

単純トラス補剛2ヒンジ吊橋：昭和31年版 SUSP2S31V0N：デモ版

適用範囲

- ・ 昭和31年の示方書に基づいて、既設の単純トラス補剛2ヒンジ吊橋の設計確認をします。
- ・ 車道だけの幅員、縦桁2本が対象です。
- ・ 製作・架設を考えないと決められない設計項目は省いてあります（例えば添接など）。
- ・ 処理の目的は、計算結果を体裁を整えた計算書の形にプリントすることです。
- ・ モニタ画面で、背景色が白になっている部分がA4用紙に印刷される範囲です。
- ・ 右側は、ユーザ向けのコメントと、作業用データのメモ転記と裏計算の個所です。

作業の手順

- ① このシート概要説明は、ユーザ向けの、言わばReadMeファイルです。
 - ・ エクセルソフトの利用者は、一応、EXCEL本体の使い方についての素養が必要です。
 - ・ 章構成の目次は、内容のあらまし見る目的を持たせてこのシートの後半に付けました。
 - ・ 報告書としての体裁で目次が必要であれば、この部分をプリントします。
 - ・ ユーザの作業は、シート番号-0から順に行をたどって、必要箇所のデータ入力です。
 - ・ 入力要請または書き換えが必要な個所はセルの背景色が青色になっています。
 - ・ 計算結果で、後の処理にも参照される重要なデータは、セルの背景色が黄色です。
 - ・ この部分を含め、セルのデータはすべて原則として書き換え禁止です。
- ② シートS31-0は、入力条件の準備と、計算結果のまとめです。
 - ・ このシートは、入力条件を確認するメモ記録と結果記録（ログ）が目的です。
 - ・ 作業開始時のデータは、デフォルト値（初期値）か、以前の作業データが残っています。
 - ・ 必ずデータを確認しなければならない項目は、セル背景色を青色にしてあります。
 - ・ 準拠する設計示方書で決まる荷重と許容応力度などのデータは、デフォルト扱いです。
 - ・ 一般的な定数も、デフォルト値での利用が原則ですが、変更することもできます。
 - ・ これらのデータは、これ以降のシートで参照され、途中での入力変更をしません。
 - ・ 計算で提案された主要寸法と応力度の計算結果は、セル背景色を黄色にしてあります。
 - ・ この部分は、後の作業シートのデータを、ユーザがフィードバックして完成させます。
 - ・ このとき、提案断面のイラストも、ユーザの責任で変更する必要があります。
 - ・ このシート単独は、管理名を付け、別EXCELブックにコピー保存することを薦めます。
 - ・ その方法は、まず、このシートの複製を作り、管理用シート名に付け替えます。
 - ・ このセル全体を選択し(ctrl+A)、クリップボードにコピーを作ります(CTRL+C)。
 - ・ このまま、同じ場所に貼り付けますが、オプション「値の貼り付け」を使います。
 - ・ これによって、別のセルから参照したリンクを消して、データだけがコピーされます。
 - ・ 念のため、このシートに保護を掛け、誤って数値が変更されないようにしておきます。
 - ・ そうしておいて、管理用のEXCELブックに転送して保存するのを薦めます。
 - ・ 幾つかの比較設計をした場合には、そのまま残しておくのもよいでしょう。
 - ・ この管理用シートのデータを使って再現設計をすることができます。
 - ・ ただし、結果のフィードバックデータのリンクは、切れています。
 - ・ この管理用シートをエクセルソフトに取り込んで、以前のシートS31-0と差し替えます。
 - ・ 変更を防ぐためシートがロックされている場合は、ロックを解除します。
 - ・ 縦桁・横桁・弦材断面の寸法データは、それぞれの章の断面寸法の個所に転記します。
 - ・ 転記したデータセルは、転記先のセルのアドレスを再コピーしてリンクさせます。
 - ・ 既設橋梁の計算の場合には、このシートの内容を橋梁台帳の新しい原稿に使えます。
 - ・ 計画設計・比較設計などは、モニタの画面で見ただけの一過性の使い方が便利です。
 - ・ 入力条件、例えば床版厚をこのシートで変更すると、応力度の変化が直ぐに判ります。
- ③ シートS31-1は、表紙と設計条件です。ユーザがデータを追加する必要があります。
 - ・ 標準的な計算書の表紙スタイルは、橋名・管理部局名・日付を必須の事項とします。
 - ・ 続けて、主要な設計条件一覧と簡単な一般図を付けるのが定型です。
 - ・ 設計条件のデータは、すべてシートS31-0から自動的に転載されます。
 - ・ 一般図は、別にイラストを作成して貼りこむのがよいでしょう。
 - ・ ページレイアウトを見て、表紙と同ページにまとめるか、改ページするか、を決めます。
- ④ シートS31-2は、鉄筋コンクリート床版を計算します。

- ・床版と縦桁は、トラスのパネル間を支間とするプレートガーダーの性格があります。
 - ・鉄筋コンクリート床版を採用し、縦桁間を支間方向をするのが標準的な設計です。
- ⑤ シートS31-3 は、縦桁に作用する最大曲げモーメントから断面を提案します。
- ・縦桁の鋼材重量を積算するため、断面積の値を後のシートで利用します。
 - ・最大剪断力は、添接リベットの設計に必要です。ただし、詳細を省きます。
 - ・添接部分の断面形状やリベット配置などは、製作時の詳細設計で決める事項としました。
- ⑥ シートS31-4は、中間横桁に作用する最大曲げモーメントから断面を提案します。
- ・横桁の鋼材重量を積算するため、断面積の値を後のシートで利用します。
 - ・最大剪断力は、添接リベットの設計に必要です。ただし、詳細を省きます。
 - ・添接部分の断面形状やリベット配置などは、製作時の詳細設計で決める事項としました。
- ⑦ シートS31-5-1 ~ S31-5-3は、補剛トラスの計算です。
- ・S31-5-1は、補剛トラスの断面、ケーブルに関連する基本数値と、荷重の計算です。
 - ・S31-5-2は、マトリックスの計算のためセル単位幅を広くしたシートです。
 - ・不静定水平反力、曲げモーメント、剪断力、撓みの影響線の計算部分です。
 - ・影響線の計算に使う理論式は、印刷範囲の右の余白部分にイラストで示してあります。
 - ・マトリックスの計算部分は、エクセルのマトリックス関数を利用しています。
 - ・影響線が正負交番しますので、±影響線面積の計算があります。
 - ・この部分は、自動化ができませんので影響線の数値を見ながら手作業をします。
 - ・S31-5-3は、影響線計算を受けて、最大最小応力の計算です。
 - ・弦材の添接部の設計は、製作・輸送・架設を考慮して決める事項ですので省きます。
- ⑧ シートS31-67は、ケーブルの計算をまとめますが、その他の雑計算を含めます。
- ・トラス橋全体の重量・梁換算の曲げ剛性・死活荷重による撓みの計算があります。
 - ・再現設計計算の場合は、既設橋梁の振動測定データの検証に利用します。
 - ・概算鋼重の積算を行います。この値で最初の鋼重仮定を検証します。
- ・シートS31-8は、固有振動数の計算です。撓みのマトリックスから計算します。
- ・正確な固有ベクトルはヤコビ法を使いますが、近似計算はフーリエ級数を使いました。

印刷時の作業

- ・各シートは、印刷範囲が白の背景色になっています。改行位置は、変更できます。
- ・印刷範囲以外は、コメント・参考値のコピー・裏計算・照査に使用しているものです。
- ・印刷範囲以外に表示されているデータも、原則として書き換え禁止です。
- ・これらを削除または変更すると、誤計算となりますので注意が必要です。
- ・モニタ上の作業イメージのまま、必ずしも正確にプリントが得られるとは限りません。
- ・プリントを得る前に、プリントプレビューで確認する必要があります。
- ・モニタ用とプリンタ用とは、フォントが同じでは無いことが一つの原因です。
- ・EXCEL本体の印刷機能は、MS-Wordなどのような高度な編集機能がありません。
- ・他のドキュメントと組み合わせたいときは、PDFファイルに落として編集します。
- ・ただし、PDFファイルに落とすには、アドインソフトのダウンロードが必要です。
- ・ページ番号は、オリジナルシートでは入れていませんので、ユーザ側で挿入します。
- ・PDFファイルの集合で、全体ページを通して挿入することができます。

参考文献など

- ・計算手法については、「橋梁&都市PROJECT」2010年1月号を参照してください。
- ・全般的な解説はインターネットで閲覧できるように準備中です。
- ・「鋼橋Ⅲ、平井敦ほか、1976、技報堂」

目 次

- 1 設計条件
 - 1.1 橋梁データ
 - 1.2 一般寸法
 - 1.3 床組断面寸法
 - 1.4 自動車荷重諸元
 - 1.5 雪荷重
 - 1.6 風荷重
- 2 床版の計算
 - 2.1 荷重の計算
 - 2.1.1 死荷重
 - 2.1.2 自動車荷重
 - 2.1.3 雪荷重
 - 2.1.4 衝撃係数
 - 2.2 応力の計算
 - 2.2.1 死荷重
 - 2.2.2 自動車荷重
 - 2.2.3 雪荷重
 - 2.2.4 衝撃荷重
 - 2.2.5 応力の集計
 - 2.3 断面計算
- 3 縦桁の計算
 - 3.1 影響線の計算
 - 3.2 荷重の計算
 - 3.2.1 死荷重
 - 3.2.2 自動車荷重
 - 3.2.3 雪荷重
 - 3.2.4 衝撃係数
 - 3.3 応力の計算
 - 3.3.1 影響線
 - 3.3.2 死荷重
 - 3.3.3 自動車荷重
 - 3.3.4 雪荷重
 - 3.3.5 衝撃荷重
 - 3.3.6 応力の集計
 - 3.4 断面計算
 - 3.5 たわみの計算
- 4 横桁の計算
 - 4.1 荷重の計算
 - 4.1.1 死荷重
 - 4.1.2 自動車荷重
 - 4.1.3 雪荷重
 - 4.1.4 衝撃係数
 - 4.2 応力の計算
 - 4.2.1 影響線
 - 4.2.2 死荷重
 - 4.2.3 自動車荷重
 - 4.2.4 雪荷重
 - 4.2.5 衝撃荷重
 - 4.2.6 応力の集計
 - 4.3 断面計算
 - 4.4 たわみの計算
- 5 補剛桁の計算
 - 5.1 補剛トラス
 - 5.1.1 弦材
 - 5.1.2 補剛トラス断面剛性
 - 5.2 ケーブル関連数値

- 5.2.1 計算条件
- 5.2.2 ケーブル全長
- 5.2.3 単位水平力によるケーブルの伸び
- 5.2.4 温度差によるケーブルの伸び
- 5.3 荷重
 - 5.3.1 死荷重
 - 5.3.2 活荷重
 - 5.3.3 衝撃係数
 - 5.3.4 雪荷重
 - 5.3.5 温度差による荷重
- 5.4 影響線の計算
 - 5.4.1 単位荷重用構成マトリックスの計算
 - 5.4.2 等分布荷重用構成ベクトルの計算
 - 5.4.3 二項積によるマトリックスの計算
 - 5.4.4 水平反力増分Hの影響線と応力
 - 5.4.5 曲げモーメントの影響線
 - 5.4.6 曲げモーメントの影響値と面積
 - 5.4.7 剪断力の影響線
 - 5.4.8 剪断力の影響値と面積
 - 5.4.9 撓みの影響線
 - 5.4.10 撓みの影響値と面積
- 5.5 応力の計算
 - 5.5.1 曲げモーメント
 - 5.5.2 剪断力
 - 5.5.3 撓み
- 5.6 断面計算
 - 5.6.1 弦材
 - 5.6.2 斜材
 - 5.6.3 垂直材
- 6 ケーブル及び吊材
 - 6.1 ケーブル
 - 6.2 吊材
- 7 横構の計算その他
 - 7.1 地震荷重
 - 7.2 風荷重
 - 7.3 上横構
 - 7.4 下横構
 - 7.5 対傾構
 - 7.6 風荷重による水平撓みと振動
 - 7.7 積算鋼材重量
- 8 振動の計算
 - 8.1 基本数値
 - 8.2 理論式による計算
 - 8.3 マトリックスによる計算



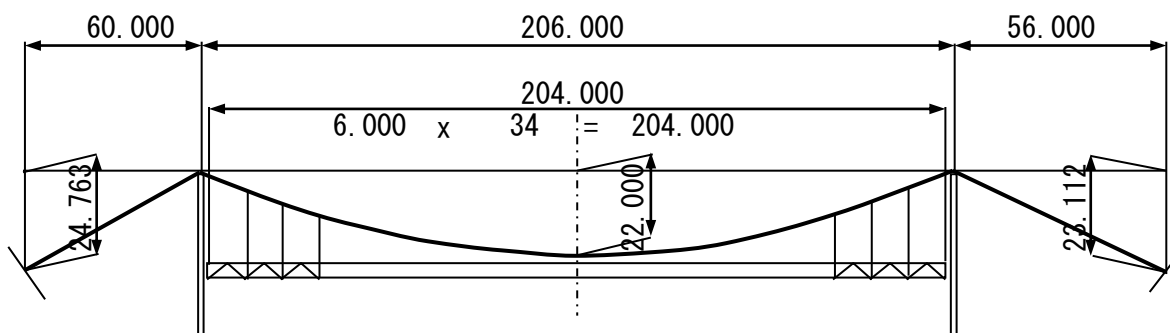


設計条件入力と結果のまとめ： SUSP2S31V0N: デモ版
 箱ヶ瀬橋吊橋部 再現設計計算書
 2009/11/1
 作成：エクセルSoft開発グループ

路線名
 所在地
 橋名
 竣工
 上部工：

電源開発株式会社九頭竜ダム
 福井県大野郡和泉村箱ヶ瀬
 箱ヶ瀬橋
 昭和43年6月

形式 トラス補剛2ヒンジ吊橋
 橋長 $L = 60 + 206 + 56 = 322\text{m}$
 吊橋部支間長 $L_s = 204.000\text{m}$
 有効幅員 $B = 4.100\text{m}$
 舗装 コンクリート舗装 $t=50\text{mm}$
 適用示方書 鋼道路橋設計示方書・建設省道路局 昭和31年



| | | |
|--------------|----------------------------|------|
| 塔間距離 | L1 = 206.000 m | |
| 左控長 | L2 = 60.000 | |
| 右控長 | L3 = 56.000 m | |
| 補剛トラス支間長 | L = 204.000 m | |
| 格点分割数 | 34 | |
| 格間長 | 6.000 | |
| 幅員 車道 | B = 4.100 m | |
| 地覆幅 (片側) | bc = 0.350 m | |
| 床版厚 | ts = 0.170 m | |
| 舗装 | tp = 0.050 m | |
| 高欄重量 (片側) | hw = 0.030 tf/m | 鋼製高欄 |
| 地覆内側高さ | hi = 0.320 m | |
| 縦桁本数 | ng = 2 本 | |
| 縦桁間隔 | ps = 3.000 m | |
| 補剛桁トラス高さ | Ha = 3.000 m | |
| サグ | f = 22.000 m | |
| ケーブル間隔 | st = 5.170 m | |
| 素線径 | 5 mm | |
| 素線断面積 | 0.196 cm ² | |
| ストランド数 | 4 | |
| 素線数/ストランド | 168 | |
| ケーブル断面積 (片側) | Ac = 131.7 cm ² | |
| トラス部パネル数 | pn = 34 パネル | |
| パネル間隔 | ps = 6.000 m | |
| ハンチ高 | hc = 0.070 m | |
| 左側ケーブル控え高さ | $\beta a = 24.763$ m | |
| 右側ケーブル控え高さ | $\beta b = 23.112$ m | |

荷重

1 : 活荷重 (一等橋TL20)

2 : 活荷重 (二等橋TL14)

橋梁タイプ = 2

| | | | |
|-----------|-------------|-------|--------------------|
| 重力の加速度 | G = | 9.8 | m/sec ² |
| 基本線荷重 | | 3.500 | tf/m |
| 基本等分布荷重 | | 0.245 | tf/m ² |
| 自動車前輪荷重 | Pf = | 1.400 | tf |
| 自動車後輪荷重 | Pr = | 5.600 | tf |
| 縦桁構造係数 | β_s = | 1.0 | |
| 自動車車体幅 | | 2.750 | m |
| 自動車車体長 | | 7.000 | m |
| 自動車車輪間隔 | | 1.750 | m |
| 自動車後輪接地幅 | | 0.500 | m |
| 自動車軸方向接地長 | | 0.200 | m |
| 前輪位置 | | 1.000 | m |
| 前後輪間距離 | | 4.000 | m |
| 後輪位置 | | 2.000 | m |

| | | | |
|---------------|----------|--------------|-------------------------|
| 雪荷重 (活荷重載荷時) | | 0.100 | tf/m ² |
| 雪荷重 (活荷重無載荷時) | | 0.500 | tf/m ² |
| 温度変化 | 15度± | 35 | 度 |
| 仮定鋼材重量 | 床組み | wgf = | 0.115 tf/m ² |
| | 補剛トラス部 | wg = | 0.490 tf/m ² |
| | 主ケーブル+吊材 | wgf = | 0.130 tf/m (片側) |
| 材料の単位重量 | 鉄筋コンクリート | γ_r = | 2.40 tf/m ³ |
| | コンクリート舗装 | γ_p = | 2.30 tf/m ³ |

材料の許容応力度

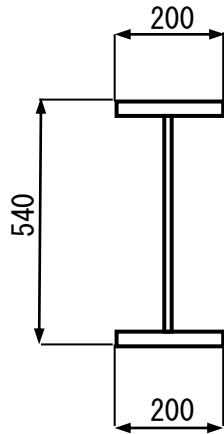
| | | | | | |
|----------|---------------------------|------|------------------|---------|---------------------|
| 鋼材 | 鋼材の圧縮応力度 | SS41 | σ_{ca} = | 1200 | kgf/cm ² |
| | | SM50 | σ_{ca} = | 1800 | kgf/cm ² |
| | 鋼材の引張応力度 | SS41 | σ_{ta} = | 1300 | kgf/cm ² |
| | | SS50 | σ_{ta} = | 1700 | kgf/cm ² |
| | | SM50 | σ_{ta} = | 1900 | kgf/cm ² |
| | 鋼材のせん断応力度 | SS41 | τ_a = | 1000 | kgf/cm ² |
| | | SM50 | τ_a = | 1400 | kgf/cm ² |
| ヤング係数 | 鋼材 | | E = | 2100000 | kgf/cm ² |
| | ケーブル | | E _c = | 2000000 | kgf/cm ² |
| | ケーブルの保証破断強度 | | σ_p = | 16000 | kgf/cm ² |
| 床版コンクリート | 圧縮強度 | | σ_{ck} = | 210.0 | kgf/cm ² |
| | 曲げ圧縮応力度 = $\sigma_{ck}/3$ | | σ_{ca} = | 70.0 | kgf/cm ² |
| | せん断応力度 | | τ_a = | 8.0 | kgf/cm ² |
| | 鉄筋の引張応力度 | | σ_{ta} = | 1400 | kgf/cm ² |

提案断面

鉄筋コンクリート床版

| | | |
|--------------|-------|-----------------|
| 断面の幅 | 100.0 | cm |
| かぶり | 3.5 | cm |
| 鉄筋径 | D 16 | |
| 主鉄筋間隔 | 10.0 | cm |
| 鉄筋 1 本あたり断面積 | 1.986 | cm ² |
| ヤング係数比 | 15 | |

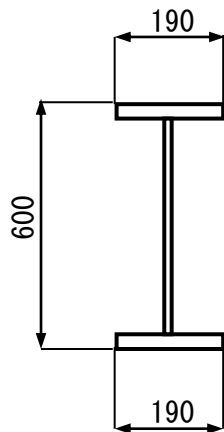
縦桁



縦桁断面 (I 形鋼)

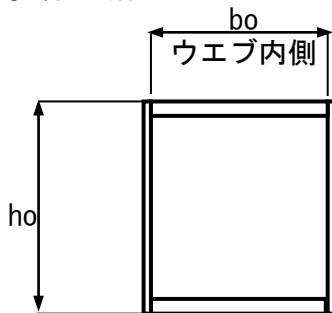
| | | | |
|------------|-----|---|----|
| 1 - FLG PI | 200 | x | 15 |
| 1 - Web | 540 | x | 9 |
| 1 - FLG PI | 200 | x | 15 |

