



MEMBRANOWE PRZEKRYCIA DACHOWE

Część 2 – detale konstrukcyjne

dr inż. Marek Pańtak
Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych
Politechnika Krakowska

Detale konstrukcyjne stanowią w zadaszaniu elementy kluczowe, niejednokrotnie decydujące o właściwej i bezpiecznej pracy oraz eksploatacji zadaszania, jego trwałości i kosztach budowy.

Przekrycia membranowe stwarzają możliwości kształtowania zadaszzeń o złożonych formach geometrycznych. Z powodzeniem sprawdzają się zarówno w dużych obiektach budowlanych, jak również w obiektach małej architektury wznoszonych w formie zadaszzeń chroniących przed wpływami atmosferycznymi w miejscach wypoczynkowych znajdujących się w przydomowych ogrodach lub na tarasach restauracyjnych i hotelowych (rys. 1).

Bardziej zaawansowane formy konstrukcyjne zadaszzeń membranowych stanowią zadaszzenia obiektów sportowych, widowiskowych i wystawowych (stadiony, amfiteatry, place targowe). Nietypowym przykładem wykorzystania zadaszzeń membranowych są zadaszzenia budynków oraz obiektów mostowych, takich jak kładki dla pieszych (rys. 2).

Określenie przestrzennej formy zadaszzenia jest pierwszym istotnym etapem przygotowania projektu konstrukcji. Jednocześnie rozważyć należy jednak istotne kwestie związane z opracowaniem właściwych rozwiązań konstrukcji nośnej i podpór zadaszzenia oraz systemu napinającego membranę.

Konstrukcja nośna

Każdorazowo konstrukcja nośna zadaszzenia musi umożliwić zamocowanie membrany w sposób zapewniający stworzenie powierzchni dwukrzywiznowej antyklasycznej gwarantującej pracę membrany w stanie właściwego naprężenia przy działaniu różnych kombinacji obciążeń.

Konstrukcje nośne zadaszzeń membranowych stanowią najczęściej słupy i ramy w formie konstrukcji prętowych lub lekkich konstrukcji kratownicowych. Wykonywane są one głównie ze stali. Stosowane są jednak również metale lekkie, drewno, beton, tworzywa sztuczne oraz materiały egzotyczne, jak np. bambus. Punktami zamocowania membrany mogą być również ściany sąsiednich budynków, między którymi rozpinane jest zadaszzenie.

Zadaszenie membranowe uzyskuje swą ostateczną formę i zdolność do przenoszenia obciążeń dzięki kilku składnikom konstrukcji, w skład której wchodzi elementy sztywne (słupy podporowe, układy ramowe), system lin napinających membranę oraz system lin odciągowych stabilizujących konstrukcję nośną.

Ważnym parametrem, jaki zapewniać muszą geometria zadaszzenia i geometria jego konstruk-

cji nośnej, jest również odpowiednia wysokość zawieszenia membrany nad powierzchnią terenu. Układ konstrukcyjny zadaszzenia powinien gwarantować zachowanie swobody i komfortu użytkownika przestrzeni pod zadaszzeniem.

We wszystkich zastosowaniach przekryć membranowych poza właściwą formą geometryczną konstrukcji nośnej zadaszzenia i właści-



wym rozmieszczeniem punktów jego podparcia kluczowe jest również opracowanie efektywnego sposobu mocowania membrany do elementów konstrukcji nośnej w celu zapewnienia możliwości właściwej regulacji napięcia membrany. Kluczowe staje się poprawne i staranne opracowanie detali konstrukcyjnych.



Detal – element kluczowy

Poprawne rozwiązania konstrukcyjne detali połączeń membrany z konstrukcją nośną i podporami mają istotny wpływ na możliwość właściwego dostrojenia naciągu membrany. Detale spełniają funkcje decydujące o nośności, trwałości i estetyce przekrycia membranowego. Stanowią one także istotny składnik kosztów budowy zadaszenia zarówno z punktu widzenia kosztu materiałów (np. stal nierdzewna) i kosztów produkcji tych detali, jak również kosztów związanych z trudnościami i czasochłonnością budowy zadaszenia w przypadku zastosowania

złożonych rozwiązań konstrukcyjnych. Detale konstrukcyjne mogą również wpłynąć na koszty eksploatacji zadaszenia membranowego, ułatwiając bądź utrudniając wykonywanie bieżących czynności utrzymaniowych i konserwacyjnych (okresowa regulacja napięcia membrany, czyszczenie i mycie zadaszenia itp.).

