XXV Konferencja Naukowo-Techniczna, Międzyzdroje 24-27 maja 2011
awarie budowlane 2011

MARIUSZ KOWALOW, *m.kowalow@gco-consult.com*
Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o, Szczecin
ZYGMUNT MEYER, *z.meyer@gco-consult.com*, *meyer@zut.edu.pl*
Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o., Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

ANALIZA PRZYCZYN DUŻEGO OSIADANIA RUROCIĄGU KANALIZACYJNEGO W WILNIE

ANALYSIS OF REASONS OF HIGH SETTLEMENT OF SEWAGE PIPELINE IN VILNIUS

Streszczenie W mieście Wilno podjęto budowę wielkopowierzchniowego centrum komercyjnego. W celu zapewnienia dobrej komunikacji pomiędzy miastem a centrum, zbudowano drogę dwupasmową. Droga umożliwia ruch ciężkich pojazdów. W trakcie budowy centrum, wystąpiły bardzo duże osiadania rurociągu, ułożonego na tym terenie. Rurociąg został umieszczony wzdłuż drogi na głębokości ok. 6 m. Opracowanie zawiera analizę powstałych znacznych osiadań rurociągu.

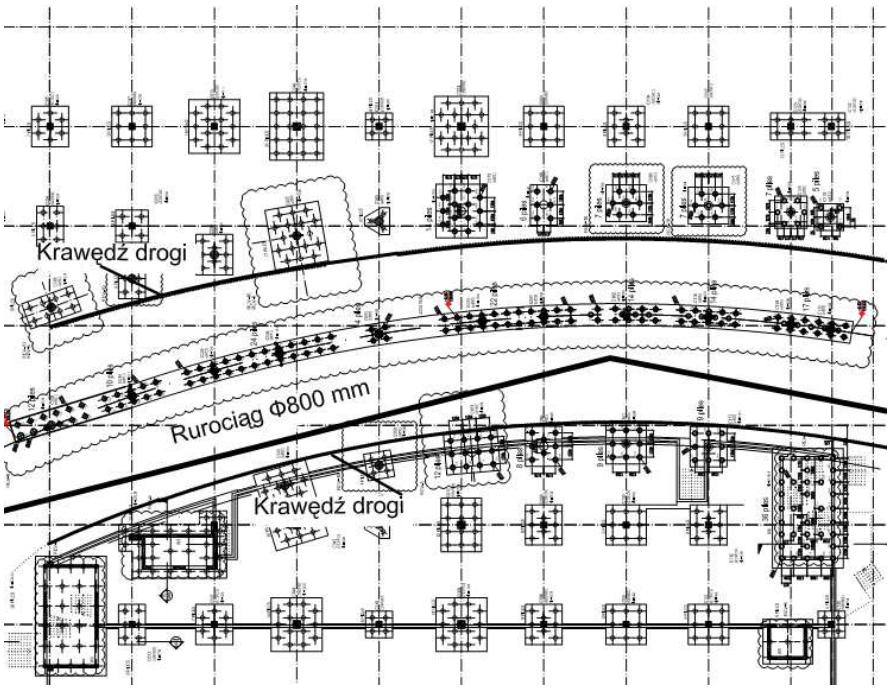
Abstract In the town Vilnius a project of erecting a big shopping mall was undertaken. To provide a good communication from the town to the shopping mall a new highway was built up to enable heavy traffic of big trucks. During the erection time, a problem occurred of big settlement of the savage pipeline, placed on this terrain. It turn out, that the pipeline was finally placed along the highway close to the meridian, at the depth ca. 6 m. In the paper the analysis of the big settlement is given.

1. Wstęp

W mieście Wilno podjęto budowę wielkopowierzchniowego centrum komercyjnego. Centrum zlokalizowane jest na przedmieściach. W celu zapewnienia dobrej komunikacji pomiędzy miastem a centrum, zbudowano drogę dwupasmową. Droga umożliwia ruch ciężkich pojazdów.

