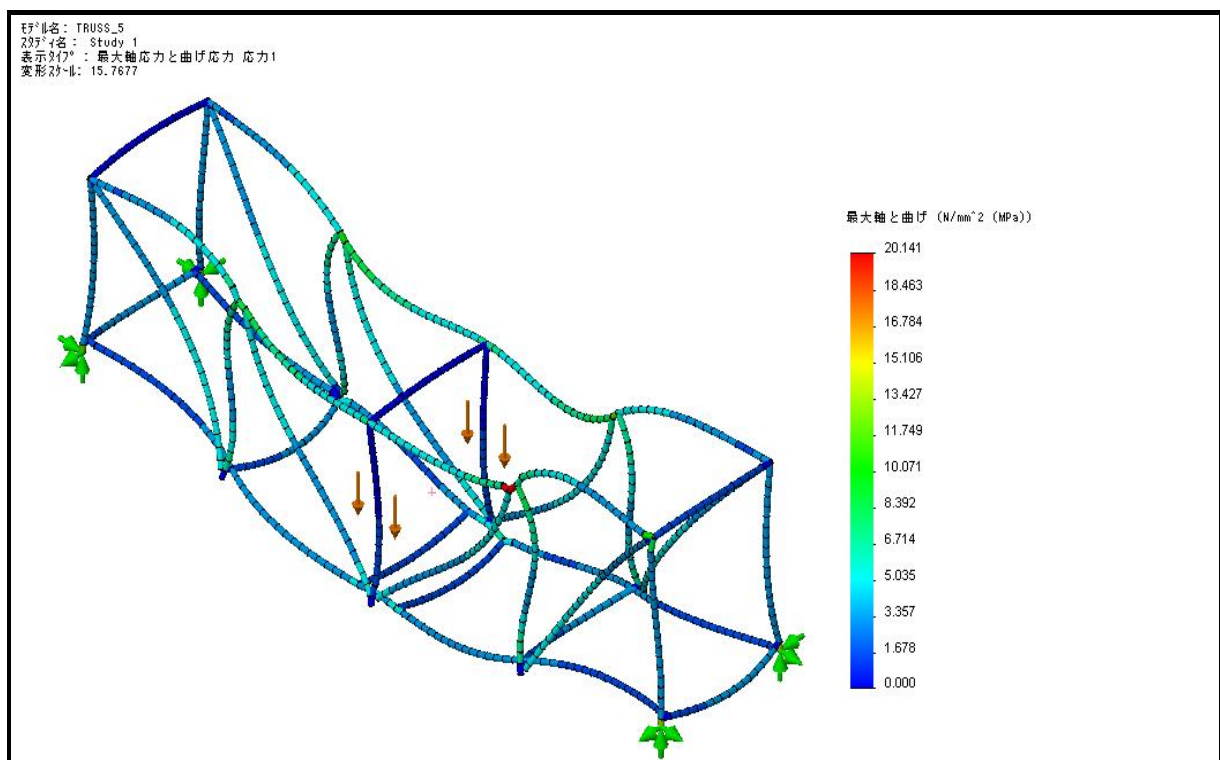




SolidWorks® ソフトウェアを使った 橋の設計プロジェクト



Dassault Systèmes SolidWorks Corporation
300 Baker Avenue
Concord, Massachusetts 01742 USA
電話番号 : +1-800-693-9000

米国以外 : +1-978-371-5011
ファックス : +1-978-371-7303
電子メール : info@solidworks.com
Web: <http://www.solidworks.com/education>

© 1995-2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, a Dassault Systèmes S.A. company, 300 Baker Avenue, Concord, Mass. 01742 USA. All rights reserved.

本ドキュメントに記載されている情報とソフトウェアは、予告なしに変更されることがあり、Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks) の保証事項ではありません。

この製品を DS SolidWorks の書面上の許可なしにその目的、方法に関わりなく複製、頒布はできません。

本ドキュメントに記載されているソフトウェアは、使用許諾に基づくものであり、当該使用許諾の条件の下でのみ使用あるいは複製が許可されています。

DS SolidWorks がソフトウェアとドキュメントに関して付与するすべての保証は、使用許諾契約に規定されており、本ドキュメントまたはその内容に記載、あるいは黙示されているいかなる事項も、保証を含め使用許諾契約のいかなる条件の変更、あるいは補完を意味するものではありません。

特許に関する注記

SolidWorks® 3D mechanical CAD software is protected by U.S. Patents 5,815,154; 6,219,049; 6,219,055; 6,611,725; 6,844,877; 6,898,560; 6,906,712; 7,079,990; 7,477,262; 7,558,705; 7,571,079; 7,590,497; 7,643,027; 7,672,822; 7,688,318; 7,694,238; and foreign patents, (e.g., EP 1,116,190 and JP 3,517,643).

eDrawings® software is protected by U.S. Patent 7,184,044; U.S. Patent 7,502,027; and Canadian Patent 2,318,706. U.S. and foreign patents pending.