Detale konstrukcyjne występujące w zadaszeniach membranowych podzielić można na pięć podstawowych grup: 1) szwy (systemy kształtowania pośrednich połączeń materiału zadaszenia), 2) krawędzie zadaszenia (systemy mocowania lin krawędziowych napinających



membranę lub systemy mocowania membrany do sztywnej konstrukcji nośnej), 3) naroża (system mocowania i naciągu membrany w punktach narożnych), 4) podpory wewnętrzne (systemy mocowania membrany do słupów podporowych i lin napinających umieszczonych w obrębie zadaszonego obszaru), 5) podpory zewnętrzne i zakotwienia (system podparcia słupów podporowych i kotwienia lin odciążających zlokalizowanych poza zadaszonym obszarem).

Szwy – pośrednie połączenia materiału

Sposób łączenia wykrojów materiału tworzących zadaszenie zależy od typu wykorzystanego materiału. Wyodrębnić można połączenia szyte, zgrzewane, sznurowane oraz zaciskowe.

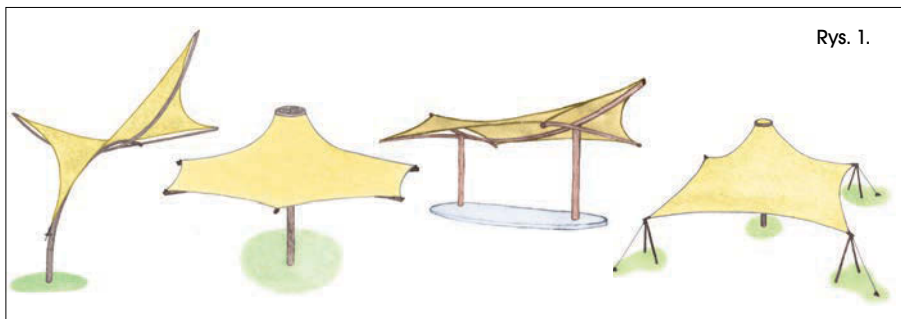
Szycie wykrojów materiału stosowane jest często w przypadku wykorzystywania tkanin technicznych niepowlekanych, przy małych napięciach występujących w materiale zadaszenia oraz w konstrukcjach tymczasowych, gdy nie jest wymagana długotrwała wodoodporność połączeń. Przykład połączeń sztych przedstawiono na rys. 3.

Połączenia zgrzewane (rys. 4), które podzielić można na połączenia zakładkowe lub nakładkowe, jedno- i dwustronne, należą do połączeń stosowanych najczęściej, z uwagi na prostotę ich wykonania oraz wodoszczelność. Zgrzewanie stosowane jest w przypadku materiałów z tkanin powlekanych PVC oraz PTFE. Wytworzenie połączenia wymaga stosowania specjalistycznego sprzętu, jednak technologia zgrzewania tkanin technicznych powlekanych jest technologią dobrze rozwiniętą i powszechnie wykorzystywaną np. w produkcji plandek samochodowych.

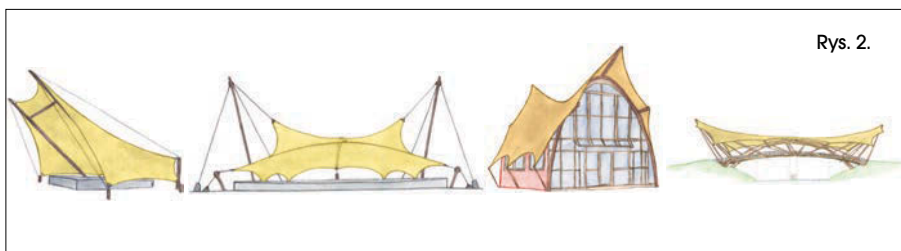
W przypadku tkanin powlekanych PVC zgrzewanie realizowane jest przy użyciu zgrzewarek wysokoczęstotliwościowych HF, zgrzewania gorącym klinem lub zgrzewania gorącym powietrzem (możliwość wykorzystania na placu budowy). Materiały powlekane PTFE zgrzewane są za pomocą zgrzewarek HF lub ręcznych zgrzewarek PTFE.

