

## Analiza pracy konstrukcji gruntowo-powłokowej w fazie wykonywania na przykładzie konstrukcji SuperCor SC-57S

### Work analysis of soil-steel structure in the construction phase illustrated with SuperCor SC-57S

**Lukasz Kosno**

*Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Betonowych,  
Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Świętokrzyska  
Al. Tysiąclecia PP 7, 25-314Kielce  
e-mail: lkosno@tu.kielce.pl*

*Department of Strength of Materials and Concrete Structures  
Faculty of Civil Engineering and Architecture, Technological University of Kielce  
Al. Tysiąclecia PP 7, 25-314Kielce  
e-mail: lkosno@tu.kielce.pl*

---

#### Streszczenie

Poniższe opracowanie ma na celu przedstawienie wyników badań konstrukcji podatnej typu SuperCor SC-57S, która została wybudowana przez firmę „ViaCon Polska Sp. z o.o.” w celu sprawdzenia maksymalnych przemieszczeń oraz sił wewnętrznych działających na konstrukcję w czasie jej wznoszenia. Wykorzystując metodę elementów skończonych opracowano model numeryczny konstrukcji i przeprowadzono symulację jej zachowania się. Na podstawie analizy uzyskanych wyników sformułowano wnioski pomocne w zrozumieniu istoty pracy podatnych konstrukcji gruntowo-powłokowych.

#### Abstract

The paper below aims to present the results of studies of the flexible SuperCor SC-57S structure built by Polish manufacturer “ViaCon Polska Sp. z o.o.” to determine maximum values of displacement and internal forces that occur in the structure during its construction. The finite element method was used to develop a numerical model of the structure whose behaviour was then simulated. The conclusions based on the values of measured displacements and internal forces may be helpful in understanding the behaviour of flexible steel and soil structures.

*Słowa kluczowe: konstrukcje gruntowo-powłokowe, blacha falista, konstrukcje podatne, konstrukcje SuperCor*  
*Keywords: steel-and-soil structure, corrugated steel plate, flexible structures, The SuperCor structures*

---

#### 1. Wprowadzenie

W pracy przedstawiono wyniki badania konstrukcji SuperCor SC-57S przeprowadzone przez firmę „ViaCon Polska Sp. z o.o.” na stanowisku badawczym w Rydzynie. Przeprowadzone badania miały na celu sprawdzenie sposobu pracy konstrukcji gruntowo-powłokowej w fazie budowy. Rejestrowane były naprężenia w powłoce stalowej przy pomocy zespoły tensometrów, oraz przemieszczenia konstrukcji przy pomocy pomiarów geodezyjnych. Oprócz tego zamodelowano konstrukcję w programie CandeCad, wykorzystującym metodę elementów skończonych. Obliczenia komputerowe zostały wykonane w celu porównania obliczonych ugięć z wartościami pomierzonymi na rzeczywistym obiekcie. W pracy tej przedstawione są wyniki pomiarów naprężeń w konstrukcji oraz pomierzone przemieszczenia. Wnioski płynące z przeprowadzonych badań mogą okazać się przydatne dla określenia sposobu pracy konstrukcji gruntowo-powłokowych w fazie ich budowy.

#### 1. Introduction

This paper presents the results from the tests carried out on the SuperCor SC-57S structure by ViaCon Polska Sp. z o.o. at their test site in Rydzyna. The tests aimed to examine the behaviour of the steel and soil structure in the phase of construction. The measured quantities included stress and strain, recorded with a set of strain gauges, and the displacement, determined through surveys. The structure was modelled in the computer program CandeCad, which implements the finite element method. Computations were carried out in order to compare the values of the calculated and the measured deflections. This paper presents the results of stress and displacement measurements. Based on these results, the conclusions may be helpful to define the behaviour of steel and soil structures in the construction phase.