SolidWorks の製品およびサービスの商標と製品名

SolidWorks、3D PartStream.NET、3D ContentCentral、eDrawings、eDrawings のロゴは DS SolidWorks の登録商標です。FeatureManager は DS SolidWorks が共同所有する登録商標です。

CircuitWorks、Feature Palette、FloXpress、PhotoWorks、TolAnalyst、XchangeWorks は DS SolidWorks の商標です。

FeatureWorks は Geometric Software Solutions Ltd. の登録商標です。

SolidWorks 2011、SolidWorks Enterprise PDM、SolidWorks Simulation、SolidWorks Flow Simulation、and、eDrawings Professional は DS SolidWorks の製品名です。

その他、記載されているブランド名、製品名は、各社の商標および登録商標です。

COMMERCIAL COMPUTER SOFTWARE - PROPRIETARY

U.S. Government Restricted Rights. Use, duplication, or disclosure by the government is subject to restrictions as set forth in FAR 52.227-19 (Commercial Computer Software - Restricted Rights), DFARS 227.7202 (Commercial Computer Software and Commercial Computer Software Documentation), and in the license agreement, as applicable.

Contractor/Manufacturer:

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742 USA

SolidWorks Standard、Premium、Professional、Education 製品の著作権情報

Portions of this software © 1986-2010 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.

Portions of this software © 1986-2010 Siemens Industry Software Limited. All rights reserved.

Portions of this software © 1998-2010 Geometric Ltd.

Portions of this software © 1996-2010 Microsoft Corporation. All rights reserved.

Portions of this software incorporate PhysX™ by NVIDIA 2006-2010.

Portions of this software © 2001-2010 Luxology, Inc. All rights reserved, Patents Pending.

Portions of this software © 2007-2010 DriveWorks Ltd.

Copyright 1984-2010 Adobe Systems Inc. and its licensors. All rights reserved. Protected by U.S. Patents 5,929,866; 5,943,063; 6,289,364; 6,563,502; 6,639,593; 6,754,382; Patents Pending.

Adobe、Adobe のロゴ、Acrobat、Adobe PDF のロゴ、Distiller および Reader は米国および他の国における Adobe Systems Inc. の登録商標または商標です。

著作権情報の詳細については、SolidWorks でヘルプ > バージョン情報を参照してください。

SolidWorks Simulation 製品の著作権情報

Portions of this software © 2008 Solversoft Corporation.

PCGLSS © 1992-2007 Computational Applications and System Integration, Inc. All rights reserved.

Enterprise PDM 製品の著作権情報

Outside In® Viewer Technology, © Copyright 1992-2010, Oracle

© Copyright 1995-2010, Oracle. All rights reserved.

Portions of this software © 1996-2010 Microsoft Corporation. All rights reserved.

eDrawings 製品の著作権情報

Portions of this software © 2000-2010 Tech Soft 3D.

Portions of this software © 1995-1998 Jean-Loup Gailly and Mark Adler.

Portions of this software © 1998-2001 3Dconnexion.

Portions of this software © 1998-2010 Open Design Alliance. All rights reserved.

Portions of this software © 1995-2009 Spatial Corporation. This software is based in part on the work of the Independent JPEG Group.

目次

レッスン 1: はじめに	1
本書の活用方法	2
SolidWorks ソフトウェアとは?	2
前提条件	2
本書の表記法	3
作業を始める前に	3
SolidWorks と SolidWorks Simulation を使った構造解析	5
レッスン 2: ストラクチャ設計	6
ストラクチャとは?	7
ストラクチャの設計	8
トラス.....	8
梁	9
強度	10
断面形状.....	11
変位.....	11
材料.....	13
トラス壁	14
三角形.....	14
レッスン 3: 梁の計算の使用	16
梁の計算の使用	17
桁.....	17
SolidWorks を起動し部品を開く	18
SolidWorks Simulation をアドインする	18
モデル ジオメトリ	19
解析の簡素化	19

SolidWorks

工業デザインと技術シリーズ

単純支持の梁	20
拘束	20
外部荷重	20
理論的モデル	20
単純支持の梁が重要なのはなぜか?	21
梁の計算に必要なデータ	22
データを集める	23
材料を割り当てる	24
断面特性	25
測定の使用	27
梁の計算	28
レッスン4: ストラクチャの解析	30
ストラクチャの解析	31
SolidWorks Simulation とは?	31
構造解析	32
構造解析の各段階	33
設計サイクル	34
モデルに対する変更	34
スタディの作成	35
FeatureManager デザインツリーと Simulation スタディツリー	36
環境	36
単位の設定	39
プリプロセス	39
材料	39
拘束	40
外部荷重	41
モデルのメッシュ作成	43
解析	44
予想される値	44
用語について	45
曲げと変位	45
引張りと圧縮	46
応力	46
降伏応力	46
安全率 (FOS)	47
ポストプロセス	47
結果の解釈	48
新しいプロットの作成	49

