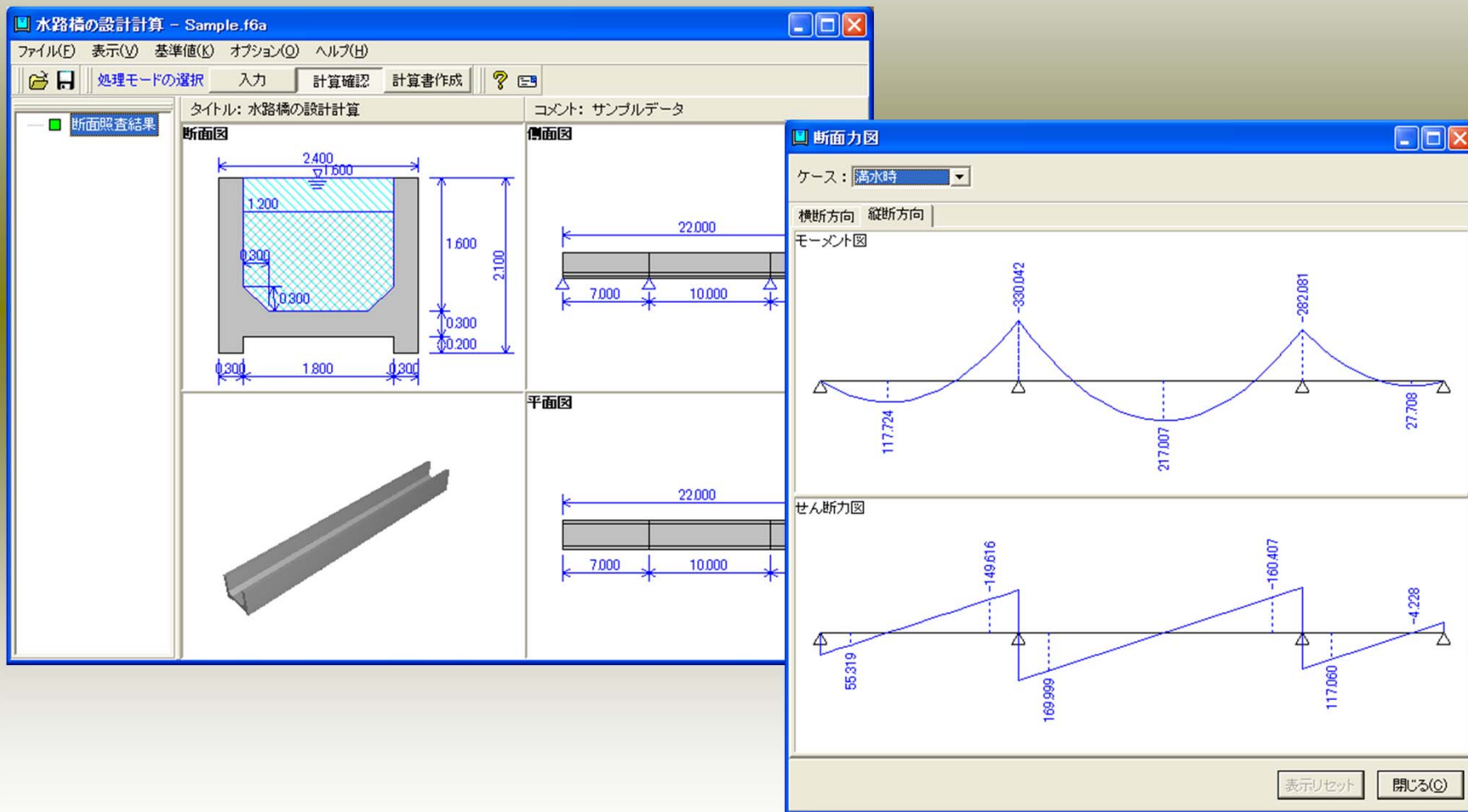


# 上水道（水路橋） 体験セミナー



# スケジュール

13:30 ~ 14:45

- 「水路橋の設計計算」製品機能紹介
- ・適用範囲
  - ・設計内容概要
  - ・入力・結果確認画面および計算書出力
  - ・計算方法(縦断方向の断面力, 応力度)

14:45 ~ 15:00

休憩

15:00 ~ 16:00

操作実習

- ・「水路橋の設計計算」操作実習
- ・「FRAME(面内)」、「RC断面計算 Ver.4」での検証

16:00 ~ 16:20

関連製品の紹介

- ・パイプラインの計算 Ver.2

16:20 ~ 16:30

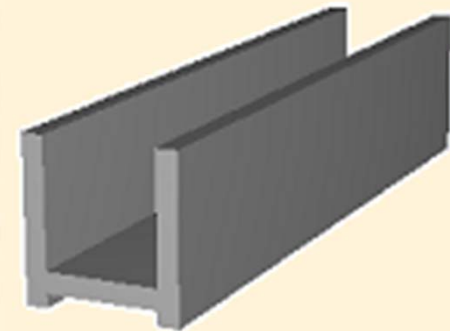
質疑応答

# 「水路橋の設計計算」

## 製品概要

フルーム形式の鉄筋コンクリート水路橋  
の構造設計計算をサポートするプログラム

2010.12リリース 定価(税込) ¥84,000



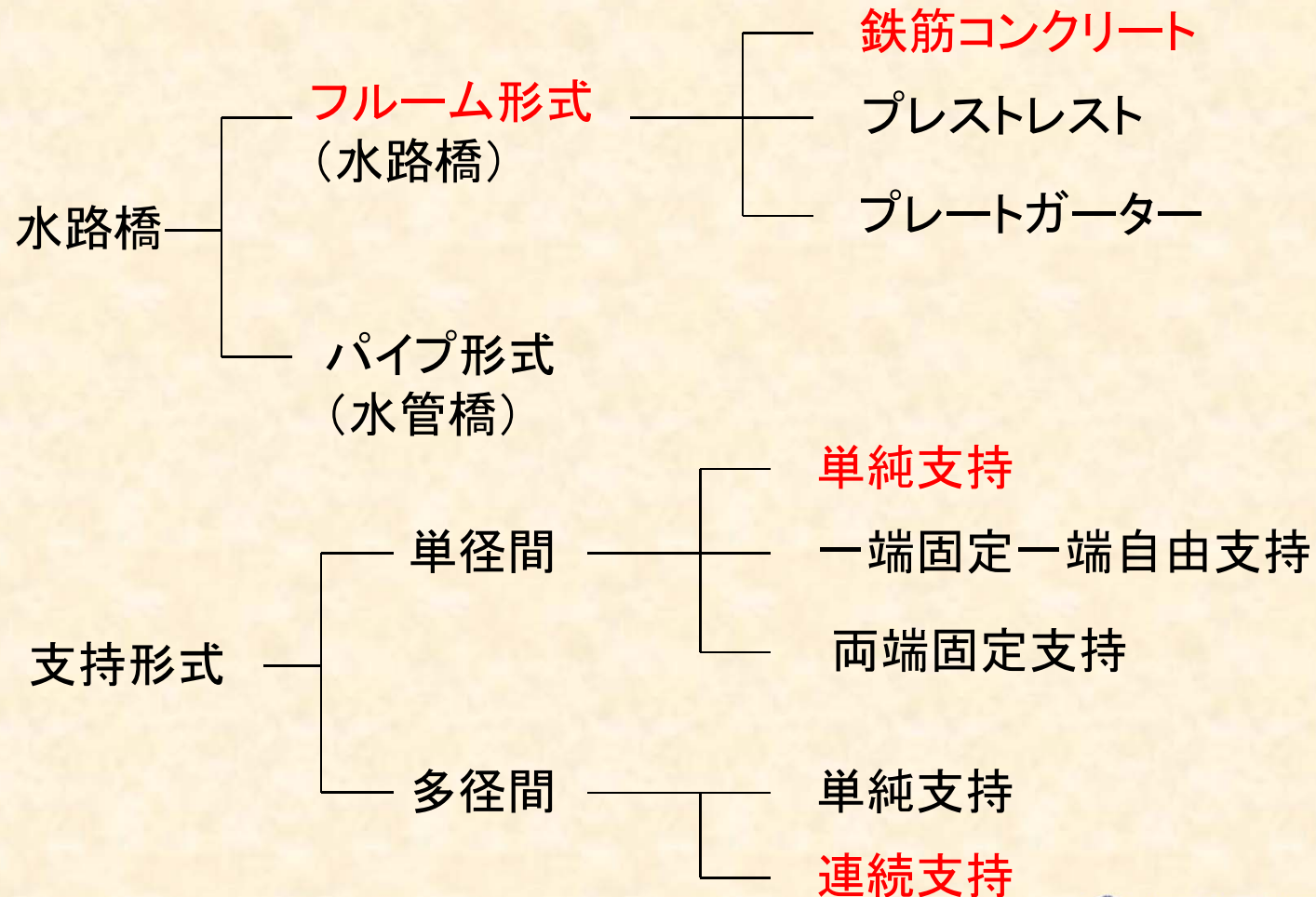
## 適用基準

土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」  
基準書・技術書 平成13年2月  
農林水産省農村振興局

# 「水路橋の設計計算」

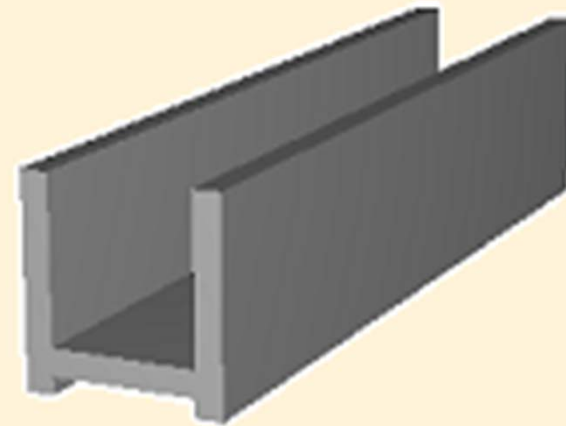
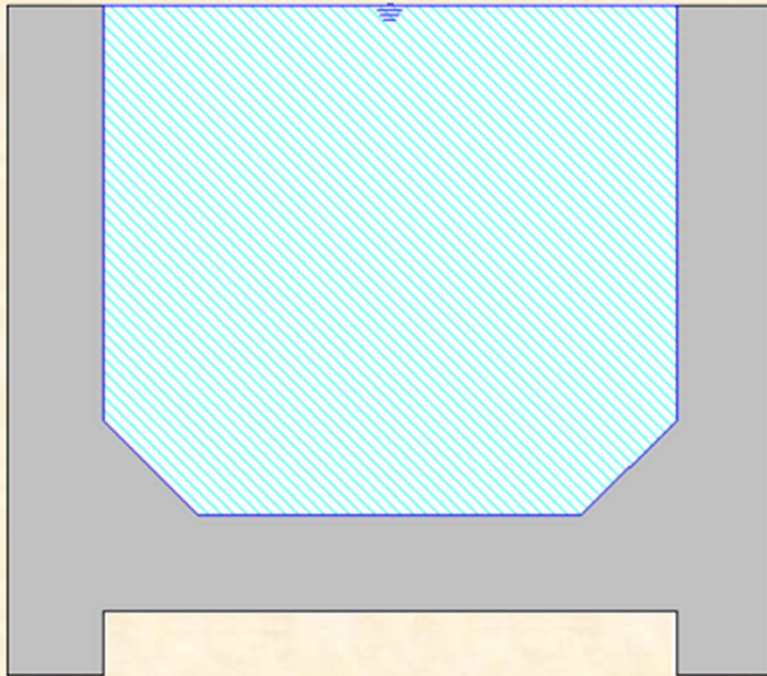
## 水路橋の分類と本プログラムの適用範囲