## 2. Opis konstrukcji

Badania wykonano na konstrukcji typu SuperCor SC-57S. Jest to ustrój w postaci podatnej konstrukcji z blachy falistej o rozpiętości teoretycznej  $l_t=17,59\text{m}$ , i promieniach krzywizny  $3,43\text{m}$  i  $13,74\text{m}$ . Konstrukcja stalowa została sztywno utwierdzona na ławach fundamentowych. Składa się ona z arkuszy blachy falistej gatunku S315MC. Moduł fali blachy ma wymiary:  $381\text{mm} \times 140\text{mm}$  (szerokość  $\times$  wysokość). Arkusze blachy o grubości  $7\text{mm}$  połączono przy pomocy śrub sprężających M20. Nakrętki śrub dokręcono do wymaganej wartości momentu, równej minimum  $360\text{Nm}$ . Wartość ta została określona przez producenta blach dla konstrukcji o rozpiętości powyżej  $7,0\text{m}$ . Zasyпка obiektu ułożona była warstwami o grubości  $30\text{cm}$ . Łącznie ułożono 25 warstw. Stopień zagęszczenia gruntu wynosił  $I_D=0,95$  w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji i  $I_D=0,98$  w pozostałej części zasyпки. W przypadku tego rodzaju konstrukcji istotne jest właściwe ułożenie warstw zasyпки, gdyż element ten włączony do współpracy z konstrukcją stalową przenosi znaczną część obciążeń. Szczególny wpływ ma tu zjawisko pozytywnego przesklepienia. [1] [2]