SolidWorks

工業デザインと技術シリーズ

変更の繰り返し	50
荷重の割り出し	50
シミュレーションデータの編集	51
まとめ	51
レッスン 5: 設計変更	52
設計に対する追加	53
モデルを開く	53
既存のスタディ	53
荷重の変更	54
クロスブレース	55
モデルを開く	55
既存のスタディ	56
クロスブレースの効果	56
プロットを使った作業	57
変形プロット	57
原型モデル表示	58
最弱リンク	59
問い合わせの使用	60
数値フォーマットの調整	61
解決策	62
補強の完了	62
応力の比較	63
最上部の梁	65
強度対重量比	66
効率性の比較	67
追加課題	68
プロットの読み方	69
レッスン 6: アセンブリの使用	70
アセンブリの作成	71
テストブロックを用いたテスト	71
モデルの変更	73
衝突検知	74
解析の更新	75

SolidWorks

工業デザインと技術シリーズ

レッスン 7: ストラクチャの図面作成	78
図面	79
図面とビューの作成	79
溶接カットリスト テーブルとは?	81
同じ長さのアイテムが 2 つあるのはなぜか.....	83
バルーン	83
レッスン 8: レポートと SolidWorks eDrawings®	85
レポートと SolidWorks eDrawings.....	86
レポートの生成	86
SolidWorks eDrawings® による情報共有	89
eDrawings の長所	89
eDrawings の表示	89
SolidWorks eDrawing の作成	90
eDrawings のユーザー インターフェース	91
eDrawings の機能	91
eDrawings アニメーションの再生	92
eDrawings の保存	92
eDrawings の保存	93
追加課題	94
レッスン 9: ストラクチャの構築とテスト	95
ストラクチャの構築	96
部材の切断.....	96
ストラクチャのテスト	104
隙間の作成	104
詳細.....	104
荷重の適用	105
既知の重さを持つ一般的オブジェクトの使用.....	105
用語集	106

レッスン1 はじめに

このレッスンを終了すると、以下のことが習得できます：

- 部品、アセンブリ、図面の関係の説明する
- SolidWorks ユーザー インターフェイスの主要な構成要素を理解する
- 必要なレッスン用ファイルをダウンロードし、解凍する

本書の活用方法

本書 *Bridge Design Project* ではクリエイティブな設計繰り返しプロセスの一部として SolidWorks と SolidWorks Simulation を使った構造解析を使う基本について学習します。

このプロジェクトでは、構造解析を実際に行いながら、必要な事項を学びます。

SolidWorks ソフトウェアとは？

SolidWorks は設計自動化ソフトウェアです。SolidWorks では、習得の簡単な Windows® GUI を使って、アイデアをスケッチし、様々な設計を試しながら 3 次元モデルを構築していきます。

SolidWorks は学生、設計者、エンジニアならびにその他のプロフェッショナルによって、単一部品、複合部品、アセンブリ、および図面の作成に活用されています。

前提条件

Bridge Design Project での作業を始める前に、SolidWorks 付属の次のオンラインチュートリアルを完了してください。

- Lesson 1 – 部品
- Lesson 2 – アセンブリ
- Lesson 3 – 図面

オンラインチュートリアルにアクセスするには、**ヘルプ**、**SolidWorks チュートリアル**、**すべての SolidWorks チュートリアル (セット 1)** をクリックします。SolidWorks ウィンドウのサイズが変更され、オンラインチュートリアルが SolidWorks ウィンドウの横で実行されます。

または、*SolidWorks* を使った工学設計入門の次のレッスンを完了してください。

- レッスン 1：インターフェースを使用する
- レッスン 2：基本操作
- レッスン 3：クイックスタート — 40 分
- レッスン 4：アセンブリの基本
- レッスン 6：図面作成の基本

本書の表記法

本書は次の表に示す表記法に従っています。

表記	意味
太字ゴシック	SolidWorks のコマンドやオプションはこのスタイルで表記されます。たとえば、 挿入 、 ボス は 挿入 メニューから ボス オプションを選択するという意味です。
名前	フィーチャ名やファイル名はこのスタイルで表記されます。たとえば、 Sketch1 。
17 この手順を 実行します。	レッスン内の操作手順には、太字ゴシックの番号が付いています。