水路が河川、溪谷、池や道路等を横断するためにかかる橋



# 「水路橋の設計計算」

## 断面形状



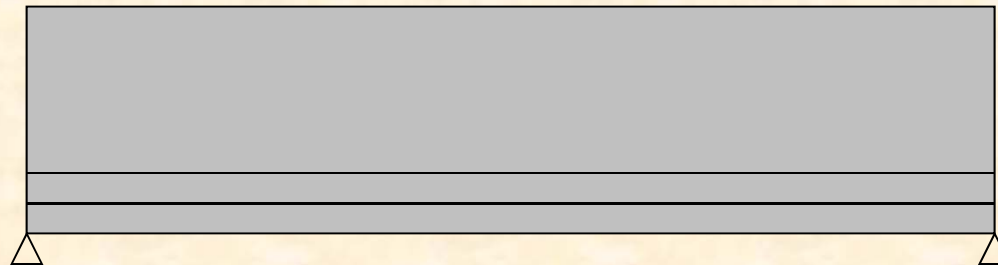
フルーム形式の水路(全長同一形状)



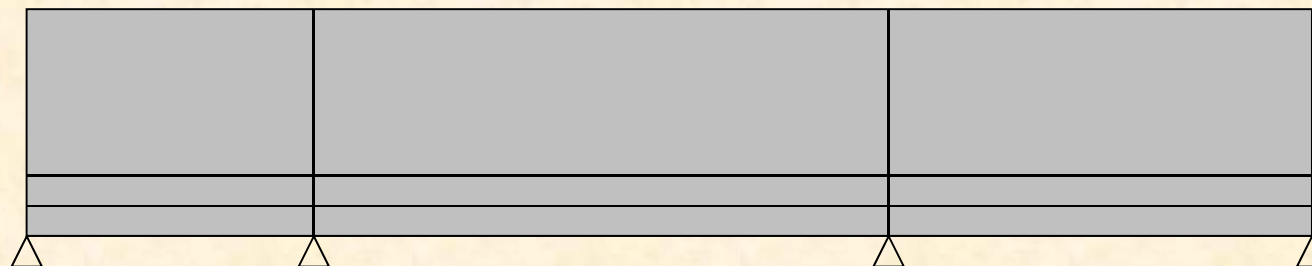
# 「水路橋の設計計算」

## 支持形式

### 単純支持



### 連続支持(最大5径間、異なる支間長に対応)



支持形式により主桁の断面力算出方法が異なります。

# 「水路橋の設計計算」

## 設計内容

### 横断方向

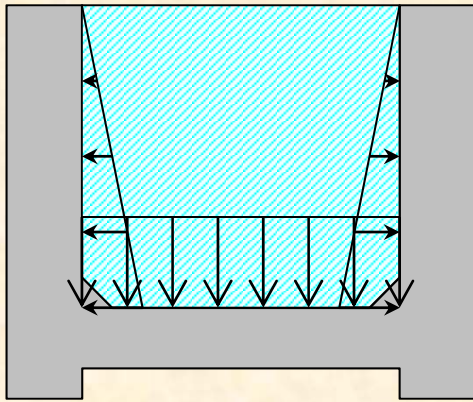
- ・床版, 側壁の断面力算出
- ・床版の曲げ応力度照査、せん断応力度照査
- ・側壁の曲げ応力度照査、せん断応力度照査

### 縦断方向

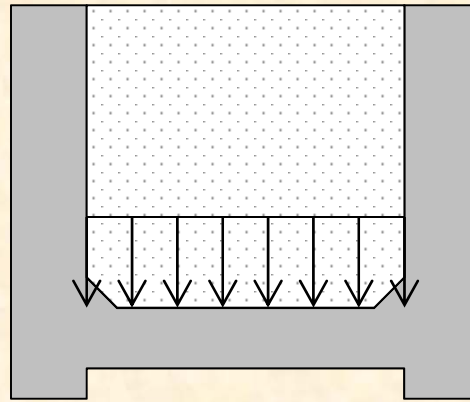
- ・主桁の断面力算出
- ・主桁の曲げ応力度照査、せん断応力度照査

# 「水路橋の設計計算」

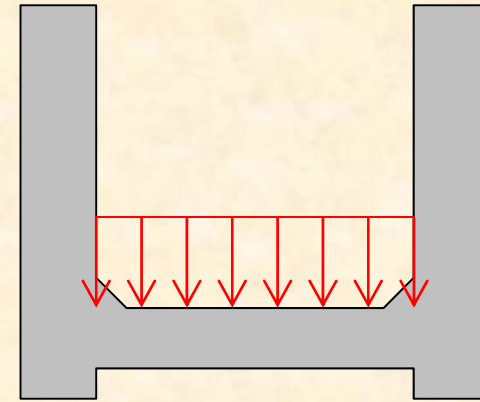
## 考慮できる荷重



内水重、内水圧



雪荷重



任意鉛直荷重

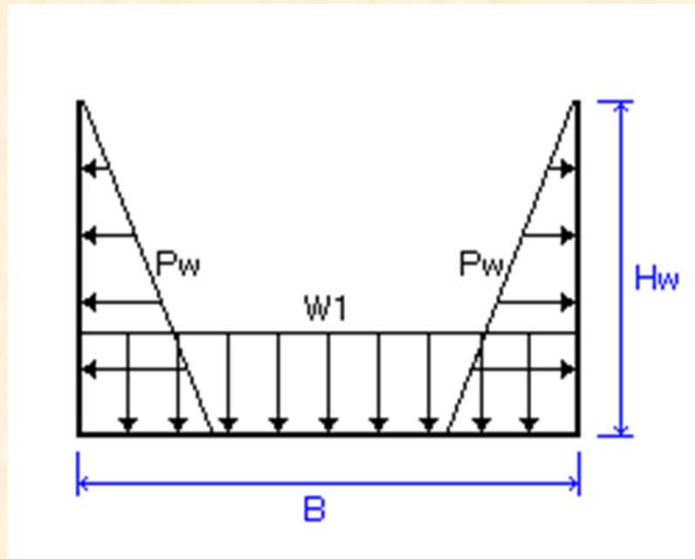
- ・水位は一般的な満水状態のほかに任意指定も可能。
- ・内水重と雪荷重については、大きい方を採用するか、合計値を採用するかを選択可能
- ・任意荷重は横断方向、縦断方向それぞれに指定可能。
- ・最大20ケース照査可能



# 「水路橋の設計計算」

## 断面力の計算方法

### 横断方向①



$H_w$ : 内水位高

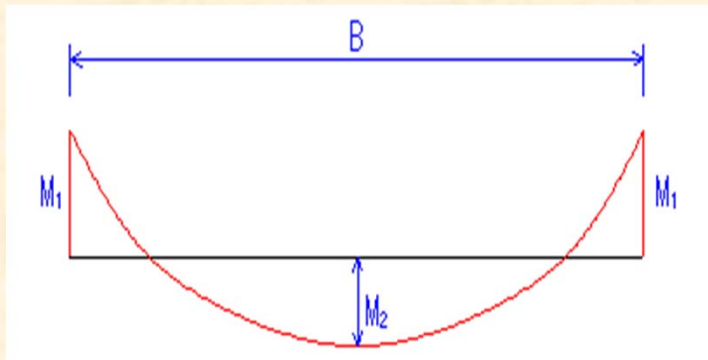
$B$ : 内空幅

- ・床版に作用する荷重(単位幅当り)  
自重、内水重、雪荷重、任意荷重
- ・側壁に作用する荷重  
内水圧

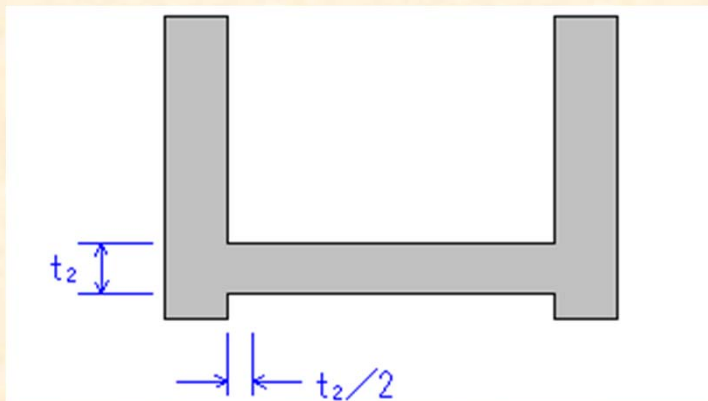
# 「水路橋の設計計算」

## 断面力の計算方法

### 横断方向②



- ・床版に作用する曲げモーメント  
「側壁を含めた一体構造と考えた場合」と  
「床版を両端固定梁と考えた場合」の  
2ケースで算出

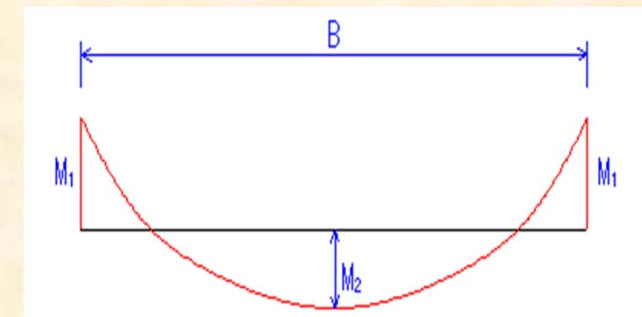
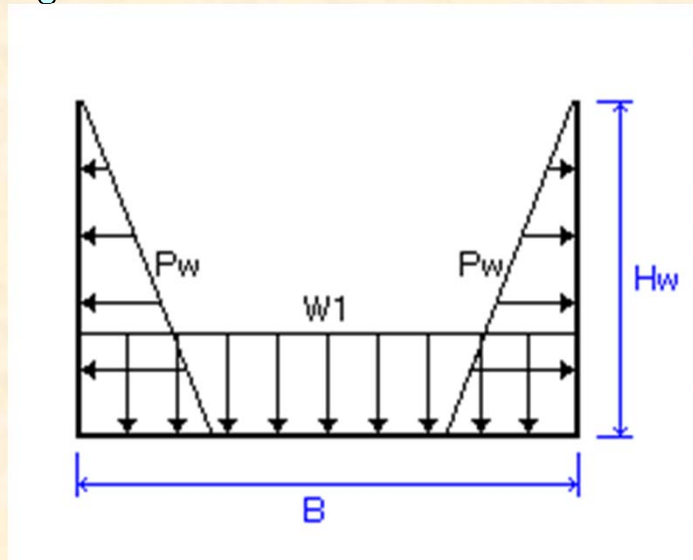