横桁



| | | | | | | | | |
|------------|-----|---|-----|---|----|---|----|------|
| I - | 600 | x | 190 | x | 16 | x | 35 | SS41 |
| 1 - FLG PI | 190 | x | 35 | | | | | |
| 1 - Web | 600 | x | 16 | | | | | |
| 1 - FLG PI | 190 | x | 35 | | | | | |

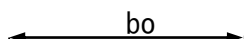
弦材の断面



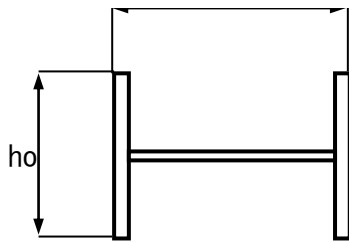
ho = 230 mm
bo = 270 mm

| | | | |
|------------|-----|---|----|
| 2 - PL | 270 | x | 10 |
| 2 - Web PI | 230 | x | 22 |

斜材 (引張材)



斜材の断面 (引張材)



bo = 268 mm 上下弦材ho引く 2mm
 ho = 200 mm

1 - PL 252 x 8
 2 - PI 200 x 8

箱断面の上下を重ねて1枚にしたとして計算する

計算応力度の総括 (単位 : kgf/cm²)

| 鉄筋コンクリート床版 | | 支間部 | 支点部 | 張出部 | 許容応力度 |
|------------|------------|------|------|------|-------|
| コンクリート | σ_c | 69.1 | 35.3 | 30.9 | 70 |
| 鉄筋 | σ_s | 1274 | 847 | 742 | 1400 |

| 縦桁 | | 実応力度 | 許容応力度 |
|-------|------------|------|-------|
| 圧縮応力度 | σ_c | 1180 | 1200 |
| 引張応力度 | σ_s | 1180 | 1300 |

| 横桁 | | 実応力度 | 許容応力度 |
|-------|------------|------|-------|
| 圧縮応力度 | σ_c | 1057 | 1075 |
| 引張応力度 | σ_s | 1057 | 1300 |

| 弦材 | | 実応力度 | SS41 |
|-------|------------|------|------|
| 圧縮応力度 | σ_c | 1014 | 1088 |
| 引張応力度 | σ_s | 1057 | 1300 |

| 斜材 | | 実応力度 | SS41 |
|-------|------------|------|------|
| 圧縮応力度 | σ_c | 668 | 1083 |
| 引張応力度 | σ_s | 668 | 1300 |

| 垂直材 | | 実応力度 | SS41 |
|-------|------------|------|------|
| 圧縮応力度 | σ_c | 537 | 1128 |
| 引張応力度 | σ_s | - | - |

橋の剛性 (主トラス当たり)

| | | | | | |
|--------|----|-------------------|---------|------|-------|
| 死荷重 | Wd | tf/m | 2.51 | | |
| 曲げ剛性 | EI | tf-m ² | 1466640 | | |
| 活荷重たわみ | Yl | mm | 264.8 | 許容値= | 340.0 |

箱ヶ瀬橋吊橋部 再現設計計算書

2009/11/1

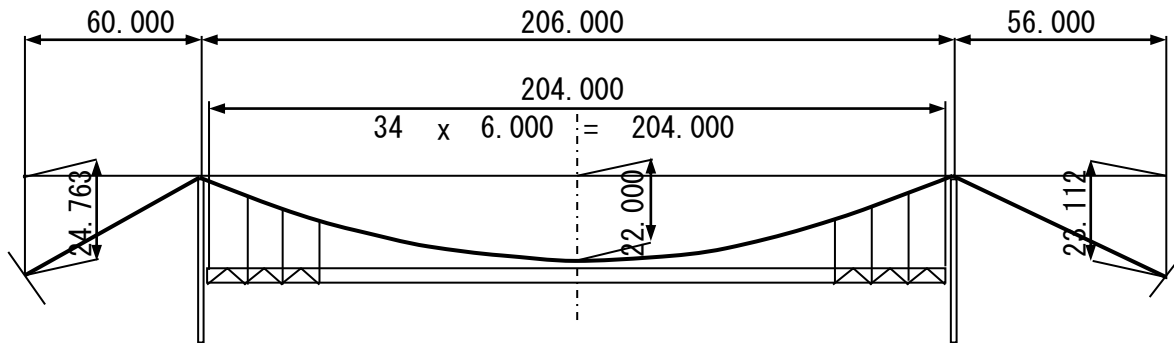
作成：エクセルSoft開発グループ

1 設計条件

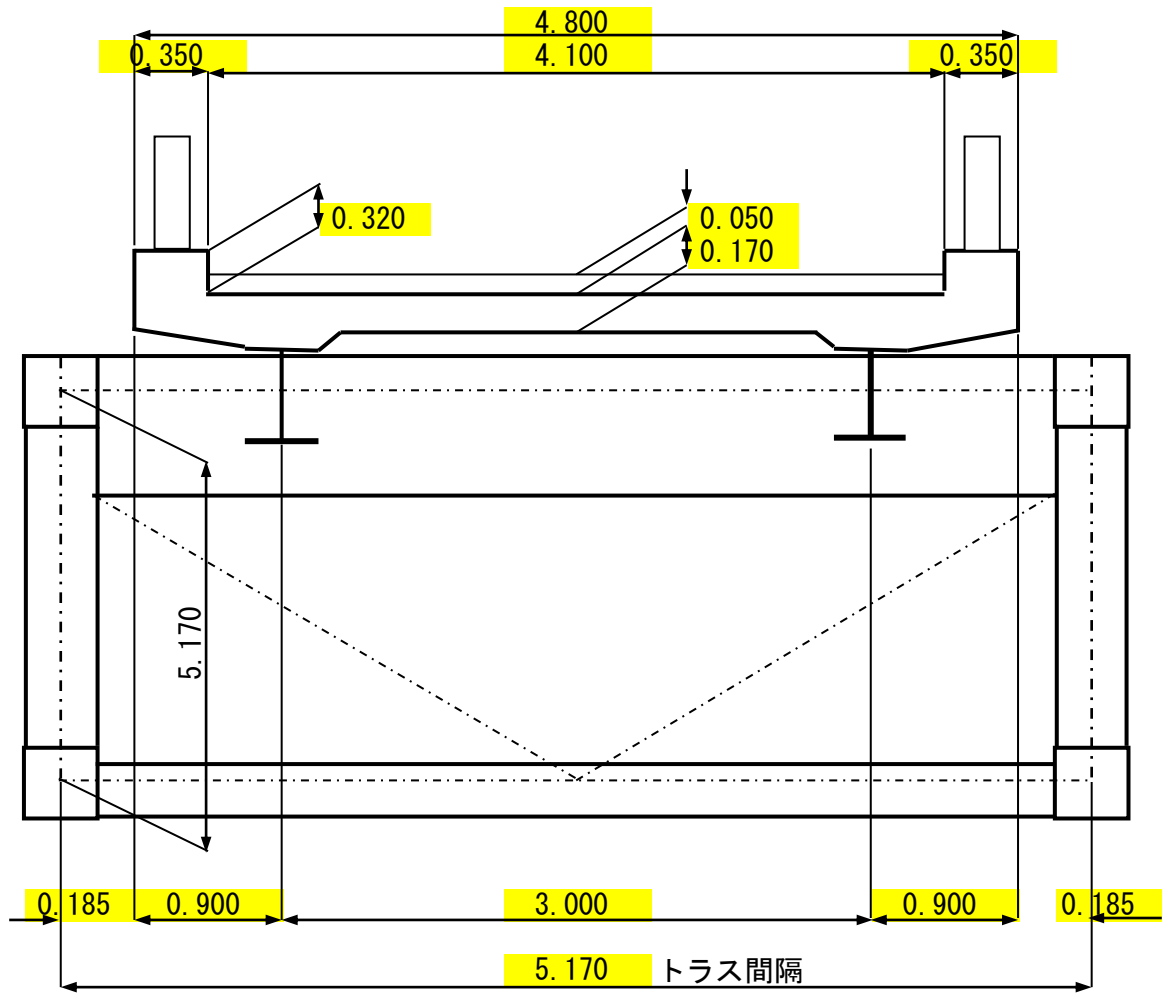
1.1 橋梁データ

| | |
|-------|-----------------------------------|
| 路線名 | 電源開発株式会社九頭竜ダム |
| 所在地 | 福井県大野郡和泉村箱ヶ瀬 |
| 橋名 | 箱ヶ瀬橋 |
| 竣工 | 昭和43年6月 |
| 上部工： | |
| 形式 | トラス補剛2ヒンジ吊橋 |
| 橋長 | $L = 60 + 206 + 56 = 322\text{m}$ |
| 支間長 | $L_s = 204.000\text{m}$ |
| 有効幅員 | $B = 4.100\text{m}$ |
| 舗装 | コンクリート舗装 $t=50\text{mm}$ |
| 適用示方書 | 鋼道路橋設計示方書・建設省道路局 昭和31年 |
| 橋格 | |

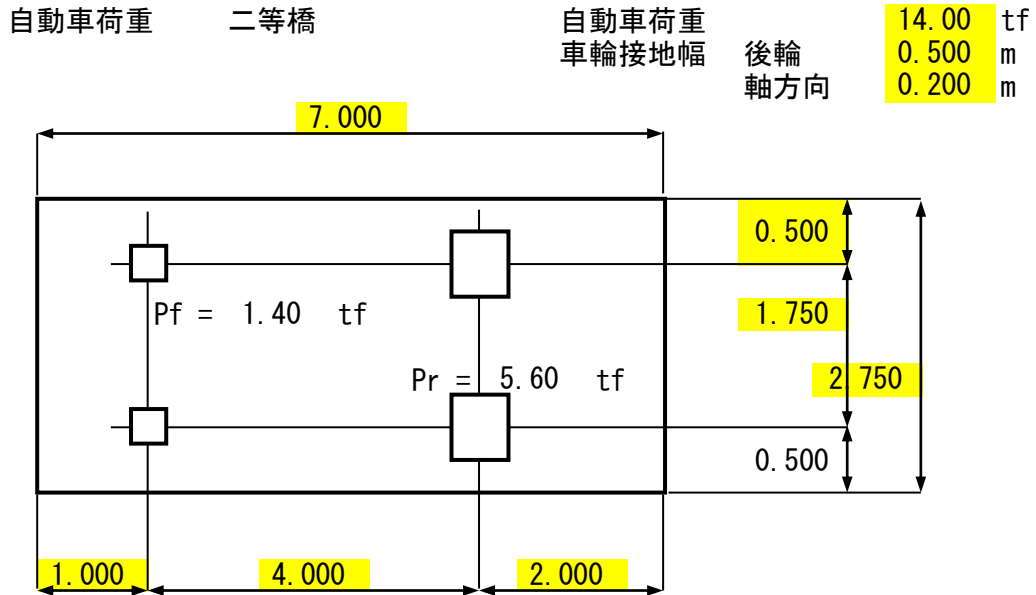
1.2 一般寸法



1.3 床組断面寸法



1.4 自動車荷重諸元



L荷重係数 $\alpha = 1 - (W - 5.5) / 50 = 1.028$
 α は0.75以上1.00以下とする。 $\alpha = 1.000$

L荷重

二等橋 線荷重 $P = 3.50 \times 1.000 = 3.50 \text{ tf/m}$
 等分布荷重 $p = 0.25 \times 1.000 = 0.25 \text{ tf/m}^2$

1.5 雪荷重

活荷重載荷時 = 0.10 tf/m²
 活荷重無載荷時 = 0.50 tf/m²

1.6 風荷重

橋軸方向の長さ1mにつき

載荷弦 載荷時 $330 + (450 \times h) \geq 600 \text{ kgf/m}$
 無載荷時 $360 + (900 \times h) \geq 600 \text{ kgf/m}$
 無載荷弦 載荷時 $(450 \times h) \geq 300 \text{ kgf/m}$
 無載荷時 $(900 \times h) \geq 300 \text{ kgf/m}$

注：h = 弦材の高さ(m)

上路プレートガード $240 + (450 \times h) \geq 600 \text{ kgf/m}$

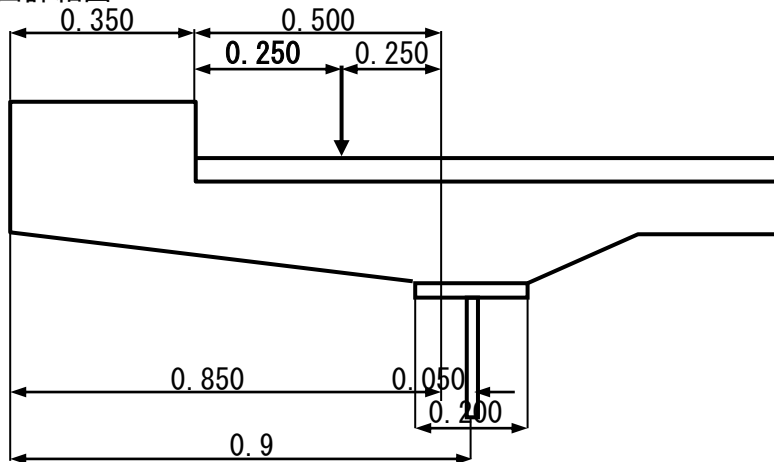
2 床版の計算

2.1 荷重の計算

2.1.1 死荷重 単位幅(1m) 当たりで計算を行う。

| | | | | |
|--------|----------------------|---|------|----|
| 高欄(片側) | 0.030 | = | 0.03 | tf |
| 地覆(片側) | 0.350 x 0.320 x 2.40 | = | 0.27 | tf |
| 合計 | | | 0.30 | tf |

床版張出詳細図



| | | | | |
|-----------|------------------|---|------|------|
| 床版(張出し先端) | 0.170 x 2.40 | = | 0.41 | tf/m |
| | 0.41 x 0.850 / 2 | = | 0.17 | tf |
| 床版(張出し固定) | 0.240 x 2.40 | = | 0.58 | tf/m |
| | 0.58 x 0.850 / 2 | = | 0.25 | tf |
| 舗装 | 0.050 x 2.30 | = | 0.12 | tf/m |
| 床版 | 0.170 x 2.40 | = | 0.41 | tf/m |
| 舗装+床版 | 合計 | = | 0.53 | tf/m |

2.1.2 自動車荷重 後輪荷重 5.60 tf

2.1.3 雪荷重 0.10 tf/m

2.1.4 衝撃係数

支間部支間長 L = 3.000 m
 衝撃係数 $i = 20 / (50 + L) = 0.377$

張出部支間長 L = 0.250 m
 張出部の支間長は縦桁のフランジ幅を考慮している。
 衝撃係数 $i = 20 / (50 + L) = 0.398$

2.2 応力の計算

床版の計算は規定によりせん断力に対しては考慮しない。
床版の計算は規定により単純桁として計算する。

2.2.1 死荷重

曲げモーメント

| | | | | | | | | |
|-------|------|---|-------|---------------|-------|---|------|------|
| 支間部 | 0.53 | x | 3.000 | ^{2/} | 10 | = | 0.48 | tf-m |
| 支点部 | 0.53 | x | 3.000 | ^{2/} | 8 | = | 0.60 | tf-m |
| 張出部 | | | | | | | | |
| 高欄・地覆 | 0.30 | x | 0.675 | | | = | 0.20 | tf-m |
| 舗装 | 0.12 | x | 0.500 | ^{2/} | 2 | = | 0.02 | tf-m |
| 先端三角 | 0.17 | x | 0.850 | x | 2 / 3 | = | 0.10 | tf-m |
| 固定三角 | 0.25 | x | 0.850 | / | 3 | = | 0.07 | tf-m |
| | | | | | 合計 | | 0.39 | tf-m |

2.2.2 自動車荷重

輪荷重による曲げモーメント (床版は単純版とする)

| | | | | | | | | |
|-----|------|-----------|----|-----|------|------|--|--|
| | 後輪荷重 | P = 5.60 | tf | | | | | |
| 支間部 | | L = 3.000 | m | M = | 1.65 | tf-m | | |
| 支点部 | | 支間部と同じ | | M = | 1.65 | tf-m | | |
| 張出部 | | L = 0.250 | m | M = | 1.56 | tf-m | | |

2.2.3 雪荷重

曲げモーメント

| | | | | | | | | |
|-----|------|---|-------|---------------|----|---|------|------|
| 支間部 | 0.10 | x | 3.000 | ^{2/} | 10 | = | 0.09 | tf-m |
| 支点部 | 0.10 | x | 3.000 | ^{2/} | 8 | = | 0.11 | tf-m |
| 張出部 | 0.10 | x | 0.850 | ^{2/} | 2 | = | 0.04 | tf-m |

2.2.4 衝撃荷重

| | | | | | | | | |
|---------|-----|-----------|---|-------|---|------|------|--|
| 衝撃係数 | 支間部 | i = 0.377 | | | | | | |
| | 張出部 | i = 0.398 | | | | | | |
| 曲げモーメント | 支間部 | 1.65 | x | 0.377 | = | 0.62 | tf-m | |
| | 支点部 | 1.65 | x | 0.377 | = | 0.62 | tf-m | |
| | 張出部 | 1.56 | x | 0.398 | = | 0.62 | tf-m | |

2.2.5 応力の集計

曲げモーメント

| tf-m | 支間部 | 支点部 | 張出部 |
|-------|------|------|------|
| 死荷重 | 0.48 | 0.60 | 0.39 |
| 自動車荷重 | 1.65 | 1.65 | 1.56 |
| 雪荷重 | 0.09 | 0.11 | 0.04 |
| 衝撃荷重 | 0.62 | 0.62 | 0.62 |
| 合計 | 2.84 | 2.98 | 2.61 |

2.3 断面計算

軸力のない長方形断面の一般式

中立軸の位置

$$X = -\frac{n (As + As')}{b} + \left[\left(\frac{n (As + As')}{b} \right)^2 + \frac{2n}{b} x (d As + d' As') \right]^{0.5}$$

コンクリートの断面係数

$$Kc = \frac{bX}{2} \left(d - \frac{X}{3} \right) + nAs' \frac{X - d'}{X} (d - d')$$

鉄筋の断面係数

$$Ks = \frac{1}{n} x \frac{X}{d - X} x Kc$$

| | 単位 | 支間部 | 支点部 | 張出部 |
|----------------------|---------------------|--------|--------|--------|
| 曲げモーメント | tf-m | 2.84 | 2.98 | 2.61 |
| 断面の高さ | cm | 17.0 | 24.0 | 24.0 |
| かぶり | cm | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| 断面の有効高 | cm | 13.5 | 20.5 | 20.5 |
| 断面の幅 | cm | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| ヤング係数比 | | 15 | 15 | 15 |
| 主鉄筋間隔 | cm | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| 主鉄筋本数 | 本 | 10 | 10 | 10 |
| 主鉄筋径 異形鉄筋 | mm | 16 | 16 | 16 |
| 主鉄筋1本当たりの断面積 | cm ² | 1.986 | 1.986 | 1.986 |
| 引張側の鉄筋量 As | cm ² | 19.860 | 19.860 | 19.860 |
| 圧縮側の鉄筋量 As' | cm ² | 9.930 | 9.930 | 9.930 |
| 鉄筋量の合計 Ao=As+As' | cm ² | 29.790 | 29.790 | 29.790 |
| A1 = n Ao / b | cm | 4.469 | 4.469 | 4.469 |
| A2 = 2 n / b | 1/m | 0.300 | 0.300 | 0.300 |
| A3 = dAs + d' As' | cm ³ | 302.9 | 441.9 | 441.9 |
| A4 = A2 x A3 | cm ² | 90.9 | 132.6 | 132.6 |
| Root | cm ² | 110.8 | 152.5 | 152.5 |
| A5 = √Root | cm | 10.527 | 12.350 | 12.350 |
| 中立軸の位置 X | cm | 6.06 | 7.88 | 7.88 |
| B1 = bX / 2 | cm | 302.9 | 394.1 | 394.1 |
| B2 = d - X/3 | | 11.480 | 17.873 | 17.873 |
| B3 = B1x B2 | | 3477.9 | 7043.6 | 7043.6 |
| B4 = nAs' | cm ³ | 149.0 | 149.0 | 149.0 |
| B5 = (X - d') / X | | 0.422 | 0.556 | 0.556 |
| B6 = d - d' | | 10.0 | 17.0 | 17.0 |
| B7 = B4 x B5 x B6 | | 629.1 | 1407.7 | 1407.7 |
| コンクリートの断面係数 Kc | | 4107 | 8451 | 8451 |
| C1 = X / n (d - X) | | 0.0543 | 0.0416 | 0.0416 |
| 鉄筋の断面係数 Ks | | 222.9 | 351.9 | 351.9 |
| σc | kgf/cm ² | 69.1 | 35.3 | 30.9 |
| σca | kgf/cm ² | 70 | 70 | 70 |
| σs | kgf/cm ² | 1274 | 847 | 742 |
| σsa | kgf/cm ² | 1400 | 1400 | 1400 |