Kolejny typ połączeń to połączenia sznurowane. Pochodzą one z rozwiązań stosowanych w namiotach cyrkowych. Wykorzystywane są w konstrukcjach tymczasowych, użytkowanych krótkotrwale i okresowo. Połączenie polega na wykorzystaniu liny przewleczonej przez wzmocnione otwory wykonane w membranie (rys. 5). Połączenia tego typu są stosunkowo łatwe do wykonania i pozwalają na wielokrotne składanie i rozkładanie zadaszenia. Mogą być stosowane także w miejscach połączeń membrany ze sztywnymi elementami konstrukcji nośnej.

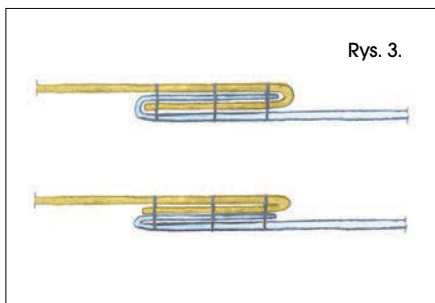
Trwałe połączenia materiału oraz większych obszarów zadaszenia mogą być realizowane za



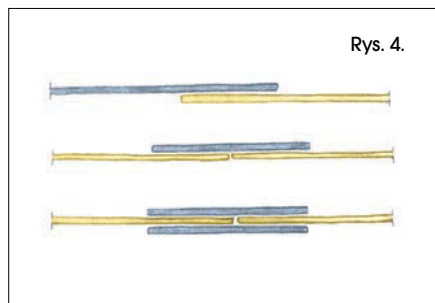
Rys. 1.



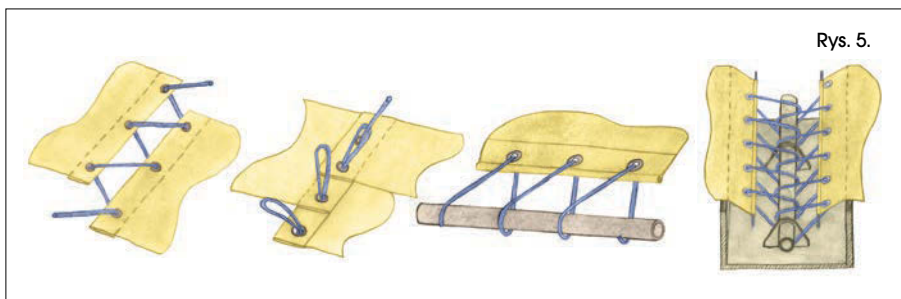
Rys. 2.



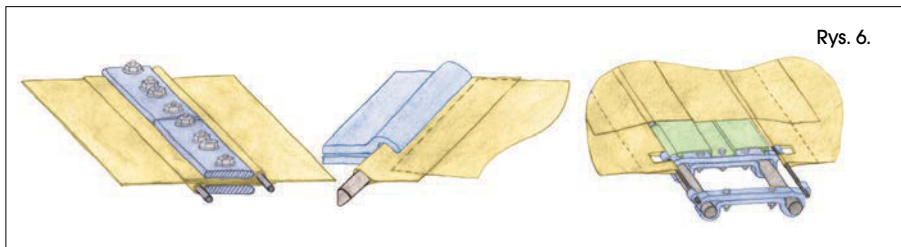
Rys. 3.



Rys. 4.



Rys. 5.



Rys. 6.

pomocą kolejnego typu połączeń, określanych jako połączenia zaciskowe (rys. 6). Realizowane są one przy użyciu elementów zaciskowych ze stali, metali lekkich (aluminium), drewna lub tworzyw sztucznych oraz taśm kedrowych zawierających element oporowy stanowiący końcową krawędź membrany (główka taśmy kedrowej). W połączeniach tych stosowane bywają również profile i szyny kedrowe. W przypadku zadaszeń o złożonych układach konstrukcyjnych wykorzystywane są specjalne profile zaciskowe zaprojektowane indywidualnie stosownie do potrzeb. Budowa i stopień złożoności elementów zaciskowych za-

leżne są od rozmiarów zadaszenia oraz działających na nie obciążeń.

Pewnymi wadami połączeń zaciskowych są ich wymiary geometryczne oraz ciężar. Ich stosowanie wymaga starannego doboru miejsca ich umieszczenia w sposób ograniczający niekorzystne wpływy na możliwość realizacji naciągu membrany oraz estetykę konstrukcji.