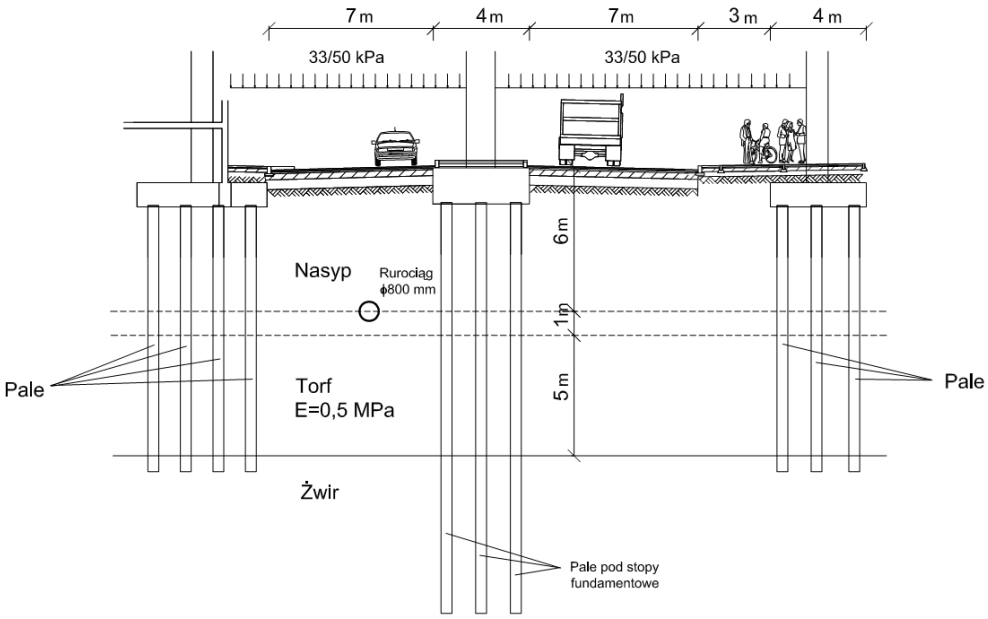
Przed kilku laty, przed rozpoczęciem prac związanych z budową centrum handlowego oraz drogi, na terenie tym ułożono rurociąg kanalizacyjny z rur PCV o średnicy ϕ 800 mm, umieszczony na głębokości ok. 6 m, poniżej powierzchni terenu.
Schematycznie usytuowanie centrum handlowego, drogi i rurociągu pokazano na rys. 1.

Chronologicznie kolejność prac na tym terenie wyglądała następująco: najpierw położono rurociąg (rurociąg posiada dokumentację), następnie po paru latach wykonano drogę (droga posiada dokumentację), a po pewnym czasie przystąpiono do budowy centrum handlowego [3, 4]. Dokumentacja geotechniczna, którą sporządzono dla potrzeb rurociągu kanalizacyjnego wskazuje w tym miejscu na występowanie piasków różnych w warstwie nasypowej, a głębiej żwiru. Otwory te były wykonane jedynie do głębokości 6 m. W trakcie eksploatacji drogi i budowy centrum, wystąpiły bardzo duże osiadania rurociągu.



Rys 1. Usytuowanie rurociągu kanalizacyjnego

Przekrój poprzeczny terenu w miejscu usytuowania rurociągu, drogi i centrum handlowego pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Przekrój poprzeczny w rejonie rurociągu

Z powodu dużego osiadania wykonano nowe wiercenia do głębokości 18 m. Badania te pozwoliły ustalić, że poniżej rurociągu znajdują się torfy o małym module ściśliwości M_c = (0,50÷0,75) MPa. Miąższość torfów dochodzi nawet do 5 m. W przekroju podłużnym rurociągu miąższość torfu zmieniła się wskazując na wyklinowanie się. Biorąc pod uwagę fakt, że w podłożu znajdowały się grunty organiczne postanowiono sprawdzić jaki wpływ na osiadania warstwy torfu mają dwa pasma drogi i obciążenie ruchem oraz fundamenty budowanego centrum.

2. Obliczenie osiadania warstwy torfu

2.1 Osiadanie od obciążenia ruchem na drodze.

Obliczenie osiadania warstwy torfu od ruchu na drodze wymaga przyjęcia schematu obliczeniowego rozkładu naprężeń w gruncie. Do obliczeń tych przyjęto w pierwszej kolejności model Boussinesqu'a. Mamy przy założeniu liniowej teorii sprężystości [1, 2]:

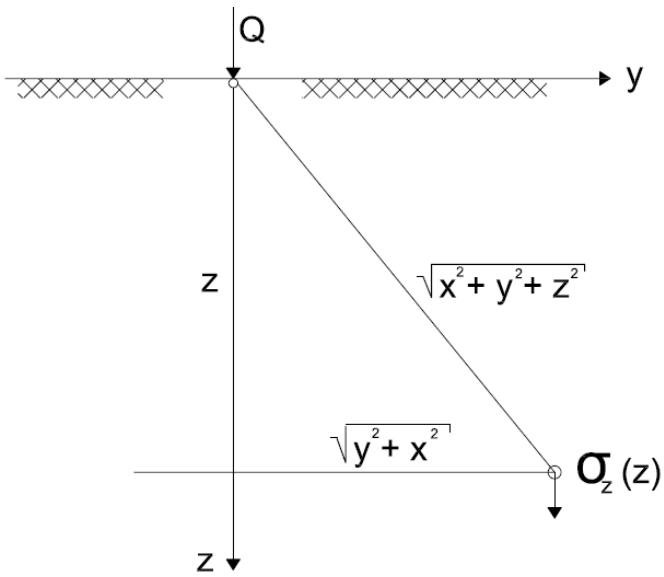
$$\sigma_z(z) = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{Q \cdot z^3}{(z^2 + y^2 + x^2)^{5/2}} \tag{1}$$

gdzie:

Q –siła skupiona,

x, y, z – współrzędne przyjętego układu prostokątnego.

Schematycznie wymiary geometryczne występujące w tym wzorze pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Wymiary geometryczne położenia punktu obliczeniowego [2, 3]

Aby prawidłowo obliczyć osiadanie warstwy torfu potrzebna jest znajomość naprężeń wewnątrz tej warstwy.

Jako obciążenie zewnętrzne na powierzchni drogi przyjęto obciążenie równomierne od ruchu na drodze:

$$q = \sigma_0 \cdot B \tag{2}$$

gdzie B jest szerokością pasma drogi [m], natomiast σ_0 jest obciążeniem równomiernie rozłożonym na drodze [kPa].

Ponieważ wzór (1) podaje rozkład naprężeń w gruncie od siły skupionej, a w przypadku drogi mamy do czynienia z obciążeniem liniowym równomiernie rozłożonym dlatego rozkład ten musimy obliczyć ze wzoru:

$$\sigma_z(z) = \frac{2 \cdot 3}{2\pi} \cdot \sigma_0 \cdot B \cdot z^3 \int_0^\infty \frac{d\eta}{[z^2 + x^2 + (1-\eta)^2]^{5/2}} \tag{3}$$

gdzie η jest nową współrzędną wzdłuż osi drogi, która określa położenie siły elementarnej $qd\eta$ w stosunku do przekroju obliczeniowego (x, y, z).

Po wykonaniu obliczeń otrzymamy:

$$\sigma_z(z) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{q \cdot z^3}{(z^2 + x^2)^2} \tag{4}$$

Wzór ten pozwala na obliczenie naprężeń od jednego i drugiego pasma drogi w osi pod rurociągiem w stropie i spągu torfów.

Obliczenia przeprowadzono biorąc pod uwagę wymiary pokazane na rysunku 2, dla obu pasm drogi:

–na poziomie stropu torfów naprężenia te wynoszą $\sigma_z^{(1)}$:

$$\sigma_z^{(1)} = 0{,}65 \cdot \sigma_0 + 0{,}06 \cdot \sigma_0 = 0{,}71 \cdot \sigma_0$$

oraz

– na poziomie spągu torfów naprężenia te wynoszą $\sigma_z^{(1)}$:,

$$\sigma_z^{(1)} = 0{,}38 \cdot \sigma_0 + 0{,}11 \cdot \sigma_0 = 0{,}49 \cdot \sigma_0$$

gdzie σ_0 są to naprężenia użytkowe na drodze.

Osiadanie warstwy torfu od obciążenia drogą wynosi:

$$S = \frac{\sigma_z^{(1)} + \sigma_z^{(2)}}{2} \cdot \frac{H}{M_c} \tag{5}$$

gdzie H jest to miąższość warstwy torfu (H = 5 m), M_c jest to moduł ściśliwości.

Podstawiając odpowiednio za M_c = 0,5 MPa otrzymamy osiadanie.