3 縦桁の計算

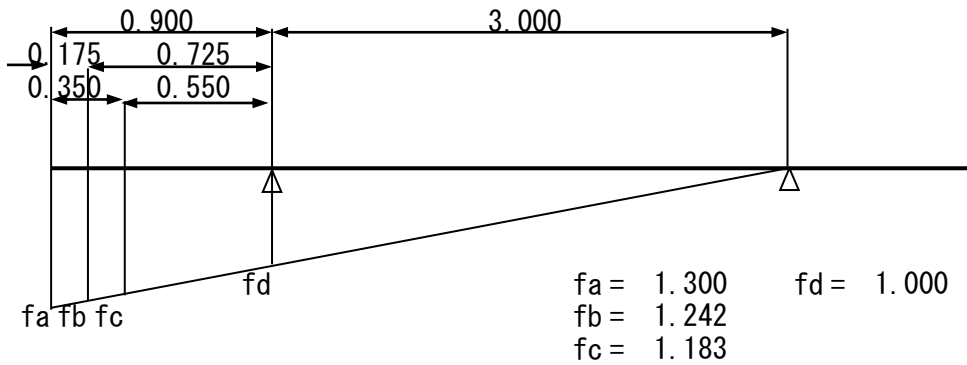
設計条件：荷重分配は1：0分配法による。自動車荷重はT荷重により計算を行う。

| | | |
|----------|-------|-------------------|
| 縦桁間隔 | 3.000 | m |
| 縦桁支間長 | 6.000 | m |
| 床組みの仮定鋼重 | 0.130 | tf/m ² |
| 車線数 | 1 | 車線 |

3.1 影響線の計算

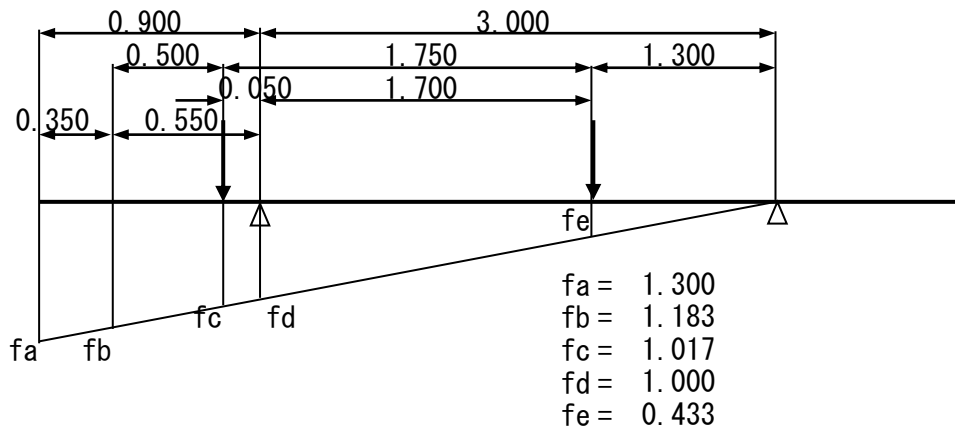
縦桁の影響線
死荷重

ハンチは隣接主桁にて受け持つ。



| | | | | | | | | | |
|----|---------|---------|----------|---------|-----|-----|-----|---------|-------|
| 床版 | $A_a =$ | 1.300 | \times | 3.900 | $/$ | 2 | $=$ | 2.535 | m^2 |
| 舗装 | $A_b =$ | 1.183 | \times | 3.550 | $/$ | 2 | $=$ | 2.100 | m^2 |

自動車荷重

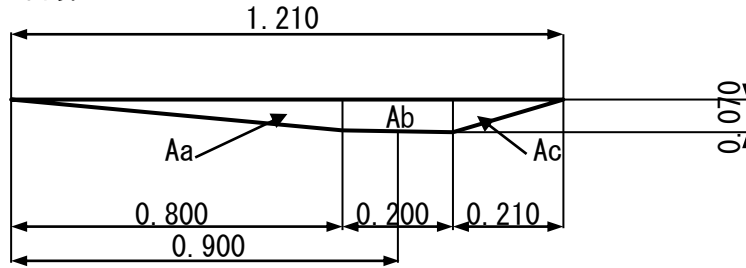


輪荷重 $f = 1.017 + 0.433 = 1.450$

3.2 荷重の計算

3.2.1 死荷重

ハンチの計算



$$\begin{aligned}
 Aa &= 0.800 \times 0.070 / 2 = 0.028 \text{ m}^2 \\
 Ab &= 0.200 \times 0.070 = 0.014 \text{ m}^2 \\
 Ac &= 0.210 \times 0.070 / 2 = 0.007 \text{ m}^2 \\
 \Sigma A &= 0.049 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

外縦桁ハンチの重量

$$w_{ha} = 0.049 \times 2.40 = 0.12 \text{ tf/m}$$

縦桁に等分布荷重として作用する死荷重

| | | | | | | |
|-----------|------|---|-------|---|------|------|
| 高欄・地覆 | 0.30 | x | 1.242 | = | 0.37 | tf/m |
| 舗装 | 0.12 | x | 2.100 | = | 0.25 | tf/m |
| 床版 | 0.41 | x | 2.535 | = | 1.04 | tf/m |
| ハンチ (外桁分) | 0.12 | x | 1.000 | = | 0.12 | tf/m |
| 鋼材重量 | 0.13 | x | 2.100 | = | 0.27 | tf/m |
| 合計 | | | | = | 2.05 | tf/m |

3.2.2 自動車荷重

| | | | | | | |
|------|------|---|-------|---|------|----|
| 前輪荷重 | 1.40 | x | 1.450 | = | 2.03 | tf |
| 後輪荷重 | 5.60 | x | 1.450 | = | 8.12 | tf |

3.2.3 雪荷重 $0.10 \times 2.535 = 0.25 \text{ tf/m}$

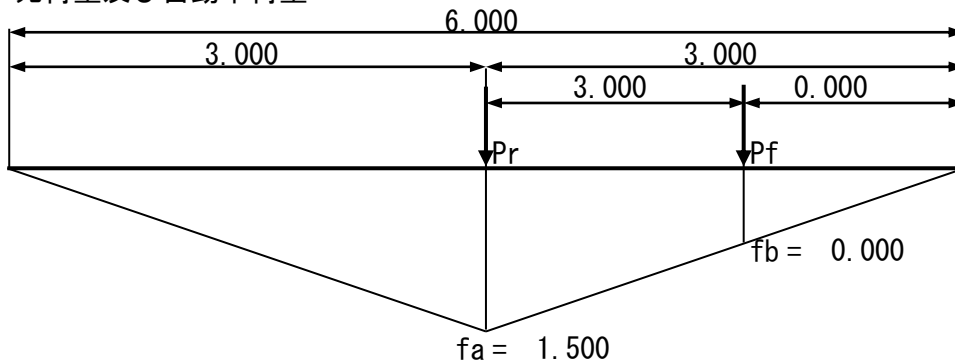
3.2.4 衝撃係数 $L = 6.000 \text{ m}$ $i = 0.357$

3.3 応力の計算

3.3.1 影響線

曲げモーメントの影響線

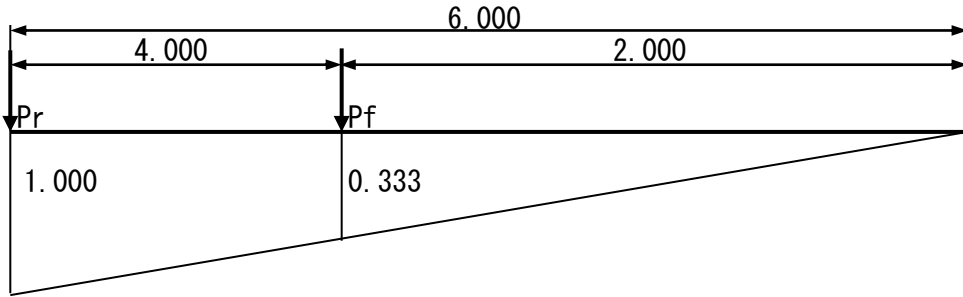
死荷重及び自動車荷重



影響面積等

| | | | | | | | | |
|------|-------|---|-------|---|---|---|-------|----------------|
| 死荷重 | 1.500 | x | 6.000 | / | 2 | = | 4.500 | m ² |
| 前輪荷重 | | | | | | = | 0.000 | m |
| 後輪荷重 | | | | | | = | 1.500 | m |

剪断力（反力）の影響線
死荷重及び自動車荷重



影響面積

死荷重 $1.000 \times 6.000 / 2 = 3.000 \text{ m}^2$
 前輪荷重 $= 0.333 \text{ m}^2$
 後輪荷重 $= 1.000 \text{ m}^2$

3.3.2 死荷重

曲げモーメント

等分布荷重 $2.05 \times 4.500 = 9.23 \text{ tf-m}$

せん断力

等分布荷重 $2.05 \times 3.000 = 6.15 \text{ tf}$

3.3.3 自動車荷重

曲げモーメント（後輪荷重をスパン中央に載荷時）

前輪荷重 $2.03 \times 0.000 = 0.00 \text{ tf-m}$

後輪荷重 $8.12 \times 1.500 = 12.18 \text{ tf-m}$

Mpa $= 12.18 \text{ tf-m}$

剪断力

前輪荷重 $2.03 \times 0.333 = 0.68 \text{ tf}$

後輪荷重 $8.12 \times 1.000 = 8.12 \text{ tf}$

Spa $= 8.80 \text{ tf}$

3.3.4 雪荷重

荷重強度

Spa $= 0.25 \text{ tf/m}$

曲げモーメント

$0.25 \times 4.50 = 1.13 \text{ tf-m}$

剪断力

$0.25 \times 3.00 = 0.75 \text{ tf}$

3.3.5 衝撃荷重

衝撃係数は自動車荷重のみに考慮する。

曲げモーメント（後輪荷重スパン中央に載荷時）

$12.18 \times 0.357 = 4.35 \text{ tf-m}$

剪断力

$8.80 \times 0.357 = 3.14 \text{ tf}$

3.3.6 応力の集計

曲げモーメント

| 荷重 | 外桁 |
|-----------|-------|
| 死荷重 | 9.23 |
| 自動車荷重 | 12.18 |
| 雪荷重 | 1.13 |
| 衝撃荷重 | 4.35 |
| 合計 (tf-m) | 26.89 |
| 構造係数 | 1.00 |
| 合計 (tf-m) | 26.89 |

剪断力

| 荷重 | 外桁 |
|---------|-------|
| 死荷重 | 6.15 |
| 自動車荷重 | 8.80 |
| 雪荷重 | 0.75 |
| 衝撃荷重 | 3.14 |
| 合計 (tf) | 18.84 |

3.4 断面計算

採用する曲げモーメント $M_{max} = 26.89 \text{ tf-m}$
 採用するせん断力 $S_{max} = 18.84 \text{ tf}$

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---|----------------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 | - Flg 200 x 15 | 60.0 | 26.25 | 41343.75 |
| 2 | - Web 540 x 9 | 97.2 | - | 23620 |
| Σ | | 157.2 | - | 64963 |

最遠縁距離 $Y_u = 28.500 \text{ cm}$
 $Y_l = -28.500 \text{ cm}$
 断面係数 $Z_u = 64963 / 28.500 = 2279 \text{ cm}^3$
 $Z_l = 64963 / -28.500 = -2279 \text{ cm}^3$

曲げ応力度 $\sigma_t = 2689000 / 2279 = 1180 \text{ kgf/cm}^2$
 $< 1200 \text{ kgf/cm}^2$
 $\sigma_b = 2689000 / 2279 = 1180 \text{ kgf/cm}^2$
 $< 1300 \text{ kgf/cm}^2$
 $\tau = 18840 / 97.2 = 194 \text{ kgf/cm}^2$
 $< 1000 \text{ kgf/cm}^2$

3.5 たわみの計算

たわみは、自動車荷重による最大曲げモーメントより換算等分布荷重を求めて計算する。

自動車荷重による最大曲げモーメント

外桁 $= 12.18 \text{ tf-m}$
 採用する曲げモーメント $12.18 \times 1.00 = 12.18 \text{ tf-m}$

鋼材のヤング係数 $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 縦桁の断面二次モーメント $I = 64963 \text{ cm}^4$
 $E_s I = 13642 \text{ tf-m}^2$

たわみの計算 第36条

$v = 5 M_{max} L^2 / 48 E_s I$
 $= 5 \times 12.18 \times 6.000^2 / 48 \times 13642 = 3.3 \text{ mm}$
 $ya = 6000 / 600 = 10.0 \text{ mm}$
 $> 3.3 \text{ mm}$

4 横桁の計算

横桁は応力の大きい中間横桁について計算を行う。

4.1 荷重の計算

4.1.1 死荷重

死荷重強度は縦桁の計算を参照する。

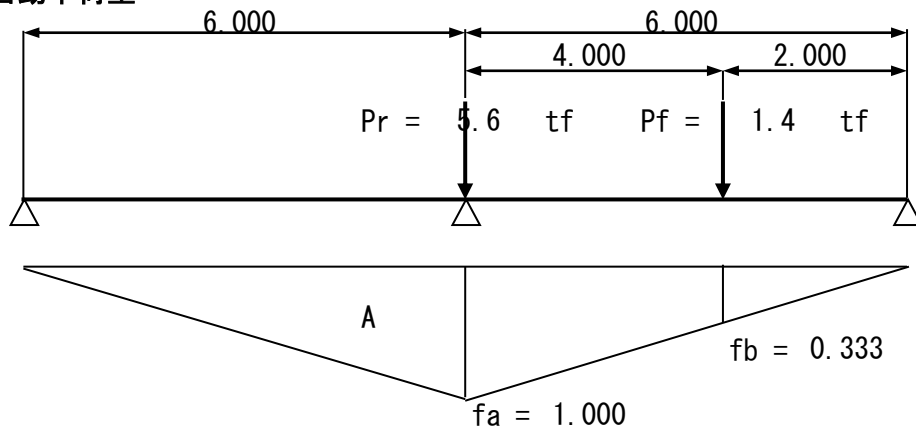
| | | | | | | |
|--------|------|---|-------|---|------|------|
| 高欄地覆 | 0.30 | x | 6.000 | = | 1.80 | tf |
| 舗装 | 0.12 | x | 6.000 | = | 0.72 | tf/m |
| 床版 | 0.41 | x | 6.000 | = | 2.46 | tf/m |
| ハンチ外縦桁 | 0.12 | x | 6.000 | = | 0.72 | tf |
| 鋼重 | 0.13 | x | 6.000 | = | 0.78 | tf/m |



ハンチ重量は全幅員に等分布荷重に換算して計算する。

$$\begin{aligned} \text{ハンチ外縦桁} \quad 0.72 \quad x \quad 2 \quad / \quad 4.800 &= 0.30 \quad \text{tf/m} \\ \Sigma &= 0.30 \quad \text{tf/m} \end{aligned}$$

4.1.2 自動車荷重



$$A = 12.000 \quad x \quad 1.000 \quad / \quad 2 = 6.000 \quad \text{m}$$

| | | | | | | |
|---------|-----|---|-------|---|------|----|
| 自動車前輪荷重 | 5.6 | x | 1.000 | = | 5.60 | tf |
| 自動車後輪荷重 | 1.4 | x | 0.333 | = | 0.47 | tf |

4.1.3 雪荷重

$$\text{荷重強度} \quad 0.10 \quad x \quad 6.000 = 0.60 \quad \text{tf/m}$$

4.1.4 衝撃係数

$$L = 5.170 \quad \text{m} \quad i = 20 / (50 + L) = 0.363$$

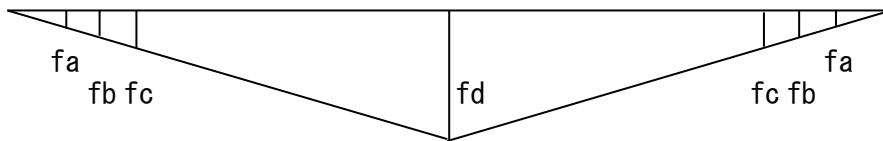
4.2 応力の計算

4.2.1 影響線

荷重状態 死荷重



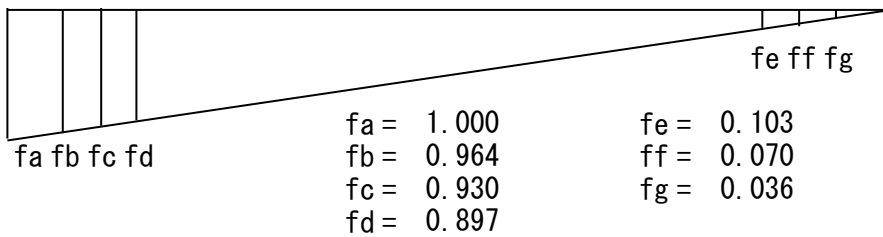
曲げモーメント



$$\begin{aligned} f_a &= 0.093 \\ f_b &= 0.180 \\ f_c &= 0.268 \\ f_d &= 1.293 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{高欄地覆} \quad f &= 0.180 + 0.180 = 0.360 \text{ m} \\ \text{舗装及び鋼重} \quad A1 &= (0.268 + 1.293) \times 2.050 = 3.199 \text{ m}^2 \\ \text{床版及びハンチ} \quad A2 &= (0.093 + 1.293) \times 2.400 = 3.325 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

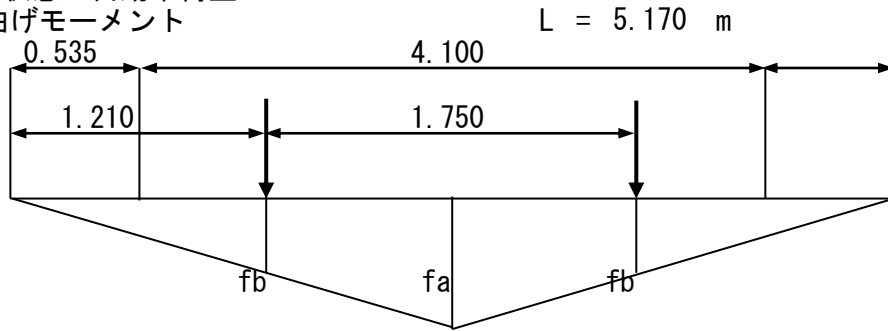
剪断力



$$\begin{aligned} f_a &= 1.000 & f_e &= 0.103 \\ f_b &= 0.964 & f_f &= 0.070 \\ f_c &= 0.930 & f_g &= 0.036 \\ f_d &= 0.897 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{高欄地覆} \quad f &= 0.930 + 0.070 = 1.000 \\ \text{舗装及び鋼重} \quad A1 &= (0.897 + 0.103) \times 4.100 / 2 = 2.050 \text{ m} \\ \text{床版及びハンチ} \quad A2 &= (0.964 + 0.036) \times 4.800 / 2 = 2.400 \text{ m} \end{aligned}$$

