

Systemy deskowań traconych jako proekologiczne rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe

Mgr inż. Kinga Brózda, dr hab. inż., prof. PCz. Jacek Selejdak,
Politechnika Częstochowska

1. Wprowadzenie

Deskowania budowlane (zwane również urządzeniami formującymi) są elementem niezbędnym do wykonania konstrukcji betonowych oraz żelbetonowych. Z uwagi na bardzo duże zróżnicowanie obiektów inżynierskich i budowlanych realizowanych w technologii betonu pod względem parametrów techniczno-technologicznych oraz geometrii asortyment systemów deskowań jest bardzo szeroki. Ponadto właściwy dobór systemu deskowań, uwzględniając zarówno technologię jego wykonania, jak i materiał, może znacząco wpłynąć nie tylko na jakość techniczną obiektu, ale również wydajność prowadzonych robót budowlanych oraz związany z nimi koszt [1, 2].

2. Deskowania tracone

2.1. Ogólna charakterystyka i klasyfikacja

Według wycofanej bez zastąpienia normy PN-90/M-47850 [15] deskowania wykorzystuje się do wykonania budowli betonowych lub żelbetonowych celem nadania kształtu mieszance betonowej, zgodnie z założonym projektem architektonicznym oraz konstrukcyjnym. Stanowią one specyficzną konstrukcję tymczasową, składającą się z poszycia i łączników, elementów nośnych i podpierających oraz wsporników. Podstawowym zadaniem urządzeń formujących jest przeniesienie obciążeń pochodzących od ciężaru własnego oraz parcia formowanej mieszanki betonowej [16], ale również obciążeń technologicznych wynikających z prowadzenia robót betoniarskich [3]. Deskowania tracone są szczególnym rodzajem konstrukcji tymczasowej, ponieważ dodatkowo pełnią funkcję dodatkowego zbrojenia zewnętrznego, zwiększając tym samym nośność wykonywanego elementu [4], ale mogą również nadać konstrukcji inne szczególne cechy, tj. izolację termiczną czy przeciwwilgociową [3].

Klasyfikacji deskowań traconych dokonuje się ze względu na funkcję poszycia, sposób użytkowania (związany z kierunkiem oddziaływania obciążeń) oraz w zależności od rodzaju formowanej konstrukcji.

Zgodnie z danymi kryteriami wyróżnia się deskowania tracone zależne od [4]:

- typu konstrukcji: płaskie, przestrzenne, łukowe, cylindryczne;
- sposobu użytkowania: poziome, pionowe, krzywoliniowe;
- funkcji poszycia: konstrukcyjne, izolacyjne, konstrukcyjno-izolacyjne.

2.2. Ogólne wymagania dotyczące projektowania deskowań

Zgodnie z podstawowymi wymaganiami obowiązującej normy PN-EN 13670:2011 [16] deskowanie, łączenie z jego podporami oraz fundamentem, należy projektować tak, aby były zdolne przenosić przewidywane obciążenia, które na nie oddziałują podczas całego procesu budowlanego. Ponadto sztywność deskowań powinna utrzymać określone tolerancje i odchyłki dla danej konstrukcji tak, by nie zagrażały one integralności formowanego elementu konstrukcyjnego. Istotne jest również, aby podczas montażu, eksploatacji czy demontażu deskowania nie pogorszyły kształtu, funkcji oraz trwałości obiektu. Wymaga się także, aby deskowania oprócz zgodności z normą polską [16] spełniały również wymagania zawarte w odpowiedniej normie europejskiej, jeśli jest dostępna.

2.3. Materiały

Zalecane jest, aby materiały stosowane jako poszycie deskowania umożliwiały gładkie ułożenie mieszanki betonowej. Według obowiązującej normy [16] każdy materiał może być użyty pod rygorem spełnienia podstawowych wymagań oraz wymogów związanych z właściwym wykończeniem powierzchni. Ponadto jeżeli materiały poszycia pokryte są środkiem adhezyjnym, należy go dobrać tak, aby nie wpływał szkodliwie na trwałość oraz jakość konstrukcji deskowania, ale przed wszystkim formowanej konstrukcji, w tym również na poszczególne materiały, z jakich wykonana jest konstrukcja, tj. na beton czy zbrojenie.