Krawędzie zadaszenia

Krawędzie zadaszenia w połączeniu z systemem mocowania membrany w jej punktach naciągu stanowią jeden z bardziej istotnych de-

tali konstrukcyjnych decydujących o możliwości poprawnego napięcia materiału zadaszenia i tym samym poprawną i bezpieczną jego eksploatację. Wyodrębnić można krawędzie podatne (rys. 7) oraz krawędzie sztywne (rys. 8).

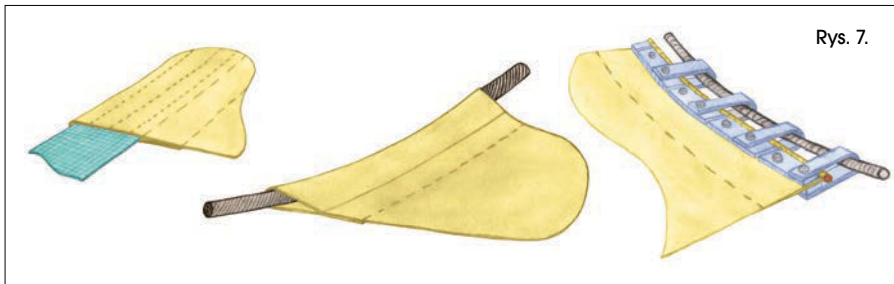
Krawędzie podatne kształtowane są jako krawędzie krzywoliniowe z wykorzystaniem taśm i pasów tkanych przszytych do materiału zadaszenia lub lin stalowych umieszczonych w kanałach kablowych lub zewnętrznych przewodnicach przy krawędzi materiału (rys. 7).

Taśmy i pasy tkane stosowane są w małych konstrukcjach tymczasowych, w zadaszeniach składanych, parasolach przeciwsłonecznych. Taśmy łączone są z materiałem zadaszenia za pomocą zszywania lub zgrzewania. Połączenia szyte stosować można w zadaszeniach z materiałów poliestrowych niepowlekanych lub materiałów poliestrowych powleczonych PVC (szybie nie osłabia włókien tkaniny). W przypadku materiałów z włókien szklanych powleczonych PTFE szwy doprowadzają do uszkodzeń włókien tkaniny, powodując jej znaczne osłabienie.

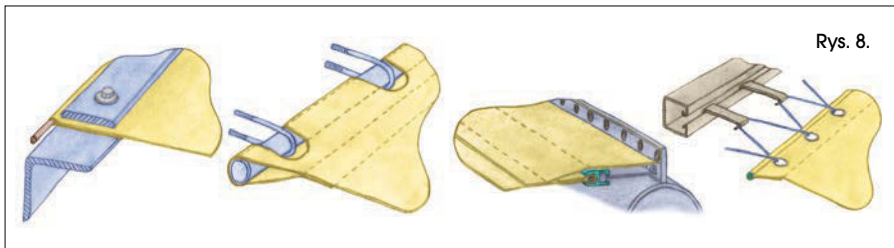
Liny stalowe mogą być umieszczone w kanale utworzonym przez zawinięcie materiału membrany lub w zewnętrznych przewodnicach łączonych z membraną za pomocą płyt zaciskowych i krawędzi kedrowej (rys. 7). Utworzenie kanałów kablowych o odpowiednim promieniu krzywizny przez zawinięcie materiału membrany wymaga wykonania odpowiednich podcięć zawijanego materiału oraz jego poprawnego zgrzania z główną częścią materiału zadaszenia w celu uniknięcia załamań i fałd membrany na długości kanału. Kanał taki może być także wyprodukowany z wykroju materiału o odpowiedniej geometrii i połączony z membraną zadaszenia. Dodatkowo wymagane jest zabezpieczenie krawędzi i ścianek kanału przed przetarciem. Osiągnąć to można przez zwiększenie grubości materiału przy jego krawędzi przez doklejenie lub zgrzanie z membraną dodatkowej warstwy materiału.

Do montażu krawędziowych kabli napinających przy dużych długościach krawędzi zadaszenia oraz w przypadkach dużych sił naciągu kabli krawędziowych i możliwości koncentracji naprężeń w materiale zadaszenia stosowane są prowadnice zewnętrzne. Prowadnice te wykonywane są w formie uchwytów w kształcie litery U z materiałów pozwalających na przeniesienie działających obciążeń oraz odpornych na korozję. Połączenie przewodnic z membraną realizowane jest jako połączenie zaciskowe.