荷重状態 自動車荷重
 曲げモーメント



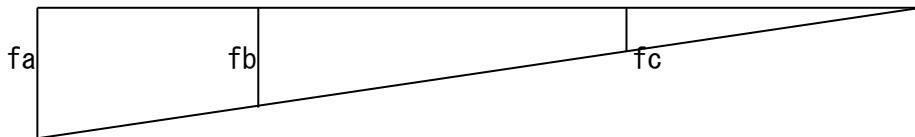
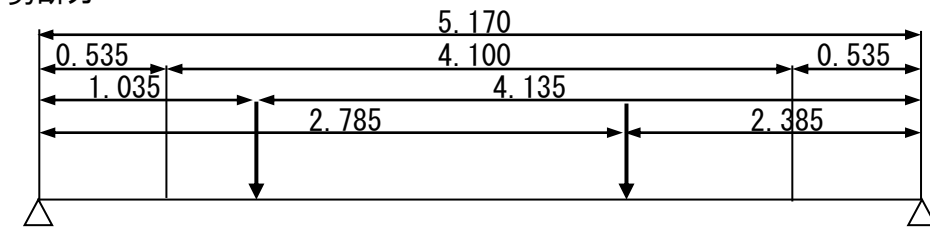
$$f_a = 1.293$$

$$f_b = 0.468$$

輪荷重影響値合計

$$f = (1.293 + 0.468) \times 2 = 3.521$$

剪断力



$$f_a = 1.000$$

$$f_b = 0.800$$

$$f_c = 0.461$$

輪荷重影響値合計 = 1.261

4.2.2 死荷重

曲げモーメントの計算

| | | | | | | |
|------|------|---|-------|----|---------|------|
| 高欄地覆 | 1.80 | x | 0.360 | = | 0.65 | tf-m |
| 舗装 | 0.72 | x | 3.199 | = | 2.30 | tf-m |
| 床版 | 2.46 | x | 3.325 | = | 8.18 | tf-m |
| ハンチ | 0.30 | x | 3.325 | = | 1.00 | tf-m |
| 鋼重 | 0.78 | x | 3.199 | = | 2.50 | tf-m |
| | | | | 合計 | = 14.63 | tf-m |

剪断力の計算

| | | | | | | |
|------|------|---|-------|----|---------|----|
| 高欄地覆 | 1.80 | x | 1.000 | = | 1.80 | tf |
| 舗装 | 0.72 | x | 2.050 | = | 1.48 | tf |
| 床版 | 2.46 | x | 2.400 | = | 5.90 | tf |
| ハンチ | 0.30 | x | 2.400 | = | 0.72 | tf |
| 鋼重 | 0.78 | x | 2.050 | = | 1.60 | tf |
| | | | | 合計 | = 11.50 | tf |

4.2.3 自動車荷重

曲げモーメントの計算

| | | | | | | |
|---------|------|---|-------|----|---------|------|
| 自動車前輪荷重 | 0.47 | x | 3.521 | = | 1.65 | tf-m |
| 自動車後輪荷重 | 5.60 | x | 3.521 | = | 19.72 | tf-m |
| | | | | 合計 | = 21.37 | tf-m |

| | | | | | |
|---------|------|---|-------|----|-----------|
| 剪断力 | | | | | |
| 自動車前輪荷重 | 0.47 | x | 1.261 | = | 0.59 tf |
| 自動車後輪荷重 | 5.60 | x | 1.261 | = | 7.06 tf |
| | | | | 合計 | = 7.65 tf |

4.2.4 雪荷重

| | | | | | |
|---------|------|---|-------|---|-----------|
| 曲げモーメント | 0.60 | x | 3.325 | = | 2.00 tf-m |
| 剪断力 | 0.60 | x | 2.400 | = | 1.44 tf |

4.2.5 衝撃荷重

衝撃係数の対象は自動車荷重のみとする。

| | | | | | |
|---------|-------|---|-------|---|-----------|
| 曲げモーメント | 21.37 | x | 0.363 | = | 7.76 tf-m |
| 剪断力 | 7.65 | x | 0.363 | = | 2.78 tf |

4.2.6 応力の集計

曲げモーメント

| | | |
|-------|-------|------|
| 死荷重 | 14.63 | tf-m |
| 自動車荷重 | 21.37 | tf-m |
| 雪荷重 | 2.00 | tf-m |
| 衝撃荷重 | 7.76 | tf-m |
| 合計 | 45.76 | tf-m |

剪断力

| | | |
|-------|-------|----|
| 死荷重 | 11.50 | tf |
| 自動車荷重 | 7.65 | tf |
| 雪荷重 | 1.44 | tf |
| 衝撃荷重 | 2.78 | tf |
| 合計 | 23.37 | tf |

4.3 断面計算

| | | | |
|-----------------------|---|-------|------|
| 横桁に作用する最大曲げモーメント Mmax | = | 45.76 | tf-m |
| 横桁に作用する最大剪断力 Smax | = | 23.37 | tf |

使用断面 I - 600 x 190 x 16 x 35 SS41

| | | |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 断面積 | 224.50 | cm ² |
| 単位重量 | 176 | kg/m |
| 断面二次モーメント | 130000 | cm ⁴ |
| 断面係数 | 4330 | cm ³ |
| 腹板面積 | 530 x 16 = 8480 | mm ² |

上フランジの固定長さ=縦桁間隔とする L = 3.000 m

第26条 L / b = 300.0 / 19.0 = 15.79

$\sigma_{ca} = 1200 - 0.5 \times (L / b)^2 = 1075$ kgf/cm²

曲げ応力度 $\sigma_t = 4576000 / 4330 = 1057$ kgf/cm²

< 1075 kgf/cm²

$\sigma_b = 4576000 / 4330 = 1057$ kgf/cm²

< 1300 kgf/cm²

$\tau = 23370 / 84.8 = 276$ kgf/cm²

> 0 kgf/cm²

4.4 たわみの計算

たわみは、自動車荷重による最大曲げモーメントより換算等分布荷重を求めて計算する。

採用する曲げモーメント

$$M_{\max} = 21.37 \text{ tf-m}$$

鋼材のヤング係数

$$E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

横桁の断面二次モーメント

$$I = 130000 \text{ cm}^4$$

$$E_s I = 27300 \text{ tf-m}^2$$

たわみの計算

$$y = 5 M_{\max} L^2 / 48 E_s I$$

$$= 5 \times 21.37 \times 5.170^2 / 48 \times 27300$$

$$= 0.00218 \text{ m}$$

$$y_a = 5170 / 600$$

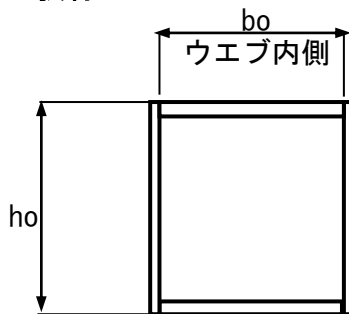
$$= 8.62 \text{ mm}$$

$$> 2.18 \text{ mm}$$

5 補剛桁の計算

5.1 補剛トラス

5.1.1 弦材



$$\begin{aligned} ho &= 230 \text{ mm} \\ bo &= 270 \text{ mm} \end{aligned} \quad \text{Web内側=ガセット間隔}$$

| 水平軸に対して | | | | As (cm ²) | y (cm) | Ay (cm ³) | I (cm ⁴) |
|------------|-----|---|------|-----------------------|--------|-----------------------|----------------------|
| 2 - Web PI | 230 | x | 22 = | 101.20 | - | - | 4461 |
| 2 - PL | 270 | x | 10 = | 54.00 | 11.00 | 594 | 6534 |
| | | | | 155.20 | | | 10995 |

5.1.2 補剛トラス断面剛性

水平軸回り

| 幅員片側あたり | | | | A cm ² | y cm | Ay cm ³ | I cm ⁴ |
|------------|--|--|--|-------------------|------|--------------------|-------------------|
| トラス上弦材 | | | | 155 | -150 | -23280 | 3492000 |
| トラス下弦材 | | | | 155 | 150 | 23280 | 3492000 |
| $\Sigma =$ | | | | 310 | | 0 | 6984000 |

$$e = 0 \quad / \quad 310 = 0.0 \text{ cm}$$

$$A \cdot e^2 = 0$$

$$J = 6984000 \text{ cm}^4 = 0.06984 \text{ m}^4$$

$$\text{補剛桁曲げ剛性} \quad EJ = 2100000 \times 10 \times 0.070 = 1466640 \text{ tf-m}^2$$

垂直軸回り

| 全断面 | | | | A cm ² | y cm | Ay cm ³ | I cm ⁴ |
|--------|--|--|--|-------------------|------|--------------------|-------------------|
| トラス上弦材 | | | | 310 | 259 | 80238 | 20741626 |
| トラス下弦材 | | | | 310 | 259 | 80238 | 20741626 |
| | | | | | | | 41483253 |

$$J = 41483253 \text{ cm}^4 = 0.4148325 \text{ m}^4$$

$$\text{補剛桁横曲げ剛性} \quad EJ = 2100000 \times 10 \times 0.415 = 8711483 \text{ tf-m}^2$$

5.2 ケーブル関連数値

5.2.1 計算条件

| | | | | |
|------------|-----------|---|-----------------|-------------|
| 補剛桁支間長 | L | = | 204.000 | m |
| パネル分割数 | N | = | 8 | |
| パネル長さ | λ | = | 25.500 | m |
| 塔間距離 | L1 | = | 206.000 | m |
| サグ | f | = | 22.000 | m |
| サグ比 | n | = | 0.107 | |
| 左控長 | L2 | = | 60.000 | m |
| 右控長 | L3 | = | 56.000 | m |
| 左側ケーブル控え高さ | βa | = | 24.763 | m |
| 右側ケーブル控え高さ | βb | = | 23.112 | m |
| ケーブル弾性定数 | $E_c A_c$ | = | 2000000 x 131.7 | = 263400 tf |

5.2.2 ケーブル全長

| | | | | |
|----------|--|---|-------|---|
| (1) 中央径間 | $L_{t1} = L1 * (1 + 8n^2/3)$ | = | 212 | m |
| (2) 左控長 | $dL/dx = \sqrt{1 + (\beta a/L2)^2}$ $L_{t2} = L2 * (dL/dx)$ | = | 1.082 | |
| | | = | 65 | m |
| (3) 右控長 | $dL/dx = \sqrt{1 + (\beta b/L3)^2}$ $L_{t3} = L3 * (dL/dx)^3$ | = | 1.082 | |
| | | = | 61 | m |
| | $L_t = (1) + (2) + (3)$ | = | 338 | m |

5.2.3 単位水平力によるケーブルの伸び

H=1によるケーブルの伸び分（幾何学的に求める）

| | | | | |
|----------|--|-----|-----------|------|
| (1) 中央径間 | $d1 = L1 * (1 + 16n^2/3)$ | = | 219 | m |
| (2) 左控長 | $dL/dx = \sqrt{1 + (\beta a/L2)^2}$ $d2 = L2 * (dL/dx)^3$ | = | 1.082 | |
| | | = | 76 | m |
| (3) 右控長 | $dL/dx = \sqrt{1 + (\beta b/L3)^2}$ $d3 = L3 * (dL/dx)^3$ | = | 1.082 | |
| | | = | 71 | m |
| | $d = (1) + (2) + (3)$ | = | 365 | m |
| | | A = | 0.0006936 | m/tf |

q=1による補剛桁の弾性エネルギー

| | | | | |
|--|----------------------------------|-----|-----------|---------|
| $L^2/8F =$ | $(204^2) / (8 * 22)$ | = | 236.5 | m |
| $H_d = dL^2/8f =$ | $2.514 * 236.5$ | = | 594.4 | tf |
| $\alpha^2 = H_d/EJ =$ | $594.4 / 1466640$ | = | 0.0004053 | |
| $\alpha = 0.02013 (1/m) ;$ | $\alpha \lambda = 0.51336$ | | | |
| $\cosh \alpha \lambda = 1.13469 ;$ | $\sinh \alpha \lambda = 0.53621$ | | | |
| $\alpha L/2 = 2.05344$ | | | | |
| $\cosh(\alpha L/2) = 3.96148 ;$ | $\sinh(\alpha L/2) = 3.83319$ | | | |
| $-1 + 2\sinh(\alpha L/2) / \alpha L \cosh(\alpha L/2)$ | = -0.5288 | (a) | | |
| $L / (2H_d \alpha^2)$ | = 423.399 | (b) | | |
| | (a) × (b) | = | -223.89 | |
| $L^3/24H_d$ | | = | 595.103 | |
| | $\Sigma = A$ | = | 371.217 | |
| $p = 8fH/L^2 = 8 * 22.000 / 204.000^2$ | | = | 0.00423 | tf/m/tf |
| 補剛桁弾性エネルギー分によるケーブル伸び | $2A p^2$ | = | 0.01328 | |

| | | | | |
|------------------|------------|---|---------|---|
| 単位水平力によるケーブルの全伸び | δ_H | = | 0.01397 | m |
|------------------|------------|---|---------|---|

5.2.4 温度差によるケーブルの伸び

| | | | |
|--|---|---------|---|
| $\delta_t = L_t \times \Delta t \times \epsilon_t = 365 \times 35 \times 0.000012$ | = | 0.15347 | m |
|--|---|---------|---|

5.3 荷重

5.3.1 死荷重

片側断面で計算する

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|---|-------|---|------|---|---|---|-------|------|
| 舗装 | 0.05 | x | 4.10 | x | 2.3 | / | 2 | = | 0.236 | |
| 床版 | 0.17 | x | 4.80 | x | 2.40 | / | 2 | = | 0.979 | |
| 地覆 | 0.32 | x | 0.35 | x | 2.40 | / | 2 | = | 0.134 | |
| 高欄 | | | | | | | | = | 0.03 | |
| 鋼重 | | | 0.490 | x | 4.1 | / | 2 | = | 1.005 | |
| ケーブル+吊材 | | | | | | | | = | 0.130 | |
| 合計= | | | | | | | d | = | 2.514 | tf/m |

5.3.2 活荷重

| | | | | | | | | | |
|-------|-----|-------|---|------|---|---|---|------|------|
| 線荷重 | P = | 3.500 | x | 4.10 | / | 2 | = | 7.18 | tf |
| 等分布荷重 | p = | 0.250 | x | 4.10 | / | 2 | = | 0.51 | tf/m |

5.3.3 衝撃係数

| | | | | | |
|----|-----|---------|---|-----|-------|
| 弦材 | L = | 204.000 | m | i = | 0.079 |
| 腹材 | L = | 153.000 | m | i = | 0.099 |
| 吊材 | L = | 6.000 | m | i = | 0.357 |

5.3.4 雪荷重

| | | | | | | | | | |
|---------|-----|-------|---|------|---|---|---|------|------|
| 活荷重無載荷時 | S = | 0.500 | x | 4.80 | / | 2 | = | 1.20 | tf/m |
| 活荷重載荷時 | s = | 0.100 | x | 4.80 | / | 2 | = | 0.24 | tf/m |

5.3.5 温度差による荷重

温度さによるケーブルの伸縮量を不静定水平反力で作用させる

$$H = \delta t / \delta H = 10.9835 \quad \text{tf}$$

5.4 影響線の計算

5.4.1 単位荷重用構成マトリックスの計算

$$2 \cosh \alpha \lambda = 2.26938$$

=C1

[T1] =

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2.26938 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -1 | 2.26938 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | -1 | 2.26938 | -1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | -1 | 2.26938 | -1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | -1 | 2.26938 | -1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 2.26938 | -1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 2.26938 |

[TM] = [T1]⁻¹

| | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | | | S1=Σ |
| 0.59819 | 0.35752 | 0.21316 | 0.12622 | 0.07327 | 0.04007 | 0.01766 | 1.42608 |
| 0.35752 | 0.81135 | 0.48374 | 0.28643 | 0.16628 | 0.09093 | 0.04007 | 2.23631 |
| 0.21316 | 0.48374 | 0.88462 | 0.5238 | 0.30409 | 0.16628 | 0.07327 | 2.64896 |
| 0.12622 | 0.28643 | 0.5238 | 0.90228 | 0.5238 | 0.28643 | 0.12622 | 2.77518 |
| 0.07327 | 0.16628 | 0.30409 | 0.5238 | 0.88462 | 0.48374 | 0.21316 | 2.64896 |
| 0.04007 | 0.09093 | 0.16628 | 0.28643 | 0.48374 | 0.81135 | 0.35752 | 2.23631 |
| 0.01766 | 0.04007 | 0.07327 | 0.12622 | 0.21316 | 0.35752 | 0.59819 | 1.42608 |

[T2] =

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 2 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -1 | 2 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | -1 | 2 | -1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | -1 | 2 | -1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | -1 | 2 | -1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 2 | -1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 2 |

[TW] = [T2]⁻¹

| | | | | | | |
|-------|------|-------|-----|-------|------|-------|
| 0.875 | 0.75 | 0.625 | 0.5 | 0.375 | 0.25 | 0.125 |
| 0.75 | 1.5 | 1.25 | 1 | 0.75 | 0.5 | 0.25 |
| 0.625 | 1.25 | 1.875 | 1.5 | 1.125 | 0.75 | 0.375 |
| 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 |
| 0.375 | 0.75 | 1.125 | 1.5 | 1.875 | 1.25 | 0.625 |
| 0.25 | 0.5 | 0.75 | 1 | 1.25 | 1.5 | 0.75 |
| 0.125 | 0.25 | 0.375 | 0.5 | 0.625 | 0.75 | 0.875 |

[T3] = [TW] * [TM]

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.02759 | 1.45699 | 1.52887 | 1.38759 | 1.12009 | 0.77933 | 0.39849 |
| 1.45699 | 2.55646 | 2.84458 | 2.64896 | 2.16691 | 1.51858 | 0.77933 |
| 1.52887 | 2.84458 | 3.67655 | 3.6239 | 3.04745 | 2.16691 | 1.12009 |
| 1.38759 | 2.64896 | 3.6239 | 4.07504 | 3.6239 | 2.64896 | 1.38759 |
| 1.12009 | 2.16691 | 3.04745 | 3.6239 | 3.67655 | 2.84458 | 1.52887 |
| 0.77933 | 1.51858 | 2.16691 | 2.64896 | 2.84458 | 2.55646 | 1.45699 |
| 0.39849 | 0.77933 | 1.12009 | 1.38759 | 1.52887 | 1.45699 | 1.02759 |