Wybór materiałów używanych do deskowań traconych jest dość szeroki. W zespolonych płytach stropowych

z powodzeniem stosowana jest stal w postaci blach falistych. Również przy wykonywaniu słupów, do formowania wewnętrznych pustek w betonie, wykorzystuje się cienkie blachy profilowane [3]. Jednakże najnowsze rozwiązania materiałowe deskowań traconych zmierzają w kierunku bardziej ergonomicznych, proekologicznych rozwiązań. Wykorzystywane są m.in. materiały pochodzące z produkcji ubocznych oraz odpadów [5], tj. drzazgocement, styrobeton, wiórobeton itd. Z kolei w budownictwie niskim nowym trendem jest wykorzystanie włókien pozyskanych z materiałów organicznych oraz włókien naturalnych [5].

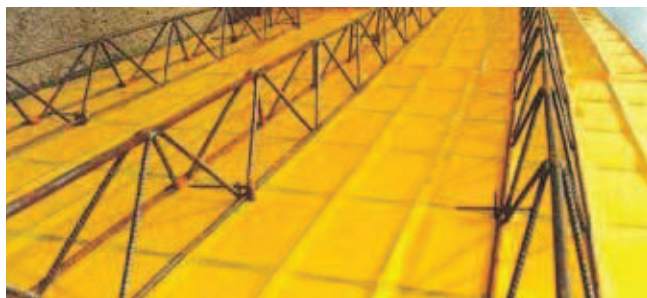
Współczesny rozwój w dziedzinie materiałów kompozytowych również stwarza szereg możliwości zastosowań. Podejmowane są próby wykorzystania tworzyw sztucznych do produkcji poszczególnych elementów deskowań, w tym polipropylenowych poszyci formujących. Do najczęściej stosowanych komponentów konstrukcyjnych należą sztuczne włókna w osnowie m.in. z żywic poliestrowych [3, 5].

3. Wybrane proekologiczne systemy deskowań traconych

Przy wyborze właściwego systemu deskowań traconych zwykle szczególną uwagę zwraca się m.in. na aspekty techniczne, tj. określenie nośności deskowania i całej konstrukcji, oraz organizacyjne, czyli lokalizację i logistykę budowy, dostęp do formowanej konstrukcji czy też okres, w jakim ma być ona realizowana. Jednakże równie ważne jest podejście ekonomiczne, tj. właściwe oszacowanie kosztów montażu i zakupu deskowania, oraz ekologiczne. Wybór systemu powinien być poprzedzony analizą wpływu materiału, z jakiego wykonane jest deskowanie, na środowiskowo, ale również przewidywanej możliwości konserwacji lub recyklingu bezpiecznych dla środowiska [4, 6].

3.1. System Pecafil

Jednym z systemów deskowań traconych uwzględniających m.in. aspekty ekologiczne jest system deskowania Pecafil [17]. Poszycie składa się ze stalowej siatki pokrytej obustronnie niewymagającą środków adhezyjnych folią polietylenową wykonaną z czystych węglowodorów łańcuchowych. Folia swoją strukturą przypomina



Rys. 1. Systemowe deskowania fundamentu Pecafil [17]



Rys. 2. Kształtki styropianowe IsoteQ [18]

parafinę używaną do produkcji świec, która ulega całkowitej biodegradacji. Polietylen należy do odpadów obojętnych dla środowiska – nie wydziela szkodliwych substancji mających negatywny wpływ na powietrze, wody gruntowe czy glebę. System Pecafil (rys. 1) jest również rozwiązaniem ekonomicznym. Lekkość elementów umożliwia łatwy montaż, a co więcej, charakteryzuje się dużą łatwością kształtowania i formowania [4, 5].