- ・設計曲げモーメント  
上記2ケースで大きい方を設計モーメントとし、  
床版端部M1と床版中央部M2を用いて照査
- ・せん断力  
床版端部より床版厚 $\div$ 2離れた位置で照査

# 「水路橋の設計計算」

## 断面力の計算方法

横断方向③



側壁を含めた一体構造と考えた場合

側壁を片持ちばりとして

$$M_1 = -\frac{1}{6} \cdot P_w \cdot H_w^2$$
$$N = -\frac{1}{2} \cdot P_w \cdot H_w$$

床版に着目して

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot W_1 \cdot B$$
$$M_2 = S_1 \cdot \frac{B}{2} - \frac{1}{2} \cdot W_1 \cdot \left(\frac{B}{2}\right)^2 + M_1$$
$$= \frac{1}{8} \cdot W_1 \cdot B^2 + M_1$$

# 「水路橋の設計計算」

## 断面力の計算方法

横断方向④

床版を両端固定梁と考えた場合

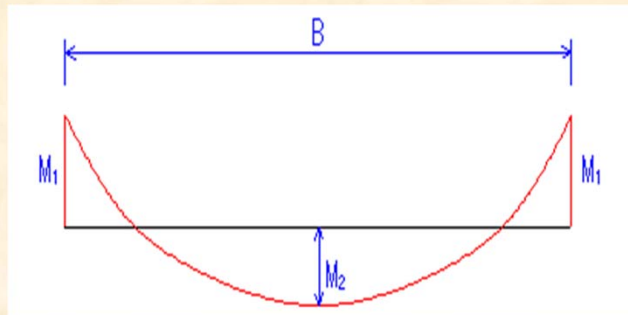
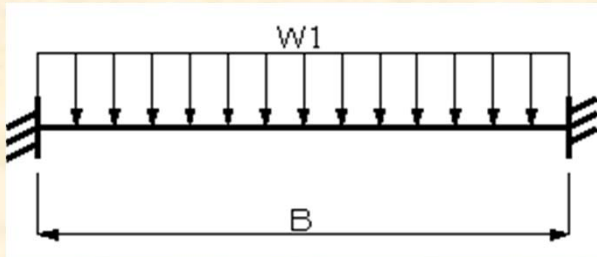
$$M_1 = -\frac{1}{12} \cdot W_1 \cdot B^2$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot W_1 \cdot B$$

$$M_2 = S_1 \cdot \frac{B}{2} - \frac{1}{2} \cdot W_1 \cdot \left(\frac{B}{2}\right)^2 + M_1$$

$$= \frac{1}{24} \cdot W_1 \cdot B^2$$

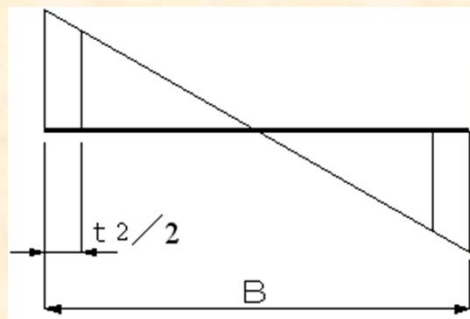
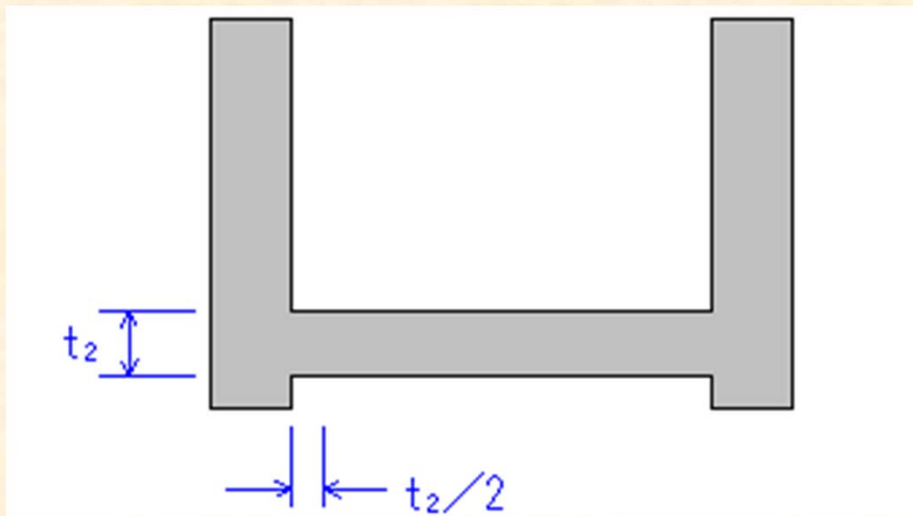
$$N = -\frac{1}{2} \cdot P_w \cdot H_w$$



# 「水路橋の設計計算」

## 断面力の計算方法

横断方向⑤



床版のせん断力

端部

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot W_1 \cdot B$$

照査位置

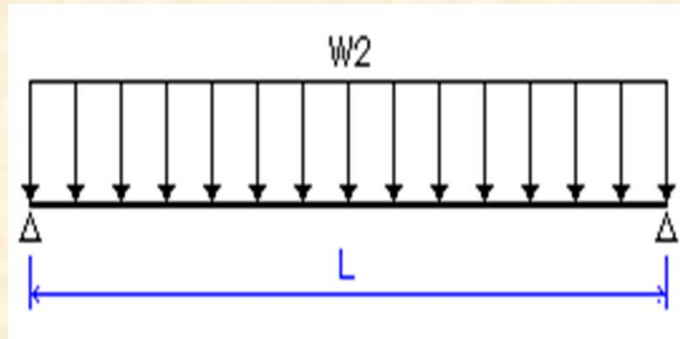
$$\begin{aligned} S &= S_1 - \frac{1}{2} \cdot t_2 \cdot W_1 \\ &= \frac{1}{2} \cdot W_1 \cdot (B - t_2) \end{aligned}$$



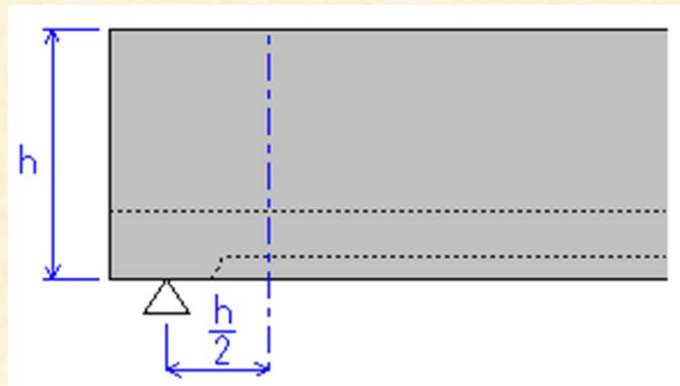
# 「水路橋の設計計算」

## 断面力の計算方法

### 縦断方向①



- ・主桁に作用する荷重(1本当り)  
自重、内水重、雪荷重、任意荷重



- ・単純支持時の断面力  
単純梁として主桁中央の曲げモーメントを算出  
せん断力は支点から全高 $\div 2$ の位置で算出

# 「水路橋の設計計算」

## 断面力の計算方法

### 縦断方向②

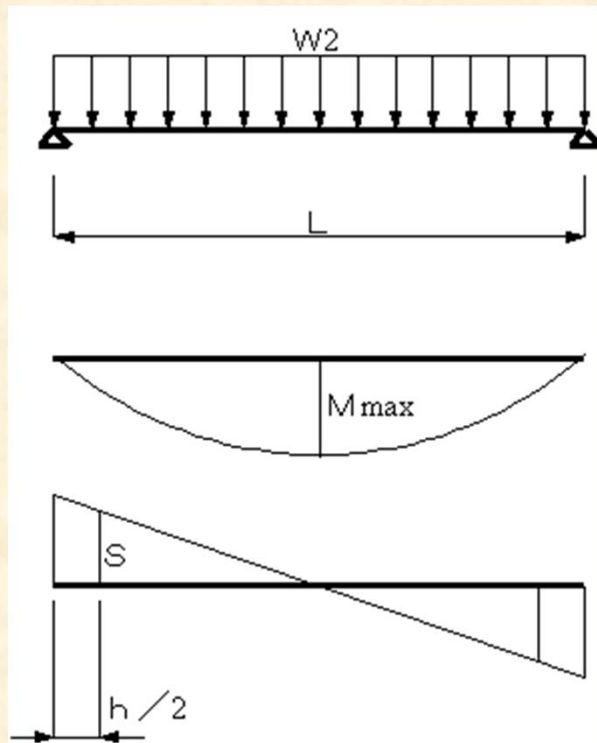
### 単純支持の場合

単純梁として算出

$$R = \frac{1}{2} \cdot W2 \cdot L$$

$$M_{\max} = R \cdot \frac{L}{2} - \frac{1}{2} \cdot W2 \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2$$
$$= \frac{1}{8} \cdot W2 \cdot L^2$$

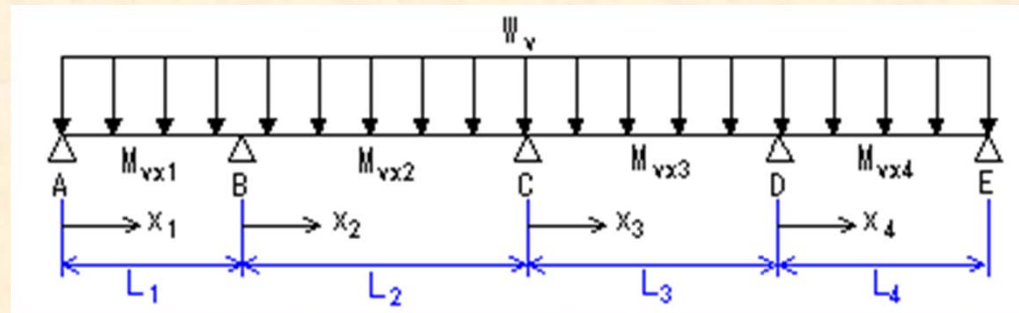
$$S = R - W2 \cdot \frac{h}{2} = \frac{1}{2} \cdot W2 \cdot (L - h)$$