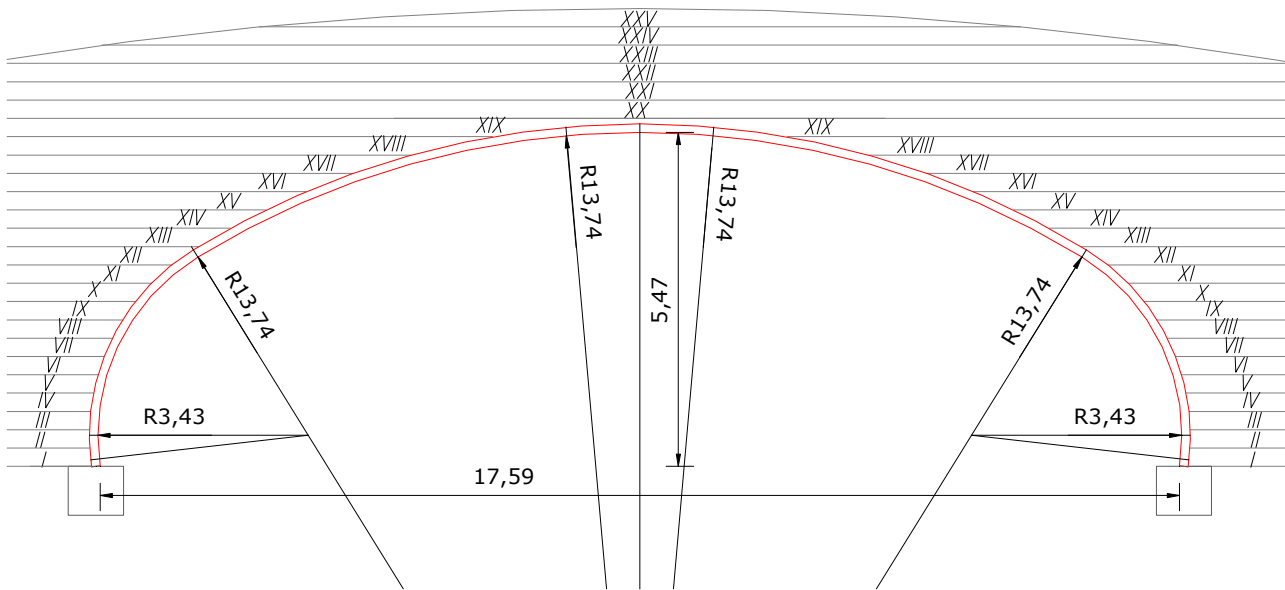
## 2. Description of the structure

The study involved the SuperCor SC-57S structure. It is a flexible corrugated steel structure with a design span of  $l_t=17.59\text{m}$  and the curvature radii of  $3.43\text{m}$  and  $13.74\text{m}$ . The structure, fixed to a concrete footing, consists of corrugated plates made of S315MC steel. The corrugation profile has a pitch of  $381\text{mm}$  and a depth of  $140\text{mm}$ . The  $7\text{mm}$  thick steel plates are bolted with M20 compression bolts. Nuts of the bolts are tightened up to the required torque of minimum  $360\text{Nm}$ , in compliance with the plate manufacturer's instruction for spans exceeding  $7.0\text{m}$ . The backfill is comprised of 25 layers, each  $30\text{cm}$  in thickness. The soil density index amounts to  $I_D=0.95$  in the direct vicinity of the structure and  $I_D=0.98$  in the remaining part of the backfill. The proper way of building the backfill layers is very important in this kind of structures, because this component interacts with the steel structure and carries significant part of the load. The effect of positive arching is particularly important here. [1] [2]



Rys. 1. Montaż konstrukcji stalowej SuperCor SC-57S.

Fig. 1. SuperCor SC-57S structure during assembly.



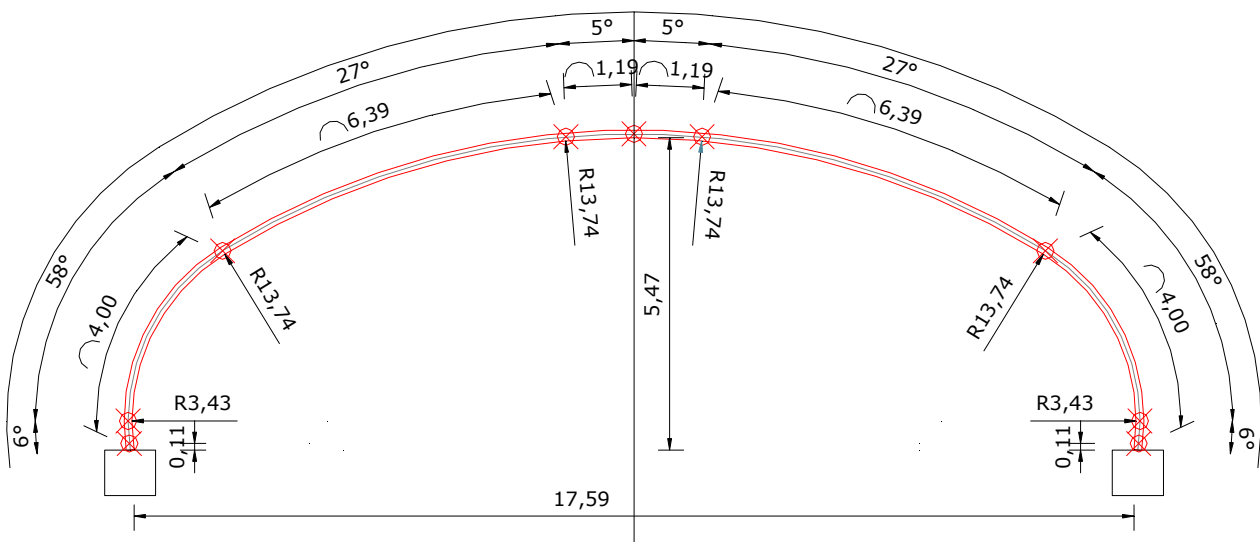
Rys. 2. Podstawowe wymiary konstrukcji SuperCor SC-57S oraz układ warstw konstrukcyjnych zasypki.  
 Fig. 2. Basic dimensions of SuperCor SC-57S structure and detail of backfill layers.

### 3. Wykonanie badań

W czasie wznoszenia odształcenia konstrukcji mierzono za pomocą układu czujników tensometrycznych. Prowadzono również pomiary geodezyjne w celu pomiaru przemieszczeń. Tensometry umieszczono na falach górnych i dolnych konstrukcji. Podstawowe wymiary konstrukcji oraz rozmieszczenie czujników pokazano na Rys. 3 i Rys. 4.

