

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-681 R0
提出年月日	平成30年6月28日

V-5-52 計算機プログラム（解析コード）の概要  
・ A P O L L O S u p e r D e s i g n e r R i b c h e c k

## 目次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
3. APOLLO SuperDesigner Ribcheckの解析手法について	4
3.1 一般事項	4
3.2 解析コードの特徴	4
3.3 解析手法	4
3.4 解析フローチャート	6
3.5 検証(Verification)及び妥当性確認(Validation)	7

## 1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）APOLLO SuperDesigner Ribcheckについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-10-2-2-1	防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書	Ver. 10.11.0.3
V-3-別添3-2-1-1	防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書	Ver. 10.11.0.3

## 2. 解析コードの概要

項目	コード名 APOLLO SuperDesigner Ribcheck
使用目的	鋼部材におけるリブの応力照査
開発機関	株式会社横河技術情報
開発時期	1996年
使用したバージョン	Ver. 10.11.0.3
コードの概要	本プログラムは、道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）（4.2.5）に準拠した縦リブの剛性照査及び横リブ断面指定及び剛性照査を行うものである。
検証（Verification）及び 妥当性確認（Validation）	<p>APOLLO SuperDesigner Ribcheck は、鋼製防護壁の外面鋼板の剛性確保のために設けられている縦リブについて、道路橋示方書の規定に則り、必要剛度を確保できているかの確認に使用している。</p> <p><b>【検証（Verification）】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ APOLLO SuperDesigner Ribcheck を用いて算出した縦リブの必要断面剛性と、道路橋示方書に規定されている必要剛性が一致していることを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性検証（Validation）】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検証の内容の通り、道路橋示方書を満足するリブ剛性を確保できていることを照査できていることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。</li> </ul>

### 3. APOLLO SuperDesigner Ribcheckの解析手法について

#### 3.1 一般事項

APOLLO SuperDesigner Ribcheckは、道路橋示方書Ⅱ鋼橋編（4.2.5）に準拠した縦リブの剛性照査及び横リブ断面指定並びに剛性照査を行うプログラムである。

#### 3.2 解析コードの特徴

APOLLO SuperDesigner Ribcheckの主な特徴を以下に示す。

- ・本プログラムでは、指定した縦リブ断面に対する断面剛性照査に加えて、横リブの断面指定の有無が選択可能であり、指定した横リブ断面における剛性照査や、必要剛性を満たす最小の横リブ断面の推定も可能である。

#### 3.3 解析手法

補剛板の補剛材は、「道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編 4.2.5」に準じて下記式を満たすものとする。

縦リブの必要断面積

$$A_{L_{req}} = b \times t / (10 \times n)$$

縦リブの必要剛度

$$I_{L_{req}} = b \times t^3 / 11 \times \gamma L_{req}$$

縦リブの必要剛比及び横リブの必要剛度

( $\alpha \leq \alpha_0$  かつ横リブの剛度が  $I_{C_{req}}$  を満足する場合)

$$\begin{aligned} \gamma L_{req} &= 4\alpha^2 n \times (t_0/t)^2 \times (1+n \times \delta L) - (\alpha^2 + 1)^2 / n && (t \geq t_0) \\ &= 4\alpha^2 n \times (1+n \times \delta L) - (\alpha^2 + 1)^2 / n && (t < t_0) \end{aligned}$$

ここに、横リブの必要剛度は、

$$I_{C_{req}} = (b \times t^3 / 11) \times \{(1+n \times \gamma L_{req}) / (4 \times \alpha^3)\}$$

(上記以外の場合)

$$\begin{aligned} \gamma L_{req} &= [\{2n^2 \times (t_0/t)^2 \times (1+n \times \delta L) - 1\}^2 - 1] / n && (t \geq t_0) \\ &= [\{2n^2 \times (1+n \times \delta L) - 1\}^2 - 1] / n && (t < t_0) \end{aligned}$$