# 「水路橋の設計計算」

## 断面力の計算方法

### 縦断方向③



#### ・連続支持時の断面力

等分布荷重・不等間隔の連続梁として断面力を算出します。  
支点曲げモーメント算出には、断面二次モーメント及び荷重を一定とした  
**三連モーメントの定理**を用いています。

各支点ごとに曲げモーメントを算出し、支点，支間ごとの最大値を  
設計曲げモーメントとします。

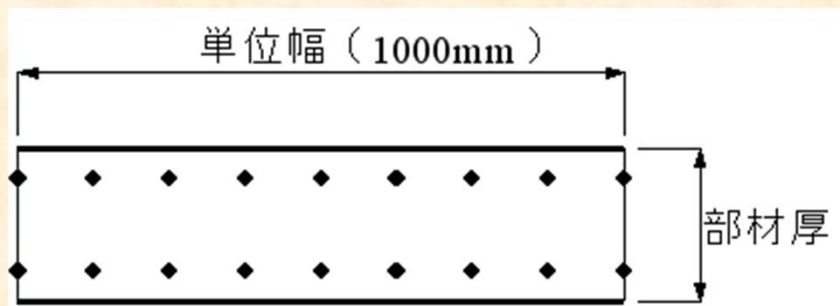
せん断照査位置は単純支持時と同じ、支点から $h/2$ の位置。

# 「水路橋の設計計算」

## 応力度照査

横断方向

床版、側壁



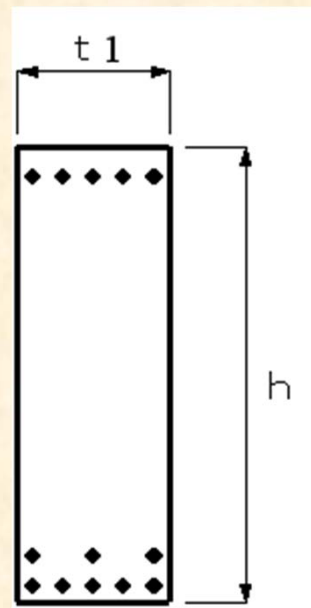
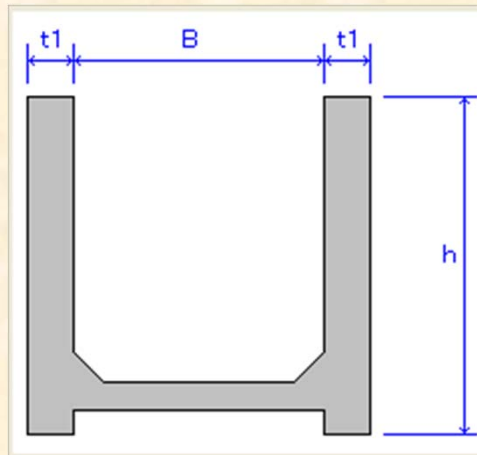
- ・単位幅の長方形断面
- ・単鉄筋／複鉄筋の指定可能
- ・床版に対して、軸力の考慮／無視を指定可能
- ・せん断応力度は、
  - ・平均せん断応力度
  - ・最大せん断応力度から選択可能
- ・必要スターラップ量を算出
- ・付着応力度照査が可能

# 「水路橋の設計計算」

## 応力度照査

縦断方向

主桁



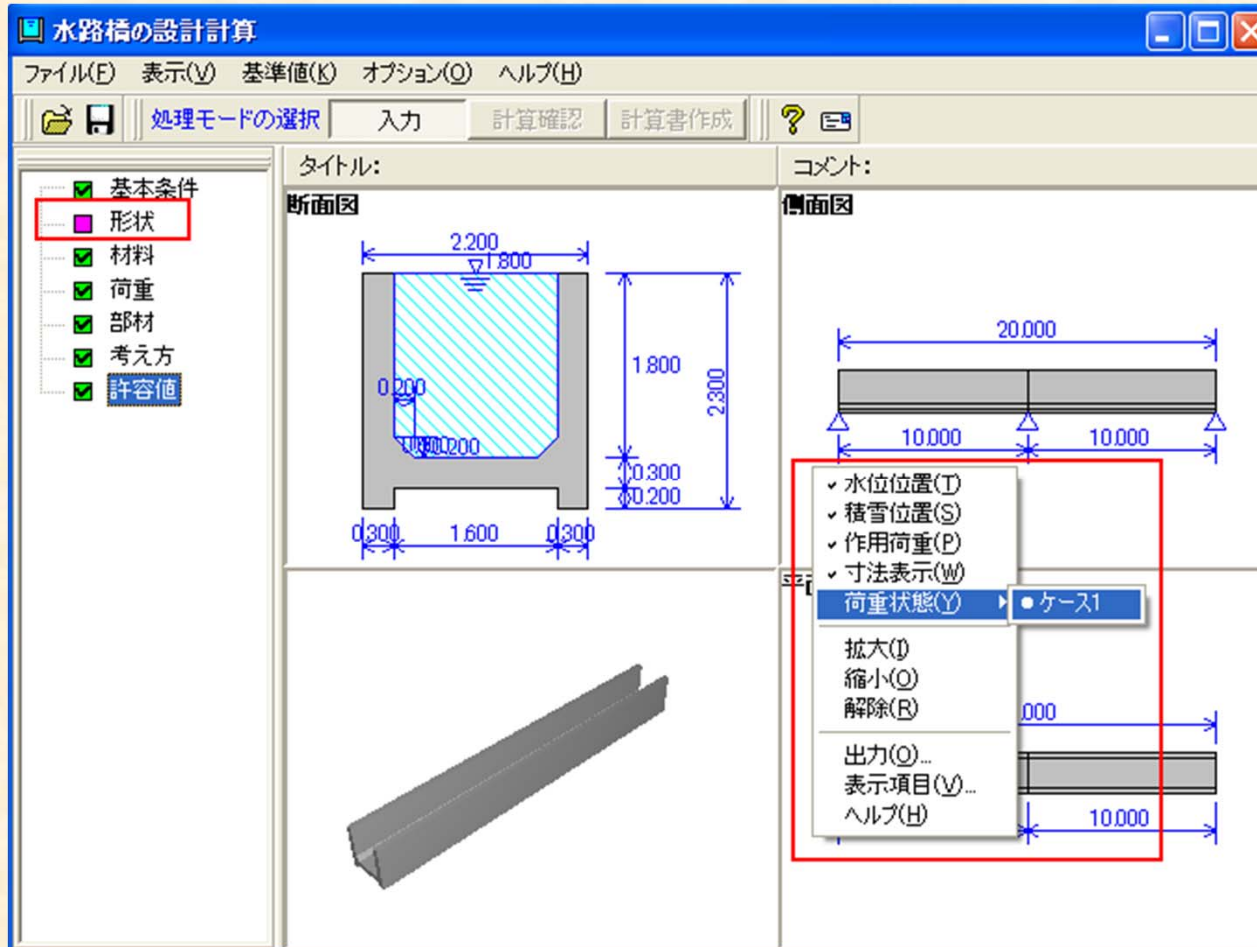
- ・主桁1本の長方形断面
- ・単鉄筋／複鉄筋の指定可能
- ・せん断応力度は、
  - ・平均せん断応力度
  - ・最大せん断応力度から選択可能
- ・必要スターラップ量を算出
- ・付着応力度照査が可能



# 「水路橋の設計計算」

## メイン画面

入力済み項目を緑色、未入力項目を紫色で表示します。



ポップアップメニューにより、表示項目を指定できます。

# 「水路橋の設計計算」

## 「基本条件」入力画面

**基本条件**

一般事項  
タイトル、コメント、その他：

支持形式： 単純支持  連続支持

[名称設定]ボタン→

「一般事項」は指定により、  
計算書に出力します。

**一般事項**

タイトル：

コメント：

項目	内容
業 務 名	RC水路橋の設計業務
施 設 名	
路 線 名	
所 在 地	
距 離 標	
事 務 所 名	
受 注 者 名	
照 査 ・ 管 理 技 術 者 名	
設 計 年 月 日	

# 「水路橋の設計計算」

## 「形状」入力画面

ガイド図と表入力が連動しています。

形状

断面形状

側壁高 H (m)	1.600
側壁間幅 B (m)	1.800
側壁厚 t1 (m)	0.300
床版厚 t2 (m)	0.300
t3 (m)	0.200
ハンチ t4 (m)	0.300

支間長: 3

支間長 L1 (m)	7.000
L2 (m)	10.000
L3 (m)	5.000

範囲: 0.010~99.999

クリックすると対応する項目にフォーカスが移動します

✓ 確定    ✕ 取消    ? ヘルプ(H)

# 「水路橋の設計計算」

## 「材料」入力画面

材料

単位重量 (kN/m <sup>3</sup> )	
躯体コンクリート	24.500
水	9.800
雪	3.500

使用鉄筋  
鉄筋材料(名称): SD295

部材の種類  
一般部材

コンクリートの種類  
 $\sigma_{ck}$  (N/mm<sup>2</sup>): 21.00

確定 取消 ヘルプ(H)

### 鉄筋

- ・SR235 / SD295 / SD345

### 部材の種類

- ・一般部材
- ・床版及び支間10m以下の床版橋
- ・水中部材



# 「水路橋の設計計算」

## 「荷重」入力画面

水位、雪荷重、任意荷重を組み合わせ最大20ケース設定可能です。

荷重

ケース数:

1 | 2

名称:

コメント:

水位:   (m)  満水にする

積雪深:   (m)

任意荷重:  横断方向  (kN/m<sup>2</sup>)

縦断方向  (kN/m)

水位と雪荷重の扱い:  大きい方の値を使用する  合計値を使用する

確定  取消  ヘルプ(H)



# 「水路橋の設計計算」

## 「配筋」入力画面

側壁, 床版(横断方向)

配筋

側壁 床版 主桁

単鉄筋・複鉄筋の指定  
 単鉄筋  複鉄筋

位置	鉄筋段数	かぶり(mm)	ピッチ(mm)	鉄筋径(mm)	使用量(cm <sup>2</sup> )
床版 上側	1段	70	250	D13	5.068
	2段				
床版 下側	1段	70	250	D13	5.068
	2段				

	ピッチ(mm)	鉄筋量(mm <sup>2</sup> )
せん断補強筋	300	253.400

✓ 確定    ✕ 取消    ? ヘルプ(H)

- ・側壁、床版ごとに配筋
- ・各部位ごとに2段まで対応
- ・単鉄筋／複鉄筋の指定
- ・丸鋼対応
- ・せん断補強筋指定対応

# 「水路橋の設計計算」

## 「配筋」入力画面

主桁(縦断方向)

配筋

側壁 | 床版 | 主桁

単鉄筋・複鉄筋の指定

単鉄筋  複鉄筋

位置	鉄筋段数	かぶり(mm)	本数(本)	鉄筋径(mm)	使用量(cm <sup>2</sup> )
主桁 上側	1段	70	4	D19	11.460
	2段				
主桁 下側	1段	70	4	D19	11.460
	2段				