作業を始める前に

作業を始める前に、レッスン用のファイルをお使いのコンピュータにコピーしてください。

1 SolidWorks の起動

スタートメニューから、SolidWorks アプリケーションを起動します。

2 SolidWorks リソース

SolidWorks リソースタブ  をクリックし、**学生カリキュラム** をクリックします。



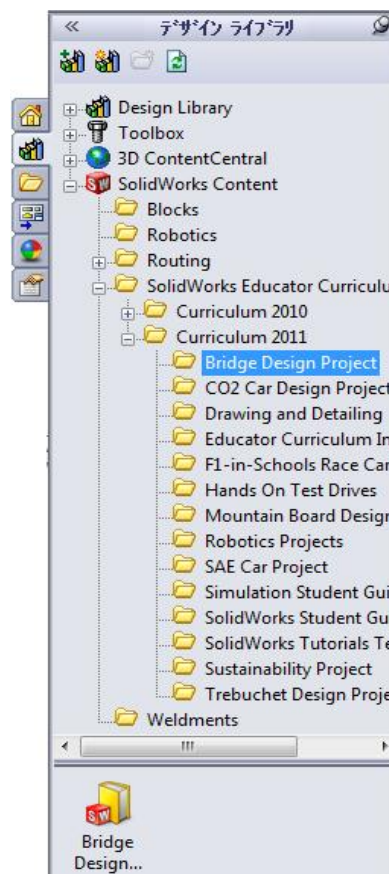
3 SolidWorks コンテンツ

SolidWorks Educator Curriculum フォルダを展開します。

対応する Curriculum <year> フォルダを展開します。

Bridge Design Project フォルダをクリックします。

下のパネルには、このプロジェクトで使用するファイルが含まれた Zip ファイルのアイコンが表示されます。



4 Zip ファイルをダウンロード

Ctrl を押したまま Bridge Design Project - English アイコンをクリックします。

Zip ファイルを保存するフォルダを確認するメッセージが表示されます。

Zip ファイルの保存先については講師に確認してください。通常は C:\Temp フォルダで良いでしょう。

OK をクリックします。



ヒント : 保存した場所を覚えておいてください。

5 Zip ファイルを開く

ステップ 4 で Zip ファイルを保存したフォルダを開きます。

Bridge Design Project.zip ファイルをダブルクリックします。



6 Extract をクリック

Extract をクリックしてファイルを保存したい場所を指定します。

これにより、指定されたフォルダに **_Bridge_Design_Project_ENG** という名前のフォルダが作成されます。たとえば、マイ ドキュメントに保存すると良いでしょう。ファイルの保存先については講師に確認してください。

これで、ディスク上に **Bridge Design Project** という名前のフォルダができました。このフォルダ内のデータを演習で使用します。



ヒント :保存した場所を覚えておいてください。

SolidWorks と SolidWorks Simulation を使った構造解析

このレッスンでは、SolidWorks と SolidWorks Simulation を使って構造を解析する方法について学びます。また、バルサ材を使って構造を構築します (96 ページの「ストラクチャの構築」を参照)。

SolidWorks ソリッドモデリング ソフトウェアの簡単な使い方を学んだ後、アセンブリを使って構成部品が正しくフィットするかを確認します。その後、一つの構成部品の図面をを、カット リストを含めて作成します。プリンタが利用可能であれば、図面をプリントアウトします。