ここに、

t : 補剛板の板厚 (mm)

b : 補剛板の全幅 (mm)

a : 横リブ間隔 (mm)

n : 縦リブによって区切られるパネル数

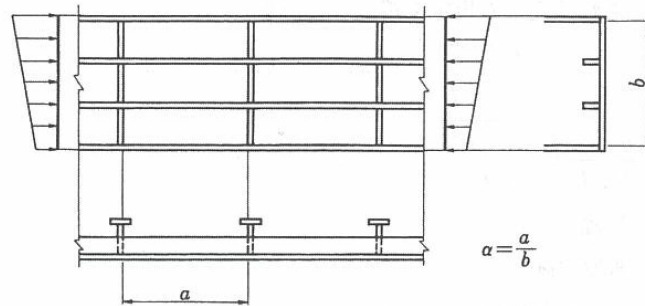
$\alpha$  : 補剛板の縦横寸法比 (= a/b)

- $\alpha_0$  : 限界縦横寸法比 ( $\sqrt[4]{1+n\gamma L}$ )
- $\delta L$  : 縦リブ 1 個の断面積比 ( $AL/bt$ )
- $\gamma L$  : 縦リブの剛比 ( $IL/(bt^3/11)$ )
- $t_0$  : 「道示Ⅱ・表-4.2.6」に示す板厚 (mm)
- $f$  : 応力勾配による係数 (=1)
- AL : 縦リブ 1 本の断面積 ( $\text{mm}^2$ )
- IL : 縦リブ 1 本の断面二次モーメント ( $\text{mm}^4$ )
- Ic : 横リブ 1 本の断面二次モーメント ( $\text{mm}^4$ )

道示Ⅱ・表-4.2.6 板厚  $t_0$

鋼種	SS400 SM400 SMA400W	SM490	SM490Y SM520 SMA490W	SM570 SMA570W
$t_0$	$\frac{b}{28fn}$	$\frac{b}{24fn}$	$\frac{b}{22fn}$	$\frac{b}{22fn}$

ここに、 $f$ : 4.2.4 に規定する応力勾配による係数



補剛板の縦横寸法比  $\alpha$

### 3.4 解析フローチャート

解析フローチャートを図3-1に示す。

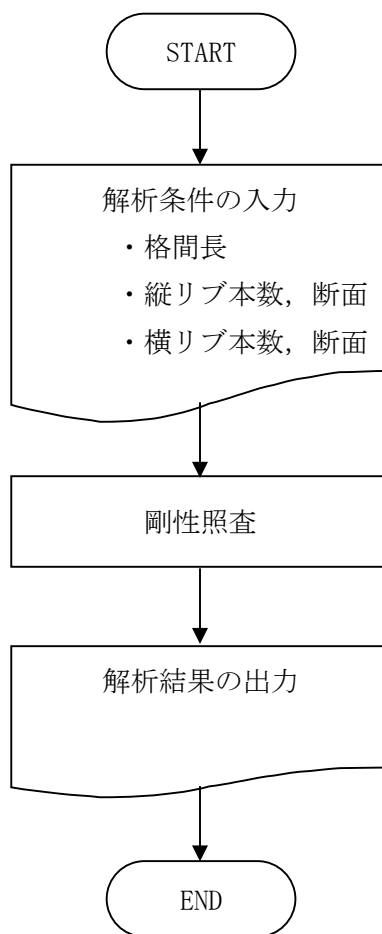


図3-1 解析フローチャート



### 3.5 検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation)

#### a. 道路橋示方書の規定により算出した計算結果との比較による検証

##### 1) 設計条件

		単位	
補剛板厚	t	mm	30
補剛板幅	b	mm	1460
横リブ間隔	a	mm	2800
縦リブによって区切られるパネル数	n		3
補剛板の縦横寸法比	$\alpha$		1.918
限界縦横寸法比	$\alpha_0$		3.239
縦リブ1個の断面比	$\delta L$		0.143
縦リブの剛比	$\gamma L$		36.33
「道示Ⅱ・表-4.2.6」に示す板厚	$t_0$	mm	22.1
応力勾配による係数 (=1)	f		1
縦リブ1本の断面積	AL	mm <sup>2</sup>	6250
縦リブ1本の断面二次モーメント	IL	mm <sup>4</sup>	130208333
縦リブ断面幅	Br	mm	250
縦リブ断面板厚	tr	mm	25
補剛板材質			SM490Y