Do obliczeń przyjęto: klasyczne obciążenie jednostkowe na drodze σ_0 = 33 kPa, oraz wartość docelową w przypadku bardzo ciężkiego transportu σ_0 = 50 kPa

W przypadku ośrodka sprężystego obliczenia osiadań uwzględnia się redukcję naprężeń w głąb gruntu. Ponieważ w podłożu mamy ściskaną warstwę torfu zanikanie naprężeń w niej jest bardzo wolne. Zgodnie z regułą Föchlicha [2] w torfach nie obserwujemy wyraźnej redukcji naprężeń, dlatego w obliczeniach przyjęto stałe σ_z w warstwie torfu.

$$\sigma_z = \sigma_z^{(1)} = 0{,}71 \cdot \sigma_0$$

W wyniku obliczeń otrzymano następujące osiadania:
– S = 23 cm dla σ_0 = 33 kPa, oraz
– S = 35 cm dla σ_0 = 50 kPa.

2.2 Obliczenie osiadania warstwy torfu od obciążenia fundamentu budowli.

Do obliczenia osiadania warstwy torfu pod rurociągiem kanalizacyjnym przyjęto wymiary geometryczne pokazane na rysunku 2. Na rysunku tym pokazano również położenie sąsiednich fundamentów w stosunku do rurociągu.

Stopy fundamentowe zaprojektowano jako konstrukcje posadowione na palach. Warstwę nośną dla pali stanowią piaski gliniaste położone poniżej torfów. Wymiary stóp oraz pali dobrano w taki sposób, że maksymalne osiadanie nie przekracza s_{dop} = 3 cm.

Określenie oddziaływania tego osiadania na warstwę torfu można w przybliżeniu obliczyć tak jak dla przypadku osiadania od siły skupionej [1]. Otrzymujemy:

$$S(x) = S(L) \cdot \frac{L}{x} \tag{6}$$

gdzie:
L – odległość krawędzi stopy od jej osi [m],
x – odległość osi rurociągu od osi stopy[m],
za wielkość $S(L)$ przyjęto 3,0 cm.

Otrzymamy:

$$S(x) = 3{,}0 \cdot \frac{2\ m}{8{,}5\ m} = 0{,}7 \ \text{ cm}$$

Jest to wielkość pomijalnie mała przy ustalaniu osiadania warstwy torfu.

Można też obliczyć naprężenia na pobocznicy pala, w warstwie torfu, które towarzyszą temu osiadaniu. Zastosowano tu związek naprężeń pobocznicy pala i osiadania pala w obszarze liniowej teorii sprężystości.

Mamy w zakresie liniowej teorii przemieszczeń następujący związek [1, 4]:

$$\tau = \frac{1}{15} \cdot \frac{E \cdot s}{D} \tag{7}$$

gdzie D jest to średnica pala [cm].

Przyjmując pale o średnicy 40 cm otrzymamy około τ = 3,0 kPa. Jest to wartość, którą możemy przyjąć w praktyce dla torfów dobrze rozłożonych. Jest ona porównywalna z kohezją gruntu i może przenieść obliczone wcześniej osiadania w obszarze torfów. Oznacza to, że ruch pionowy pali nie dociąża praktycznie rurociągu przez odpowiednie przemieszczenie się warstwy torfów.

3. Wnioski

1. W pracy przeprowadzono analizę osiadania rurociągu kanalizacyjnego, które pojawiło się w czasie budowy centrum handlowego w Wilnie.

2. Konieczność takiej analizy wynikała z dużych osiadań jakie zaobserwowano w trakcie budowy Centrum – nawet 30 cm.
3. Przeprowadzone obliczenia wskazują na możliwość takiego osiadania w warunkach gruntowych jakie nawiercono (torfy).
4. Z obliczeń wynika, że duże osiadania zostało wywołane ruchem pojazdów na drodze oraz obecnością w podłożu warstwy torfów o dużej miąższości.

Literatura

1. Bowles J., E., Foundation analysis and design, The McGraw – Hill Co., Inc., 1996.
2. Meyer Z., Bednarek R., Influence of coefficient of stress concentration in Froehlich's Formula upon calculating the settlement of weak layer in stratified soil, XII Th European Conference On Soil Mechanics And Foundation Engineering, Amsterdam, 7-10 June 1999.
3. Meyer Z., Kowalów M., Zmiana sposobu wzmacniania gruntów słabych na Ostrowie Grabowskim w oparciu o badania konsolidacji torfów, XXIII Międzynarodowa Konferencja „Awarie Budowlane"; Szczecin-Międzyzdroje.
4. Wiłun Z., Zarys Geotechniki, Warszawa, 1987, 23-26 May 2007.
5. GCO Report – Final Report – Settlements situation and approximate road and pipe settlement calculation in the road area after executing of bypass works, Building III, Szczecin 03.02.2009.