

Obliczenia przeprowadzone zgodnie z "Design of  
long span flexible metal culverts" by Lars  
Pettersson and Håkan Sundquist  
Edycja 5

JEDNOSTKA PROJEKTOWA

**VIACON**

**Constructing connections.  
Consciously.**

Nazwa zadania

DW 721 Piaseczno

Obiekt:

Konstrukcja: SB-6L special (-1S)

Opracowanie: mgr inż. Karolina Laszkiewicz

Projekt nr 054/2022

## 1. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

- Graniczny stan użyteczności SLS:

- Obciążenia stałe:  $\varphi\gamma_{s.s} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$

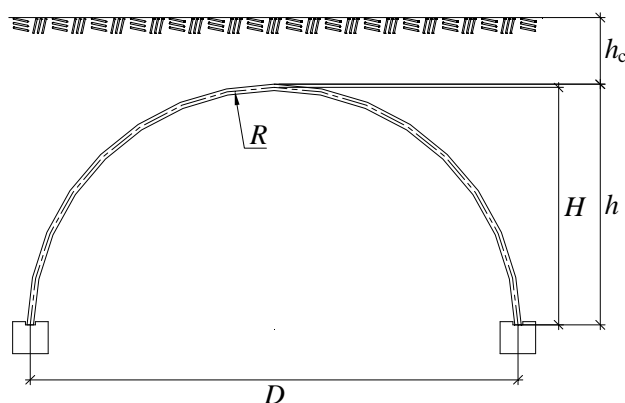
- Obciążenia zmienne:  $\varphi\gamma_{t.s} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$

- Graniczny stan nośności ULS:

- Obciążenia stałe:  $\varphi\gamma_{s.u} = \begin{pmatrix} 1.35 \\ 1 \end{pmatrix}$

- Obciążenia zmienne:  $\varphi\gamma_{t.u} = \begin{pmatrix} 1.35 \\ 0 \end{pmatrix}$

## 2. Dane geometryczne profilu:



|  |                         |
|--|-------------------------|
| • Maksymalna rozpiętość .....  | D = 6.04 m              |
| • Wysokość konstrukcji mierzona od poziomu maksymalnej rozpiętości ..... | H = 1.55 m              |
| • Promień górny.....   | R <sub>t</sub> = 7.54 m |
| • Promień boczny.....  | R <sub>s</sub> = 1.32 m |
| • Promień dolny .....  | R <sub>b</sub> = 7.54 m |
| • Wysokość naziemu nad konstrukcją .....                                 | h <sub>c</sub> = 0.77 m |

### 2.1 Charakterystyka przekroju:

#### Konstrukcja główna

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| • Grubość blachy podstawowej .....  | t <sub>p</sub> = 7 · mm                                  |
| • Granica plastyczności stali ..... | f <sub>yk</sub> = 355 · MPa                              |
| • Pole przekroju.....               | A <sub>s</sub> = 9.259 · $\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$ |

|  |   |
|--|---|
| • Moment bezwładności przekroju .....              | $I_S = 21297.6 \cdot \frac{\text{mm}^4}{\text{mm}}$ |
| • Wskaźnik wytrzymałości przekroju.....            | $W_S = 289.763 \cdot \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}}$ |
| • Plastyczny wskaźnik wytrzymałości przekroju..... | $Z_S = 396.77 \cdot \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}}$  |

## 2.2 Połączenie śrubowe:

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| • 3 rzędy śrub w rozstawie:..... | $a = \begin{pmatrix} 38 \\ 114 \\ 190 \end{pmatrix} \cdot \text{mm}$ od krawędzi blachy |
| • Ilość śrub na metr:            | $n = \begin{pmatrix} 6.56 \\ 6.56 \\ 6.56 \end{pmatrix}$                                |
| • Klasa śrub: 8.8                |   |

## 3. Obciążenia:

- Model obciążenia: LM1 klasa I zgodnie z RMTiGM w sprawie warunków jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (DZ. U. z 2016r. poz 124, z późn. zm.)

## 4. Parametry gruntu:

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Zdefiniowany stopień zagęszczenia gruntu, zgodnie ze standardową próbą Proctora | RP = 98                         |
| moduł styczny gruntu:   | $E_{s,k} = 45 \cdot \text{MPa}$ |

## 5. Siły normalne:

|  |   |
|--|---|
| • Charakterystyczna wartość siły od zasypki obok konstrukcji .....       | $N_{S.surr} = 37.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  |
| • Charakterystyczna wartość siły od zasypki nad kluczem konstrukcji..... | $N_{S.cover} = 70.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ |
| • Charakterystyczna wartość siły od obciążeń stałych .....               | $N_S = 108.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$        |
| • Charakterystyczna wartość siły od obciążeń zmiennych .....             | $N_t = 184.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$        |
| • Obliczeniowa wartość siły osiowej.....                                 | $N_{d.u.} = 394.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$   |

## 6. Momenty zginające:

|   |   |
|---|---|
| • Charakterystyczny moment zginający od zasypki obok konstrukcji.....       | $M_{S.surr} = -1.7 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$ |
| • Charakterystyczny moment zginający od zasypki nad kluczem konstrukcji.... | $M_{S.cover} = 7.4 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$ |
| • Charakterystyczny moment zginający obciążeń zmiennych.....                | $M_t = 56.9 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$        |
| • Obliczeniowa wartość momentu zginającego .....                            | $M_{sd.u.} = 85.1 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$  |