	ピッチ(mm)	鉄筋量(mm <sup>2</sup> )
せん断補強筋	300	253.400

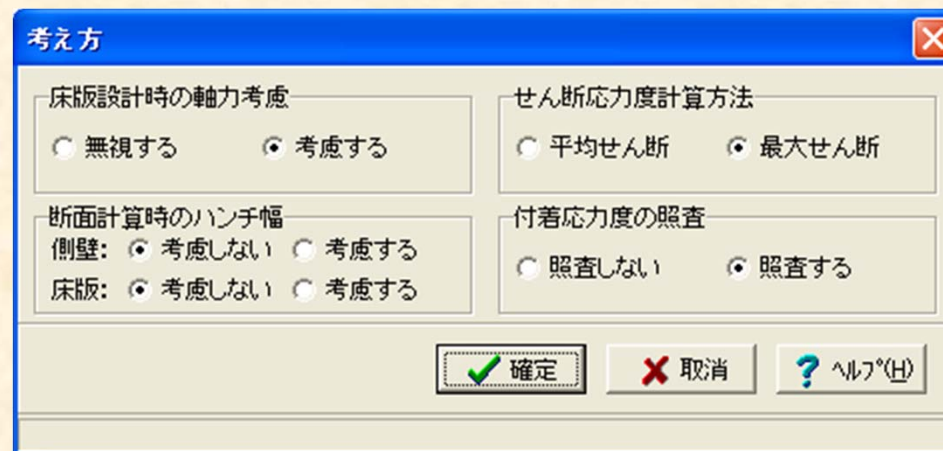
✓ 確定    ✕ 取消    ? ヘルプ(H)

- ・各部位ごとに2段まで対応
- ・単鉄筋／複鉄筋の指定
- ・丸鋼対応
- ・せん断補強筋指定対応

# 「水路橋の設計計算」

## 「考え方」入力画面

断面照査に関する指定を行います。



考え方

床版設計時の軸力考慮  
 無視する  考慮する

せん断応力度計算方法  
 平均せん断  最大せん断

断面計算時のハンチ幅  
側壁:  考慮しない  考慮する  
床版:  考慮しない  考慮する

付着応力度の照査  
 照査しない  照査する

✓ 確定    ✕ 取消    ? ヘルプ(H)

# 「水路橋の設計計算」

## 「許容値」入力画面

荷重ケース毎に許容応力度の指定を行います。

圧縮応力度	引張応力度	τa1	τa2	τoa
8.000	176.000	0.360	1.600	1.500

通常は、指定材料にあわせた値が自動設定されるため設定不要です。



# 「水路橋の設計計算」

## 「基準値」画面

材料ごとの基準値確認、修正を行います。

計算用設定値

基準値ファイル: Sample.aqk 解除

許容応力度の指定  
コンクリート | 鉄筋

鉄筋適用時 (N/mm<sup>2</sup>)

コンクリートの設計基準強度( $\sigma_{ck}$ )	21.00	24.00	27.00	30.00
曲げ圧縮応力度	8.00	9.00	10.00	11.00
コンクリートのみでせん断力を負担する場合のせん断応力度( $\tau_{a1}$ )	0.36	0.39	0.42	0.45
斜引張り鉄筋と協同して負担する場合のせん断応力度( $\tau_{a2}$ )	1.60	1.70	1.80	1.90
付着応力度( $\tau_{oa}$ : 普通丸鋼)	0.75	0.80	0.85	0.90
付着応力度( $\tau_{oa}$ : 異形棒鋼)	1.50	1.60	1.70	1.80
ヤング係数 $\times 10^4$	2.35	2.50	2.65	2.80

読込 保存 確定 取消 ヘルプ(H)

計算用設定値

基準値ファイル: Sample.aqk 解除

許容応力度の指定  
コンクリート | 鉄筋

鉄筋の許容応力度 単位(N/mm<sup>2</sup>)

鉄筋の種類	SR235	SD295	SD345
引張応力度 一般部材	137.00	176.00	176.00
床版及び支間10m以下	137.00	137.00	137.00
水中部材	137.00	157.00	157.00
圧縮応力度	137.00	176.00	196.00
ヤング係数 $\times 10^6$	2.00	2.00	2.00
鉄筋種別	普通丸鋼	異形棒鋼	異形棒鋼

読込 保存 確定 取消 ヘルプ(H)

基準値ファイル設定により任意の基準値を初期値とすることも可能です。



# 「水路橋の設計計算」

## 結果表示

断面照査 [計算単位系: SI単位]

ケース: 満水時

■横断方向

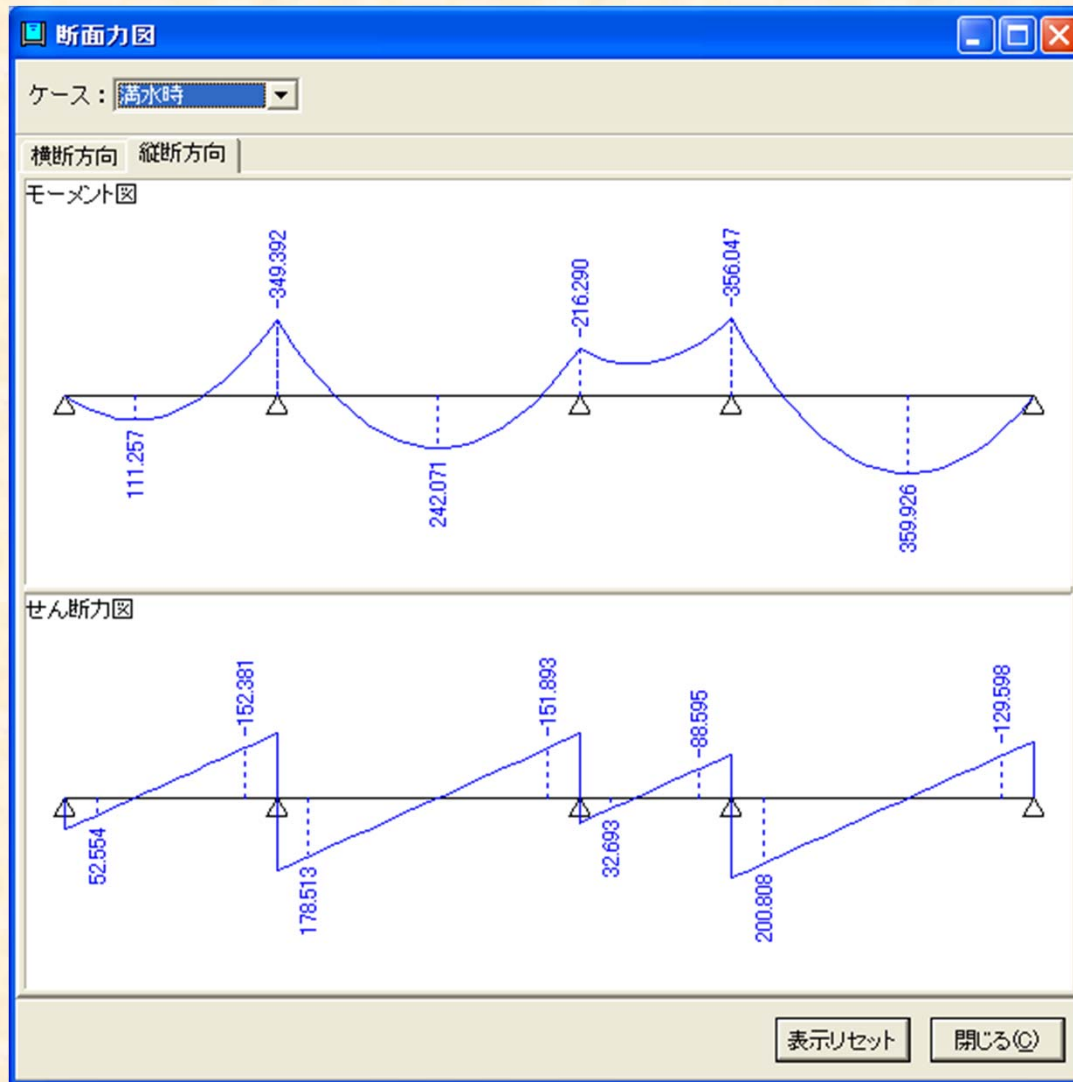
項目	単位	側壁	床版端部	床版中央	床版 $\frac{t_2}{2}$	
曲げモーメント	M	kN·m	-6.827	-17.105	18.830	-9.265
軸力	N	kN	-----	-12.800	-12.800	-----
せん断力	S	kN	12.800	-----	-----	47.513
使用鉄筋量	引張側	mm <sup>2</sup>	D13@250 506.800	D13@250 506.800	D13@250 506.800	D13@250 506.800
	圧縮側	mm <sup>2</sup>				
圧縮応力度	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	1.234	3.098	3.410	-----
	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	8.000	8.000	8.000	-----
引張応力度	$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	63.347	173.648	<b>189.657</b>	-----
	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	176.000	176.000	176.000	-----
せん断応力度	$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	0.056	-----	-----	0.207
	$\tau_{a1}$	N/mm <sup>2</sup>	0.720	-----	-----	0.720
付着応力度	$\tau_0$	N/mm <sup>2</sup>	0.400	-----	-----	1.485
	$\tau_{0a}$	N/mm <sup>2</sup>	1.500	-----	-----	1.500

単位系切替      断面力図      印刷      閉じる(C)      ヘルプ(H)