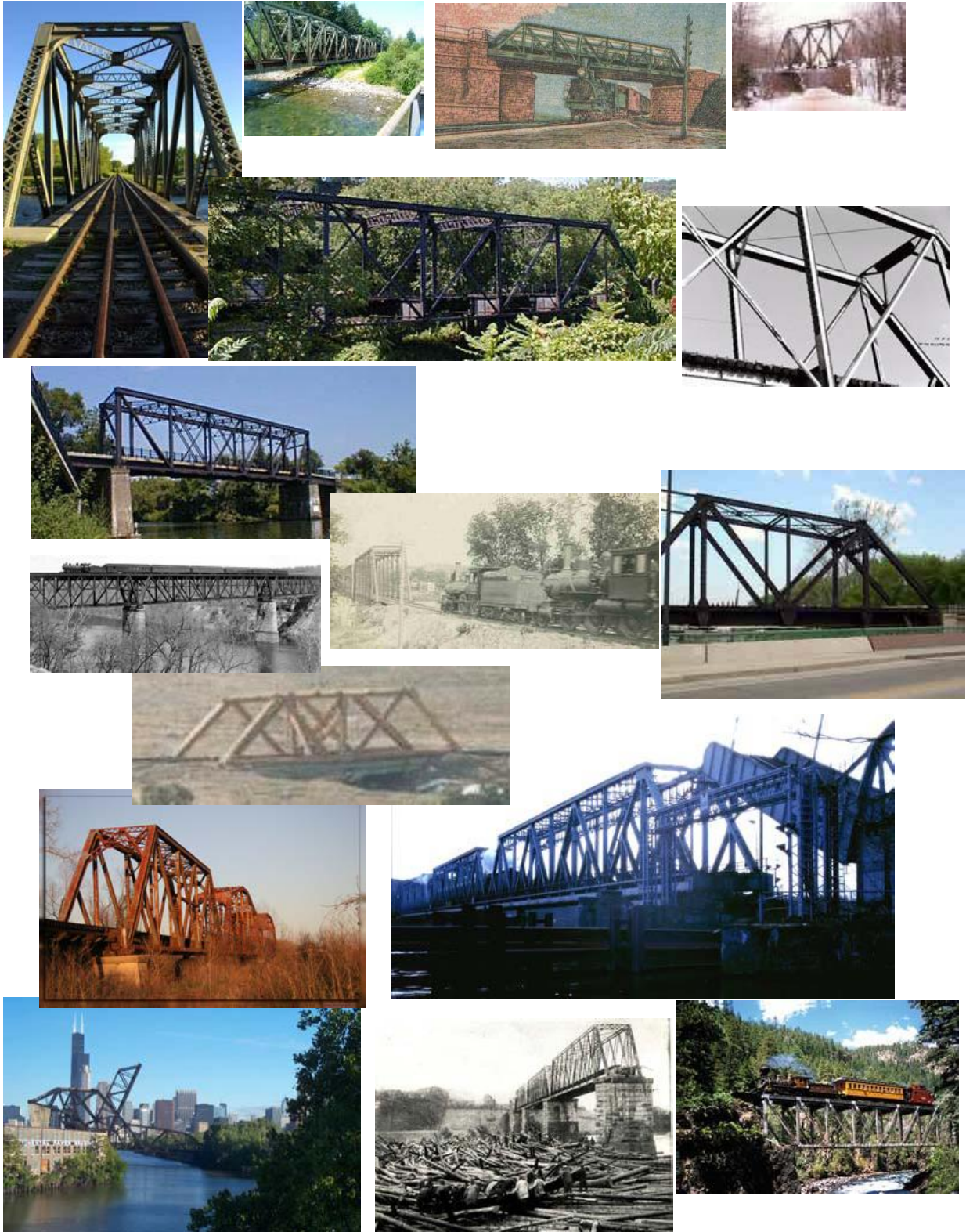
レッスン 2 ストラクチャ設計

このレッスンを終了すると、以下のことが習得できます：

- ストラクチャを定義する
- 複数の種類のトラスを作成する
- 梁とは何かを理解する
- 梁に強度を与える要因は何かを理解する
- 慣性モーメントを計算する
- ストラクチャ内での三角形ブレースの重要性を理解する

ストラクチャとは？

ストラクチャとは、鉄道、自動車、人が利用する橋によく使われるフレームのことです。これらのストラクチャの例は、全国、そして世界中に存在します。



ストラクチャの設計

ストラクチャの設計は簡潔で効率的な構造となるよう意図されています。これは、構築が容易で、最小限の材料で目的が達成できるようにするためです。ストラクチャには様々な設計がありますが、違いはそれが支持する荷重の大きさと、渡す長さに基づいたものです。ストラクチャの設計は同じ橋の中で複数回繰り返されることもあります。

トラス

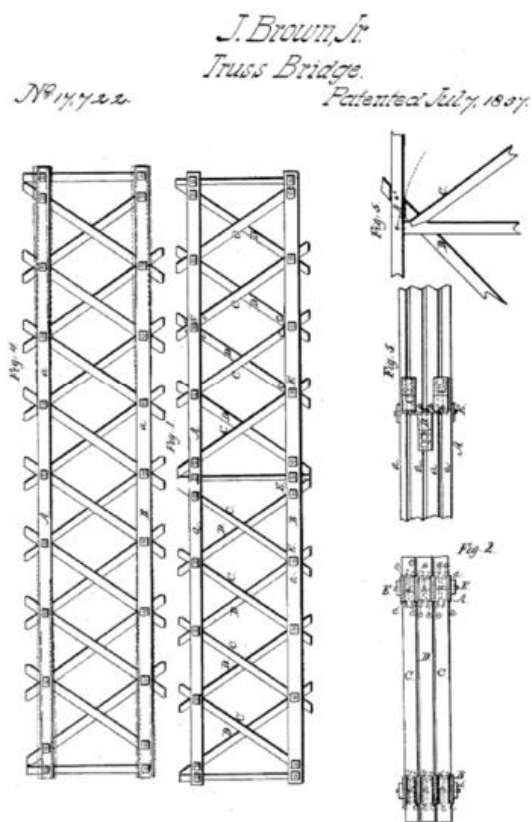
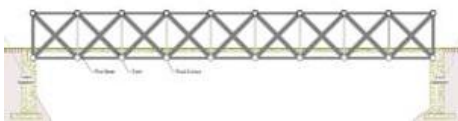
トラスは、鉄道橋でよく使用される種類のストラクチャです。これらは道路または鉄道面（デッキ）、2個の壁と場合によっては上部にブレースがついたもので構成されます。本書ではトラスの設計を解析します。



より詳しい情報は、**トラス**で検索してください。

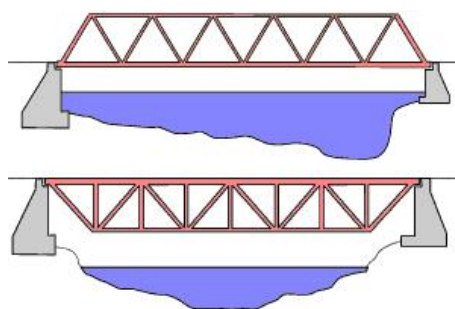
Brown トラス

Brown トラス（図は特許文書の一部です）は屋根付き橋の設計に使用されました。このトラスは「ボックス」トラス（箱形であることから）と呼ばれ、（対角に）交差したブレース梁支持のみで構築することができる、非常に効率的な設計です。