5.4.2 等分布荷重用構成ベクトルの計算

$$\begin{aligned}
 F &= 22.00 && \text{m} \\
 L &= 204.00 && \text{m} \\
 \lambda &= 25.50 \\
 8F/L^2 &= 0.00423 && 1/\text{m} \\
 EJ &= 1466640 && \text{tf}\cdot\text{m}^2 \\
 \cosh \alpha \lambda &= 1.135 \\
 \alpha^2 &= 0.00041 \\
 2(\cosh \alpha \lambda - 1)/\alpha^2 &= 664.66 && =C5 \\
 L^2/2 &= 20808 && =C6 \\
 EJ\alpha^2 &= 594.411 && =C7 \\
 L^4/24EJ &= 49.202 && \text{m}^2/\text{tf} \quad =C8
 \end{aligned}$$

| | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| S1(i) | 1.42608 | 2.23631 | 2.64896 | 2.77518 | 2.64896 | 2.23631 | 1.42608 | |
| *C5 | 947.854 | 1486.38 | 1760.65 | 1844.54 | 1760.65 | 1486.38 | 947.854 | =M(j) |
| /C6 | 0.04555 | 0.07143 | 0.08461 | 0.08865 | 0.08461 | 0.07143 | 0.04555 | =V1(j) |
| M(j)/C7 | 1.59461 | 2.50059 | 2.962 | 3.10314 | 2.962 | 2.50059 | 1.59461 | =W1(j) |
| /C8 | 0.03241 | 0.05082 | 0.0602 | 0.06307 | 0.0602 | 0.05082 | 0.03241 | =U1a(j) |

$$12/L^2 \alpha^2 = 0.71147 \quad =C9$$

| | | | | | | | | |
|------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | N = 8 | | N ² = 64 | | | | | |
| j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| j*N | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | |
| -J ² | -1 | -4 | -9 | -16 | -25 | -36 | -49 | |
| Σ | 7 | 12 | 15 | 16 | 15 | 12 | 7 | |
| Σ/N ² | 0.10938 | 0.1875 | 0.23438 | 0.25 | 0.23438 | 0.1875 | 0.10938 | |
| *C9 | 0.07782 | 0.1334 | 0.16675 | 0.17787 | 0.16675 | 0.1334 | 0.07782 | =U1b(j) |
| +U1(j) | 0.04541 | 0.08258 | 0.10655 | 0.1148 | 0.10655 | 0.08258 | 0.04541 | =U1(j) |

$$\begin{aligned}
 \Sigma &= 0.58387 \\
 A &= 0.06297
 \end{aligned}$$

5.4.3 二項積によるマトリックスの計算

$$[T4] = [V(i)U(j)]$$

| | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| | 0.04541 | 0.08258 | 0.10655 | 0.1148 | 0.10655 | 0.08258 | 0.04541 | U(j) |
| 0.04555 | 0.00207 | 0.00376 | 0.00485 | 0.00523 | 0.00485 | 0.00376 | 0.00207 | |
| 0.07143 | 0.00324 | 0.0059 | 0.00761 | 0.0082 | 0.00761 | 0.0059 | 0.00324 | |
| 0.08461 | 0.00384 | 0.00699 | 0.00902 | 0.00971 | 0.00902 | 0.00699 | 0.00384 | |
| 0.08865 | 0.00403 | 0.00732 | 0.00945 | 0.01018 | 0.00945 | 0.00732 | 0.00403 | |
| 0.08461 | 0.00384 | 0.00699 | 0.00902 | 0.00971 | 0.00902 | 0.00699 | 0.00384 | |
| 0.07143 | 0.00324 | 0.0059 | 0.00761 | 0.0082 | 0.00761 | 0.0059 | 0.00324 | |
| 0.04555 | 0.00207 | 0.00376 | 0.00485 | 0.00523 | 0.00485 | 0.00376 | 0.00207 | |
| V(i) | | | | | | | | |

$$[T5] = [U(i)U(j)]$$

| | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| | 0.04541 | 0.08258 | 0.10655 | 0.1148 | 0.10655 | 0.08258 | 0.04541 | U(j) |
| 0.04541 | 0.00206 | 0.00375 | 0.00484 | 0.00521 | 0.00484 | 0.00375 | 0.00206 | |
| 0.08258 | 0.00375 | 0.00682 | 0.0088 | 0.00948 | 0.0088 | 0.00682 | 0.00375 | |
| 0.10655 | 0.00484 | 0.0088 | 0.01135 | 0.01223 | 0.01135 | 0.0088 | 0.00484 | |
| 0.1148 | 0.00521 | 0.00948 | 0.01223 | 0.01318 | 0.01223 | 0.00948 | 0.00521 | |
| 0.10655 | 0.00484 | 0.0088 | 0.01135 | 0.01223 | 0.01135 | 0.0088 | 0.00484 | |
| 0.08258 | 0.00375 | 0.00682 | 0.0088 | 0.00948 | 0.0088 | 0.00682 | 0.00375 | |
| 0.04541 | 0.00206 | 0.00375 | 0.00484 | 0.00521 | 0.00484 | 0.00375 | 0.00206 | |
| U(i) | | | | | | | | |

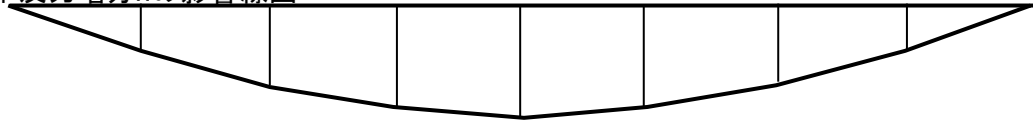
5.4.4 水平反力増分Hの影響線と応力

$$\frac{1}{\delta_H} = 71.569 \text{ tf/m}$$

$$(8F/L^2) (L^4/24EJ) (1/\delta_H) = 14.8924$$

| | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | $\Sigma=$ |
| H(j) | 0.67623 | 1.22978 | 1.58679 | 1.70963 | 1.58679 | 1.22978 | 0.67623 | 8.69524 |

水平反力増分Hの影響線図



影響線面積 = 221.73 m

H = 1 による補剛桁の曲げモーメント図の座標値=4FV(x)
 $q=8FH/L^2$ の等分布荷重に直して計算する

4F= 88.00

| | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| H(j) | 4.00861 | 6.28612 | 7.44604 | 7.80082 | 7.44604 | 6.28612 | 4.00861 |

H = 1 による補剛桁の剪断力図の座標値

$$\alpha L/2 = 2.05344$$

$$\sinh(\alpha L/2) = 3.83319$$

$$(\alpha L/2) \cosh(\alpha L/2) = 8.13466$$

$$(L/2) (8F/L^2) / (\alpha L \cosh(\alpha L/2)) = 0.05303 \quad =C21$$

$$\alpha \lambda = 0.51336$$

| | | | | | | | | |
|---------|--------|---------|---------|---|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| -0.2033 | -0.118 | -0.0645 | -0.0284 | 0 | 0.02843 | 0.06453 | 0.11801 | 0.20327 |

H = 1 による補剛桁の撓み図の座標値= $(L^2F/3EJ) U(x)$

$(L^2F/3EJ) = 0.20808$

| | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| H(j) | 0.00945 | 0.01718 | 0.02217 | 0.02389 | 0.02217 | 0.01718 | 0.00945 |

5.4.5 曲げモーメントの影響線

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.02013 \\ \sinh \alpha \lambda &= 0.53621 \\ C2 &= 26.6349 = C2 \\ - (L^2/2) (8F/L^2)^2 (L^4/24EJ) (1/\delta_H) &= -1310.5 = C11 \end{aligned}$$

$[M(i, j)] = C2 * [TM]$ 軸力を受ける梁の曲げモーメント影響線①

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 15.9327 | 9.52252 | 5.67744 | 3.36174 | 1.95161 | 1.06719 | 0.47026 |
| 9.52252 | 21.6102 | 12.8843 | 7.62905 | 4.42893 | 2.42186 | 1.06719 |
| 5.67744 | 12.8843 | 23.5618 | 13.9514 | 8.0993 | 4.42893 | 1.95161 |
| 3.36174 | 7.62905 | 13.9514 | 24.032 | 13.9514 | 7.62905 | 3.36174 |
| 1.95161 | 4.42893 | 8.0993 | 13.9514 | 23.5618 | 12.8843 | 5.67744 |
| 1.06719 | 2.42186 | 4.42893 | 7.62905 | 12.8843 | 21.6102 | 9.52252 |
| 0.47026 | 1.06719 | 1.95161 | 3.36174 | 5.67744 | 9.52252 | 15.9327 |

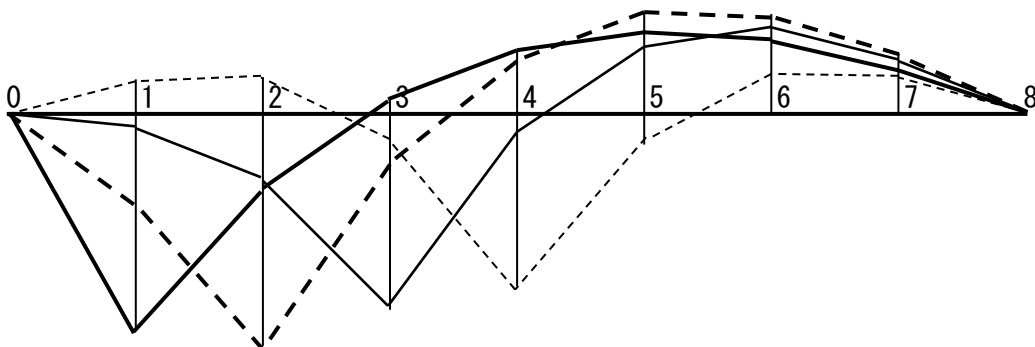
$[M(i, j)] = C11 * [T4]$ 水平反力による曲げモーメント分②

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| -2.7107 | -4.9297 | -6.3608 | -6.8532 | -6.3608 | -4.9297 | -2.7107 |
| -4.2509 | -7.7306 | -9.9747 | -10.747 | -9.9747 | -7.7306 | -4.2509 |
| -5.0352 | -9.157 | -11.815 | -12.73 | -11.815 | -9.157 | -5.0352 |
| -5.2752 | -9.5933 | -12.378 | -13.336 | -12.378 | -9.5933 | -5.2752 |
| -5.0352 | -9.157 | -11.815 | -12.73 | -11.815 | -9.157 | -5.0352 |
| -4.2509 | -7.7306 | -9.9747 | -10.747 | -9.9747 | -7.7306 | -4.2509 |
| -2.7107 | -4.9297 | -6.3608 | -6.8532 | -6.3608 | -4.9297 | -2.7107 |

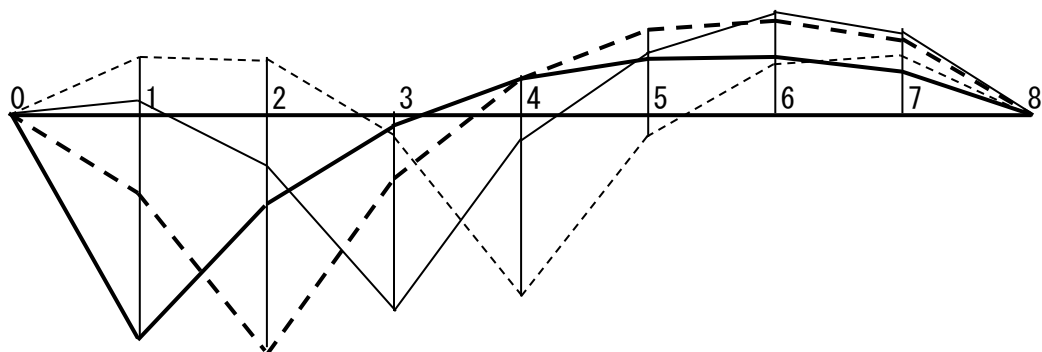
$[M(i, j)] = ① + ②$ 対称マトリックスでないことに注意

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | $\Sigma =$ |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 1 | 13.222 | 4.59279 | -0.6834 | -3.4915 | -4.4092 | -3.8625 | -2.2405 | 3.12769 |
| 2 | 5.27165 | 13.8796 | 2.90951 | -3.1179 | -5.5458 | -5.3087 | -3.1837 | 4.9047 |
| 3 | 0.6422 | 3.72724 | 11.7465 | 1.2215 | -3.716 | -4.7281 | -3.0836 | 5.80972 |
| 4 | -1.9134 | -1.9643 | 1.57319 | 10.6956 | 1.57319 | -1.9643 | -1.9134 | 6.08654 |
| 5 | -3.0836 | -4.7281 | -3.716 | 1.2215 | 11.7465 | 3.72724 | 0.6422 | 5.80972 |
| 6 | -3.1837 | -5.3087 | -5.5458 | -3.1179 | 2.90951 | 13.8796 | 5.27165 | 4.9047 |
| 7 | -2.2405 | -3.8625 | -4.4092 | -3.4915 | -0.6834 | 4.59279 | 13.222 | 3.12769 |

曲げモーメントの影響線図



曲げモーメント図（影響線と僅かに図形が異なる）



5.4.6 曲げモーメントの影響値と面積

注目点1

| 区間 | 左格点 | 区間長 | 影響値（左と右） | | 面積 |
|-----|-------|-------|------------|----------------|---------|
| | P_L | | δX | Y_L | |
| 0~1 | 0 | 25.50 | 0 | 13.222 | 168.58 |
| 1~2 | 1 | 25.50 | 13.222 | 4.59279 | 227.139 |
| 2~M | 2 | 22.20 | 4.59279 | 0 | 50.9736 |
| M~3 | M | 3.30 | 0 | -0.6834 | -1.1285 |
| 3~4 | 3 | 25.50 | -0.6834 | -3.4915 | -53.23 |
| 4~5 | 4 | 25.50 | -3.4915 | -4.4092 | -100.73 |
| 5~6 | 5 | 25.50 | -4.4092 | -3.8625 | -105.46 |
| 6~7 | 6 | 25.50 | -3.8625 | -2.2405 | -77.814 |
| 7~8 | 7 | 25.50 | -2.2405 | 0 | -28.566 |
| | | max= | 13.222 | + Σ = | 446.693 |
| | | min= | -4.4092 | - Σ = | -366.94 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 79.7561 |

注目点2

| 区間 | 左格点 | 区間長 | 影響値（左と右） | | 面積 |
|-----|-------|---------|------------|----------------|---------|
| | P_L | | δX | Y_L | |
| 0~1 | 0 | 25.5 | 0 | 5.27165 | 67.2135 |
| 1~2 | 1 | 25.5 | 5.27165 | 13.8796 | 244.179 |
| 2~3 | 2 | 25.5 | 13.8796 | 2.90951 | 214.061 |
| 3~M | 3 | 12.3092 | 2.90951 | 0 | 17.9069 |
| M~4 | M | 13.19 | 0 | -3.1179 | -20.564 |
| 4~5 | 4 | 25.5 | -3.1179 | -5.5458 | -110.46 |
| 5~6 | 5 | 25.5 | -5.5458 | -5.3087 | -138.4 |
| 6~7 | 6 | 25.5 | -5.3087 | -3.1837 | -108.28 |
| 7~8 | 7 | 25.5 | -3.1837 | 0 | -40.592 |
| | | max= | 13.8796 | + Σ = | 522.797 |
| | | min= | -5.5458 | - Σ = | -418.29 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 104.506 |

注目点3

| 区間 | 左格点 | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-----|------------|-----------|----------------|---------|
| | PL | δX | YL | YR | AM |
| 0~1 | 0 | 25.5 | 0 | 0.6422 | 8.188 |
| 1~2 | 1 | 25.5 | 0.6422 | 3.72724 | 55.7103 |
| 2~3 | 2 | 25.5 | 3.72724 | 11.7465 | 197.29 |
| 3~4 | 3 | 25.5 | 11.7465 | 1.2215 | 165.342 |
| 4~M | 4 | 6.30853 | 1.2215 | 0 | 3.85295 |
| M~5 | M | 19.19 | 0 | -3.716 | -35.658 |
| 5~6 | 5 | 25.5 | -3.716 | -4.7281 | -107.66 |
| 6~7 | 6 | 25.5 | -4.7281 | -3.0836 | -99.6 |
| 7~8 | 7 | 25.5 | -3.0836 | 0 | -39.316 |
| | | max= | 11.7465 | + Σ = | 430.383 |
| | | min= | -4.7281 | - Σ = | -282.24 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 148.148 |

注目点4

| 区間 | 左格点 | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-----|------------|-----------|----------------|--------|
| | PL | δX | YL | YR | AM |
| 0~1 | 0 | 25.50 | 0.000 | -1.913 | -24.40 |
| 1~2 | 1 | 25.50 | -1.913 | -1.964 | -49.44 |
| 2~M | 2 | 14.16 | -1.964 | 0.000 | -13.91 |
| M~3 | M | 11.34 | 0.000 | 1.573 | 8.92 |
| 3~4 | 3 | 25.50 | 1.573 | 10.696 | 156.43 |
| 4~5 | 4 | 25.50 | 10.696 | 1.573 | 156.43 |
| 5~M | 5 | 11.34 | 1.573 | 0.000 | 8.92 |
| M~6 | M | 14.16 | 0.000 | -1.964 | -13.91 |
| 6~7 | 6 | 25.50 | -1.964 | -1.913 | -49.44 |
| 7~8 | 7 | 25.50 | -1.913 | 0.000 | -24.40 |
| | | max= | 10.696 | + Σ = | 330.69 |
| | | min= | -1.964 | - Σ = | ##### |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 155.21 |

5.4.7 剪断力の影響線

$$\begin{aligned}
 N &= 8 \\
 \alpha &= 0.02013 \\
 \alpha \lambda &= 0.51336 \\
 L &= 204 \\
 \sinh \alpha L &= 30.3702
 \end{aligned}$$

| | | | | | | | | |
|---------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $(\rightarrow x_p)$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| $(L-x_p)$ | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| sinh | 1 | 0.59819 | 0.35752 | 0.21316 | 0.12622 | 0.07327 | 0.04007 | 0.01766 |

①-(1) $\cosh \alpha x \cdot \sinh \alpha (L-x) / \sinh \alpha L$ 式(11.3)第1項

| $x \downarrow$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 1 | 0.59819 | 0.35752 | 0.21316 | 0.12622 | 0.07327 | 0.04007 | 0.01766 |
| 1 | 1.13469 | 0.67876 | 0.40567 | 0.24187 | 0.14322 | 0.08314 | 0.04546 | 0.02003 |
| 2 | 1.57504 | 0.94217 | 0.56311 | 0.33573 | 0.19879 | 0.11541 | 0.06311 | 0.02781 |
| 3 | 2.43966 | 1.45938 | 0.87223 | 0.52003 | 0.30792 | 0.17876 | 0.09775 | 0.04307 |
| 4 | 3.96148 | 2.36972 | 1.41631 | 0.84442 | 0.5 | 0.29027 | 0.15873 | 0.06994 |
| 5 | 6.55043 | 3.91841 | 2.34191 | 1.39628 | 0.82677 | 0.47997 | 0.26246 | 0.11565 |
| 6 | 10.9039 | 6.52262 | 3.89837 | 2.32426 | 1.37624 | 0.79896 | 0.43689 | 0.19252 |
| 7 | 18.1947 | 10.8839 | 6.50496 | 3.87834 | 2.29645 | 1.33317 | 0.72901 | 0.32124 |

①-(2) $-\cosh \alpha \lambda (x-x_p)$ 式(11.3)第2項

| $x \downarrow$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 0 | -1 | | | | | | | |
| 1 | -1.1347 | -1 | | | | | | |
| 2 | -1.575 | -1.1347 | -1 | | | | | |
| 3 | -2.4397 | -1.575 | -1.1347 | -1 | | | | |
| 4 | -3.9615 | -2.4397 | -1.575 | -1.1347 | -1 | | | |
| 5 | -6.5504 | -3.9615 | -2.4397 | -1.575 | -1.1347 | -1 | | |
| 6 | -10.904 | -6.5504 | -3.9615 | -2.4397 | -1.575 | -1.1347 | -1 | |
| 7 | -18.195 | -10.904 | -6.5504 | -3.9615 | -2.4397 | -1.575 | -1.1347 | -1 |

Hによる剪断力

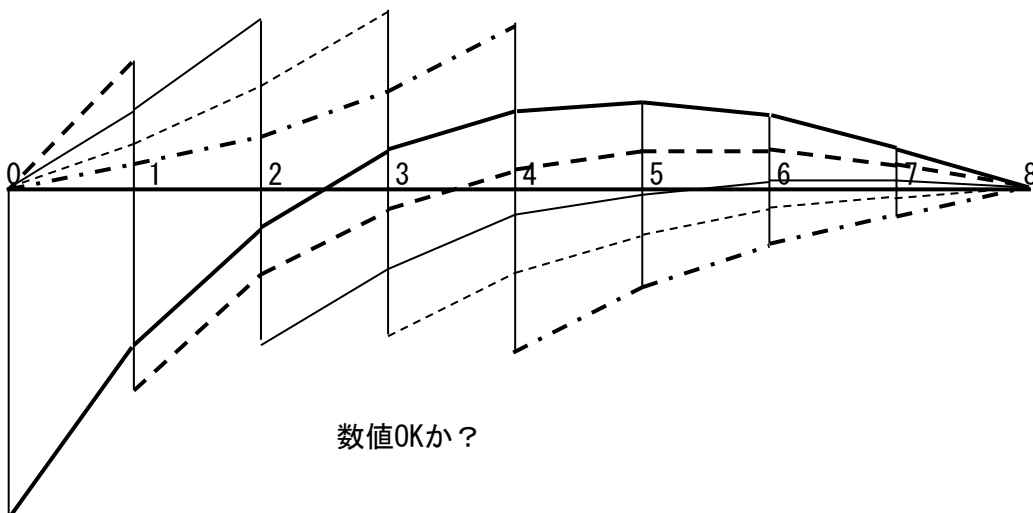
式(11.6)

② Hの影響線 (→)

