

PRZEPUSTY i mosty ekologiczne

Wykonawstwo konstrukcji gruntowo-powłokowych ze stalowych blach falistych, cz. 2. Zasyпка konstrukcyjna



tekst:

prof. UZ dr hab. inż. ADAM WYSOKOWSKI, kierownik Zakładu Dróg i Mostów, Uniwersytet Zielonogórski

mgr inż. JERZY HOWIS, konstruktor, Infrastruktura Komunikacyjna Sp. z o.o., Żmigród

Po omówieniu w poprzednim artykule z niniejszej serii tematów związanych z materiałami konstrukcyjnymi gruntowo-powłokowych obiektów ze stalowych blach falistych [4] kolejnym zagadnieniem jest zasyпка gruntowa, która stanowi istotny element konstrukcyjny tych obiektów.

W przypadku podatnych konstrukcji gruntowo-powłokowych wykorzystuje się współpracę powłoki z zasypką gruntową. Konstrukcję nośną stanowi zarówno zasyпка, jak i zbrojąca ją geotekstylia oraz nawierzchnia (drogowa, kolejowa lub gruntowa), inaczej niż w przypadku przepustów sztywnych, gdzie zasyпка jest jedynie wypełnieniem. Konstrukcją nośną jest posiadająca właściwości sprężyste powłoka oraz sypki, o odpowiednich parametrach i zagęszczeniu materiał gruntowy.

Niniejszy artykuł omawia zagadnienia związane z parametrami zasyпки gruntowej w konstrukcjach gruntowo-powłokowych.

Wprowadzenie

Rozwój technologii w znaczny sposób zmienił również metody konstruowania przepustów komunikacyjnych. Przepusty z materiałów tradycyjnych, jak omówione w jednym z poprzednich artykułów – beton czy żelbet, najczęściej o konstrukcji masywnej, są w coraz większym stopniu zastępowane lekkimi konstrukcjami gruntowo-powłokowymi, które współpracują z zasypką gruntową w przenoszeniu obciążeń [10].

Konstrukcje te wymagają jednak innego podejścia w ich wykonywaniu, przede wszystkim ze względu na wymagany wysoki reżim technologiczny na placu budowy w celu zapewnienia optymalnych warunków pracy konstrukcji.

W związku z tym zasyпка musi spełniać szereg wymagań zarówno w momencie budowy obiektu, jak też w czasie jego wieloletniego użytkowania.

Wiążą się z tym czynniki wykonawcze, materiałowe, a także trwałościowe w funkcji czasu. Nabiera to szczególnego zna-

czenia w przypadku przepustów gruntowo-powłokowych z blach falistych, gdzie, jak wspomniano wcześniej, zasyпка jest elementem konstrukcyjnym obiektu, współpracując z konstrukcją wykonaną z blach stalowych w przenoszeniu obciążeń. Rozpiętości obecnie wykonywanych obiektów tego typu stale rosną, dlatego zasyпce stawia się coraz to wyższe wymagania materiałowe i technologiczne. Wynika to m.in. z wielu prowadzonych badań i analiz, które wskazują jednoznacznie na duży wpływ zastosowanych materiałów na szeroko rozumiane parametry konstrukcyjne i eksploatacyjne.

Proces zasypywania osłonowej konstrukcji podatnej ma bardzo istotne znaczenie dla bezpieczeństwa pracy obiektu. W procesie tym następuje wbudowanie gruntu, który przenosi dużą część oddziaływań od obciążeń stałych i ruchomych [3]. Od prawidłowego wykonania robót ziemnych wokół konstrukcji zależy w przyszłości jej nośność eksploatacyjna [2, 4, 6].

2. Wymagania dotyczące zasyпки gruntowej według przepisów krajowych

Według obowiązujących zaleceń [8], w nasypie konstrukcyjnym zasyпка powinna wykraczać poza obwód konstrukcji na minimalną szerokość równą połowie jej rozpiętości lub średnicy (w przekrojach kołowych) z każdej ze stron. Wymóg ten stosuje się dla konstrukcji o przekroju zamkniętym wbudowanych w nasyp z wyjątkiem konstrukcji w kształcie ramowym o przekroju otwartym.

