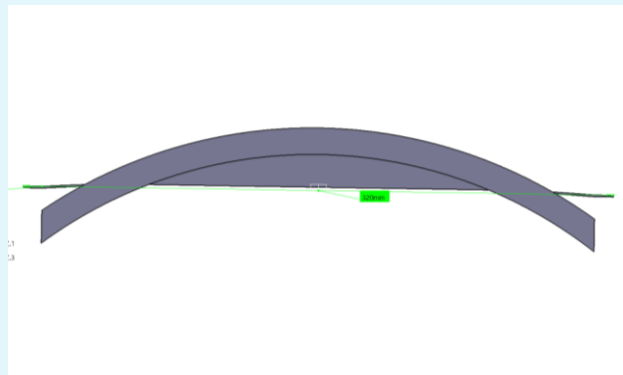
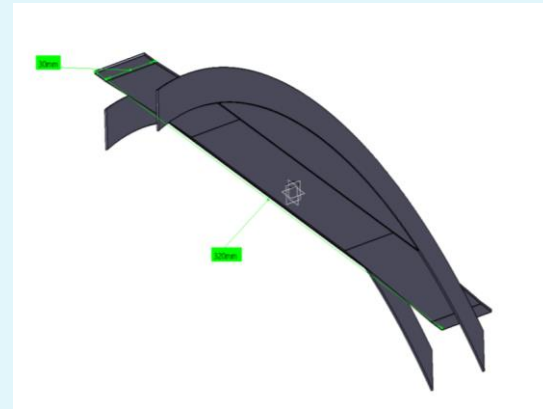
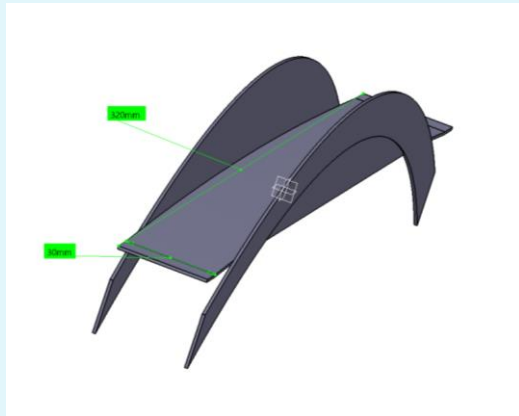
# 制作1

直線型



# 制作2

## アーチ型



# 比較

	最大変位	最大板厚	体積	安全率
基準値	16.4644mm	2mm	24000mm <sup>3</sup>	2.0
制作 1	0.0479mm	2mm	23971.15mm <sup>3</sup>	61.3
制作 2	0.0425mm	2mm	23920.128mm <sup>3</sup>	60.6

**最大変位を小さくすることを一番の目標として考えていた。  
これにより、2つ目の方を採用する。**

## ● アーチの勾配

最大の高さ 約4.5mm      その地点の距離 150mm

勾配は

$$4.5 \div 150 = 0.03 = 3\%$$

← 基準値 6% クリア

## ● 安全率

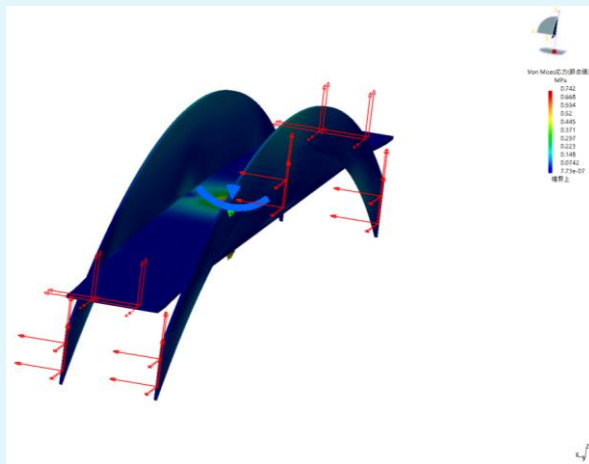
基準強さ 45 MPa      許容応力 0.742 Mpa

安全率は

$$45 \div 0.742 = 60.64$$

← 基準値 2.0 クリア

## ◆ 応力図



## ◆ 変位図