### 3. Conducting the research

During the construction process, the strain was measured with a set of strain gauges. Displacement were determined through geodetic surveys. The gauges were placed at the lower and upper ends of the corrugation. Basic dimensions and the location of the strain gauges are shown in Fig. 3 and Fig. 4.



Rys. 3. Rozmieszczenie czujników tensometrycznych na konstrukcji SuperCor SC-57S.  
 Fig. 3. Location of strain gauges on the SuperCor SC-57S structure.



Rys. 4. Rozmieszczenie czujników tensometrycznych na górze i dole fali arkusza blachy.  
 Fig. 4. Location of gauges on the top and bottom ends of the steel plate corrugation.

Odczyty z czujników tensometrycznych wykonywano po ułożeniu poszczególnych warstw zasypki. W przypadku warstw V, VII, X, XII, XIV i XVII wykonano dodatkowe odczyty po upływie 12 godzin. Dla warstwy XXV po upływie 12 godzin i po 3 tygodniach. Pomiary geodezyjne wykonano po ułożeniu poszczególnych warstw zasypki oraz po 7, 25, 53, 84, 132, 211 oraz 403 dniach od momentu ukończenia budowy obiektu badawczego. Pomiary geodezyjne uwzględniały przemieszczenia pionowe i poziome punktów pomiarowych konstrukcji. Pierwszy pomiar wykonano po zmontowaniu konstrukcji stalowej – pomiar zerowy. Nie uwzględnia on ugięć konstrukcji od ciężaru własnego.

Strain gauge readings were taken after laying each backfill layer. For layers denoted as V, VII, X, XII, XIV and XVII, additional readings were taken after 12 hours. The output for layer XXV was read after 12 hours and at 3 weeks. Geodetic surveys were performed after laying each layer and at 7, 25, 53, 84, 132, 211, and 403 days from the completion date. Vertical and horizontal deflections of the structure measurement points were taken into account in the surveys. The first survey, zero reading, was performed after assembling the steel structure. Deflections due to the dead load were not accounted for.



Rys. 5. Konstrukcja SuperCor SC-57S w trakcie budowania.  
 Fig. 5. The SuperCor SC-57S structure during construction.

#### 4. Podsumowanie

Dla warstw zasypki nr V, VII, X, XII, XIV i XVII odczytywano naprężenia bezpośrednio po wykonaniu konkretnej warstwy jak i po 12 godzinach. W przypadku warstwy XXV po 12 godzinach i po 3 tygodniach. W czasie ponownych badań w kluczu konstrukcji zarejestrowano znaczną redukcję naprężeń rozciągających we fali dolnej blachy przy wzroście naprężeń ściskających we fali górnej blachy. Moment gnący w kluczu nie ulega istotnym zmianom. Siły normalne, ściskające konstrukcję znacznie wzrastają. Wskazuje to na redystrybucję sił wewnętrznych w konstrukcji, spowodowaną odprężeniem zasypki gruntowej. Maksymalne momenty gnące występują w kluczu konstrukcji (za wyjątkiem początkowej fazy układania zasypki) i związane są w wypiętrzeniu konstrukcji spowodowanym naporem gruntu na ściany boczne konstrukcji. Maksymalne momenty zginające pojawiają się po ułożeniu XIX warstwy zasypki, czyli przy zbliżaniu się warstw zasypki do klucza konstrukcji. Przy układaniu dalszych warstw następuje redukcja momentu zginającego. W przypadku ścian bocznych konstrukcji redukcja momentu zginającego występuje nieco wcześniej, gdyż już od warstwy XVII. Po ułożeniu dalszych warstw moment zginający znacznie zmniejsza się. Świadczy to o sprężeniu konstrukcji i potwierdza iż dla konstrukcji gruntowo-powłokowych najniebezpieczniejszą fazą jest wznoszenie obiektu. [1,2,3]