3.2. Systemy deskowań w budynkach energooszczędnych

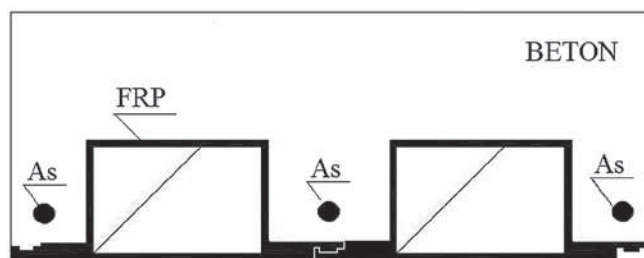
Deskowania tracone stanowią atrakcyjną alternatywę dla tradycyjnych rozwiązań deskowań ścian dwuwarstwowych w budynkach energooszczędnych. W Polsce najpowszechniej stosuje się kształtki styropianowe w systemach m.in. [7]: IseteQ, Izodom 2000, ThermoDom, Thermomur itp. System IsoteQ (rys. 2) należy do nieco nowszych rozwiązań deskowań traconych [5, 18]. Do produkcji kształtek wykorzystywany jest materiał Neopor, który dzięki dodaniu grafitu do tworzywa styropianowego charakteryzuje się dużo lepszymi właściwościami izolacyjnymi niż sam styropian [4].

Izolacyjne systemy deskowań traconych z powodzeniem stosowane są przy realizacji domów energooszczędnych i pasywnych. Przykładowo współczynnik przewodności cieplnej ścian dwuwarstwowych wykonanych w systemie IsoteQ, w zależności od zastosowanego rodzaju kształtek, wynosi 0,11–0,26 W/m²K [18].

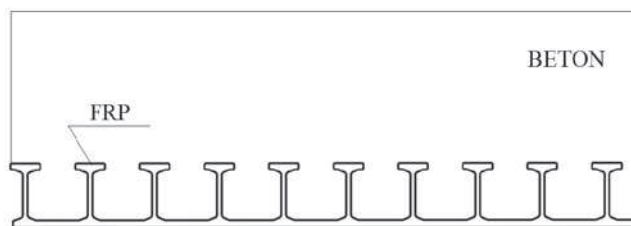
4. Deskowania FRP

4.1. Materiał FRP jako materiał zrównoważony

Rozwój materiałów kompozytowych FRP (ang. *Fiber Reinforced Polymers*), tj. materiałów polimerowych wzmocnionych włóknami sprawił, że odnajdują one zastosowanie w wielu dziedzinach budownictwa. Są to tworzywa sztuczne łączące w sobie zalety wynikające z połączenia trwałej osnowy składającej się z żywicy (najczęściej fenolowych, poliestrowych, winylowych lub epoksydowych), utwardzaczy, wypełniaczy i innych dodatków



Rys. 3. Schemat przekroju poprzecznego profili GFRP jako deskowania traconego [12]



Rys. 4. Schemat przekroju poprzecznego płyty GFRP jako deskowania traconego [13, 19]

oraz zbrojenia, tj. włókien (najczęściej szklanych, węglowych, bazaltowych, aramidowych) o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych [8, 9].

Cechą charakterystyczną materiałów FRP jest bardzo duża wartość stosunku wytrzymałości do ciężaru własnego. Wyróżniają się statyczną trwałością czasową oraz zmęczeniową i przewiduje się, że ich żywotność wynosi co najmniej 50 lat. Co więcej, zakłada się, że spadek wytrzymałości po tym czasie wynosi nie więcej niż 20% wartości wytrzymałości początkowej [10]. Ponadto cechuje je antymagnetyczność i dielektryczność, duża odporność korozyjna (zarówno w środowisku kwaśnym, jak i alkalicznym), właściwości izolacyjne oraz zbliżony do betonu współczynnik rozszerzalności cieplnej. Wszystkie te parametry powodują, iż materiały FRP nie wymagają skomplikowanych oraz kosztownych napraw i konserwacji. Co więcej, charakterystyka materiałów FRP wykorzystywanych w dziedzinie budownictwa sprawia, iż kompozyty te doskonale wpisują się w strategię zrównoważonego rozwoju [8].

Polimery wzmocnione włóknami ze względu na szereg zalet użytkowych oraz wysoką trwałość znajdują coraz szersze zastosowanie także przy wytwarzaniu deskowań, w tym również deskowań traconych [3, 12, 13].

4.2. Wybrane systemy deskowań FRP

W ciągu ostatnich lat coraz częściej prowadzi się badania dotyczące deskowań traconych wykonanych z profili kompozytowych FRP. W takim układzie profile FRP pełnią funkcję deskowania, ale po zakończeniu procesu wiązania mieszanki betonowej zewnętrznego zbrojenia. Przykładem jest zastosowanie zespolenia profilu GFRP z żelbetową płytą (rys. 3). Nośność takiego elementu w dużej mierze jest uzależniona od przyczepności na powierzchni styku betonu i kompozytu, tzn. im lepsza przyczepność, tym większa nośność zespolonego elementu [11, 12].