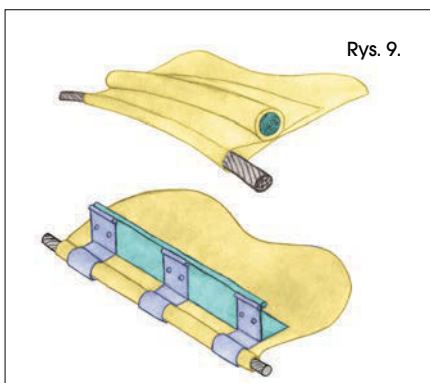
W przypadku mocowania materiału zadaszenia do krawędzi sztywnych wykorzystywane mogą być: połączenia zaciskowe, kanały przykrawędziowe z tkaniny zadaszenia, listwy i szyny kedrowe oraz połączenia sznurowane (rys. 8).



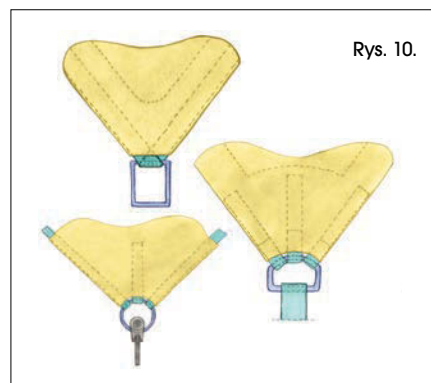
Rys. 7.



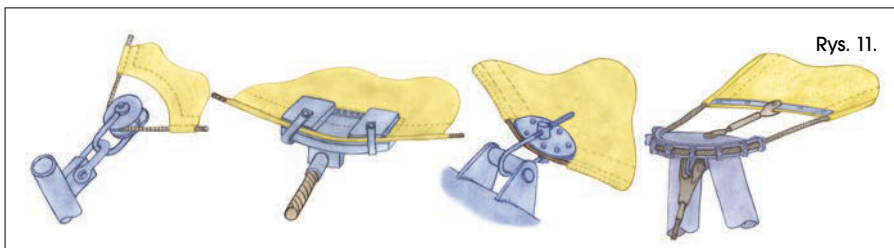
Rys. 8.



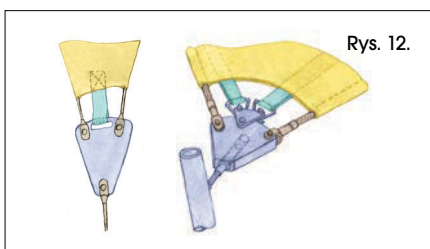
Rys. 9.



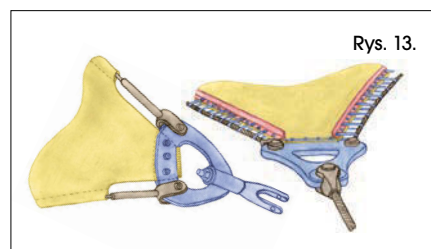
Rys. 10.



Rys. 11.



Rys. 12.



Rys. 13.

Jako dodatkowe wyposażenie zewnętrznych krawędzi zadaszenia stosowane są elementy powstrzymujące spływającą z zadaszenia wodę opadową. Elementy te wykonywane są z wykorzystaniem taśm kedrowych z dużą średnicą główki, profili kątowych z tworzyw sztucznych lub metali lekkich bądź z taśm kedrowych załamanych pod kątem 90° (rys. 9).

Naroża

Terminem „naroża” określone zostały miejsca, w których membrana zadaszenia jest punktowo połączona ze słupami podporowymi lub innym typem konstrukcji przejmującej siły reakcji od napiętej membrany i działających obciążeń.

Detale narożne są w dużym stopniu odpowiedzialne za możliwość poprawnej regulacji napięgu membrany. Miejsca te charakteryzują się często złożoną konstrukcją.

