

Wyliczenia w dziedzinie bezwykopowych technik instalowania rurociągów

Wykonała:
Joanna Kielar

Wstęp teoretyczny

Przeciski hydrauliczne można podzielić na dwie grupy:

- przeciski hydrauliczne niesterowane,
- przeciski hydrauliczne sterowane z wierceniem pilotowym.

Technologią przecisków hydraulicznych niesterowalnych w budowywane są rurociągi pod przeszkodami terenowymi na odcinkach do 60 m i o średnicach 100-1500 mm. Sama metoda przecisku hydraulicznego niesterowanego polega na wciskaniu w grunt stalowych rur osłonowych za pomocą zamocowanych w ramie przeciskowej siłowników hydraulicznych.

Poprzez urabianie gruntu wiertłem ślimakowym oraz przecisk hydrauliczny rur zapobiega naruszeniu struktury gruntu na powierzchni terenu w trakcie budowy rurociągu. Ta metoda należy do tanich i stosunkowo prostych metod bezwykopowej budowy.

W technologii przecisków hydraulicznych sterowanych wyróżniamy trzy etapy prac:

- wiercenie pilotowe,
- przecisk hydrauliczny stalowych rur osłonowych,
- przecisk hydrauliczny rur przewodowych.

W pierwszym etapie robót, z wykopu początkowego, odbywa się wiercenie pilotowe. Wykop ten jest obudowany zazwyczaj kręgami betonowymi i po skończeniu robót pełni funkcję studni rewizyjnej. W czasie wiercenia pilotowego w zaplanowanej osi rurociągu wciska się w grunt żerdzie pilotowe, na początku których znajduje się skośnie ścięta głowica pilotowa. Na tym etapie grunt jest zagęszczany wokół żerdzi i nie ma potrzeby usuwania urobku. Kierunek przecisku podlega stałej kontroli i może być korygowany w trakcie tego etapu robót. Sterowanie przeciskiem, zmiana kierunku w budowywania żerdzi odbywa się za pomocą ekscentrycznie ukształtowanej głowicy pilotowej. Do kontroli prawidłowości wykonania otworu pilotowego stosuje się w tej metodzie system teleoptyczny. Do elementów tego systemu należą: diodowa tablica celownicza, umieszczona bezpośrednio za głowicą pilotową, teodolit z wbudowaną kamerą cyfrową oraz monitor. Kamera rejestruje obraz diodowej tablicy celowniczej poprzez żerdzie wiertnicze i przekazuje go na monitor. Zarówno teodolit z wbudowaną kamerą cyfrową, jak i monitor znajdują się w wykopie początkowym. Tak uzyskany obraz diodowej tablicy celowniczej analizowany jest przez operatora, który w każdej chwili może wprowadzić zmianę kierunku w budowywania przewodu wiertniczego.

Na drugim etapie robót następuje rozwiercanie gruntu wiertłem ślimakowym lub głowicą wielonożową z jednoczesnym przeciskiem stalowych rur osłonowych i transportem urobku przenośnikiem ślimakowym do wykopu początkowego. Średnica wewnętrzna tulei przenośnika ślimakowego jest tak dobrana, aby po zakończeniu wiercenia pilotowego, a w czasie przecisku rur osłonowych, żerdzie wiertnicze były chowane we wnętrzu tulei przenośnika ślimakowego.

Po wyciągnięciu przenośników ślimakowych oraz żerdzi wiertniczych do wnętrza zabudowanego przewodu ze stalowych rur osłonowych wprowadza się koronkę wiertniczą na specjalnych saniach centrujących, nawiercając nią otwór w studni rewizyjnej na kanale lub bezpośrednio w kanale. Po wykonaniu otworu i wyciągnięciu koronki wiertniczej do wnętrza rur osłonowych wprowadza się rury przewodowe, przy czym pierwsza z nich w części czołowej jest zaopatrzona w specjalne uszczelnienie. Na ostatnim etapie robót następuje retrakcja (wycofanie) stalowych rur osłonowych do studni początkowej.