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0.67623 | 1.22978 | 1.58679 | 1.70963 | 1.58679 | 1.22978 | 0.67623 |
| C21*sinh (↓) | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | | -0.1375 | -0.25 | -0.3225 | -0.3475 | -0.3225 | -0.25 | -0.1375 |
| 1 | -0.118 | -0.0798 | -0.1451 | -0.1872 | -0.2017 | -0.1872 | -0.1451 | -0.0798 |
| 2 | -0.0645 | -0.0436 | -0.0794 | -0.1024 | -0.1103 | -0.1024 | -0.0794 | -0.0436 |
| 3 | -0.0284 | -0.0192 | -0.035 | -0.0451 | -0.0486 | -0.0451 | -0.035 | -0.0192 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0.02843 | 0.01923 | 0.03497 | 0.04512 | 0.04861 | 0.04512 | 0.03497 | 0.01923 |
| 6 | 0.06453 | 0.04364 | 0.07936 | 0.10239 | 0.11032 | 0.10239 | 0.07936 | 0.04364 |
| 7 | 0.11801 | 0.0798 | 0.14512 | 0.18725 | 0.20175 | 0.18725 | 0.14512 | 0.0798 |

①+②

| | | | | | | | | |
|---|---|-------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | 1 | 0.46073 | 0.10754 | -0.1094 | -0.2213 | -0.2493 | -0.2099 | -0.1198 |
| 1 | 0 | -0.401 0.59896 | 0.26055 | 0.05462 | -0.0585 | -0.1041 | -0.0997 | -0.0598 |
| 2 | 0 | -0.2362 | -0.5162 0.48375 | 0.23334 | 0.08847 | 0.01301 | -0.0162 | -0.0158 |
| 3 | 0 | -0.1349 | -0.2974 | -0.5251 0.47491 | 0.25931 | 0.13364 | 0.06278 | 0.02385 |
| 4 | 0 | -0.0699 | -0.1587 | -0.2903 | -0.5 0.5 | 0.29027 | 0.15873 | 0.06994 |
| 5 | 0 | -0.0238 | -0.0628 | -0.1336 | -0.2593 | -0.4749 0.52509 | 0.29743 | 0.13488 |
| 6 | 0 | 0.01583 | 0.01625 | -0.013 | -0.0885 | -0.2333 | -0.4838 0.51625 | 0.23615 |
| 7 | 0 | 0.05977 | 0.09966 | 0.10411 | 0.05853 | -0.0546 | -0.2606 | -0.599 0.40104 |



5.4.8 剪断力の影響値と面積

注目点 0 = 支点

| 区 間 | | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-----|------------|-----------|----------------|---------|
| 左格点 | 右格点 | δX | Y_L | Y_R | A_M |
| 0 | 1 | 25.5 | 1 | 0.46073 | 18.6243 |
| 1 | 2 | 25.5 | 0.46073 | 0.10754 | 7.24551 |
| 2 | M | 12.6415 | 0.10754 | 0 | 0.67975 |
| M | 3 | 12.8585 | 0 | -0.1094 | -0.7033 |
| 3 | 4 | 25.5 | -0.1094 | -0.2213 | -4.2163 |
| 4 | 5 | 25.5 | -0.2213 | -0.2493 | -5.9998 |
| 5 | 6 | 25.5 | -0.2493 | -0.2099 | -5.8546 |
| 6 | 7 | 25.5 | -0.2099 | -0.1198 | -4.2038 |
| 7 | 8 | 25.5 | -0.1198 | 0 | -1.5275 |
| | | max= | 1 | + Σ = | 26.5496 |
| | | min= | -0.2493 | - Σ = | -22.505 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 4.0443 |

注目点 1

| 区 間 | | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-----|------------|-----------|----------------|---------|
| 左格点 | 右格点 | δX | Y_L | Y_R | A_M |
| 0 | 1 | 25.5 | 0 | -0.401 | -5.1132 |
| 1 | 2 | 25.5 | 0.59896 | 0.26055 | 10.9588 |
| 2 | 3 | 25.5 | 0.26055 | 0.05462 | 4.01844 |
| 3 | M | 12.3092 | 0.05462 | 0 | 0.33616 |
| M | 4 | 13.1908 | 0 | -0.0585 | -0.386 |
| 4 | 5 | 25.5 | -0.0585 | -0.1041 | -2.0736 |
| 5 | 6 | 25.5 | -0.1041 | -0.0997 | -2.598 |
| 6 | 7 | 25.5 | -0.0997 | -0.0598 | -2.0326 |
| 7 | 8 | 25.5 | -0.0598 | 0 | -0.762 |
| | | max= | 0.59896 | + Σ = | 15.3134 |
| | | min= | -0.401 | - Σ = | -12.966 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 2.34786 |

注目点 2

| 区 間 | | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-----|------------|-----------|----------------|---------|
| 左格点 | 右格点 | δX | Y_L | Y_R | A_M |
| 0 | 1 | 25.5 | 0 | -0.2362 | -3.0109 |
| 1 | 2 | 25.5 | -0.2362 | -0.5162 | -9.5931 |
| 2 | 3 | 25.5 | 0.48375 | 0.23334 | 9.14289 |
| 3 | 4 | 25.5 | 0.23334 | 0.08847 | 4.10311 |
| 4 | 5 | 25.5 | 0.08847 | 0.01301 | 1.29397 |
| 5 | M | 11.3404 | 0.01301 | 0 | 0.07379 |
| M | 6 | 14.1596 | 0 | -0.0162 | -0.115 |
| 6 | 7 | 25.5 | -0.0162 | -0.0158 | -0.409 |
| 7 | 8 | 25.5 | -0.0158 | 0 | -0.2018 |
| | | max= | 0.48375 | + Σ = | 14.6138 |
| | | min= | -0.5162 | - Σ = | -13.33 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 1.28388 |

注目点 3

| 区 間 | | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|------|-----|------------|-----------|----------------|---------|
| 左格点 | 右格点 | δX | Y_L | Y_R | A_M |
| 0 | 1 | 25.5 | 0 | -0.1349 | -1.7197 |
| 1 | 2 | 25.5 | -0.1349 | -0.2974 | -5.5119 |
| 2 | 3 | 25.5 | -0.2974 | -0.5251 | -10.487 |
| 3 | 4 | 25.5 | 0.47491 | 0.25931 | 9.36137 |
| 4 | 5 | 25.5 | 0.25931 | 0.13364 | 5.01013 |
| 5 | 6 | 25.5 | 0.13364 | 0.06278 | 2.5044 |
| 6 | 7 | 25.5 | 0.06278 | 0.02385 | 1.10451 |
| 7 | 8 | 25.5 | 0.02385 | 0 | 0.30403 |
| max= | | | 0.47491 | + Σ = | 18.2844 |
| min= | | | -0.5251 | - Σ = | -17.719 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 0.56574 |

注目点 4 = 支間中央

| 区 間 | | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|------|-----|------------|-----------|----------------|---------|
| 左格点 | 右格点 | δX | Y_L | Y_R | A_M |
| 0 | 1 | 25.5 | 0 | -0.0699 | -0.8918 |
| 1 | 2 | 25.5 | -0.0699 | -0.1587 | -2.9155 |
| 2 | 3 | 25.5 | -0.1587 | -0.2903 | -5.7247 |
| 3 | 4 | 25.5 | -0.2903 | -0.5 | -10.076 |
| 4 | 5 | 25.5 | 0.5 | 0.29027 | 10.0759 |
| 5 | 6 | 25.5 | 0.29027 | 0.15873 | 5.72467 |
| 6 | 7 | 25.5 | 0.15873 | 0.06994 | 2.91553 |
| 7 | 8 | 25.5 | 0.06994 | 0 | 0.89177 |
| max= | | | 0.5 | + Σ = | 19.6079 |
| min= | | | -0.5 | - Σ = | -19.608 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 2E-14 |

5.4.9 撓みの影響線

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 0.02013 \\
 \alpha \lambda &= 0.51336 \\
 \cosh \alpha \lambda &= 1.13469 \\
 \sinh \alpha \lambda &= 0.53621 \\
 H_d &= 594.411 \\
 2 \sinh \alpha \lambda (\cosh \alpha \lambda - 1) / \alpha H_d &= 0.01207 = C3 \\
 (\sinh \alpha \lambda - \alpha \lambda) / \alpha H_d &= 0.00191 = C4 \\
 - (8F/L^2)^2 (L^4/24EJ)^2 (1/\delta_H) &= -3.0989 = C12
 \end{aligned}$$

$[W(i, j)] = C3 * [T3] - C4 [TW]$ 軸力を受ける梁の撓みの影響線①

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.01073 | 0.01615 | 0.01726 | 0.01579 | 0.0128 | 0.00893 | 0.00457 |
| 0.01615 | 0.02799 | 0.03195 | 0.03006 | 0.02472 | 0.01738 | 0.00893 |
| 0.01726 | 0.03195 | 0.0408 | 0.04088 | 0.03464 | 0.02472 | 0.0128 |
| 0.01579 | 0.03006 | 0.04088 | 0.04537 | 0.04088 | 0.03006 | 0.01579 |
| 0.0128 | 0.02472 | 0.03464 | 0.04088 | 0.0408 | 0.03195 | 0.01726 |
| 0.00893 | 0.01738 | 0.02472 | 0.03006 | 0.03195 | 0.02799 | 0.01615 |
| 0.00457 | 0.00893 | 0.0128 | 0.01579 | 0.01726 | 0.01615 | 0.01073 |

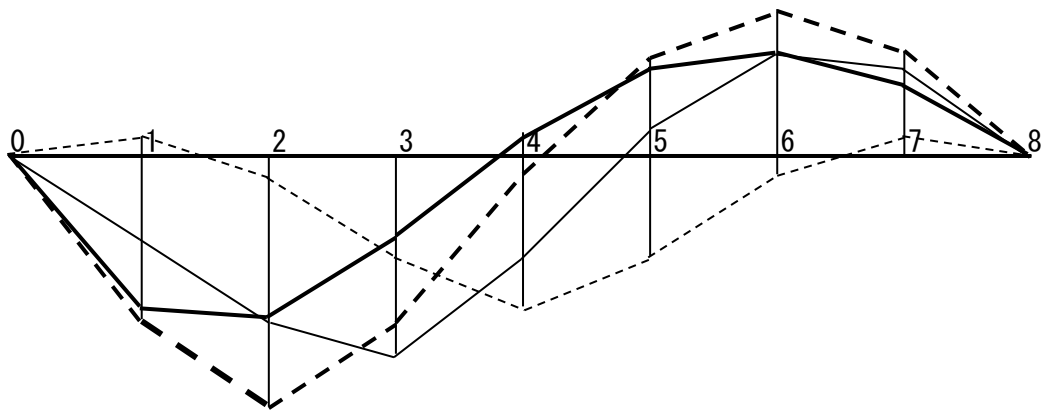
$[W(i, j)] = C12 * [T5]$

水平反力増分による撓み②

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| -0.0064 | -0.0116 | -0.015 | -0.0162 | -0.015 | -0.0116 | -0.0064 |
| -0.0116 | -0.0211 | -0.0273 | -0.0294 | -0.0273 | -0.0211 | -0.0116 |
| -0.015 | -0.0273 | -0.0352 | -0.0379 | -0.0352 | -0.0273 | -0.015 |
| -0.0162 | -0.0294 | -0.0379 | -0.0408 | -0.0379 | -0.0294 | -0.0162 |
| -0.015 | -0.0273 | -0.0352 | -0.0379 | -0.0352 | -0.0273 | -0.015 |
| -0.0116 | -0.0211 | -0.0273 | -0.0294 | -0.0273 | -0.0211 | -0.0116 |
| -0.0064 | -0.0116 | -0.015 | -0.0162 | -0.015 | -0.0116 | -0.0064 |

$[W(i, j)] = \textcircled{1} + \textcircled{2}$

| | | | | | | | | |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 | 0.00434 | 0.00453 | 0.00227 | -0.0004 | -0.0022 | -0.0027 | -0.0018 | 0 |
| 0 | 0.00453 | 0.00686 | 0.00468 | 0.00069 | -0.0025 | -0.0038 | -0.0027 | 0 |
| 0 | 0.00227 | 0.00468 | 0.00562 | 0.00297 | -0.0005 | -0.0025 | -0.0022 | 0 |
| 0 | -0.0004 | 0.00069 | 0.00297 | 0.00453 | 0.00297 | 0.00069 | -0.0004 | 0 |
| 0 | -0.0022 | -0.0025 | -0.0005 | 0.00297 | 0.00562 | 0.00468 | 0.00227 | 0 |
| 0 | -0.0027 | -0.0038 | -0.0025 | 0.00069 | 0.00468 | 0.00686 | 0.00453 | 0 |
| 0 | -0.0018 | -0.0027 | -0.0022 | -0.0004 | 0.00227 | 0.00453 | 0.00434 | 0 |
| $\Sigma =$ | 0.00409 | 0.00778 | 0.01026 | 0.01113 | 0.01026 | 0.00778 | 0.00409 | |
| $* \lambda =$ | 0.10427 | 0.19836 | 0.26173 | 0.28392 | 0.26173 | 0.19836 | 0.10427 | |



5.4.10 撓みの影響値と面積

注目点1

| 区間 | 左格点 | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-------|------------|-----------|----------------|---------|
| | P_L | δX | Y_L | Y_R | A_M |
| 0~1 | 0 | 25.5 | 0 | 0.00434 | 0.05538 |
| 1~2 | 1 | 25.5 | 0.00434 | 0.00453 | 0.1132 |
| 2~3 | 2 | 25.5 | 0.00453 | 0.00227 | 0.08673 |
| 3~M | 3 | 22.0111 | 0.00227 | 0 | 0.02496 |
| M~4 | 4 | 3.49 | 0 | -0.0004 | -0.0006 |
| 4~5 | M | 25.5 | -0.0004 | -0.0022 | -0.0325 |
| 5~6 | 5 | 25.5 | -0.0022 | -0.0027 | -0.0622 |
| 6~7 | 6 | 25.5 | -0.0027 | -0.0018 | -0.0575 |
| 7~8 | 7 | 25.5 | -0.0018 | 0 | -0.0232 |
| | | max= | 0.00453 | + Σ = | 0.28027 |
| | | min= | -0.0027 | - Σ = | -0.176 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 0.10427 |

注目点2

| 区間 | 左格点 | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-------|------------|-----------|----------------|---------|
| | P_L | δX | Y_L | Y_R | A_M |
| 0~1 | 0 | 25.5 | 0 | 0.00453 | 0.05782 |
| 1~2 | 1 | 25.5 | 0.00453 | 0.00686 | 0.14531 |
| 2~3 | 2 | 25.5 | 0.00686 | 0.00468 | 0.1472 |
| 3~4 | 3 | 25.5 | 0.00468 | 0.00069 | 0.06848 |
| 4~M | 4 | 5.43167 | 0.00069 | 0 | 0.00187 |
| M~5 | 5 | 20.07 | 0 | -0.0025 | -0.0255 |
| 5~6 | M | 25.5 | -0.0025 | -0.0038 | -0.0803 |
| 6~7 | 6 | 25.5 | -0.0038 | -0.0027 | -0.0822 |
| 7~8 | 7 | 25.5 | -0.0027 | 0 | -0.0343 |
| | | max= | 0.00686 | + Σ = | 0.42067 |
| | | min= | -0.0038 | - Σ = | -0.2223 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 0.19836 |

注目点3

| 区間 | 左格点 | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-------|------------|-----------|----------------|---------|
| | P_L | δX | Y_L | Y_R | A_M |
| 0~1 | 0 | 25.5 | 0 | 0.00227 | 0.02891 |
| 1~2 | 1 | 25.5 | 0.00227 | 0.00468 | 0.08862 |
| 2~3 | 2 | 25.5 | 0.00468 | 0.00562 | 0.13131 |
| 3~4 | 3 | 25.5 | 0.00562 | 0.00297 | 0.10952 |
| 4~M | 4 | 21.5491 | 0.00297 | 0 | 0.03204 |
| M~5 | M | 3.95 | 0 | -0.0005 | -0.0011 |
| 5~6 | 5 | 25.5 | -0.0005 | -0.0025 | -0.0394 |
| 6~7 | 6 | 25.5 | -0.0025 | -0.0022 | -0.0603 |
| 7~8 | 7 | 25.5 | -0.0022 | 0 | -0.0279 |
| | | max= | 0.00562 | + Σ = | 0.39041 |
| | | min= | -0.0025 | - Σ = | -0.1287 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 0.26173 |

注目点4=支間中央

| 区間 | 左格点 | 区間長 | 影響値 (左と右) | | 面積 |
|-----|-----|------------|-----------|----------------|---------|
| | PL | δX | YL | YR | AM |
| 0~1 | 0 | 25.5 | 0 | -0.0004 | -0.0046 |
| 1~M | 1 | 8.75006 | -0.0004 | 0 | -0.0016 |
| M~2 | M | 16.75 | 0 | 0.00069 | 0.00576 |
| 2~3 | 2 | 25.5 | 0.00069 | 0.00297 | 0.04668 |
| 3~4 | 3 | 25.5 | 0.00297 | 0.00453 | 0.09567 |
| 4~5 | 4 | 25.5 | 0.00453 | 0.00297 | 0.09567 |
| 5~6 | 5 | 25.5 | 0.00297 | 0.00069 | 0.04668 |
| 6~M | 6 | 16.7499 | 0.00069 | 0 | 0.00576 |
| M~7 | M | 8.75 | 0 | -0.0004 | -0.0016 |
| 7~8 | 7 | 25.5 | -0.0004 | 0 | -0.0046 |
| | | max= | 0.00453 | + Σ = | 0.29623 |
| | | min= | -0.0004 | - Σ = | -0.0123 |
| | | | | $\Sigma \pm$ = | 0.28392 |

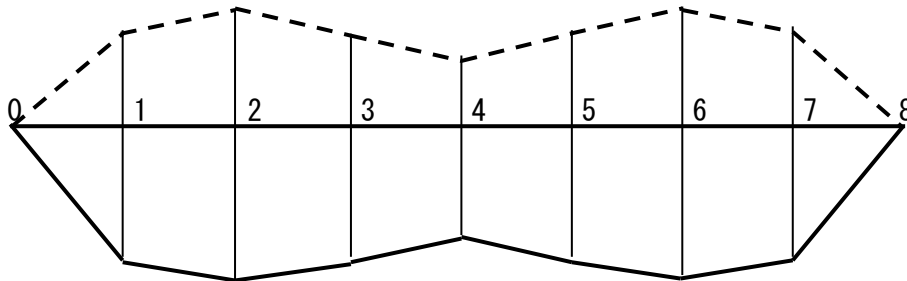
5.5 応力の計算

5.5.1 曲げモーメント

| 活 荷 重 | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|----------|--------|----------------|----------------|-----------|--------|--------|--------|
| 格点 | 線荷重影響値 | | P= 7.175 | | 分布荷重影響値 | | p= 0.5125 | | 活荷重合計 | |
| | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min |
| | m | m | tf-m | tf-m | m ² | m ² | tf-m | tf-m | tf-m | tf-m |
| 1 | 13.222 | -4.409 | 94.8678 | -31.64 | 446.69 | -366.9 | 228.93 | -188.1 | 323.8 | -219.7 |
| 2 | 13.88 | -5.546 | 99.5863 | -39.79 | 522.8 | -418.3 | 267.93 | -214.4 | 367.52 | -254.2 |
| 3 | 11.746 | -4.728 | 84.2811 | -33.92 | 430.38 | -282.2 | 220.57 | -144.6 | 304.85 | -178.6 |
| 4 | 10.696 | -1.964 | 76.7406 | -14.09 | 330.69 | -175.5 | 169.48 | -89.94 | 246.22 | -104 |

| 格点 | 衝 撃 (i) | | 雪 荷 重 (S, s) | | 温度差応力 | | | 合計 | | |
|----|-----------|--------|----------------|--------|--------|--------|-----------|--------|------|------|
| | 0.0787 | | 影響値 | 1.2 | 0.24 | 影響値 | H=± 10.98 | | max | min |
| | max | min | | max | min | | 夏 | 冬 | tf-m | tf-m |
| | m | m | m ² | tf-m | tf-m | | tf-m | tf-m | tf-m | tf-m |
| 1 | 25.496 | -17.3 | 79.7561 | 95.707 | 19.141 | 4.0086 | 44.028 | -44.03 | 393 | -281 |
| 2 | 28.939 | -20.01 | 104.506 | 125.41 | 25.082 | 6.2861 | 69.043 | -69.04 | 466 | -343 |
| 3 | 24.004 | -14.06 | 148.148 | 177.78 | 35.555 | 7.446 | 81.783 | -81.78 | 411 | -274 |
| 4 | 19.387 | -8.191 | 155.207 | 186.25 | 37.25 | 7.8008 | 85.68 | -85.68 | 351 | -198 |