- ・一覧表形式で計算結果を表示します。
- ・許容値を超えた応力度を赤色で表示します。

# 「水路橋の設計計算」

## 結果表示

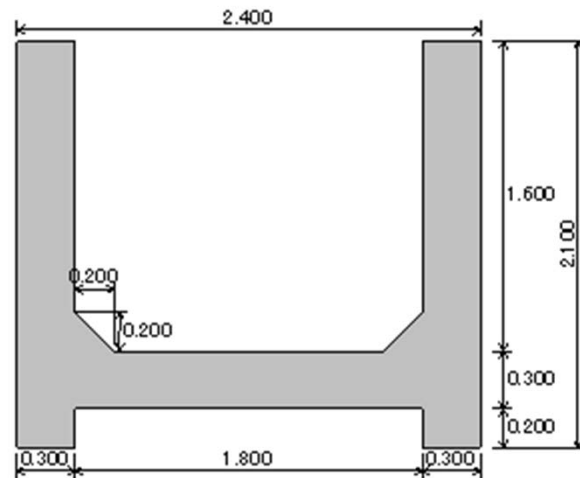


- ・横断方向／縦断方向ごとに  
曲げモーメント図、せん断力図  
を表示します。

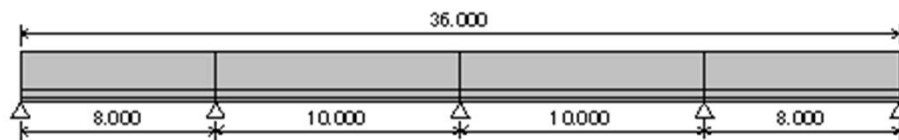
# 「水路橋の設計計算」

## 計算書

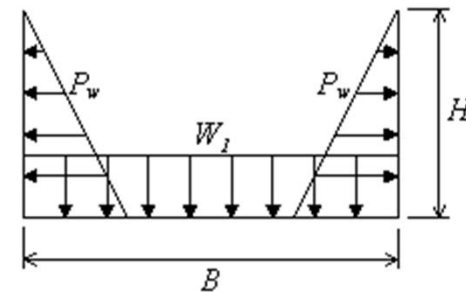
1.3.1 断面形状図



1.3.2 側面形状図



2.1 横断方向の荷重



2.1.1 床版及び側壁に作用する荷重

[1]満水時

(1)内水重と雪荷重の比較(単位幅当り)

$$\text{内水重 } W_{ri} = H_r \cdot \gamma_r = 1.800 \times 9.800 = 15.880 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{雪荷重 } S_{ri} = Z_s \cdot P = 1.200 \times 3.500 = 4.200 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$W_{ri} > S_{ri}$  なので、 $W_{ri}$ を採用する。

ここに、

$\gamma_r$ : 水の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

P: 雪の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

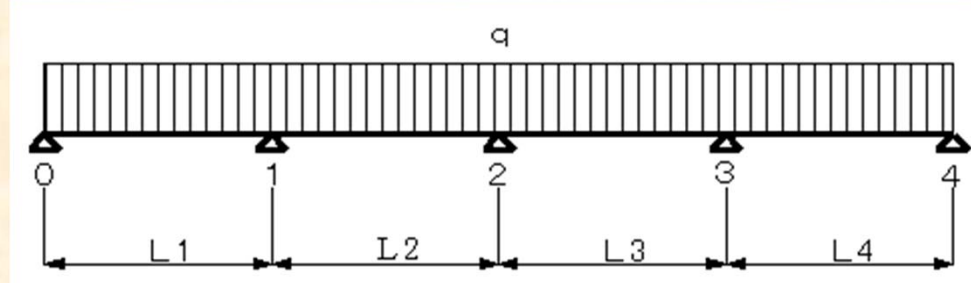
$H_r$ : 内水位(m)

$Z_s$ : 設計積雪深(m)

- ・形状寸法図, 荷重図, 断面力図等、可能な限り図化出力
- ・一覧表形式のみではなく、計算過程を詳細に出力

# 「水路橋の設計計算」

## 連続梁の断面力計算(3連モーメントの定理)①



支点の沈下がない場合の基本式

$$M_{n-1} \cdot \frac{L_n}{I_n} + 2 \cdot M_n \cdot \left( \frac{L_n}{I_n} + \frac{L_{n+1}}{I_{n+1}} \right) + M_{n+1} \cdot \frac{L_{n+1}}{I_{n+1}} = 6 \cdot E \cdot (\tau_n^l - \tau_n^r)$$

$$\tau_n^l = - \frac{q_n \cdot L_n^3}{24 \cdot E \cdot I_n}$$

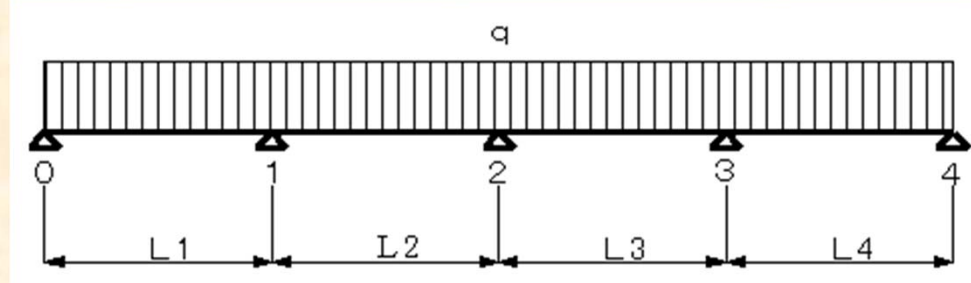
$$\tau_n^r = \frac{q_{n+1} \cdot L_{n+1}^3}{24 \cdot E \cdot I_{n+1}}$$



$\tau$ : 単純梁に等分布荷重が  
満載されたときの支点の  
たわみ角

# 「水路橋の設計計算」

## 連続梁の断面力計算(3連モーメントの定理)②



$$M_{n-1} \cdot \frac{L_n}{I_n} + 2 \cdot M_n \cdot \left( \frac{L_n}{I_n} + \frac{L_{n+1}}{I_{n+1}} \right) + M_{n+1} \cdot \frac{L_{n+1}}{I_{n+1}} = \frac{1}{4} \cdot \left( -\frac{q_n \cdot L_n^3}{I_n} - \frac{q_{n+1} \cdot L_{n+1}^3}{I_{n+1}} \right)$$

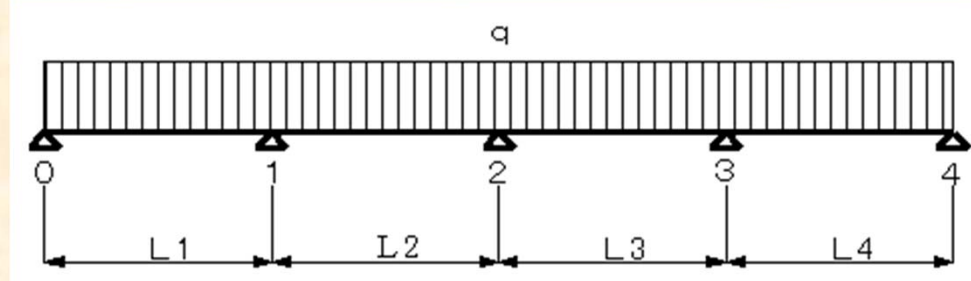
断面2次モーメントI, 荷重強度qが一定より

$$M_{n-1} \cdot L_n + 2 \cdot M_n \cdot (L_n + L_{n+1}) + M_{n+1} \cdot L_{n+1} = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_n^3 + L_{n+1}^3)$$



# 「水路橋の設計計算」

## 連続梁の断面力計算(3連モーメントの定理)③



例) 4径間の場合

$$M_0 \cdot L_1 + 2 \cdot M_1 \cdot (L_1 + L_2) + M_2 \cdot L_2 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_1^3 + L_2^3)$$

$$M_1 \cdot L_2 + 2 \cdot M_2 \cdot (L_2 + L_3) + M_3 \cdot L_3 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_2^3 + L_3^3)$$

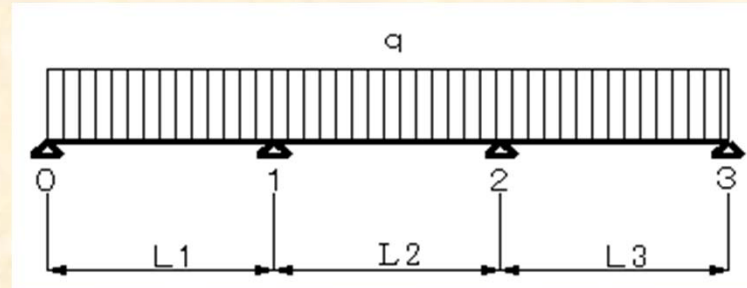
$$M_2 \cdot L_3 + 2 \cdot M_3 \cdot (L_3 + L_4) + M_4 \cdot L_4 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_3^3 + L_4^3)$$

$M_0 = M_4 = 0$  より、未知数は、 $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ の3つになり、

上記の3元連立方程式を解いて、 $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ が求まります。

# 「水路橋の設計計算」

## 連続梁の断面力計算(3連モーメントの定理)④



3径間の場合

$$M_0 \cdot L_1 + 2 \cdot M_1 \cdot (L_1 + L_2) + M_2 \cdot L_2 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_1^3 + L_2^3)$$

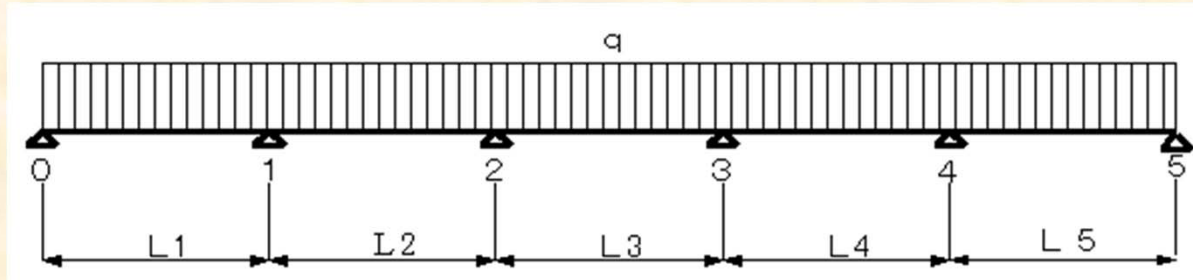
$$M_1 \cdot L_2 + 2 \cdot M_2 \cdot (L_2 + L_3) + M_3 \cdot L_3 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_2^3 + L_3^3)$$

$M_0 = M_3 = 0$  より、未知数は、 $M_1$ ,  $M_2$ の2つになり、

上記の2元連立方程式を解いて、 $M_1$ ,  $M_2$ が求まります。

# 「水路橋の設計計算」

## 連続梁の断面力計算(3連モーメントの定理)⑤



5径間の場合

$$M_0 \cdot L_1 + 2 \cdot M_1 \cdot (L_1 + L_2) + M_2 \cdot L_2 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_1^3 + L_2^3)$$

$$M_1 \cdot L_2 + 2 \cdot M_2 \cdot (L_2 + L_3) + M_3 \cdot L_3 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_2^3 + L_3^3)$$

$$M_2 \cdot L_3 + 2 \cdot M_3 \cdot (L_3 + L_4) + M_4 \cdot L_4 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_3^3 + L_4^3)$$

$$M_3 \cdot L_4 + 2 \cdot M_4 \cdot (L_4 + L_5) + M_5 \cdot L_5 = -\frac{1}{4} \cdot q \cdot (L_4^3 + L_5^3)$$