##### 2) 剛度照査

$$A = 250 \times 25 = 6250 \text{ mm}^2$$

$$I = (25 \times 250^3) / 12 + (25 \times 250) \times (250/2)^2 = 130208333 \text{ mm}^4$$

$$\gamma = 130208333 / \{(1460 \times 30^3) / 11\} = 36.33$$

$$\alpha = 1.918, \alpha_0 = 3.239 \text{ より } \alpha \leq \alpha_0$$

$$t = 30\text{mm}, t_0 = 22.1\text{mm} \text{ より } t \geq t_0$$

従って、道示Ⅱ・式(4.2.5)より、

$$\begin{aligned} \gamma L_{\text{req}} &= 4 \times 1.918^2 \times 3 \times (22.1/30)^2 \times (1 + 3 \times 0.143) - (1.918^2 + 1)^2 / 3 \\ &= 26.976 < \gamma L_{\text{req}} = 36.33 \quad \underline{\text{OK}} \end{aligned}$$

$$AL_{\text{req}} = 1460 \times 30 / (10 \times 3) = 1460 \text{ mm}^2 < AL = 6250 \text{ mm}^2 \quad \underline{\text{OK}}$$

$$IL_{\text{req}} = 1460 \times 30^3 \times 26.976 / 11 = 96672175 \text{ mm}^4 < IL = 130208333 \text{ mm}^4 \quad \underline{\text{OK}}$$

以下に添付する、APOLLO SuperDesigner Ribcheckの出力結果と一致することを確認しており、縦リブの剛性照査が正しく実行できていることが確認できる。

APOLLO SuperDesigner Ribcheck 出力結果

パネル長	: 2800 mm	横リブ本数	: 0 本	横リブ間隔 (a)	: 2800 mm
補剛板材質	: SM490Y	補剛板幅 (b)	: 1460 mm	補剛板厚 (t)	: 30 mm
縦リブ本数	: 2本	縦リブ高	: 250 mm	縦リブ厚	: 25 mm
$AL = 25.0 \times 2.5 = 62.50 \text{ cm}^2$		$IL = 25.0^3 \times 2.5 / 3 = 13021 \text{ cm}^4$			
$\delta L = 62.5 / (146.0 \times 3.0) = 0.143$		$\gamma L = 13021 / (146.0 \times 3.0^3 / 11) = 36.33$			
$\alpha = 280.00 / 146.0 = 1.918$		$\alpha_0 = \sqrt[4]{1 + 3 \times 36.33} = 3.239$			
$t_0 = 146.0 / (22 \times 1.000 \times 3) = 2.21 \text{ cm}$		$t = 3.0 \text{ cm}$			
$\alpha \leq \alpha_0, t \geq t_0$ , なので「道示Ⅱ・式 (4.2.5)」より					
$\gamma L_{req} = 4 \times 1.918^2 \times 3 \times (2.2 / 3)^2 \times (1 + 3 \times 0.143) - (1.918^2 + 1)^2 / 3 = 26.976$					
$AL_{req} = 146.0 \times 30 / (10 \times 3) = 14.60 \text{ cm}^2 < AL = 62.50 \text{ cm}^2$					
$IL_{req} = 146.0 \times 30^3 \times 26.976 / 11 = 9667 \text{ cm}^4 < IL = 13021 \text{ cm}^4$					

表3-1 計算例と解析結果の比較

対 象		計算例	解析結果	比 率	
断面積	cm <sup>2</sup>	AL	62.50	62.50	100%
	cm <sup>2</sup>	AL <sub>req</sub>	14.60	14.60	100%
剛度	cm <sup>4</sup>	IL	13021	13021	100%
	cm <sup>4</sup>	IL <sub>req</sub>	9667	9667	100%
剛比	---	$\gamma L$	36.33	36.33	100%
	---	$\gamma_{req}$	26.976	26.976	100%

b. 使用内容に対する妥当性

鋼製防護壁の外側鋼板の剛性確保のために設けられている縦リブの剛性照査に、APOLLO SuperDesigner Ribcheckを使用することは、次の通り本解析の適用範囲に対して検証されており、妥当である。

- ・検証の内容の通り、縦リブの必要断面積と必要剛度の照査の検証を行っていることから、解析の目的に照らして今回の解析に使用することは妥当である。