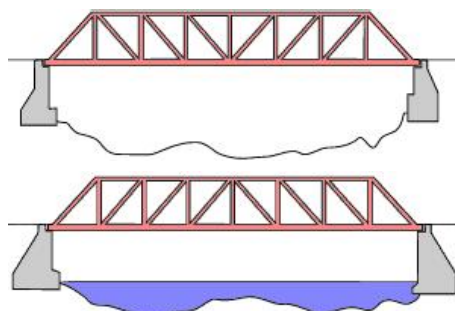
Warren トラス

Warren トラスも簡潔で経済的なタイプのトラスです。支える荷重によって、反転したり、垂直ブレースあり、なし、どちらでも使用することができます。



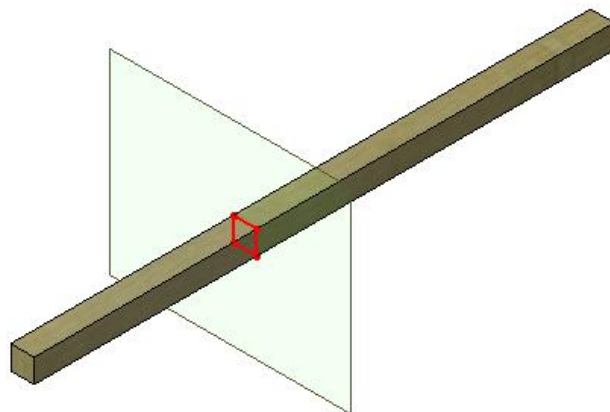
Pratt/Howe トラス

Pratt トラスと Howe トラスはたいへんよく似ています。上記の反転した **Warren トラス** 同様、どちらも垂直ブレースと斜めブレースを持っています。違いは斜めブレースの向きです。