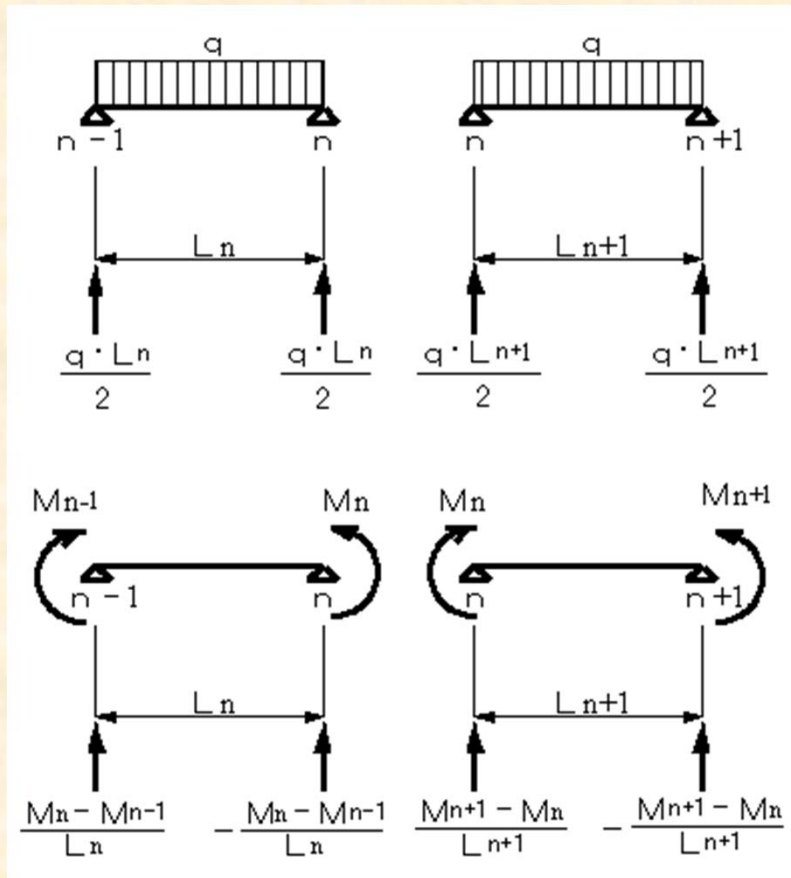
$M_0 = M_5 = 0$  より、未知数は、 $M_1, M_2, M_3, M_4$ の4つになり、

上記の4元連立方程式を解いて、 $M_1, M_2, M_3, M_4$ が求まります。

# 「水路橋の設計計算」

## 連続梁の断面力計算(3連モーメントの定理)⑥

### 支点反力



荷重による反力と支点モーメント  
による反力との和

支点 $n$ の反力

$$R_n = \frac{1}{2} \cdot q \cdot (L_n + L_{n+1}) - \frac{M_n - M_{n-1}}{L_n} + \frac{M_{n+1} - M_n}{L_{n+1}}$$



# 「水路橋の設計計算」

## 連続梁の断面力計算(3連モーメントの定理)⑦

せん断力

支点n(右側)のせん断力

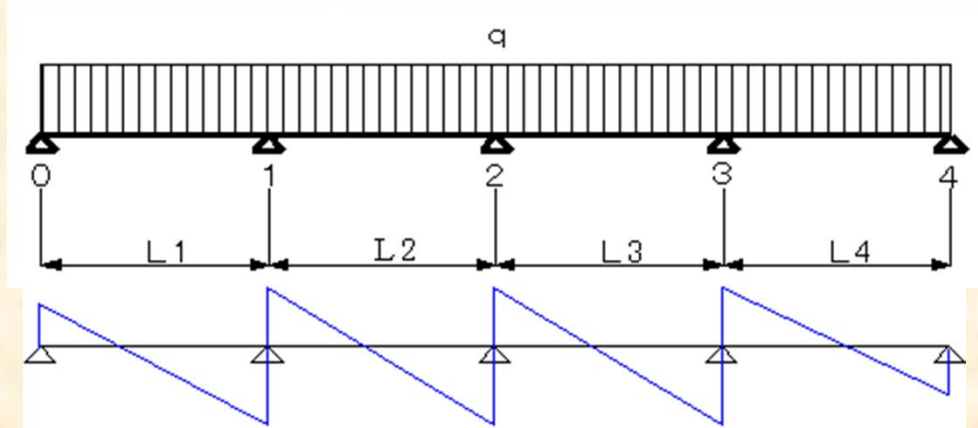
$$S_n = \sum_{i=0}^n (R_i) - q \cdot \sum_{j=1}^n (L_j)$$

$$\sum_{i=0}^n (R_i) = q \cdot \sum_{j=1}^n (L_j) + \frac{q \cdot L_{n+1}}{2} + \frac{M_{n+1} - M_n}{L_{n+1}}$$

$$\therefore S_n = \frac{q \cdot L_{n+1}}{2} + \frac{M_{n+1} - M_n}{L_{n+1}}$$

支点nから右にx(m)の位置のせん断力

$$S_x = S_n - q \cdot x = \frac{q \cdot L_{n+1}}{2} + \frac{M_{n+1} - M_n}{L_{n+1}} - q \cdot x$$





# 「水路橋の設計計算」

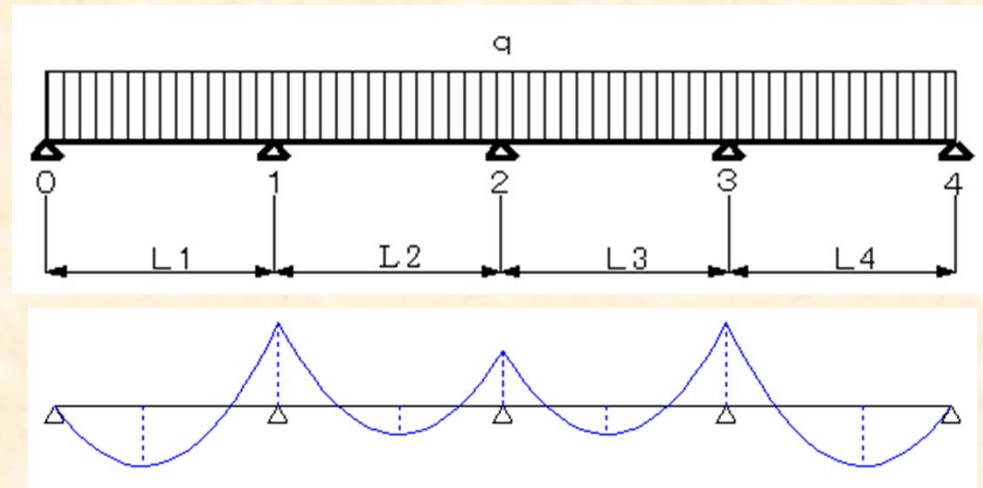
## 連続梁の断面力計算(3連モーメントの定理)⑧

### 曲げモーメント

支点nから右にx(m)の位置の  
曲げモーメント

$$M_x = M_n + S_n \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

$$= M_n + \frac{1}{2} \cdot q \cdot x \cdot (L_{n+1} - x) + \frac{M_{n+1} - M_n}{L_{n+1}} \cdot x$$

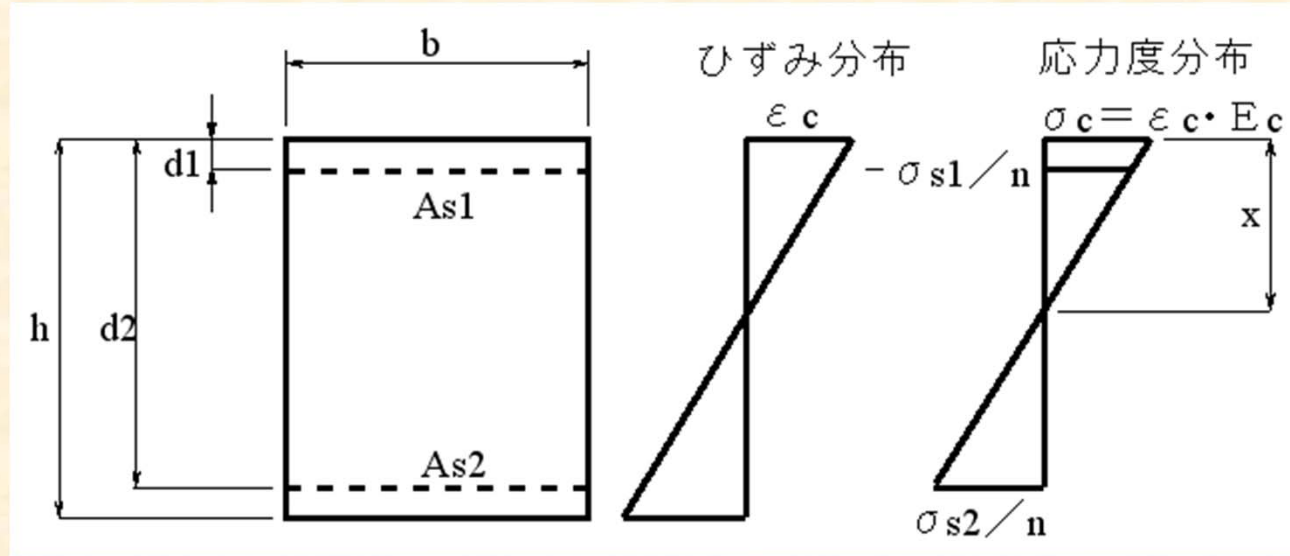


※以上により、任意の位置での断面力が算出され、

支間部の最大曲げモーメントは、 $Sx=0$ となる位置から求めています。

# 「水路橋の設計計算」

## 曲げ応力度計算①



### 計算の仮定

- ・維ひずみは中立軸からの距離に比例する。
- ・コンクリートの引張強度は無視する。
- ・鉄筋とコンクリートのヤング係数比は15とする。

# 「水路橋の設計計算」

## 曲げ応力度計算②

応力度と断面力との関係

$$N = N_c + \sum(N_{si}) \quad \dots \textcircled{1}$$

$$M = N_c \cdot y_c + \sum(N_{si} \cdot y_{si}) \quad \dots \textcircled{2}$$

コンクリートに生じる圧縮力 $N_c$

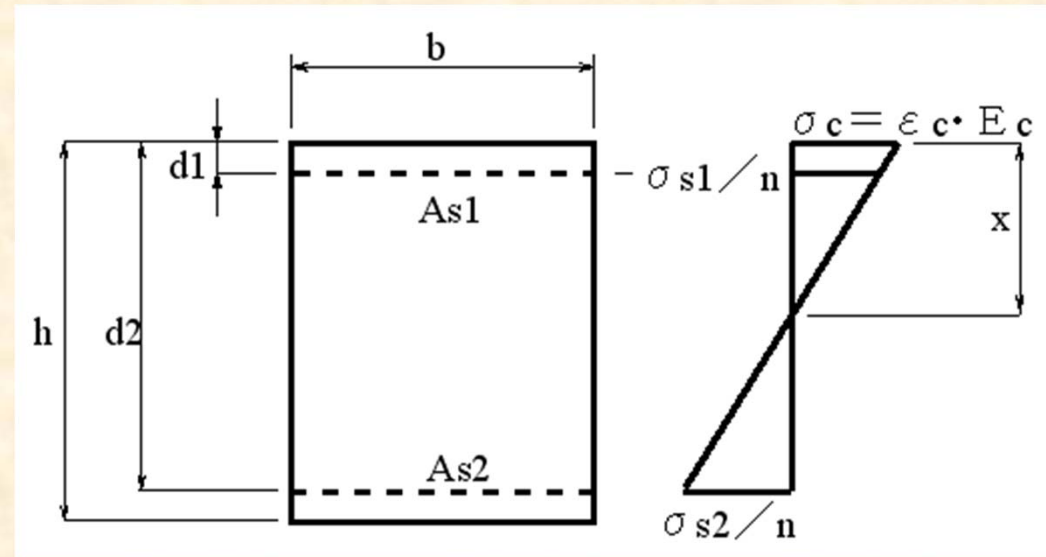
$$N_c = \frac{1}{2} \cdot \sigma_c \cdot x \cdot b$$