Wyodrębnić można kilka typów połączeń narożnych występujących w zadaszeniach membranych: 1) naroża z pasów tkanych (rys. 10), 2) naroża ukształtowane z zachowaniem ciągłości lin krawędziowych zadaszenia (rys. 11), 3) naroża z zastosowaniem blach narożnych umieszczonych poza obszarem membrany ze stałą długością lin krawędziowych (rys. 12), 4) naroża z zastosowaniem blach narożnych połączonych zaciskowo z membraną ze stałą długością lin krawędziowych (rys. 13), 5) naroża z zastosowaniem blach naroż-



nych połączonych zaciskowo z membraną ze zmienną (regulowaną) długością lin krawędziowych (rys. 14), 6) naroża z zastosowaniem połączeń zaciskowych bez blach narożnych z możliwością regulacji długości lin krawędziowych oraz dodatkową możliwością regulacji napięcia membrany (rys. 15). Poszczególne systemy połączeń narożnych stosowane są w zależności od typu zadaszenia (konstrukcja trwała lub tymczasowa) oraz od rozmiarów zadaszenia wpływających na konieczność napięcia dużych obszarów membrany i przeniesienia dużych sił reakcji.

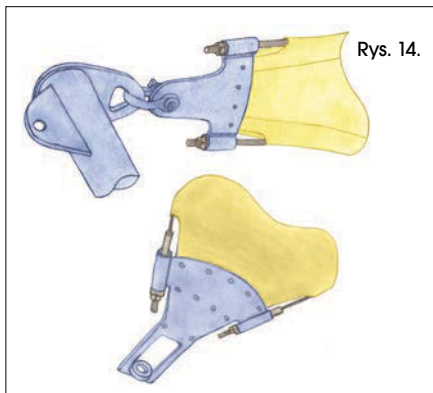
Podpory wewnętrzne, zewnętrzne i zakotwienia

W konstrukcji zadaszeń membranych wyróżnić można dwa systemy podpór: podpory zewnętrzne (umieszczone poza zadaszonym obszarem) oraz podpory wewnętrzne (umieszczone w obrębie zadaszonego obszaru). Podpory wewnętrzne stabilizowane są na ogół przez otaczającą je membranę zadaszenia (rys. 16). W przypadku podpór zewnętrznych w celu stabilizacji układu konstrukcyjnego wymagane jest stosowanie odpowiednio usytuowanych i zakotwionych lin odciągowych (rys. 17).

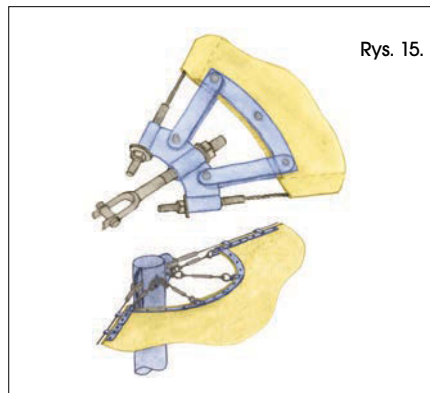
Stosowanie słupów podporowych wymaga opracowania właściwego sposobu przekazywania obciążeń z zadaszenia na słupy. Właściwe rozwiązanie konstrukcyjne podpory powinno zapewniać całkowitą redukcję lub minimalizację obciążeń podpory w postaci momentów zginających. Wymagany efekt uzyskuje się przez zaprojektowanie odpowiednich kątów pochylenia słupów i kątów pochylenia lin napinających membranę oraz lin odciągowych, a także dzięki właściwej geometrii i poprawnemu rozmieszczeniu blach węzłowych służących do zamocowania lin do słupów.

W przypadku słupów zewnętrznych zaprojektowane w ich obrębie mocowania lin napinających membranę oraz mocowania lin odciągowych stabilizujących konstrukcję powinno zapewniać redukcję lokalnego zginania słupa w miejscu mocowania lin. Dążyć należy do minimalizowania mimośrodków działania sił lub do wzajemnego równoważenia się momentów zginających od składowych sił z lin napinających i lin odciągowych.