W wyniku przeprowadzonych badań [11, 12] udowodniono, że dzięki zastosowaniu profili GFRP istnieje możliwość zmniejszenia wysokości całkowitej zespolonej płyty bez utraty nośności elementu. Wiąże się to z możliwymi do uzyskania oszczędnościami związanymi z mniejszym zużyciem betonu oraz zbrojenia. Ponadto właściwości antykorozyjne materiału FRP w znaczny sposób

eliminują konieczność prowadzenia kosztownych napraw i konserwacji, mających niejednokrotnie negatywny wpływ na środowisko.

Innym przykładem jest zastosowanie zespolonej płyty FRP-beton jako deskowania traconego (rys. 4). Żebra w kształcie litery „T” nie tylko zapewniają właściwą sztywność elementu, ale również stanowią mechaniczne zakotwienie płyty GFRP w betonie, zapewniając współpracę obu tych materiałów [13].

Taki żebrowany kompozytowy panel może być również zastosowany jako panel typu sandwich [14], składający się przykładowo z rdzenia z betonu lekkiego oraz dwóch zewnętrznych stosunkowo sztywnych powłok: górnej – betonu zwykłego, oraz dolnej – żebrowanego panelu kompozytowego. Jest to atrakcyjne rozwiązanie, ponieważ w znacznym stopniu redukuje ciężar własny elementu, dzięki czemu deskowanie FRP jest bardziej wydajne.

Poszycia deskowań traconych wykonane z kompozytów FRP są odporne na pęcznienie, skurcz, działanie promieniowania UV oraz charakteryzują się bardzo dużą wytrzymałością na rozciąganie. Ponadto nie wymagają zastosowania dużej ilości środków adhezyjnych oraz w perspektywie czasu redukcją koszty związane z konserwacją. Tworzywa sztuczne FRP mają również pewne ograniczenia, m.in. brak rezerwy plastycznej oraz niezbyt wysoką wytrzymałość w kierunku poprzecznym do ułożenia włókien, które są czynnikami kluczowymi przy zastosowaniu ich w praktyce jako elementu nośnego deskowań traconych [3, 13].

5. Podsumowanie

Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe deskowań traconych ze względu na ich funkcję, tj. nadawanie formy mieszance betonowej oraz tworzenie części konstrukcyjnej obiektu w okresie eksploatacji, charakteryzują się bardzo dużą różnorodnością. Aspekty związane z ideą zrównoważonego rozwoju dotyczą również projektowania deskowań budowlanych, w tym deskowań traconych. Obecnie niejednokrotnie poszukuje się rozwiązań, które oprócz spełnienia założonych parametrów technicznych, będą również bezpieczne dla ludzi i środowiska naturalnego. Szeroki wybór materiałów możliwych do użycia jako poszczególne elementy konstrukcyjne

deskowania, w tym jako poszycie, daje nieograniczone możliwości technologiczne, w tym proekologiczne.

Nowe trendy w budownictwie zrównoważonym w odniesieniu do projektowania deskowań budowlanych zmierzają w kierunku proekologicznych rozwiązań, tj. zastosowanie odpadów lub materiałów pochodzących z produktów ubocznych, czy włókien naturalnych lub pozyskanych z materiałów organicznych. Niestety te rozwiązania zwykle odnoszą się do deskowań budowlanych wielokrotnego użytku. Deskowania tracone, jako szczególny rodzaj konstrukcji tymczasowej, wymagają rozwiązań trwałych oraz zapewniających przeniesienie projektowanych obciążeń przez cały okres realizacji i eksploatacji konstrukcji. Do systemów deskowań traconych dodatkowo uwzględniających aspekty ekologiczne należą m.in. takie, które ulegają biodegradacji bez wydzielania szkodliwych substancji mogących zanieczyścić wody gruntowe, glebę czy powietrze. Przykładem jest system Pecafil, wykorzystujący do produkcji poszycia folię o budowie zbliżonej do parafiny. Budownictwo zrównoważone musi być również energooszczędne. Obecnie stosuje się szereg rozwiązań systemowych bazujących m.in. na kształtkach styropianowych, stosowanych jako deskowanie tracone przegród w budynkach energooszczędnych. Jest to przykład, gdzie poszycie może stanowić docelowo izolację formowanego elementu konstrukcyjnego.