$$y_c = \frac{h}{2} - \frac{x}{3}$$

鉄筋に生じる圧縮・引張力 $N_s$ (圧縮を正)

$$N_{si} = -\sigma_{si} \cdot A_{si} = n \cdot \sigma_c \cdot \frac{x - d_i}{x} \cdot A_{si}$$

$$y_{si} = \frac{h}{2} - d_i$$



# 「水路橋の設計計算」

## 曲げ応力度計算③

$N = N_c + \Sigma(N_{si}) \dots \textcircled{1}$  より

$$N = \sigma_c \cdot \left\{ \frac{1}{2} \cdot b \cdot x + n \cdot \sum \left( A_{si} \cdot \frac{x - d_i}{x} \right) \right\} \dots \textcircled{3}$$

$M = N_c \cdot y_c + \Sigma(N_{si} \cdot y_{si}) \dots \textcircled{2}$  より

$$M = \sigma_c \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot b \cdot x \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{x}{3} \right) + n \cdot \sum \left\{ A_{si} \cdot \frac{x - d_i}{x} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_i \right) \right\} \right] \dots \textcircled{4}$$

**N≠0**のとき

$e = M/N$ 、 $\textcircled{4} - \textcircled{3} \cdot e = 0$  より、 $x$ の3次方程式が作成されます。

$$x^3 - 3 \cdot \left( \frac{h}{2} - e \right) \cdot x^2 - \frac{6 \cdot n}{b} \cdot \sum \left\{ A_{si} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_i - e \right) \right\} \cdot x - \frac{6 \cdot n}{b} \cdot \sum \left\{ A_{si} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_i - e \right) \cdot d_i \right\} = 0$$

上式を解いて、中立軸位置 $x$  ( $0 < x < h$ )が求められます。



# 「水路橋の設計計算」

## 曲げ応力度計算④

$$N = N_c + \sum(N_{si}) \quad \dots \textcircled{1} \text{ より}$$

$$N = \sigma_c \cdot \left\{ \frac{1}{2} \cdot b \cdot x + n \cdot \sum \left( A_{si} \cdot \frac{x - d_i}{x} \right) \right\} \quad \dots \textcircled{3}$$

$$M = N_c \cdot y_c + \sum(N_{si} \cdot y_{si}) \quad \dots \textcircled{2} \text{ より}$$

$$M = \sigma_c \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot b \cdot x \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{x}{3} \right) + n \cdot \sum \left\{ A_{si} \cdot \frac{x - d_i}{x} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_i \right) \right\} \right] \quad \dots \textcircled{4}$$

**N=0**のとき

③=0 より、xの2次方程式が作成されます。

$$x^2 + \frac{2 \cdot n}{b} \cdot \sum(A_{si}) x - \frac{2 \cdot n}{b} \cdot \sum(A_{si} \cdot d_i) = 0$$

上式を解いて、中立軸位置x(0<x<h)が求められます。



# 「水路橋の設計計算」

## 曲げ応力度計算⑤

N≠0のとき、③式から

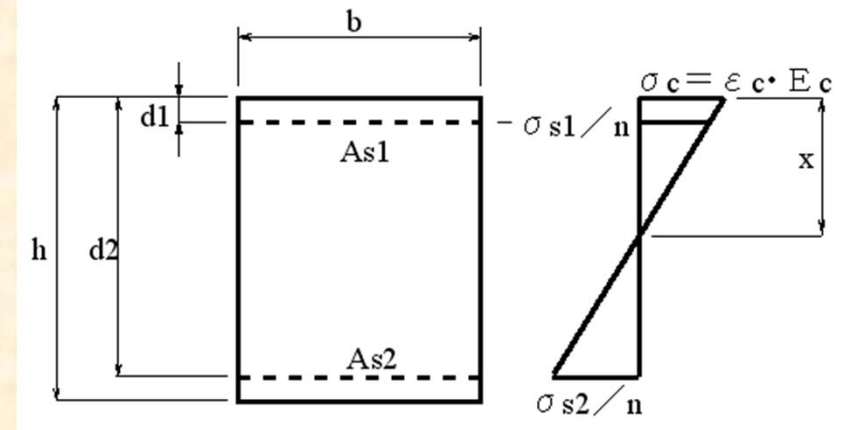
$$\sigma_c = \frac{N}{\frac{1}{2} \cdot b \cdot x + n \cdot \sum \left( A_{si} \cdot \frac{x - d_i}{x} \right)}$$

N=0(軸力無視)のとき、④式から

$$\sigma_c = \frac{M}{\frac{1}{2} \cdot b \cdot x \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{x}{3} \right) + n \cdot \sum \left\{ A_{si} \cdot \frac{x - d_i}{x} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_i \right) \right\}}$$

鉄筋の応力度(引張を正, 圧縮を負)

$$\sigma_{si} = -n \cdot \sigma_c \cdot \frac{x - d_i}{x}$$



# 「水路橋の設計計算」

## 曲げ応力度計算⑥

本プログラムの曲げ応力度計算は、弊社製品「RC断面計算」と同じ計算部を用いています。

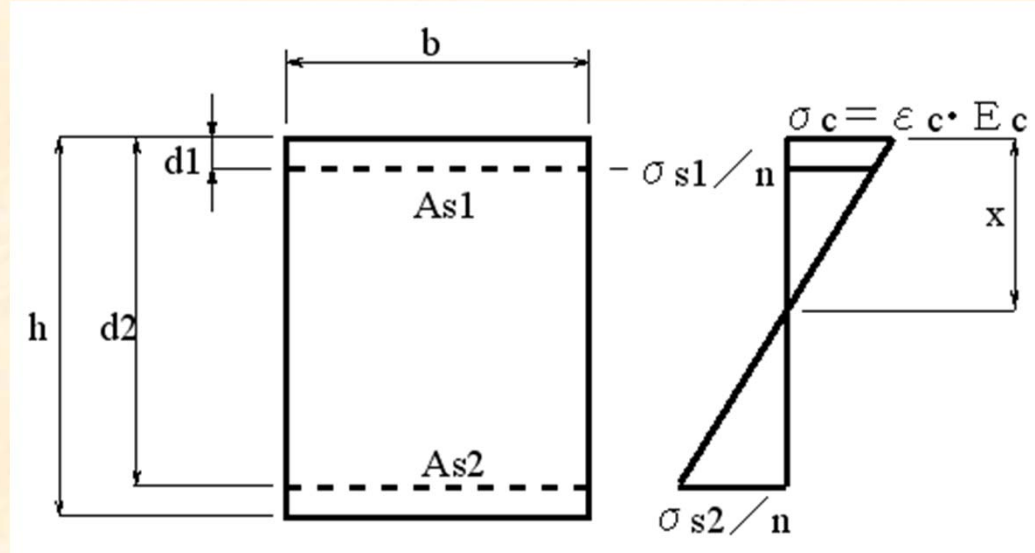
「RC断面計算」では、断面形状ごとに計算式を変えるのではなく、様々な断面形状で任意の鉄筋段数を持つケースを対象にして、一般化した計算処理を行っています。

具体的には、ひずみ分布を仮定して求めた内力と作用外力とが一致するように収束計算を行っています。

したがって、考え方は全く同じですが、前ページまでに示した計算式そのものを用いている訳ではありません。

# 「水路橋の設計計算」

## せん断応力度計算①



平均せん断応力度

$$\tau = \frac{S}{b \cdot d}$$

上図の場合、 $d=d_2$

# 「水路橋の設計計算」

## せん断応力度計算②

最大せん断応力度

$$\tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d}$$

$j \cdot d$ : 全圧縮応力の重心位置から  
引張鉄筋までの距離

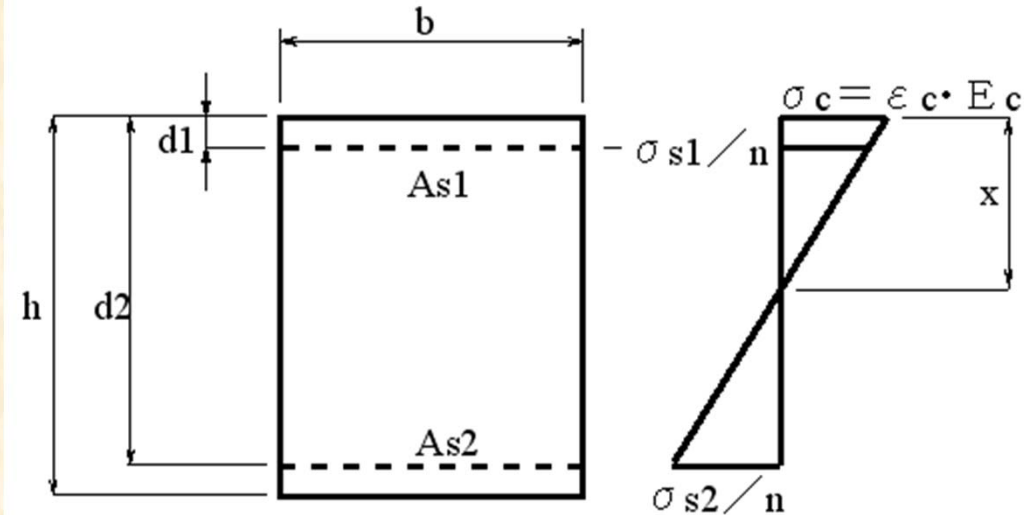
全圧縮力

$$C = \frac{1}{2} \cdot \sigma_c \cdot x \cdot b + | \sigma_{s1} | \cdot A_{s1}$$

引張鉄筋位置でのモーメント

$$M_c = \frac{1}{2} \cdot \sigma_c \cdot x \cdot b \cdot \left( d_2 - \frac{x}{3} \right) + | \sigma_{s1} | \cdot A_{s1} \cdot (d_2 - d_1)$$

$$j \cdot d = \frac{M_c}{C}$$





## 「水路橋の設計計算」



以上で、「水路橋の設計計算」の製品説明を終わります。

 **FORUM 8**