備考： 最大曲げモーメントは、活荷重+衝撃+温度差（夏） 466 -343
 最小曲げモーメントは、活荷重+衝撃+温度差（冬）

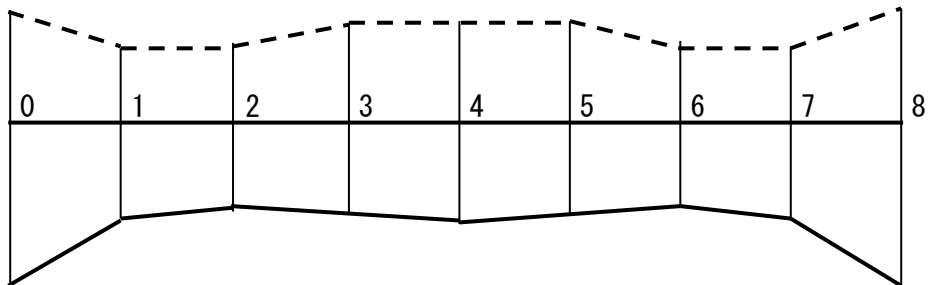


5.5.2 剪断力

| 活 荷 重 | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|----------|--------|----------------|----------------|-----------|--------|-------|-----|
| 格点 | 線荷重影響値 | | P= 7.175 | | 分布荷重影響値 | | p= 0.5125 | | 活荷重合計 | |
| | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min |
| | m | m | tf | tf | m ² | m ² | tf | tf | tf | tf |
| 0 | 1 | -0.249 | 7.175 | -1.789 | 26.55 | -22.51 | 13.6 | -11.53 | 21 | -13 |
| 1 | 0.599 | -0.401 | 4.29755 | -2.877 | 15.31 | -12.97 | 7.8 | -6.6 | 12 | -10 |
| 2 | 0.4838 | -0.516 | 3.47092 | -3.704 | 14.61 | -13.33 | 7.5 | -6.8 | 11 | -11 |
| 3 | 0.4749 | -0.525 | 3.40751 | -3.767 | 18.28 | -17.72 | 9.4 | -9.1 | 13 | -13 |
| 4 | 0.5 | -0.5 | 3.5875 | -3.588 | 19.61 | -19.61 | 10.0 | -10.05 | 14 | -14 |

| 格点 | 衝 撃 (i) | | 雪 荷 重 (S, s) | | 温度差応力 | | | 合計 | | | | |
|----|-----------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|-----------|-----|
| | 0.0787 | | 影響値 | | 1.2 | | 0.24 | | 影響値 | | H=± 10.98 | |
| | max | min | | | max | min | | | 夏 | 冬 | max | min |
| | m | m | m ² | | tf | tf | | | tf | tf | tf | tf |
| 0 | 1.6364 | -1.049 | 4.0443 | 4.8532 | 0.9706 | -0.203 | 2.2326 | -2.233 | 25 | -17 | | |
| 1 | 0.9564 | -0.75 | 2.34786 | 2.8174 | 0.5635 | -0.118 | 1.2961 | -1.296 | 14 | -12 | | |
| 2 | 0.863 | -0.83 | 1.28388 | 1.5407 | 0.3081 | -0.065 | 0.7087 | -0.709 | 13 | -12 | | |
| 3 | 1.0062 | -1.012 | 0.56574 | 0.6789 | 0.1358 | -0.028 | 0.3123 | -0.312 | 14 | -14 | | |
| 4 | 1.0737 | -1.074 | 2E-14 | 2E-14 | 5E-15 | 0 | 0 | 0 | 15 | -15 | | |

備考： 最大剪断力は、活荷重+衝撃+温度差（夏） 25 -17
 最小剪断力は、活荷重+衝撃+温度差（冬）

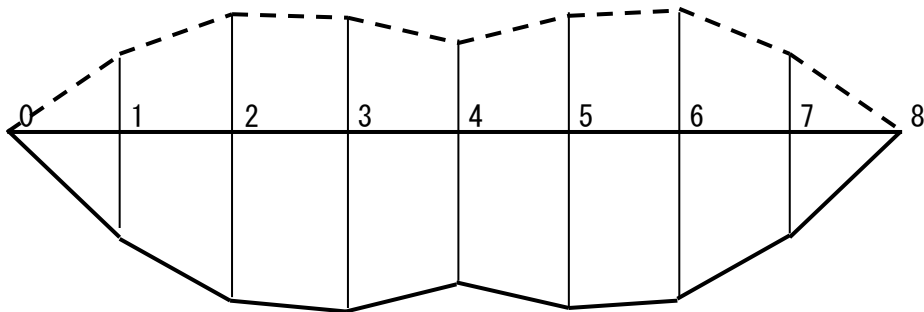


5.5.3 撓み

| 活 荷 重 | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|----------|--------|----------------|----------------|-----------|--------|---------------|---------------|
| 格点 | 線荷重影響値 | | P= 7.175 | | 分布荷重影響値 | | p= 0.5125 | | 活荷重合計 | |
| | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min |
| | m | m | m | m | m ² | m ² | m | m | m | m |
| 1 | 0.0045 | -0.003 | 0.03254 | -0.019 | 0.2803 | -0.176 | 0.1436 | -0.09 | 0.1762 | -0.11 |
| 2 | 0.0069 | -0.004 | 0.04924 | -0.027 | 0.4207 | -0.222 | 0.2156 | -0.114 | 0.2648 | -0.141 |
| 3 | 0.0056 | -0.003 | 0.0403 | -0.018 | 0.3904 | -0.129 | 0.2001 | -0.066 | 0.2404 | -0.084 |
| 4 | 0.0045 | -4E-04 | 0.0325 | -0.003 | 0.2962 | -0.012 | 0.1518 | -0.006 | 0.1843 | -0.009 |
| | | | | | | | | | max= | 0.2648 |

| 格点 | 衝 撃 (i) | | 雪 荷 重 (S, s) | | | 温度差応力 | | | 合計 | |
|----|---------------|---------------|--------------|----------------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| | 0.0787 | | 影響値 | | 1.2 | 0.24 | 影響値 | | H=± 10.98 | |
| | max | min | | | max | min | | | max | min |
| | | m | m | m ² | m | m | 夏 | 冬 | m | m |
| 1 | 0.0139 | -0.009 | 0.10427 | 0.1251 | 0.025 | 0.0094 | 0.1038 | -0.104 | 0.2938 | -0.222 |
| 2 | 0.0209 | -0.011 | 0.19836 | 0.238 | 0.0476 | 0.0172 | 0.1887 | -0.189 | 0.4744 | -0.341 |
| 3 | 0.0189 | -0.007 | 0.26173 | 0.3141 | 0.0628 | 0.0222 | 0.2435 | -0.244 | 0.5028 | -0.334 |
| 4 | 0.0145 | -7E-04 | 0.28392 | 0.3407 | 0.0681 | 0.0239 | 0.2624 | -0.262 | 0.4612 | -0.272 |

備考： 最大撓みは、活荷重+衝撃+温度差（夏）
 最小曲げモーメントは、活荷重+衝撃+温度差（冬）



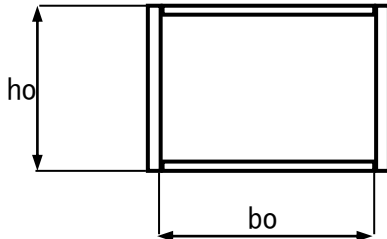
活荷重たわみ

$$\begin{aligned}
 y &= 0.265 \quad \text{m} & = 264.8 \quad \text{mm} \\
 y_a &= 204000 / 600 & = 340.0 \quad \text{mm} \\
 & & > 264.8 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

5.6 断面計算

5.6.1 弦材

| | | |
|------------------|-----------------------|------|
| 部材に作用する最大曲げモーメント | +M = 466 | tf-m |
| | -M = -343 | tf-m |
| 上下トラス高さ | Ht = 3.000 | m |
| 上下弦材に作用する軸力 | 466 / 3.000 = 155.2 | tf |
| | -343 / 3.000 = -114.4 | tf |



| | | | | | |
|--------|---------|-----|---|----|--|
| 断面 | 2 - Flg | 270 | x | 10 | |
| | 2 - Web | 230 | x | 22 | |
| 部材固定長さ | 6.000 m | | | | |

水平軸方向

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---|----------------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 | - Flg 270 x 10 | = 54.0 | 11.00 | 6534 |
| 2 | - Web 230 x 22 | = 101.2 | - | 4461 |
| Σ | | 155.2 | - | 10995 |

| | | |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 最遠縁距離 | Yu = 11.500 | cm |
| | Yl = -11.500 | cm |
| 一次半径 | rx = √ 10995 / 155.20 | = 8.42 cm |
| | L/r = 300.0 / 8.42 | = 35.64 |
| 断面係数 | Zu = 10995 / 11.500 | = 956 cm ³ |
| | Zl = 10995 / -11.500 | = -956 cm ³ |
| 部材自重による曲げモーメント (格点を単純支持とする) | | |
| 部材自重 | 0.122 | tf/m |
| 曲げモーメント | 0.122 x 3.000 ² / 8 | = 0.137 tf-m |

鉛直軸方向

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---|----------------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 | - Flg 270 x 10 | = 54.0 | - | 3281 |
| 2 | - Web 230 x 22 | = 101.2 | 14.60 | 21572 |
| Σ | | 155.2 | - | 24852 |

| | | |
|---------|--------------------------------|--------------|
| 一次半径 | rx = √ 24852 / 155.20 | = 12.65 cm |
| | L/r = 600.0 / 12.65 | = 47.41 |
| | maxL/r = 47.41 | < 110 |
| 曲げモーメント | 0.122 x 6.000 ² / 8 | = 0.548 tf-m |

応力度計算

| | | |
|--|---------|---------------------|
| σca = 1200 - 0.05 x 47.41 ² | = 1088 | kgf/cm ² |
| 上弦材が圧縮を受ける場合 | | |
| σt = 155167 / 155.2 + 13706 / 956 | = 1014 | kgf/cm ² |
| | < 1088 | kgf/cm ² |
| σb = -155167 / 155.2 - 54824 / 956 | = -1057 | kgf/cm ² |
| | > -1300 | kgf/cm ² |

上弦材が引張りを受ける場合

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{-114407}{155.2} + \frac{13706}{956} \\ &= \frac{-737}{14} = \frac{-723}{1300} \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_b &= \frac{114407}{155.2} + \frac{54824}{956} \\ &= \frac{737}{57} = \frac{680}{1088} \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

5.6.2 斜材

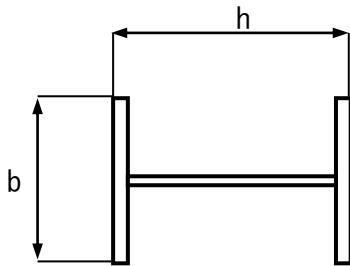
部材に作用する最大曲げモーメント

$$\begin{aligned} +S &= 24.7 \text{ tf} \\ -S &= -16.6 \text{ tf} \\ \max S &= 24.7 \text{ tf} \end{aligned}$$

斜材の長さ

$$L = \sqrt{3.000^2 + 3.000^2} = 4.243 \text{ m}$$

斜材に作用する最大軸力 $24.7 \times 1.414 = 34.9 \text{ tf}$



断面

$$\begin{aligned} 2 &- \text{Flg } 200 \times 8 \\ 1 &- \text{Web } 252 \times 8 \\ \text{部材固定長さ} &3.818 \text{ m} \end{aligned}$$

強軸方向

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---------|-----------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 - Flg | 200 x 8 = | 32.0 | 13.00 | 5408 |
| 1 - Web | 252 x 8 = | 20.2 | - | 1067 |
| Σ | | 52.2 | - | 6475 |

一次半径 $rx = \sqrt{\frac{6475}{52.16}} = 11.14 \text{ cm}$
 $L/r = \frac{381.8}{11.14} = 34.27$

弱軸方向

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---------|-----------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 - Flg | 200 x 8 = | 32.0 | - | 1067 |
| 1 - Web | 252 x 8 = | 20.2 | 10.40 | 2181 |
| Σ | | 52.2 | - | 3247 |

一次半径 $rx = \sqrt{\frac{3247}{52.16}} = 7.89 \text{ cm}$
 $L/r = \frac{381.8}{7.89} = 48.39$
 $\max L/r = 48.39 < 110$

応力度計算

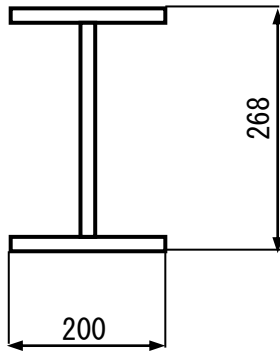
$$\begin{aligned} \sigma_{ca} &= 1200 - 0.05 \times 48.39^2 = 1083 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_c &= \frac{34861}{52.2} = 668 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_t &= \frac{34861}{52.2} = 668 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

< 1083 kgf/cm²
> -1300 kgf/cm²

5.6.3 垂直材

垂直材の最大応力は剪断力と同じとする。

| 格点 | 活荷重合計 | | 衝撃 (i) | | 合計 | |
|----|-------|-----|----------|------|-----------|------------|
| | max | min | 0.3571 | | max | min |
| | tf | tf | max | min | | |
| 0 | 21 | -13 | 7.4 | -4.8 | 28 | -18 |
| 1 | 12 | -10 | 4.3 | -3.4 | 16 | -13 |
| 2 | 11 | -11 | 3.9 | -3.8 | 15 | -14 |
| 3 | 13 | -13 | 4.6 | -4.6 | 17 | -17 |
| 4 | 14 | -14 | 4.9 | -4.9 | 19 | -19 |
| | | | | | 28 | -19 |



$$N_{max} = 28 \text{ tf}$$

2 - Flg 200 x 8
 1 - Web 252 x 8
 部材固定長さ 3.000 m

強軸方向

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---------|-----------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 - Flg | 200 x 8 = | 32.0 | 13.00 | 5408 |
| 1 - Web | 252 x 8 = | 20.2 | - | 1067 |
| Σ | | 52.2 | - | 6475 |

$$\begin{aligned} \text{一次半径 } r_x &= \sqrt{6475 / 52.16} = 11.14 \text{ cm} \\ L/r &= 300.0 / 11.14 = 26.93 \end{aligned}$$

弱軸方向

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---------|-----------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 - Flg | 200 x 8 = | 32.0 | - | 1067 |
| 1 - Web | 252 x 8 = | 20.2 | 10.40 | 2181 |
| Σ | | 52.2 | - | 3247 |

$$\begin{aligned} \text{一次半径 } r_x &= \sqrt{3247 / 52.16} = 7.89 \text{ cm} \\ L/r &= 300.0 / 7.89 = 38.02 \\ \text{max } L/r &= 38.02 < 110 \end{aligned}$$

応力度計算

$$\begin{aligned} \sigma_{ca} &= 1200 - 0.05 \times 38.02^2 = 1128 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_c &= 28000 / 52.2 = 537 \text{ kgf/cm}^2 < 1128 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

6 ケーブル及び吊材

6.1 ケーブル

| ケーブル水平反力 | | 単位 | 影響値 | | =Hd |
|----------|------|------|------|-------|--------|
| 死荷重 | | tf/m | 2.51 | 236.5 | |
| 活荷重 | 線荷重 | tf | 7.18 | 1.7 | 12.27 |
| | 等分布 | tf/m | 0.51 | 221.7 | 113.64 |
| 活荷重合計 | | | | | 125.90 |
| 衝撃 | | | 0.08 | | 9.91 |
| 雪荷重 | 最大 | tf/m | 1.20 | 221.7 | 266.07 |
| | 最小 | tf/m | 0.24 | 221.7 | 53.21 |
| 温度 | 冬 | | | | 10.98 |
| | 夏 | | | | -10.98 |
| 合計 | 冬載荷時 | tf/m | | | 741.21 |
| | 冬最大 | | | | 871.47 |
| | 夏最小 | tf/m | | | 583.43 |

$$\text{ケーブル斜比} = (1 + 16 n^2)^{0.5}$$

$$= (1 + 16 \times 0.107^2)^{0.5} = 1.087$$

$$\text{張力 } T = 871.5 \times 1.087 = 947.7 \text{ tf}$$

$$\text{切断荷重の合計} = 131.7 \times 16.0 = 2107.4 \text{ tf}$$

$$\text{安全率} = 2107 / 947.7 = 2.22$$

6.2 吊材

$$\text{吊材張力} = H \cdot ps / (L^2 / 8F) = 871.47 \times 6.000 / 236.45 = 22.1 \text{ tf}$$

断面計算

使用吊材断面 SS50 スクエア・ロッド
 吊材の供用引張応力度 $\sigma_{ta} = 1700 \text{ kgf/cm}^2$

必要断面積
 $22113 / 1700 = 13.01 \text{ cm}^2$

使用寸法及び断面積
 $3.5 \times 3.5 = 12.25 \text{ cm}^2$

7 横構の計算その他

7.1 地震荷重

地震時水平力 (下横構に作用すると考える)

$$\text{死荷重 } 2.51 \times 2 = 5.03 \text{ tf/m}$$

$$\text{地震時水平力} = 5.03 \times 0.20 = 1.006 \text{ tf/m}$$

7.2 風荷重

上弦材 $h = 0.230 \text{ m}$
 無載荷時 $w = 360 \quad 900 \times 0.230 = 567 < 600 \text{ kgf/m}$
 故に = 0.6 tf/m

下弦材 $h = 0.230 \text{ m}$
 無載荷時 $w = 360 + 900 \times 0.230 = 567 < 600 \text{ kgf/m}$
 故に = 0.6 tf/m

斜材 $h = 0.200 \text{ m}$
 無載荷時 $w = 900 \times 0.200 = 180 < 600 \text{ kgf/m}$
 故に = 0.600 tf/m

高欄・地覆・床版・縦桁 (プレートガーダー扱いとする)

基本式 $w = 240 + 450 \times h \geq 600 \text{ kgf/m}$

h の計算

高欄 $0.900 \times 0.30 = 0.270 \text{ m}$

地覆 = 0.320 m

床版 = 0.170 m

ハンチ = 0.070 m

縦桁 $0.540 - 0.230 = 0.310 \text{ m}$

合計 1.140 m

$w = 240 + 450 \times 1.140 = 0.753 \text{ tf/m}$

上横構に作用する水平力

縦桁等 = 0.753 tf/m

上弦材 = 0.600 tf/m

斜材 $0.600 / 2 = 0.300 \text{ tf/m}$

合計 = 1.653 tf/m

下横構に作用する水平力

斜材 = 0.300 tf/m

下弦材 = 0.600 tf/m

合計 = 0.900 tf/m

許容応力度で除した荷重強度

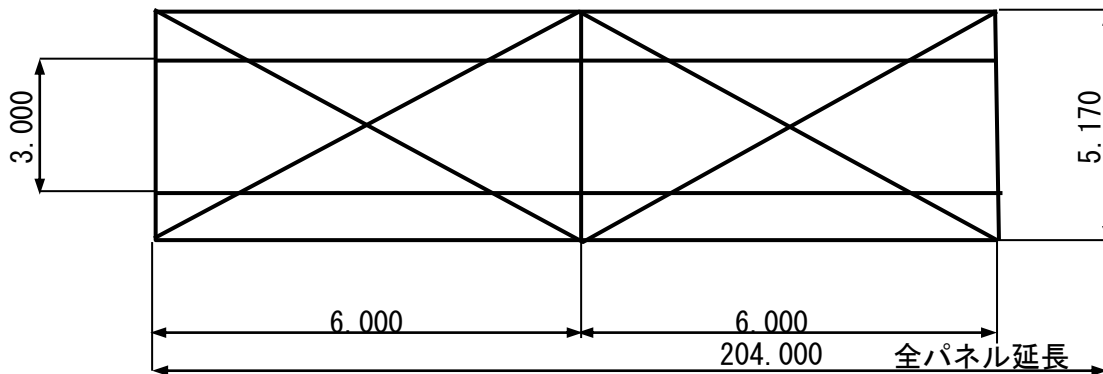
上弦材
 風荷重 $1.653 / 1.25 = 1.32 \text{ tf/m}$