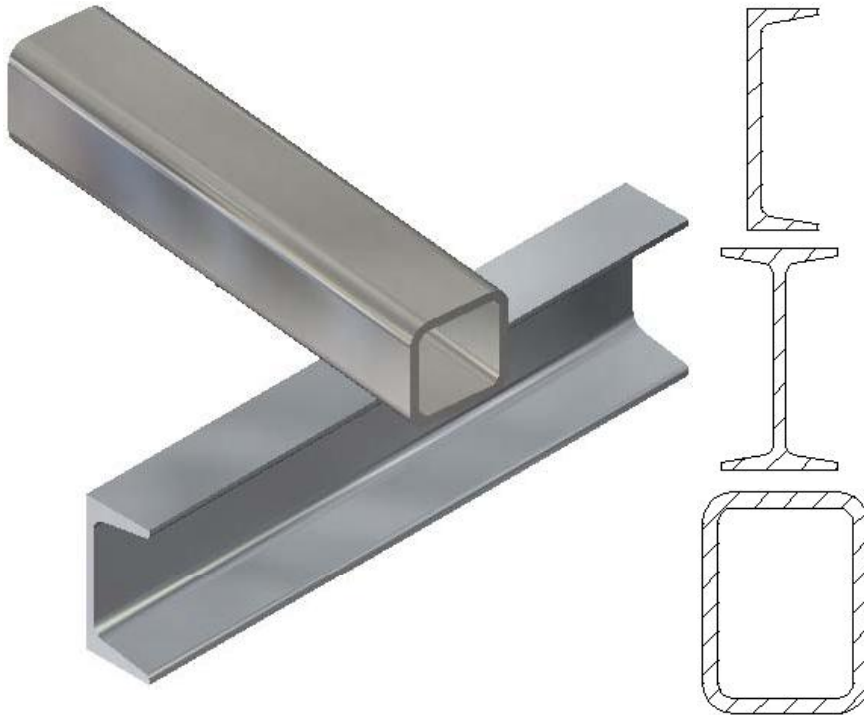
梁

梁とは、長さ方向全体で同じ断面を持つオブジェクトです。図の例では、断面は正方形です。トラスのような構造は梁で構成されます。



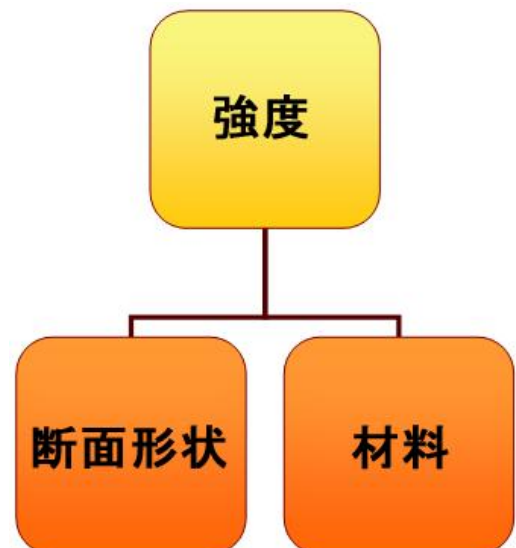
鋼鉄梁

鋼鉄梁は、溝形、I形、鋼管などの標準的な形を使用しています。



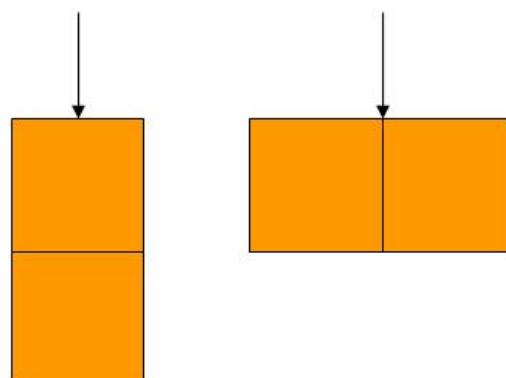
強度

梁の強度は、**断面形状**と**材料**の2つの条件に依存します。



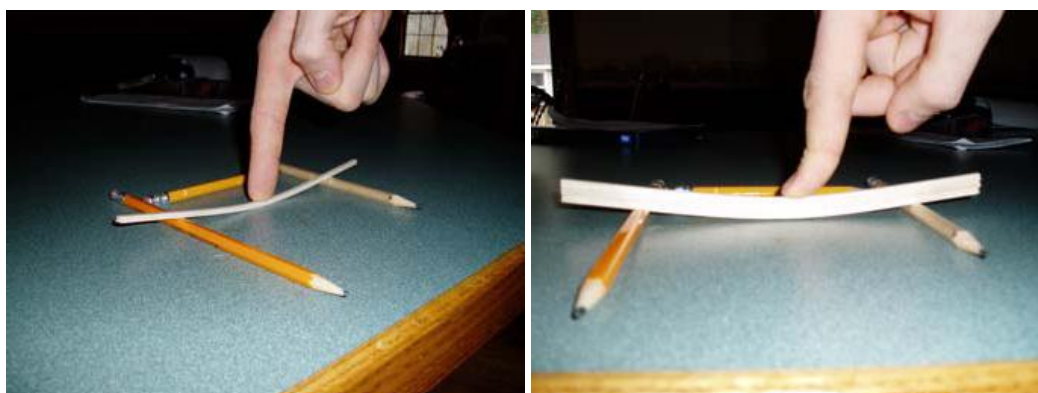
断面形状

正方形の梁を2つ積み重ねることによって、「より深い」断面が形成されます。断面が深い（左）ほど、梁は強くなります。断面を広く（右）しても、それほど強度は増しません。



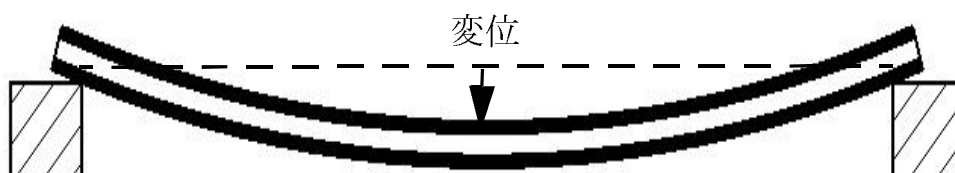
やってみましょう

1本のバルサ材を使った梁と、3本を積み重ねた梁を押してみ、抵抗の違いを感じてください。梁を支え、距離を設定するのに鉛筆を使用します。



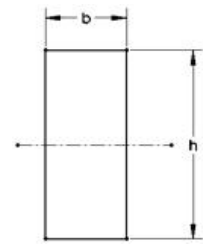
変位

構造解析で求める結果の1つに、最大**変形**があります。これは、梁に外部荷重が適用されたときに、最初の位置から動く距離です。変位はストラクチャの強度を判断するのに役立ちます。



面積の慣性モーメント

深い梁の方が強いのは、**面積の慣性モーメント**によるものです。これは、断面の幅 (b) と高さ (h) を使った数式で計算されます。これは、梁の断面による強度のみを測るもので、材料は考慮していません。



面積の慣性モーメントは、梁の曲げに対する抵抗力を計算するのに使用します。値が高いほど、曲げに対する抵抗が高くなります。


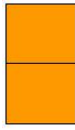

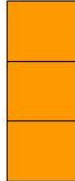
面積の慣性モーメントの計算

以下の数式を使って、正方形断面の組み合わせに対するこの値を計算することができます。

$$AreaMomentofInertia = \frac{b \times h^3}{12}$$

計算してみましょう

上記の数式と以下の表の値を使って計算してみましょう。これらの値は、バルサ材の梁の断面 **3.175mm (1/8")** 平方に基づいています。

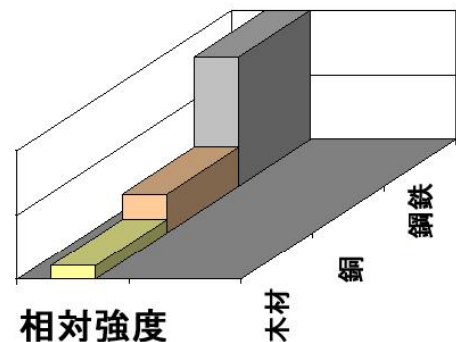
断面の数	断面の配置	b	h	面積の慣性モーメント
1		3.175mm	3.175mm	_____
2 個積み重ね		3.175mm	2 X 3.175mm	_____
2 個並べ置き		2 X 3.175mm	3.175mm	_____
3 個積み重ね		3.175mm	3 X 3.175mm	_____

質問

1. どの配置が最も大きい値になりますか？ _____
2. 2個を横に並べた配置は、2個を積み重ねた配置と同じくらいの強度がありますか？ _____
3. どの配置が最も弱いですか？ _____

材料

梁がどのような材料で出来ているかは、梁の強度を大きく左右するもう一つの要素です。木材、銅、鋼鉄の3つの材料を例として考えてみましょう。それぞれの相対的強度を右の図に示します。一般に、鋼鉄は銅より強く、銅は木材より強いものです。ただし、いかなる材料タイプにおいても値には開きがあり、また材料を定義するのに使用するヤング率やポアソン比といった複数のタイプの材料特性があることを覚えておいてください。