Po wykonaniu zasypki ugięcia pomierzone w kluczu konstrukcji – punkt nr 9 – wynosiły 3,67mm, podczas gdy w punkcie nr 11: 54,29mm. Może to świadczyć o niedoskonałości wykonania konstrukcji. Ugięcia pomierzone w kluczu konstrukcji po 403 dniach wynosiły – punkt nr 9 - 43,06mm, natomiast w punkcie nr 11- 70,17mm. Maksymalne ugięcie wystąpiło w punkcie nr 10 - 71,48mm. Świadczy to o redystrybucji naprężeń w konstrukcji w czasie. Konstrukcja zmieniła kształt na bliższy pierwotnemu. Maksymalne pomierzone ugięcie powstałe po ułożeniu XXV warstwy zasypki wyniosło 54,29mm. Po uwzględnieniu ugięcia początkowego od ciężaru własnego konstrukcji stalowej, wartość ta będzie odpowiednio większa. Pomiary geodezyjne pokazują, że przemieszczenia pionowe konstrukcji były spowodowane nie tylko ugięciami ale i osiadaniami fundamentów, o czym świadczą narastające w czasie przemieszczenia punktów 1 i 17, które znajdują się w małej odległości (około 11cm) od podpór.

#### Literatura• References

- [1] Machelski Cz., (2008), Modelowanie mostowych konstrukcji gruntowo-powłokowych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2008
- [2] Janusz L., Madaj A., (2007), Obiekty inżynierskie z blach falistych. Projektowanie i wykonawstwo, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa
- [3] Machelski Cz. (2010), Deformacja stalowych powłok mostowych obiektów gruntowo-powłokowych podczas zasypki. Geoinżynieria drogi mosty tunele, nr 6,2010 str. 24-30

Zdjęcia oraz materiały dotyczące badanej konstrukcji zostały udostępnione dzięki uprzejmości Zarządu Firmy „ViaCon Polska Sp. z o.o.”

Photographs and data concerning the studied structure were provided by courtesy of The Management Board of „ViaCon Polska Sp. z o.o.” company.

#### 4. Summary

Stress readings for backfill layers V, VII, X, XII, XIV and XVII were recorded after laying each layer and at 12 hours. The output for layer XXV was read after 12 hours and at 3 weeks. Control tests recorded in the shell crown a considerable reduction in tensile stress in the bottom edge of the corrugation at an increase in compressive stress in the top of the corrugation edge. The bending moment in the crown did not change significantly. This indicates the redistribution of internal forces due to the relief of stress in the soil backfill. The maximum bending moments were recorded in the crown of the structure (except the early phase of backfilling), which is associated with the uplift of the structure caused by soil pressure on its sidewalls. Maximum bending moments were recorded after construction of backfill layer XIX, that is, while approaching the crown of the structure. The bending moment decreases with laying further layers. In the case of the sidewalls, a decreased value of the bending moment was recorded at layer XVII and continued to decrease with successive layers. This indicates the prestressing of the structure and confirms the fact that the construction phase is the most challenging phase for steel-and-soil structures. [1,2,3]

After backfilling, deflection measured at point 9 in the crown was 3.67 mm whereas at point 11, the value of deflection reached 54.29 mm. This deviation may indicate imperfections in workmanship. Deflections measured in the crown at 403 days were the following: 43.06 mm at point 9 and 70.17 mm at point 11. The maximum deflection occurred at point 10 reaching 71.48 mm. This indicates the redistribution of stresses in time. The structure changed its shape into the one closer to the initial shape. The maximum measured deflection that occurred after laying backfill layer XXV was 54.29 mm. Taking into account the initial deflection to the weight of the steel structure, this value will be higher correspondingly. The survey results showed that the vertical displacements of the structure were due to not only deflections but also the settlement of foundations, which is confirmed by the displacement at points 1 and 17 located at a close distance (about 11 cm) from the supports.