下弦材
 地震時 $1.006 / 1.80 = 0.56 \text{ tf/m}$
 風荷重 $0.900 / 1.25 = 0.72 \text{ tf/m}$

最大荷重 = 0.72 tf/m

7.3 上横構

上横構は圧縮部材として計算する。
部材長は骨組み長の0.9倍とする。



部材長

$$L' = \sqrt{6.000^2 + 5.170^2} = 7.920 \text{ m}$$

$$L = 7.920 \times 3.000 / 5.170 = 4.596 \text{ m}$$

作用力

$$S = 1.32 \times 6.000 / 2 = 3.96 \text{ tf}$$

$$P = 3.96 \times 7.920 / 5.17 = 6.07 \text{ tf}$$

$$L - 100 \times 100 \times 10$$

$$r_x = 3.03 \text{ cm}$$

$$A_s = 19.0 \text{ cm}^2 \quad w = 14.9 \text{ kgf/m}$$

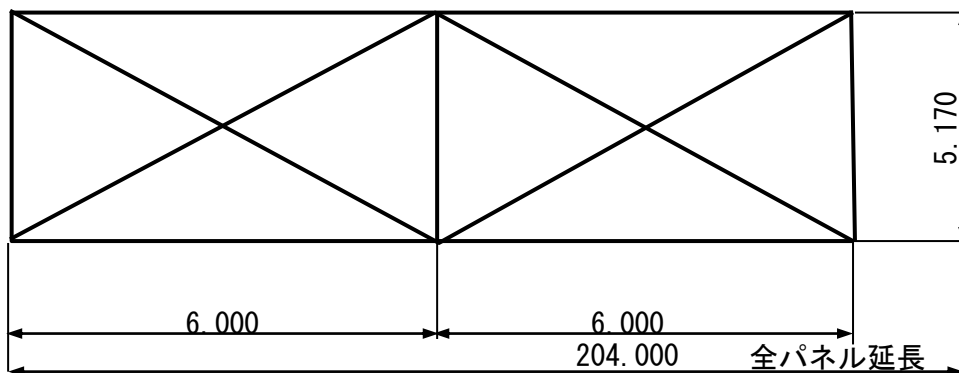
$$L / r = 414 / 3.03 = 136.5 < 150$$

$$\sigma_{ca} = 720000 / 136.5^2 = 386 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_c = 6067 / 19.00 = 319 \text{ kgf/cm}^2$$

7.4 下横構

下横構は圧縮部材として計算する。



部材長

$$L_t = [(6.000)^2 + (5.170)^2]^{0.5} = 7.920 \text{ m}$$

最大水平反力

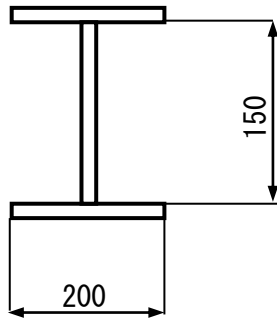
$$R = 0.72 \times 6.000 / 2 = 2.16 \text{ tf}$$

最大水平反力を2部材で受け持たせるものとする。

$$P = (2.16 / 2) \times 7.920 / 5.170$$

$$= 1.65 \text{ tf}$$

下横構



| | | | | | |
|--------|-------|-----|---|---|---------|
| 2 | - Flg | 200 | x | 8 | |
| 1 | - Web | 150 | x | 8 | |
| 部材固定長さ | | | | | 7.920 m |
| | | | | | 3.960 m |

強軸方向
弱軸方向

強軸方向

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---|-----------------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 | - Flg 200 x 8 = | 32.0 | 7.90 | 1997 |
| 1 | - Web 150 x 8 = | 12.0 | - | 225 |
| Σ | | 44.0 | - | 2222 |

$$\begin{aligned} \text{一次半径} \quad r_x &= \sqrt{\frac{2222}{44.00}} = 7.11 \text{ cm} \\ L/r &= \frac{712.8}{7.11} = 100.30 \end{aligned}$$

弱軸方向

| 断 | 面 | A (cm ²) | y (cm) | I (cm ⁴) |
|---|-----------------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 | - Flg 200 x 8 = | 32.0 | - | 1067 |
| 1 | - Web 150 x 8 = | 12.0 | 10.40 | 1298 |
| Σ | | 44.0 | - | 2365 |

$$\begin{aligned} \text{一次半径} \quad r_x &= \sqrt{\frac{2365}{44.00}} = 7.33 \text{ cm} \\ L/r &= \frac{356.4}{7.33} = 48.62 \\ \text{max} L/r &= 100.30 < 110 \end{aligned}$$

応力度計算

$$\begin{aligned} \sigma_{ca} &= 1200 - 0.05 \times 100.3^2 = 697 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_c &= \frac{1655}{44.0} = 38 \text{ kgf/cm}^2 < 697 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

スターラット

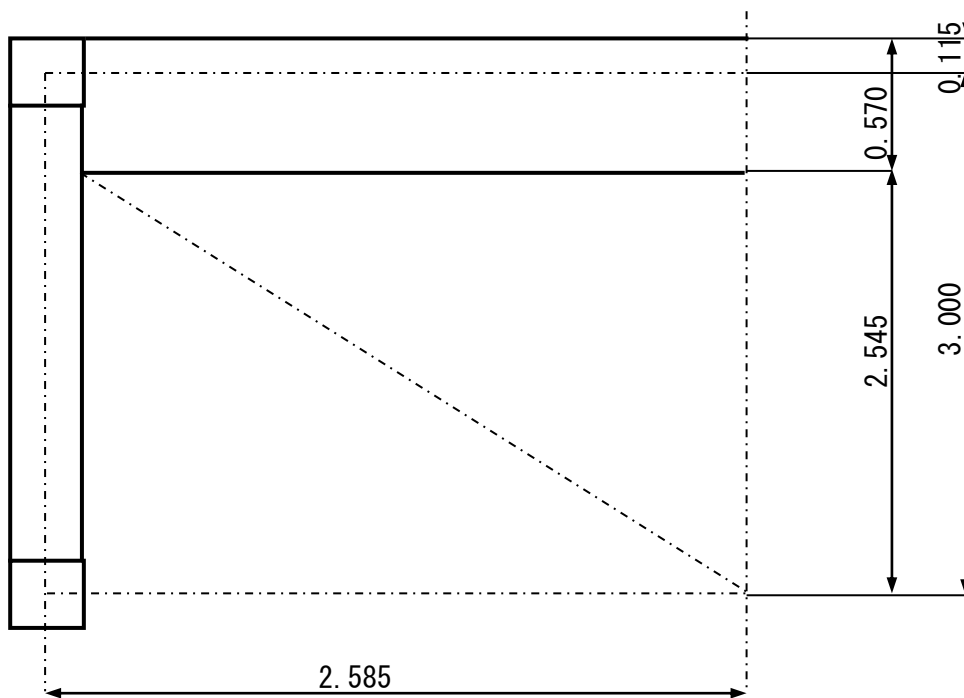
下横構と同一断面を使用する。

$$L/r = \frac{465.3}{7.33} = 63.47 < 110$$

応力度計算

$$\begin{aligned} \sigma_{ca} &= 1200 - 0.05 \times 63.47^2 = 999 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_c &= \frac{4320}{44.0} = 98.2 \text{ kgf/cm}^2 < 999 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

7.5 対傾構



部材長

$$L_t = [(2.545)^2 + (2.585)^2]^{0.5} = 3.628 \text{ m}$$

最大水平反力

$$R = 0.72 \times 6.000 = 4.32 \text{ tf}$$

最大水平反力を2部材で受け持たせるものとする。

$$P = 4.32 / 2 = 2.16 \text{ tf}$$

$$L = 100 \times 100 \times 10$$

$$r_x = 3.03 \text{ cm}$$

$$A_s = 19.0 \text{ cm}^2 \quad w = 14.9 \text{ kgf/m}$$

$$L / r = 326 / 3.03 = 107.7 < 150$$

$$\sigma_{ca} = 1200 - 0.05 \times 107.7^2 = 620 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_c = 2160 / 19.00 = 114 \text{ kgf/cm}^2$$

7.6 風荷重による水平撓みと振動

水平風荷重の合計 $p_w = 1.65 + 0.90 = 2.55 \text{ tf/m}$

補剛桁重量 (全断面) $m = 2.51 * 2 = 5.03 \text{ tf/m}$

死荷重分ケーブル水平反力 $H_d = 594 * 2 = 1189 \text{ tf}$

補剛桁横曲げ剛性 (全断面) $EJ_l = 8711483 \text{ tf-m}^2$

支間長 $L = 204.000 \text{ m}$

$$\pi = 3.14$$

$$G = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

水平変位計算式

$$u = \frac{L^4 P_w}{EJ_H \pi^4} \left(\frac{1}{1 + \frac{8\pi^2 L^2 H_d}{EJ_H}} \right) \quad \dots(11.7)$$

$$\begin{aligned}
 1 + (8L^2H_d/EJ_H \pi^4) &= 1.47 \\
 L4pw/EJ_H \pi^4 &= 5.21 \text{ m} \\
 u &= 3.55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

水平方向固有振動数計算式

$$\begin{aligned}
 p_w &= m(2\pi f)^2 u \\
 \therefore f^2 &= \frac{\pi^2 EJ_H}{mL^4} \left(1 + \frac{8\pi^2 L^2 H_d}{EJ_H} \right) \quad \dots(11.8)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \pi^2 GEJ_H/mL^4 &= 0.10 \\
 f^2 &= 0.14 \\
 f &= 0.38 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

7.7 積算鋼材重量

| | | | | |
|----------------|---------------|---|--------|-----------------|
| 主索の長さ | 2 x 337.8 | = | 675.5 | m |
| 主索断面積 | | = | 131.7 | cm ² |
| 主索単位質量 | | = | 103.4 | kg/m |
| 耐風索の長さ | 2 x 215.0 | = | 430.0 | m |
| 耐風索 ストランドロープ φ | 47.5 | | 4.52 | kg/m |
| 吊材+金具 | 141.11 + 60.0 | | 201.1 | kg/本 |
| 吊材平均長さ | 0.667 x 22.00 | = | 14.674 | m |

| 部材 | 断面積 | 単位重量 | 部材長 | 部材数 | 概算重量 |
|--------|-----------------|-------|---------|-----|-------|
| | cm ² | tf/m | m | - | tf |
| 主索 | 131.71 | 0.103 | 675.5 | 2 | 139.7 |
| 耐風索 | | 0.005 | 430.0 | 2 | 3.9 |
| 吊材 | 12.25 | 0.201 | | 70 | 14.1 |
| 上弦材 | 155.20 | 0.122 | 204.000 | 2 | 49.7 |
| 下弦材 | 155.20 | 0.122 | 204.000 | 2 | 49.7 |
| 斜材 | 52.16 | 0.041 | 3.818 | 136 | 21.3 |
| 垂直材 | 52.16 | 0.041 | 3.000 | 70 | 8.6 |
| 縦桁 | 157.2 | 0.123 | 6.000 | 68 | 50.3 |
| 横桁 | 224.5 | 0.176 | 5.170 | 35 | 31.9 |
| 上横構 | 19.0 | 0.015 | 7.920 | 68 | 8.0 |
| 下横構 | 44.0 | 0.035 | 7.920 | 68 | 18.6 |
| スターラット | 44.0 | 0.035 | 5.170 | 35 | 6.3 |
| 対傾構 | 19.0 | 0.015 | 3.628 | 70 | 3.8 |
| Σ | | | | | 405.8 |

$$\begin{aligned}
 \text{橋面面積} & 204.000 \times 4.100 = 836.4 \text{ m}^2 \\
 \text{単位面積当たり床組み鋼材重量} \\
 w &= 90.3 / 836.4 = 0.108 \text{ tf/m}^2 \\
 \text{単位面積当たりの全鋼材重量} \\
 w &= 405.8 / 836.4 = 0.485 \text{ tf/m}^2 \\
 \text{ケーブル及び吊材+金具 (片側)} \\
 w &= 153.8 / 675.5 = 0.228 \text{ tf/m}
 \end{aligned}$$

8 振動の計算

8.1 基本数値

| | | | | |
|--------|----------------------|---|---------|--------------------|
| 自重 | Wd | = | 2.514 | tf/m |
| ケーブル張力 | Hd | = | 594.411 | tf |
| 曲げ剛性 | EJ | = | 1466640 | tf-m ² |
| 支間 | L | = | 204 | m |
| サグ | F | = | 22 | m |
| | $\alpha^2 = Hd * EJ$ | = | 0.00041 | |
| | α | = | 0.02013 | |
| | αL | = | 4.10688 | |
| パネル分割数 | N | = | 8.000 | |
| パネル長 | λ | = | 25.500 | m |
| 質点質量 | m | = | 64.103 | t |
| 重力加速度 | G | = | 9.800 | m/sec ² |
| 円周率 | PI | = | 3.142 | |

8.2 理論式による計算

$$f^2 = \left(\frac{n^2 g}{32F} \right) \left(1 + \frac{n^2 \pi^2}{\alpha^2 L^2} \right) \quad \dots(11.7)$$

$$\begin{aligned} \pi^2 / (\alpha L)^2 &= 0.58516 = a1 \\ G/32F &= 0.01392 = a2 \end{aligned}$$

| n | $1+n^2*a1$ | f^2 | f (Hz) |
|----|------------|---------|--------|
| 1 | 1.58516 | 0.02207 | 0.149 |
| 2 | 3.34065 | 0.18601 | 0.431 |
| 3 | 6.26646 | 0.78509 | 0.886 |
| 4 | 10.3626 | 2.30803 | 1.519 |
| 5 | 15.629 | 5.43908 | 2.332 |
| 6 | 22.0658 | 11.058 | 3.325 |
| 7 | 29.6729 | 20.24 | 4.499 |
| 8 | 38.4504 | 34.2558 | 5.853 |
| 9 | 48.3981 | 54.5716 | 7.387 |
| 10 | 59.5162 | 82.8492 | 9.102 |
| 11 | 71.8046 | 120.946 | 10.998 |
| 12 | 85.2633 | 170.914 | 13.073 |
| 13 | 99.8923 | 235.002 | 15.330 |
| 14 | 115.692 | 315.654 | 17.767 |

8.3 マトリックスによる計算

| 撓みのマトリックス [Tw] | | | | | | m/tf |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00434 | 0.00453 | 0.00227 | -0.0004 | -0.0022 | -0.0027 | -0.0018 |
| 0.00453 | 0.00686 | 0.00468 | 0.00069 | -0.0025 | -0.0038 | -0.0027 |
| 0.00227 | 0.00468 | 0.00562 | 0.00297 | -0.0005 | -0.0025 | -0.0022 |
| -0.0004 | 0.00069 | 0.00297 | 0.00453 | 0.00297 | 0.00069 | -0.0004 |
| -0.0022 | -0.0025 | -0.0005 | 0.00297 | 0.00562 | 0.00468 | 0.00227 |
| -0.0027 | -0.0038 | -0.0025 | 0.00069 | 0.00468 | 0.00686 | 0.00453 |
| -0.0018 | -0.0027 | -0.0022 | -0.0004 | 0.00227 | 0.00453 | 0.00434 |

$$\theta = \text{PI}/N = 0.3927$$

第一近似の固有ベクトル = $\sin(i*j*\theta)$

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0.38268 | 0.70711 | 0.92388 | 1 | 0.92388 | 0.70711 | 0.38268 |
| 2 | 0.70711 | 1 | 0.70711 | 1.2E-16 | -0.7071 | -1 | -0.7071 |
| 3 | 0.92388 | 0.70711 | -0.3827 | -1 | -0.3827 | 0.70711 | 0.92388 |
| 4 | 1 | 1.2E-16 | -1 | -2E-16 | 1 | 3.7E-16 | -1 |
| 5 | 0.92388 | -0.7071 | -0.3827 | 1 | -0.3827 | -0.7071 | 0.92388 |
| 6 | 0.70711 | -1 | 0.70711 | 3.7E-16 | -0.7071 | 1 | -0.7071 |
| 7 | 0.38268 | -0.7071 | 0.92388 | -1 | 0.92388 | -0.7071 | 0.38268 |

ノルムを単位化した固有ベクトル u のマトリックス [T]

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.19134 | 0.35355 | 0.46194 | 0.5 | 0.46194 | 0.35355 | 0.19134 |
| 0.35355 | 0.5 | 0.35355 | 6.1E-17 | -0.3536 | -0.5 | -0.3536 |
| 0.46194 | 0.35355 | -0.1913 | -0.5 | -0.1913 | 0.35355 | 0.46194 |
| 0.5 | 6.1E-17 | -0.5 | -1E-16 | 0.5 | 1.8E-16 | -0.5 |
| 0.46194 | -0.3536 | -0.1913 | 0.5 | -0.1913 | -0.3536 | 0.46194 |
| 0.35355 | -0.5 | 0.35355 | 1.8E-16 | -0.3536 | 0.5 | -0.3536 |
| 0.19134 | -0.3536 | 0.46194 | -0.5 | 0.46194 | -0.3536 | 0.19134 |

[Tw]*[T]=

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00099 | 0.00737 | 0.00198 | 0.00085 | 0.00032 | 0.00014 | 4.7E-05 |
| 0.00278 | 0.01042 | 0.0012 | -2E-19 | -0.0003 | -0.0002 | -0.0001 |
| 0.0046 | 0.00737 | -0.0017 | -0.0009 | -0.0002 | 0.00014 | 0.00011 |
| 0.00536 | -1E-17 | -0.0032 | 4.7E-18 | 0.00031 | 8.1E-20 | -0.0001 |
| 0.0046 | -0.0074 | -0.0017 | 0.00085 | -0.0002 | -0.0001 | 0.00011 |
| 0.00278 | -0.0104 | 0.0012 | 4.3E-18 | -0.0003 | 0.0002 | -0.0001 |
| 0.00099 | -0.0074 | 0.00198 | -0.0009 | 0.00032 | -0.0001 | 4.7E-05 |

[T]_t*[Tw]*[T]=

| | m/tf | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 0.00928 | -2E-17 | -0.0016 | 5.9E-18 | -0.0001 | -5E-19 | -2E-05 | |
| -1E-17 | 0.02084 | 2.8E-18 | -4E-18 | 4.4E-18 | 3.2E-18 | 1.2E-17 | |
| -0.0016 | 7.4E-18 | 0.00494 | -3E-19 | -1E-06 | 3.9E-18 | -2E-07 | |
| 8.9E-18 | -1E-18 | 8.7E-19 | 0.0017 | 2.9E-18 | 3.5E-18 | -2E-18 | |
| -0.0001 | 1.7E-18 | -1E-06 | 2.2E-18 | 0.00075 | 1.3E-18 | -1E-08 | |
| -6E-18 | 2.2E-18 | 0 | 1.1E-19 | 3.4E-18 | 0.0004 | 2E-18 | |
| -2E-05 | 1.2E-17 | -2E-07 | -1E-18 | -1E-08 | -3E-18 | 0.00027 | |

対角線要素が第1近似の固有値 ϕ

固有振動数 f (Hz) の近似計算

理論式: $u = [Tw] * (m/G) \omega^2 u \phi$

| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ϕ | 0.0093 | 0.0208 | 0.0049 | 0.0017 | 0.0007 | 0.0004 | 0.0003 |
| ω^2 | 16.47 | 7.34 | 30.95 | 89.68 | 204.44 | 381.67 | 575.30 |
| ω | 4.059 | 2.709 | 5.563 | 9.470 | 14.298 | 19.536 | 23.985 |
| f (Hz) | 0.646 | 0.431 | 0.885 | 1.507 | 2.276 | 3.109 | 3.817 |
| | 0.149 | 0.431 | 0.886 | 1.519 | 2.332 | 3.325 | 4.499 |