注記： 金属は工業製品であり、その製造の方法により、各方向に等しい強度を持っています。このような材料は、**等方性材料**と呼ばれます。



より詳しい情報は、**材料特性**で検索してください。

材料としての木材

木材は特に予測が難しい材料です。木目があるからです。この木目によって各方向の強度が異なるため、木材は等方性材料とは言えません。また、バルサ材は多孔性のため湿気に弱く、特性値が大きく変動します。

レッスンで使用する値はおおよその値です。ストラクチャを実際に構築してテストすると、結果は相対的に一致するものの値は異なるかもしれません。

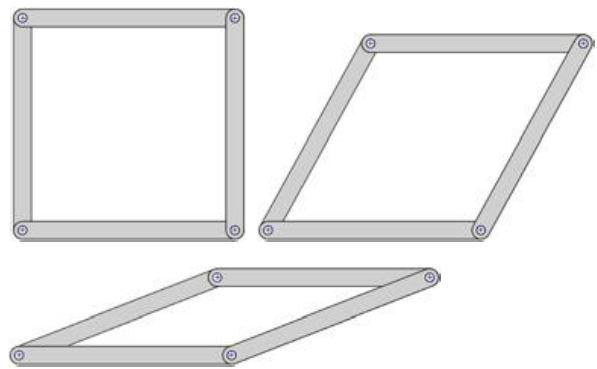
トラス壁

トラスの側面壁はオブジェクトが落ちないようにするための単なるフェンスではありません。これらの壁には通常垂直および斜め方向のブレースが含まれています。一般にトラスに垂直、斜め両方のブレースが含まれている場合、より安定します。

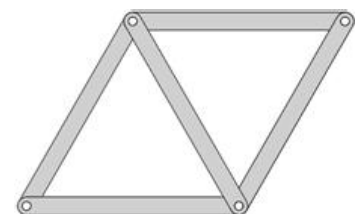
三角形

多くのストラクチャ特にトラスには三角形が含まれます。なぜ三角形がそれほど多用されるのでしょうか？理由の一つは安定性です。安定性はクロスブレースを使って三角形を形成することにより得られます。三角形はトラスに安定性をもたらします。

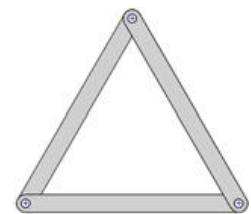
部材をボルトやピンなどでとめて構成した四角形を考えてみてください。下部を動かさないように押さえ、上部または側部を押してみます。簡単に平行四辺形になってしまうことがわかります。



5本目の部材を対角線に配置することにより大きな違いが生まれます。これにより、形状が固定されます。この追加により、平行四辺形が2つの三角形に分解できることがわかります。

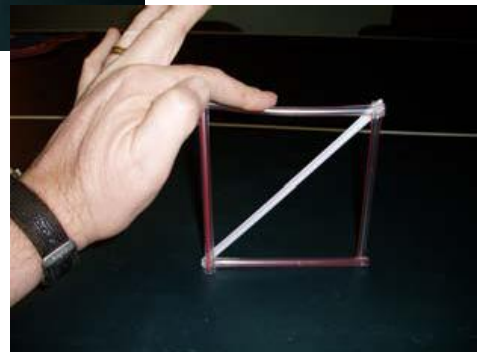
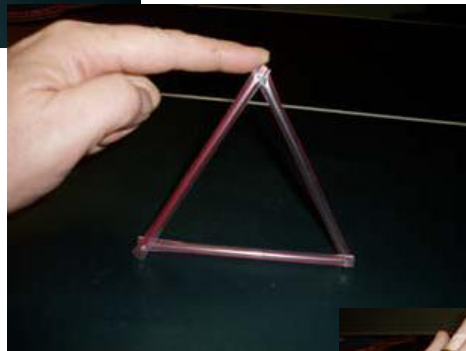
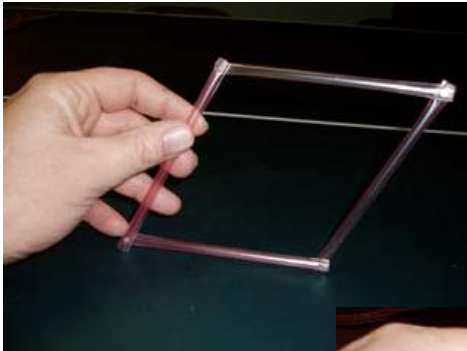


同じ部材とファスナーを使って三角形を作成します。部材の数は少なくなりましたが、安定性が生まれました。



やってみましょう

このプロセスを、ストローのような柔らかいものを使って再現できます。ストローは小さなピンを使って接続してください。



レッスン 3 梁の計算の使用

このレッスンを終了すると、以下のことが習得できます：

- SolidWorks の起動
- SolidWorks Simulation ソフトウェアをアドイン
- 既存の SolidWorks 部品を開く
- 単純な支持の梁について理解する
- 材料を割り当てる
- 断面特性を計算する
- 測定ツールを使用する
- 梁の計算を使って変位を計算する