OBLICZENIA

Obliczenie siły przecisku dla gruntu z gliny ilastej

$$P_{p_g} = f_t \cdot L [2(P_{vp} + P_{hp}) + g_k]$$

f_t – współczynnik tarcia powierzchniowego gruntu o zewnętrzną powierzchnię rurociągu [-]

L – długość odcinka [m]

P_{vp} – obciążenie pionowe [kN/m]

P_{hp} – obciążenie poziome [kN/m]

g_k – ciężar konstrukcji rurociągu [kN/m]

Obliczenie obciążenia pionowego dla gruntu z gliny ilastej

$$P_{vp} = 0,7 \cdot \gamma_g \cdot H_s \cdot d_z$$

γ_g – ciężar objętościowy gruntu [kN/m³]

H_s – wysokość sklepienia gruntowego [m]

d_z – średnica zewnętrzna rurociągu [m]

Obliczenie wysokości sklepienia gruntowego

$$H_s = \frac{b_p}{f_{pd}}$$

b_p – połowa rozpiętości sklepienia gruntowego [m]

f_{pd} – współczynnik wytrzymałości gruntu [-]

Obliczenie połowy rozpiętości sklepienia gruntowego

$$b_p = \frac{d_z}{2} + d_z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\Phi'}{2} \right)$$

d_z – średnica zewnętrzna rurociągu [m]

Φ' – kąt tarcia wewnętrznego gruntu [°]

Kąt tarcia wewnętrznego gruntu dla gliny ilastej wynosi 20°. Średnica zewnętrzna rurociągu wynosi $d_z = 0,618\text{m}$. Współczynnik wytrzymałości gruntu dla gliny ilastej wynosi $f_{pd} = 1$. Ciężar objętościowy gruntu wynosi $\gamma_g = 18\text{ kN/m}^3$.

$$b_p = \frac{0,550}{2} + 0,550 \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{20}{2}\right) = 1,18 \text{ m}$$

$$H_s = \frac{1,18}{0,3} = 3,94$$

$$P_{vp} = 0,7 \cdot 20 \cdot 3,94 \cdot 0,550 = 30,34 \text{ kN/m}$$

Obliczenia obciążenia poziomego dla gruntu z gliny ilastej

$$P_{hp} = 0,8 \cdot P_{vp}$$

P_{vp} – obciążenie pionowe [kN/m]

$$P_{hp} = 0,8 \cdot 30,34 = 24,27 \text{ kN/m}$$

Obliczenie ciężaru konstrukcji rurociągu

$$g_k = F_z - F_w$$

F_z – pole przekroju poprzecznego zewnętrznego rurociągu [m]

F_w – pole przekroju poprzecznego wewnętrznego rurociągu [m]

$$g_k = \left(\frac{\pi \cdot 0,550^2}{4}\right) - \left(\frac{\pi \cdot 0,493^2}{4}\right) = 0,046 \text{ kN/m}$$

Współczynnik tarcia powierzchniowego gruntu o zewnętrzną powierzchnię rurociągu dla gruntu z gliny ilastej wynosi $f_t = 0,45$.

$$P_{pg} = 0,45 \cdot 60,45 \cdot [2(30,34 + 24,27) + 0,046] = 330,28 \text{ kN}$$

Obliczenie siły przecisku dla gruntu z gliny piszczystej

$$P_{pg} = f_t \cdot L [2(P_{vp} + P_{hp}) + g_k]$$

f_t – współczynnik tarcia powierzchniowego gruntu o zewnętrzną powierzchnię rurociągu [-]

L – długość odcinka [m]

P_{vp} – obciążenie pionowe [kN/m]

P_{hp} – obciążenie poziome [kN/m]

g_k – ciężar konstrukcji rurociągu [kN/m]

Obliczenie obciążenia pionowego dla gruntu z piasku gliniastego

$$P_{vp} = 0,7 \cdot \gamma_g \cdot H_s \cdot d_z$$

gdzie:

γ_g – ciężar objętościowy gruntu [kN/m³]

H_s – wysokość sklepienia gruntowego [m]

d_z – średnica zewnętrzna rurociągu [m]

Obliczenie wysokości sklepienia gruntowego

$$H_s = \frac{b_p}{f_{pd}}$$

b_p – połowa rozpiętości sklepienia gruntowego [m]

f_{pd} – współczynnik wytrzymałości gruntu [-]

Obliczenie połowy rozpiętości sklepienia gruntowego

$$b_p = \frac{d_z}{2} + d_z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\Phi'}{2} \right)$$

d_z – średnica zewnętrzna rurociągu [m]

Φ' – kąt tarcia wewnętrznego gruntu [°]

Kąt tarcia wewnętrznego gruntu dla z piasku gliniastego wynosi 25°. Średnica zewnętrzna rurociągu wynosi $d_z = 0,618\text{m}$. Współczynnik wytrzymałości gruntu dla piasku gliniastego wynosi $f_{pd} = 0,5$. Ciężar objętościowy gruntu wynosi $\gamma_g = 18 \text{ kN/m}^3$.

$$b_p = \frac{0,550}{2} + 0,550 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{25}{2} \right) = 1,45 \text{ m}$$

$$H_s = \frac{1,45}{0,6} = 2,45$$

$$P_{vp} = 0,7 \cdot 20 \cdot 2,45 \cdot 0,550 = 18,86 \text{ kN/m}$$

Obliczenia obciążenia poziomego dla gruntu z piasku gliniastego

$$P_{hp} = 0,6 \cdot P_{vp}$$

P_{vp} – obciążenie pionowe [kN/m]

$$P_{hp} = 0,6 \cdot 2,45 = 1,47 \text{ kN/m}$$

Obliczenie ciężaru konstrukcji rurociągu

$$g_k = F_z - F_w$$

F_z – pole przekroju poprzecznego zewnętrznego rurociągu [m]

F_w – pole przekroju poprzecznego wewnętrznego rurociągu [m]

$$g_k = \left(\frac{\pi \cdot 0,550^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi \cdot 0,496^2}{4} \right) = 0,046 \text{ kN/m}$$

Współczynnik tarcia powierzchniowego gruntu o zewnętrzną powierzchnię rurociągu dla gruntu z gliny piaszczystej wynosi $f_t = 0,51$.

$$P_{p_g} = 0,51 \cdot 60,45 \cdot [2(18,86 + 1,47) + 0,046] = 1253,57 \text{ kN}$$

Obliczenie wartości wymaganej siły przecisku hydraulicznego

$$P_p = P_{p_g} + P_{p_p} + G_p$$

P_{p_g} - siła przecisku przez grunt z gliny ilastej [kN]

P_{p_p} - siła przecisku przez grunt z piasku gliniastego [kN]

G_p – opór wciskania części czołowej rurociągu [kN]

Opór wciskania części czołowej rurociągu wynosi $G_p = 100$ kN.

$$P_p = 330,28 + 1253,57 + 100 = 1683,85 \text{ kN}$$

Warunek:

$$P_p < P_{p \max}$$

P_p – wymagana siła przecisku [kN]

$P_{p \max}$ – maksymalna siła przeciskowa [kN]

Maksymalna siła przeciskowa dla rury o średnicy zewnętrznej $d_z = 0,618$ m wynosi $P_{p \max} = 3075$ kN.

1683,85 < 2336 → warunek spełniony

Wnioski

Z powyższych obliczeń wywnioskować można iż, w gruntach spoistych pogrzebana jest mniejsza siła przecisku niż w gruntach nie spoistych, spowodowane to jest tym że grunty niespoiste są bardziej sypkie i mogą powodować obrywanie się warstw gryntu i powodować w ten sposób większe siły tarcia. Zauważyć też można iż, siła przecisku głównej mierze zależy od rodzaju gruntu, uziarnienia gruntu, oraz w największym stopniu od długości wprowadzanego rurociągu. Rurociąg instalowany metodą przecisku narażony jest na duże zarysowania powierzchni zewnętrznej i naciski punktowe. Na kierunku wiercenia mogą znajdować się różne przeszkody (np. głazy, fragmenty starych budowli, niezaznaczone na planach rurociągi), które w kontakcie z powierzchnią wciąganej rury będą ją rysować. Po zakończeniu procesu instalacyjnego mogą wystąpić miejsca, w których kontakt rury z przeszkodą będzie ograniczony do niewielkiej powierzchni i jednocześnie siła docisku rury do tej przeszkody będzie dość duża. W takim przypadku prawdopodobieństwo awarii rurociągu w wyniku powolnego pełzania materiału i ostatecznie pęknięcia osłabionej ścianki jest dość duże. Obliczona wymagana siła przecisku jest znacznie mniejsza niż maksymalna siła przeciskowa dla danej rury co świadczy o tym że, wprowadzana w grunt rura nie powinna ulegać odkształceniom ani jakimkolwiek uszkodzeniom.