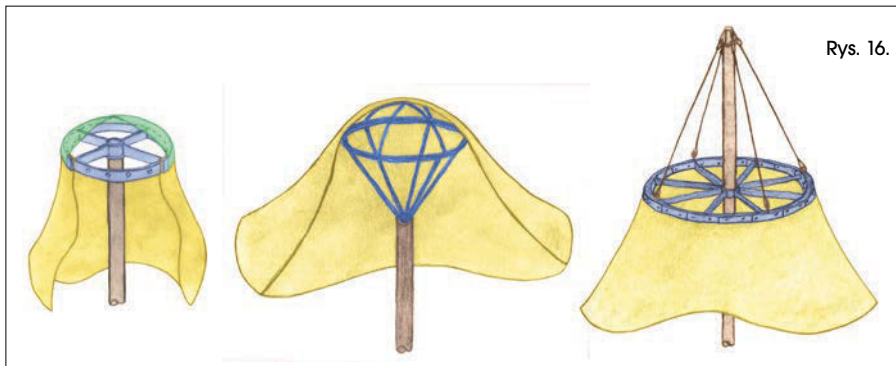
Połączenie membrany zadaszenia z podporami wewnętrznymi wymaga zastosowania dodatkowych główek w formie pierścieni lub odwróconych stożków z wypukłą powierzchnią górną (rys. 16). Przy zadaszeniach niesymetrycznych podpory te również projektowane są jako podpory odchylone od pionu w celu minimalizowania ich zginania.



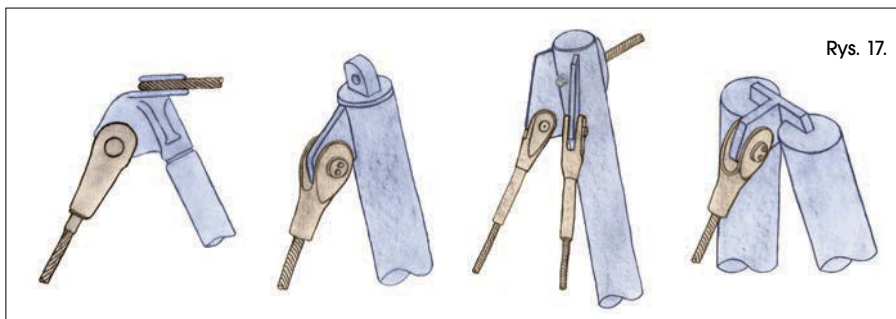
Rys. 14.



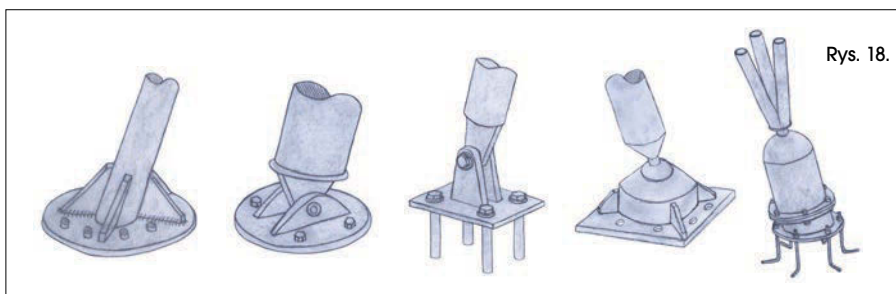
Rys. 15.



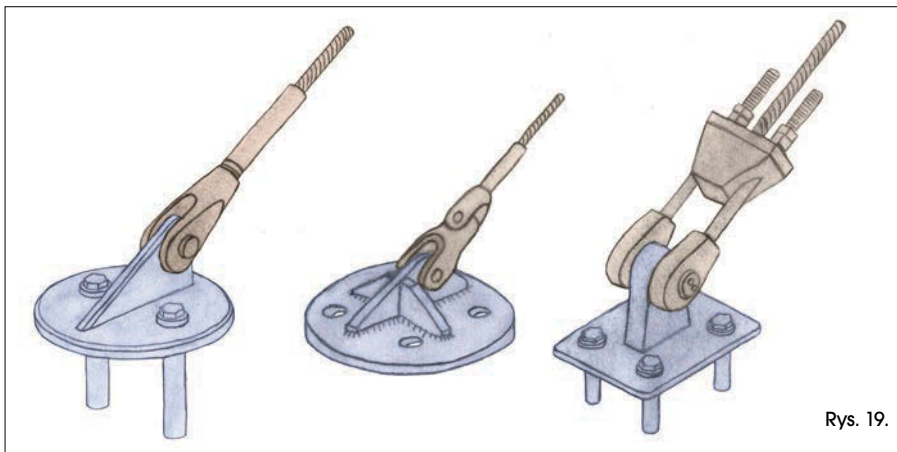
Rys. 16.