Minimalna wysokość naziomu H dla konstrukcji podatnych (warstwa gruntu łącznie z warstwami konstrukcyjnymi nawierzchni) dla wszystkich konstrukcji z wyjątkiem konstrukcji ramownicowych określana jest według wzoru (2.1):

$$H = \frac{B}{8} + 0,2 \quad [m] \quad \text{lub} \quad H = \frac{B}{6} \quad [m] \quad (2.1)$$

gdzie:

H – minimalna wysokość naziomu, min. 0,6 m,

B – średnica, rozpiętość przekroju poprzecznego.

Z wzoru 2.1 jako minimalną wysokość naziomu należy wybrać wartość większą.

Dla konstrukcji ramownicowych minimalna wysokość naziomu H powinna znajdować się w przedziale 0,45–1,5 m, w zależności od rozpiętości, klasy obciążeń oraz rodzaju korugacji blach stalowych.

Dla rur spiralnie nawijanych z blach falistych w warunkach szczególnych, np. na zjazdach z dróg głównych, minimalna wysokość naziomu H może wynieść 0,3 m.

W przypadku dużych obciążeń zmiennych, jak również w przypadku niesprzyjających warunków gruntowo-wodnych istnieje możliwość zmniejszenia wysokości naziomu przy jednoczesnym zastosowaniu żelbetowej płyty odciążającej lub wzmocnienia naziomu geomembraną lub geotkaninami.

W przypadku, gdy grubość warstw konstrukcyjnych nawierzchni jest większa niż minimalny naziom wyznaczony z wzoru 2.1, grubość zasyпки z kruszywa nad konstrukcją powinna wynosić minimum 0,15 m, licząc od górnej powierzchni fali konstrukcji stalowej (od wierzchołka korugacji).

2.1. Materiał zasyпки

Do wykonania zasyпки należy stosować kruszywa spełniające wymagania norm PN-S-02205 [12], PN-EN 13043 [13] (norma zastąpiła normę PN-B-11112 [14]) oraz PN-EN 1997. Uziarnienie kruszywa należy dobrać w zależności od wielkości korugacji konstrukcji stalowej.

Wymiary ziaren kruszywa w zależności od przekroju fali podano w tabeli 1.

Tab. 1. Maksymalne wymiary ziaren kruszywa w zależności od korugacji blach stalowych [8]

Wielkość korugacji [mm]	Maksymalny wymiar kruszywa zasyпки [mm]
150 × 50 200 × 55	42
125 × 26 100 × 20 68 × 13	32
380 × 140	120

2.2. Ogólny opis technologii układania zasyпки

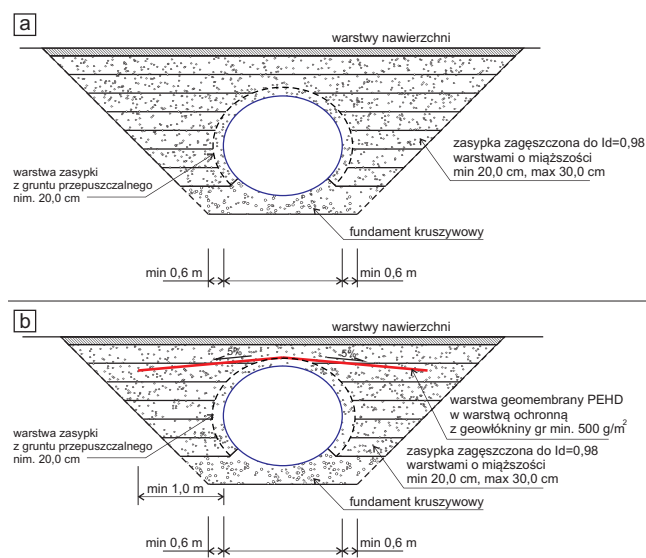
Materiał zasyпки powinien być układany warstwami o maksymalnej miąższości 30,0 cm, przy czym każda warstwa powinna być należycie zagęszczona przy użyciu odpowiedniego sprzętu mechanicznego, w tym przypadku lekkiego. W strefach pachwinowych, ze względu na występowanie dużego parcia konstrukcji na grunt, zaleca się układanie zasyпки warstwami o maksymalnej grubości 20 cm. Układanie musi być wykonywane symetrycznie, aby wysokość zasyпки była możliwie taka sama po obu stronach konstrukcji stalowej, przy czym dopuszcza się różnicę wysokości

równą jednej warstwie (o miąższości podanej wcześniej). Przed przystąpieniem do układania kolejnej warstwy należy upewnić się, czy poprzednia warstwa została właściwie zagęszczona – należy przeprowadzić stosowne badania.

Wskaźnik zagęszczenia kruszywa zasyпки, określane według standardowej próby Proctora, powinien wynosić:

- min. 0,95 – w odległości do 20 cm od ścianki konstrukcji,
- min. 0,98 – w pozostałym obszarze.

Na rycinie 1 przedstawiono sposób układania zasyпки wokół konstrukcji z blach falistych [8].



Ryc. 1. Sposób układania zasyпки wokół konstrukcji z blach falistych: a) przy dużym naziomie nad konstrukcją, b) przy małym naziomie – z dodatkową warstwą zbrojącą grunt i rozkładającą obciążenia

Do zagęszczenia kruszywa w strefie pachwinowej obiektu należy stosować przede wszystkim ręczne ubijaki lub lekki sprzęt mechaniczny do zagęszczania, zwracając szczególną uwagę na dokładność wykonania prac. Powinno się też stale monitorować geometrię podatnej rury osłonowej z blach falistych. Zagęszczarki płytowe oraz inny ciężki sprzęt może pracować w odległości większej niż 1,00 m od konstrukcji blachy, poruszając się zawsze równoległe do osi podłużnej rury osłonowej. W przypadku trudności z uzyskaniem wymaganego stopnia zagęszczenia gruntu w strefie pachwinowej konstrukcji (ograniczona dostępność do jej prawidłowego wykonania) można zastosować wpłukiwanie zasyпки. W tym przypadku należy kontrolować ciśnienie wody, tak aby nie doprowadzić do wypłukania drobnej frakcji kruszywa [8].

Nie zaleca się przymowania kruszywa przewidzianego na zasypkę w bezpośredniej bliskości konstrukcji, jak również bezpośrednio na konstrukcji. Przykłady omawianych niewłaściwych praktyk przedstawiono na rycinach 2 i 3.

2.3. Wykonanie zasyпки dla konstrukcji o przekrojach łukowych

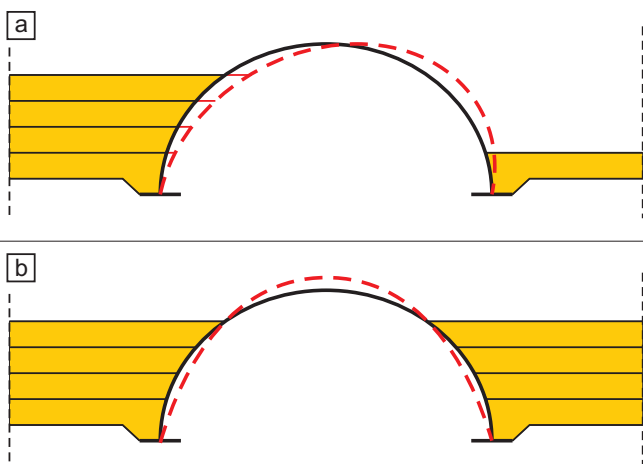
Przy montażu konstrukcji gruntowo-powłokowych – ze względu na małą sztywność rur osłonowych – szczególną uwagę należy zwracać na fazy zasypywania konstrukcji. Konstrukcje o przekrojach łukowych wymagają wyjątkowej dokładności w trakcie układania i zagęszczania zasyпки, gdyż przekroje te są bardzo podatne na deformacje poziome oraz pionowe.



Ryc. 2. Przykład przymowania gruntu w bezpośrednim obrębie rury osłonowej, skutkującego zmianą geometrii rury osłonowej z blach falistych, fot. A. Wysokowski



Ryc. 3. Przykład jednostronnego ułożenia i zagęszczenia zasypki gruntowej, skutkujących zmianą geometrii rury osłonowej z blach falistych, fot. A. Wysokowski



Ryc. 4. Odształcenia konstrukcji łukowej w trakcie wykonywania zasypki gruntowej spowodowane: a) nieprawidłowym układaniem zasypki i niesymetrycznego zagęszczenia, b) braku kontroli odształcenia podczas symetrycznego układania zasypki przy zbyt wysokim stopniu zagęszczenia [8]

Deformacje poziome występują w przypadku niesymetrycznego układania i zagęszczania zasypki. W przypadku wypiętrzenia konstrukcji jest ono spowodowane zbyt dynamicznym układaniem i zagęszczaniem zasypki symetrycznie z obu stron konstrukcji.

Dlatego też podczas układania i zagęszczania zasypki należy na bieżąco kontrolować geometrię konstrukcji podatnej z blach falistych.

Na rycinie 4 przedstawiono potencjalne odształcenia powłoki na przykładzie konstrukcji o przekroju łukowym.

Efekt wypiętrzenia konstrukcji powłokowej może zostać ograniczony przez dociążenie korony konstrukcji dodatkowym balastem w postaci gruntu lub elementów betonowych o dużej powierzchni, np. płytami drogowymi. W skrajnych przypadkach zaleca się rozebranie kilku warstw zasypki po obu stronach rury osłonowej.

Należy dodać, że efekt wypiętrzenia konstrukcji osłonowej może zostać wykorzystany dla poprawy pracy konstrukcji przepustu. W tym celu można efekt ten wykorzystać jako wstępne sprężenie konstrukcji powłokowej na etapie wykonywania zasypki przez dociążenie kłuzca konstrukcji [7]. Dociążenie takie powoduje wstępne naprężenie materiału zasypki po obu stronach konstrukcji osłonowej przepustu.

W celu prawidłowego funkcjonowania konstrukcyjnej zasypki gruntowej istnieje konieczność wykonania optymalnego sposobu jej odwadniania. Decyduje on bezpośrednio o nośności nasypu przez utrzymywanie w miarę stałych parametrów wilgotności gruntu w obrębie konstrukcji gruntowo-powłokowej [9, 11]. Podstawowym sposobem odwadniania zasypki jest zastosowanie

Tab. 2. Cechy kruszywa, które powinny być brane pod uwagę przy doborze materiału nasypowego według PN-EN 1997

Podstawowe cechy kruszywa mające wpływ na odpowiedni dobór materiału nasypowego według PN-EN 1997

1.	Uziarnienie
2.	Wytrzymałość na kruszenie
3.	Zagęszczalność
4.	Przepuszczalność
5.	Plastyczność
6.	Wytrzymałość niżej zalegającego gruntu
7.	Zawartość części organicznych
8.	Agresywność chemiczna
9.	Skutki skażenia środowiska
10.	Rozpuszczalność
11.	Podatność na zmiany objętości (siły pęczniące, materiały zapadowe)
12.	Wrażliwość na zamarzanie i niskie temperatury
13.	Odporność na wietrzenie
14.	Wpływ urabiania, transportu i układania
15.	Możliwość wystąpienia scementowania po ułożeniu (np. żużel wielkopiecowy)

drenaży podłużnych ułożonych wzdłuż osi podłużnej konstrukcji stalowej, najlepiej na rzędnej dna konstrukcji. W przypadku zastosowania geomembrany konieczne jest także wykonanie drenaży odprowadzających wodę z jej powierzchni poza obręb nasypu (np. z wykorzystaniem prefabrykowanych korytek ściekowych). Jako drenaż można stosować zarówno typowe kruszywowe drenaże typu francuskiego, jak i drenaże ze zintegrowaną rurą drenarską. Należy zwrócić szczególną uwagę na właściwą ochronę drenu przed zamuleniem. W tym celu trzeba stosować dobrej jakości materiały geotekstylne (geowłókniny). Z uwagi na wagę problemu właściwego odwodnienia zasypki w omawianych konstrukcjach tematyka ta będzie omówiona w osobnym artykule z niniejszej serii.

3. Wymagania dotyczące zasypki gruntowej według eurokodów

Jak wspomniano, dla przepustów i przejść dla zwierząt konstruowanych szczególnie z rur osłonowych o konstrukcji podatnej ważnym elementem jest współpraca z gruntem.

Wymagania dotyczące zasyпки gruntowej definiuje Eurokod 7 (EC 7, EN 1997) *Projektowanie geotechniczne*. Eurokod ten składa się z dwóch części: PN EN 1997-1 *Zasady ogólne* i PN-EN 1997-2 *Badania podłoża gruntowego*. Norma PN-EN 1997 w części *Zasady ogólne* zawiera rozdziały dotyczące również przepustów, z których ważniejsze to:

2. *Podstawy projektowania geotechnicznego*
3. *Dane geotechniczne*
4. *Nadzór robót budowlanych, monitorowanie i utrzymanie*
5. *Nasypy i zasyпки, odwodnienie, ulepszenie i wzmocnienie podłoża*
6. *Fundamenty bezpośrednie*
9. *Konstrukcje oporowe*.

W paragrafie 3 rozdziału 5 znajduje się zestawienie cech odpowiedniego materiału, który dotyczy zasyпки. Cechy kruszywa, które powinny być brane pod uwagę przy doborze materiału nasypowego według PN EN 1997, zestawiono w tabeli 2.

Ponadto norma umożliwia zastosowanie materiałów miejscowych. Jednakże w przypadku, jeśli miejscowe materiały w stanie naturalnym nie nadają się bezpośrednio do zastosowania, jako materiał nasypowy należy zastosować jeden z zalecanych zabiegów wymienionych w tabeli 3.

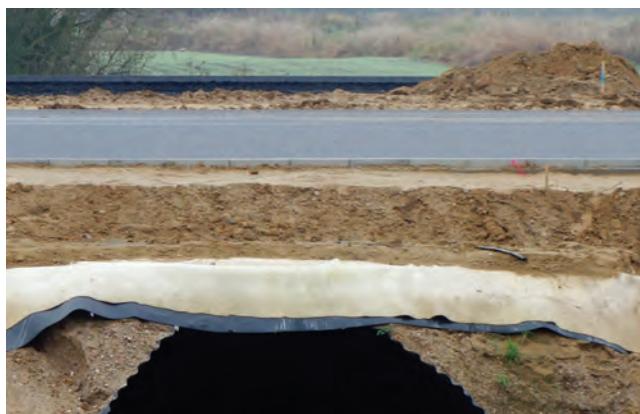
Ponadto norma podaje metody i kryteria układania i zagęszczenia zasyпки gruntowej. Według nich, metody zagęszczenia należy ustalić dla każdej strefy bądź warstwy nasypu lub zasyпки w powiązaniu z jego przeznaczeniem i z wymaganiami eksploatacyjnymi.

Technologia budowy i zagęszczenia powinna być dobrana w taki sposób, aby zapewnić stateczność nasypu lub zasyпки podczas całego okresu budowy oraz aby nie miała negatywnego wpływu na rodzime podłoże.

Metody zagęszczenia nasypów lub zasypek należy dobierać w zależności od kryteriów zagęszczenia oraz od:

- pochodzenia i rodzaju materiału,
- metody układania,
- wilgotności w czasie wbudowywania i jej ewentualnych zmian,
- początkowej i końcowej miąższości warstw,
- lokalnych warunków klimatycznych,
- jednorodności zagęszczenia,
- rodzaju podłoża.

W celu opracowania właściwej metody zagęszczenia zaleca się przeprowadzić próbne zagęszczenie na danym terenie, z wyko-



Ryc. 5. Dobry przykład zastosowania geomembrany z dodatkową warstwą ochronną w postaci geowłókniny nad konstrukcją o małym naziemiu, fot. A. Wysokowski

Tab. 3. Zalecane zabiegi technologiczne poprawiające właściwości gruntu miejscowego według PN-EN 1997

Zalecane zabiegi umożliwiające wykorzystanie gruntu miejscowego do wykonania zasyпки według PN-EN 1997	
1.	Dostosowanie wilgotności (zbliżonej do optymalnej)
2.	Dodatkowa stabilizacja (zmieszanie gruntu z cementem, wapnem lub innymi materiałami)
3.	Zabiegi mechanicznej optymalizacji uziarnienia (kruszenie, przesiewanie lub przemywanie)
4.	Zabezpieczenie odpowiednim materiałem (zbrojenie gruntu geotekstylami)
5.	Ułożenie warstw separujących i drenujących

rzystaniem przewidzianego materiału do wbudowania i sprzętu do zagęszczania. Pozwoli to na opracowanie procedury zagęszczania (sposób wbudowywania, sprzęt zagęszczający, grubość warstw, liczba przejeżdż sprzętu, dobranie odpowiedniego rodzaju transportu i ilości wody do nawilgocenia). Próbne zagęszczenie może także posłużyć do ustalenia kryteriów kontroli. Ma to szczególne znaczenie w przypadku omawianych konstrukcji gruntowo-powłokowych, gdzie, jak już wielokrotnie wspomniano, grunt stanowi jeden z głównych elementów konstrukcyjnych.

Norma zaleca, aby określenie minimalnej gęstości nasypu lub zasyпки, np. za pomocą procentowego wskaźnika Proctora, odbywało się na miejscu robót.

Polową kontrolę zagęszczenia można w tym przypadku wykonać za pomocą:

- sprawdzenia, czy zagęszczenie było wykonywane zgodnie z technologią opartą na wynikach badań z poletka doświadczalnego lub z porównywalnego doświadczenia;
- sprawdzenia, że osiadanie wywołane przez dodatkowe przejście urządzenia zagęszczającego jest równe lub mniejsze od określonej wartości;
- próbnych obciążeń płytą;
- metod sejsmicznych lub dynamicznych.

Dobre i złe praktyki w wykonywaniu zasyпки gruntowej w konstrukcjach gruntowo-powłokowych

Jak już wspomniano, zasyпка konstrukcyjna w konstrukcjach gruntowo-powłokowych z blach falistych powinna być wykonana



Ryc. 6. Przykład skutków zbyt małego naziemiu i jego niewłaściwych parametrów gruntowych dla przepustu o przekroju okrągłym. Widoczna awaria przepustu z blach falistych obciążonego ruchem pojazdów technologicznych w trakcie realizacji autostrady. Zastosowanie warstwy zbrojącej z pewnością zmniejszyłoby prawdopodobieństwo wystąpienia widocznej awarii, fot. A. Wysokowski

Tab. 4. Poszczególne etapy wykonywania zasyпки gruntowej na przykładzie dużych przejść dla zwierząt o konstrukcji podatnej z blach falistych



1

Widok powłoki z blach falistych po montażu na fundamentach żelbetowych. Stanowi to etap przygotowawczy do robót ziemnych związanych z wykonaniem zasyпки, w szczególności dolnych warstw



4

Widok konstrukcji przejścia dla zwierząt w trakcie wykonywania warstw górnych zasyпки. Widoczne kolejne przemyły gruntu dobrej jakości, mające również na celu bierną konsolidację dolnych warstw



2

Widok etapu wykonywania dolnych warstw zasyпки gruntowej. W tym przypadku możliwe jest wykorzystanie ciężkiego sprzętu mechanicznego (z uwagi na rzędną posadowienia konstrukcji powłokowej na fundamentach żelbetowych)



5

Widok warstw górnych zasyпки wraz z naziemem nad konstrukcją. Widoczna ułożona warstwa separująco-zbrojąca grunt naziemu



3

Widok etapu wykonywania pośrednich warstw zasyпки gruntowej. W tym przypadku wykorzystanie ciężkiego sprzętu mechanicznego jest możliwe w bezpiecznej odległości od powłoki, tak aby nie powodować nadmiernych odkształceń poziomych i pionowych



6

Widok warstwy górnej zasyпки po ułożeniu warstwy humusu jako nawierzchni przejścia dla zwierząt



7

Widok brukarskich prac wykończeniowych w obrębie skarp oraz gzymsów wykonanych w technologii żelbetowej

ściśle według instrukcji producenta konstrukcji osłonowych, dokumentu dopuszczającego (np. aprobaty technicznej) oraz obowiązujących zaleceń [5, 8] i norm [12, 13], gdyż praca tych konstrukcji polega głównie na przenoszeniu sił pionowych na zagęszczony wokół konstrukcji osłonowej grunt zasyпки.

Niejednokrotnie jednak podejście do elementu, jakim jest zasyпка, jest niespójne z reżimem technologicznym dotyczącym samych konstrukcji osłonowych z blach falistych. Pomimo postępu technologicznego i dostępu do najnowszych osiągnięć z dziedziny obliczania tych konstrukcji, zdaniem

autorów w dalszym ciągu zasyпка gruntowa odgrywa rolę drugorzędną na etapie wykonawstwa tych konstrukcji.

W przypadku dużych inwestycji liniowych należy stwierdzić, że małe obiekty inżynierskie – jak przepusty – są często rozpatrywane bardziej pod kątem ilościowym, a nie jakościowym. Wynika to z faktu, że nowo budowane obiekty przecinają nasyp drogowy budowany ogromnym nakładem czasu i środków. W przypadku, gdy roboty ziemne dotyczące nasypów wyprzedzają roboty inżynierskie, dochodzi niejednokrotnie do przyspieszenia robót związanych z zasypkami obiektów o konstrukcji podatnej, co przekłada się potem na ich właściwą eksploatację i utrzymanie. Przykład takich nieprawidłowości autorzy przedstawili na rycinach 2 i 3, przy okazji omawiania zagadnień związanych z technologią układania zasyпки (pkt 2.1).

Na rycinach 5 i 6 przedstawiono ideę stosowania materiałów geosyntetycznych dla omawianych obiektów.

Zdaniem autorów, z uwagi na poprawienie nośności i stateczności oraz wpływ osiadań wtórnych każdorazowo powinno się stosować warstwy geowłókniny, która znacznie poprawia stateczność i wytrzymałość tak wykonanego przepustu. Warstwa ta stanowi „zbrojenie” konstrukcji nasypu wykonanego nad konstrukcją rury osłonowej i znacznie poprawia rozkład oddziaływań komunikacyjnych i obciążeń stałych [1].

Cieszy fakt, że intensywny rozwój tych konstrukcji przyczynia się również do modyfikacji technologii ich wykonywania. Coraz częściej obiekty te są budowane przy zachowaniu wymaganego reżimu technologicznego tak w zakresie stosowanych materiałów dotyczących zasyпки, jak również kontroli jej parametrów w trakcie wykonywania poszczególnych warstw.

Na rycinach zamieszczonych w tabeli 4 przedstawiono poszczególne etapy wykonywania zasyпки gruntowej na przykładach obecnie realizowanych obiektów z praktyki inżynierskiej – coraz częściej wykonywanych w naszym kraju dużych przejść dla zwierząt o konstrukcji podatnej z blach falistych.

Podsumowanie

Autorzy w niniejszym artykule zwrócili uwagę na ważność zasyпки gruntowej w podatnych konstrukcjach gruntowo-powłokowych, który to materiał jeszcze kilkadziesiąt lat temu traktowany był jedynie jako „zwykły” nasyp. Dopiero liczne analizy, badania i obliczenia specjalistów w tej dziedzinie wykazały istotę zasyпки jako ważnego, jeśli nie najistotniejszego elementu omawianych konstrukcji.

Potwierdzone zostało to na rzeczywistych, licznie realizowanych obiektach. Dobrym przykładem tego stanu rzeczy jest tu zmiana sposobu podejścia do zasyпки gruntowej, którą można zauważyć m.in. w *Zaleceniach projektowych i technologicznych* Generalnej Dyrekcji Dróg i Autostrad z 2004 [5] i 2007 r. [8], które powstały pod kierunkiem autora artykułu.

Cytowane *Zalecenia* z 2007 r. opisują i wymagają już stosowania wysokich parametrów gruntu zasyпки, co nie miało miejsca wcześniej.

Z uwagi na obszerność przedstawionej wyżej tematyki, a jednocześnie z uwagi na szczupłe ramy artykułu w niniejszej części omówione zostały jedynie ważniejsze zagadnienia

i problemy związane z projektowaniem przepustów w zakresie zasyпки gruntowej.

Temat ten z pewnością będzie stale rozwijany, gdyż, jak już wspomniano na wstępie, coraz częściej zasyпка stanowi element konstrukcyjny przedmiotowych obiektów. Ponadto coraz powszechniejsze staje się stosowanie gruntów zbrojonych, co w przypadku przepustów i przejść dla zwierząt również znajduje, zdaniem autorów zbyt rzadko, zastosowanie.

Z doświadczeń autorów wynika, że dobrą praktyką jest stosowanie geotekstyliów jako zbrojenia gruntu, jako zasyпки omawianych konstrukcji.

Literatura

- [1] Bolt A.: *Wykorzystanie badań trwałości geotekstyliów w projektowaniu budowli ziemnych*. XV Konferencja Naukowo-Techniczna Geotekstylii w budownictwie i ochronie środowiska. Szkoła metod projektowania obiektów inżynierskich z zastosowaniem geotekstyliów. Ustroń, kwiecień 2010.
- [2] Bosak W.: *Konstrukcje gruntowo-powłokowe o dużych rozpiętościach jako przejścia dla zwierząt*. Uniwersytet Zielonogórski (Praca magisterska w specjalności drogowo-mostowej wykonana pod kierunkiem prof. UZ A. Wysokowskiego). Zielona Góra 2007.
- [3] Czudec G., Sobala D., Tomaka W.: *Przykłady wpływu błędnego rozpoznania warunków gruntowych na realizację robót budowlanych*. „Inżynieria i Budownictwo” 2009, nr 3.
- [4] Janusz L., Madaj A.: *Obiekty inżynierskie z blach falistych. Projektowanie i wykonawstwo*. WKiŁ. Warszawa 2007.
- [5] Jasiński W., Łęgosz A., Nowak A., Pryga-Szulc A., Wysokowski A.: *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych drogowych konstrukcji inżynierskich z tworzyw sztucznych*. GDDKiA, IBDiM. Żmigród 2006.
- [6] Machelski C.: *Obliczanie mostów gruntowo-powłokowych*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocławska Seria Wydawnicza Inżynierii Mostowej. Wrocław 2008.
- [7] Michalski J.B.: *Mechaniczne sprzężenie powłoki w obiektach gruntowo-powłokowych*. „Obiekty Inżynierskie” 2013, nr 3.
- [8] Rowińska W., Wysokowski A., Pryga A.: *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych konstrukcji inżynierskich z blach falistych*. GDDKiA, IBDiM. Żmigród 2004.
- [9] Wysokowski A.: *Durability of flexible steel corrugated shell structures – theory and practice*. The third European Conference Buried Flexible Steel Structures. Rydzyna, maj 2017.
- [10] Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej, cz. I–XXII*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2008–2017.
- [11] Wysokowski A., Howis J.: *Trwałość eksploatacyjna stalowych konstrukcji gruntowo-powłokowych jako mostów ekologicznych*. XXVIII Konferencja Naukowo-Techniczna *Awarie budowlane*. Szczecin – Międzyzdroje, maj 2015.
- [12] PN-S-02205 *Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania*.
- [13] PN-EN 13043 *Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu*.
- [14] PN-B-11112:1996 *Kruszywa mineralne. Kruszywa łamane do nawierzchni drogowych*.