## 7. Wymiarowanie

### 7.1. Sprawdzenie stanu granicznego użytkowości ze względu na uplastycznienie

- Napężenia maksymalne:

$$\sigma := \frac{N_{d.s}}{A_s} + \frac{M_{sd.s}}{W_s}$$

$$\sigma = \begin{pmatrix} 213.1 \\ -44.1 \\ 213.1 \\ -44.1 \\ 213.1 \\ -44.1 \\ 213.1 \\ -44.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma = 213.143 \cdot \text{MPa} < f_{yk} = 355 \cdot \text{MPa}$$

- Sprawdzenie naprężeń w fazie montażu, zasypka na poziomie klucza:

$$\max(\varphi \gamma_{s.s}) \cdot \left( \frac{N_{s.surr}}{A_s} + \frac{|M_{s.surr}|}{W_s} \right) = 9.813 \cdot \text{MPa} < f_{yk} = 355 \cdot \text{MPa}$$

### 7.2. Sprawdzenie stanu granicznego nośności

- Sprawdzenie nośności przekroju:

$$\left( \frac{N_{d.u}}{N_{cr.1}} \right)^{\alpha_{c.1}} = \begin{pmatrix} 0.637 \\ 0.287 \\ 0.62 \\ 0.266 \\ 0.605 \\ 0.248 \\ 0.588 \\ 0.226 \end{pmatrix}$$

- Sprawdzenie formuły interakcyjnej:

$$\text{factor} = \frac{N_{d.u}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1.steel}}} + k_{yy} \cdot \frac{\overrightarrow{|M_{sd.u}|}}{\frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1.steel}}} \leq 1.0$$

$$\text{factor} = \begin{pmatrix} 0.94 \\ 0.314 \\ 0.934 \\ 0.301 \\ 0.897 \\ 0.319 \\ 0.891 \\ 0.307 \end{pmatrix}$$

### 7.3. Sprawdzenie nośności połączenia śrubowego

Nośność śruby na ścinanie

$$F_{v,Rd} := \frac{0.6 \cdot f_{u,bolt} \cdot k \cdot A_{s,b}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \cdot \text{kN}$$

Nośność połączenia na docisk

$$F_{b,Rd} := \frac{2.5 \cdot f_{uk} \cdot d_{bolt} \cdot t}{\gamma_{M2}} = 131.6 \cdot \text{kN}$$

Nośność śruby na rozciąganie

$$F_{t,Rd} := \frac{0.9 \cdot f_{u,bolt} \cdot k \cdot A_{s,b}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \cdot \text{kN}$$

Sprawdzenie śruby na siłę ścinającą

$$\frac{F_{v,ULS}}{\min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd})} \leq 1.00$$

$$\frac{F_{v,ULS}}{\min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd})} = 0.21$$

Sprawdzenie śruby na siłę normalną

$$\frac{F_{t,ULS}}{F_{t,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{F_{t,ULS}}{F_{t,Rd}} = 0.383$$

Sprawdzenie kombinacji siły ścinającej i siły normalnej:

$$\frac{F_{v,ULS}}{\min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd})} + \frac{F_{t,ULS}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{F_{v,ULS}}{\min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd})} + \frac{F_{t,ULS}}{1.4F_{t,Rd}} = 0.49$$

### 7.4. Wojskowa klasa MLC

W obliczeniach uwzględniono obciążenie zmienne pojazdami MLC zgodnie z załącznikiem do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 1 sierpnia 2019 r. (poz. 1642). I klasa obciążenia zgodnie z poniższą tabelą.

| Wojskowa klasa MLC |     |                      |     |
|--------------------|-----|----------------------|-----|
| Pojazdy kołowe     |     | Pojazdy gąsiennicowe |     |
| ↑↓                 | ↓   | ↑↓                   | ↓   |
| 100                | 150 | 80                   | 120 |

## 8. Reakcje przekazywane na fundament

Siła osiowa - wartość charakterystyczna

Siła od obciążeń stałych -  $N_s$ : 
$$N_s = 108.111 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Siła od obciążeń zmiennych-  $N_t$ : 
$$N_t = 184.385 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kąt wejścia konstrukcji w fundament:  $\alpha_{\text{profil}} := 13.33\text{deg}$

### 8.1 Wartości charakterystyczne:

|                             | <u>Siła pozioma (H)</u>                         | <u>Siła pionowa (V)</u>                          |
|-----------------------------|---|--|
| Siła od obciążeń stałych:   | $H_s = 24.926 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ | $V_s = 105.198 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ |
| Siła od obciążeń zmiennych: | $H_t = 42.512 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ | $V_t = 179.418 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ |

### 8.1 Wartości obliczeniowe:

|                             | <u>Siła pozioma (H)</u>                            | <u>Siła pionowa (V)</u>                             |
|-----------------------------|--|---|
| Siła od obciążeń stałych:   | $H_{sd} = 33.65 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  | $V_{sd} = 142.017 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ |
| Siła od obciążeń zmiennych: | $H_{td} = 63.768 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ | $V_{td} = 269.126 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ |