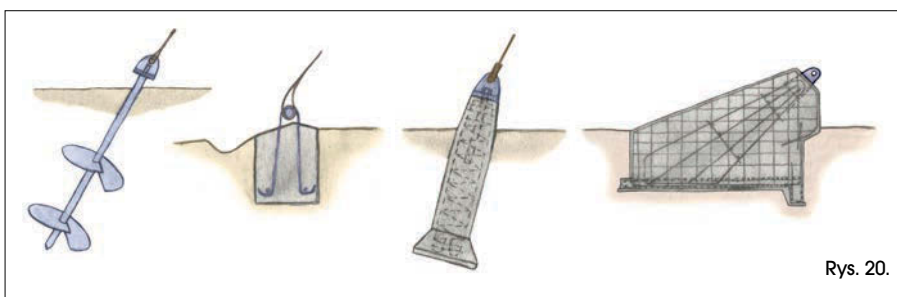
Rys. 17.



Rys. 18.



Rys. 19.



Rys. 20.

Właściwie zaprojektowane blachy węglowe w słupach zewnętrznych oraz zakończenia (głowice) słupów wewnętrznych zapewniać muszą również zachowanie odpowiedniej przestrzeni umożliwiającej montaż i regulację naciągu lin oraz montaż i regulację dodatkowych elementów napinających membranę.

Często konstrukcja nośna i słupy podporowe posiadają dużą swobodę przemieszczeń na etapie wznoszenia zadaszenia. Swoboda ta zapewniana jest przez stosowanie połączeń przegubowych w punktach podparcia konstrukcji nośnej działających w jednej lub dwóch płaszczyznach (rys. 18, 19). Połączenia przegubowe mogą zachować swobodę przemieszczeń przez cały

okres eksploatacji zadaszenia lub być zablokowane po wzniesieniu zadaszenia oraz po właściwym naciągu membrany. Z powodu możliwości występowania dużej swobody przemieszczeń konstrukcji w pierwszym etapie jej wznoszenia projekt zadaszenia membranowego obejmować musi również etapy budowy zadaszenia wraz ze szczegółowym opisem przebiegu montażu membrany w celu uniknięcia zniszczenia materiału przez jego niekontrolowane załamania lub niekontrolowane nadmierne napięcie.

Na rys. 18, 19 i 20 przedstawiono przykłady rozwiązań konstrukcyjnych mocowania słupów i zakotwień lin odciągowych w fundamentach oraz przykłady konstrukcji kotwiących liny.

Podsumowanie

Opracowanie projektu zadaszenia membranowego wymaga znajomości metod obliczeniowych pozwalających na określenie jego właściwej formy przestrzennej, wartości naprężeń panujących w materiale zadaszenia, wartości sił przekazywanych na konstrukcję nośną oraz szeregu zagadnień związanych z odpowiednim kształtowaniem detali konstrukcyjnych występujących w obrębie zadaszenia. Informacje przedstawione w niniejszym artykule (w cz. 1 i cz. 2) przybliżają te zagadnienia i stanowią podstawę do dalszego samodzielnego pogłębiania wiedzy w tym zakresie.

Abstract

The article presents the design process of lightweight membrane roofs made of technical fabrics. Main emphasis in the second part of the article has been put on construction details usually being key in the design, as correct and safe work and use of the roof, as well as the cost and durability depends on them.

Literatura

- [1] Forster B., Mollaert M., European design guide for tensile surface structures, Tensinet, 2004.
- [2] Huntington C.G., The Tensioned fabric roof, American Society of Civil Engineers (ASCE), 2004.
- [3] Huntington C.G., Tensile fabric structures: design, analysis, and construction, American Society of Civil Engineers (ASCE), 2013.
- [4] Koch K. M., Membrane structures: Innovative buildings with film and Fabric, Prestel Publishing, 2004.
- [5] Seidel M., Tensile surface structures: a practical guide to cable and membrane construction, Ernst & Sohn, 2009.
- [6] Hegyi D., Füzes B. P., Membrane detail – www.membranedetail.com, 2015.
- [7] Llorens J., Irigoyen R., Data bank of textile architecture details – www.upc.edu, 2006.

REKLAMA

ZADASZENIA MEMBRANOWE

PROJEKT ■ DOSTAWA ■ MONTAŻ



ABASTRAN SP. Z O.O.

UL. DOJAZDOWA 9

43-100 TYCHY

tel. +48 508 211 224

e-mail: biuro@abastran.com

www.abastran.com