Odrębną dziedziną jest zastosowanie materiałów FRP jako deskowanie tracone. Ze względu na ich szczególne cechy, takie jak m.in. trwałość, długa żywotność, bardzo dobre parametry wytrzymałościowe czy duża odporność na korozję, stanowią atrakcyjną alternatywę dla tradycyjnych materiałów (np. dla stali). Obecnie dostępne są rozwiązania deskowań traconych wykorzystujące jako poszycie zespolenie profili lub płyt FRP z betonem, gdzie nośność zespolenia jest w dużej mierze uzależniona od przyczepności. Jednakże zastosowanie materiałów kompozytowych zbrojonych włóknem wiąże się też z pewnymi ograniczeniami, m.in. nie wykazują odkształceń plastycznych, co wskazuje na konieczność prowadzenia dalszych badań w kontekście wykorzystania deskowań traconych FRP w praktyce.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ibadov N., Kaczorek K., Projektowanie technologiczne oraz dobór deskowań stosowanych w budownictwie inżynierskim na przykładzie budownictwa mostowego, Inżynier Budownictwa nr 5/2014
- [2] Szruba M., Deskowania i rusztowania. Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie, nr 3-4/2016
- [3] Orłowski Z., Podstawy technologii betonowego budownictwa monolitycznego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013
- [4] Brózda K., Selejda J., Technologie deskowań traconych stosowane w ramach technologii budownictwa monolitycznego. Zasoby wiedzy i technologii w kreowaniu wartości przedsiębiorstwa, (red.) Pietraszek J., Mazur M., Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menadżerów Jakości i Produkcji, Częstochowa, 2017
- [5] Korona L., Innowacyjne technologie deskowań traconych. Civil and Environmental Engineering, nr 2/2011

- [6] Ibadov N., Kaczorek K., Projektowanie technologiczne oraz dobór deskowań stosowanych w budownictwie inżynierskim na przykładzie budownictwa mostowego, Inżynier Budownictwa nr 5/2014
- [7] Wesołowska M., Szczepanik P., Deskowania tracone w budynkach energooszczędnych, Inżynier Budownictwa nr 5/2015
- [8] Selejda J., Brózda K., Zastosowanie kompozytów w budownictwie zrównoważonym. Zagadnienia inżynierii środowiska w budownictwie, (red.) Rak A., Boychuk V., Baran W., Wyd. Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa, Oddział w Opolu, Opole, 2016
- [9] Baszkiewicz K., Selejda J., Zastosowanie wybranych materiałów kompozytowych w konstrukcjach mostowych. Wybrane interdyscyplinarne zagadnienia budownictwa, (red.) Nagórski R., Monografia Wydziału Inżynierii Lądowej, Warszawa, 2015
- [10] Kowacki, M., Wykorzystanie kompozytów w budownictwie, Nowoczesne budownictwo inżynierskie nr 3/2015
- [11] Koteš P., Vičan J., Stay-in-place GFRP formwork. Third International fib Congress incorporating the PCI Annual Convention and Bridge Conference 2010. Volume 1 of 6. Washington 2010
- [12] Koteš P., Vičan J., Using stay-in-place GFRP formwork and concrete slab as hybrid composite structure. The 7th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, Vancouver 2014
- [13] Gai, X., Fibre Reinforced Polymer (FRP) Stay-in-Place (SIP) participating formwork for new construction. Thesis (Doctor of Philosophy (PhD)). University of Bath 2012
- [14] Keller T., Schaumann E., Vallee T., Flexural behavior of a hybrid FRP and lightweight concrete sandwich bridge deck. Composites Part A-Applied Science and Manufacturing nr 3/38

WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [15] PN-90/M-47850: Deskowania dla budownictwa monolitycznego. Deskowania uniwersalne. Terminologia, podział i główne elementy składowe
- [16] PN-EN 13670:2011: Wykonywanie konstrukcji z betonu
- [17] Katalog produktowy firmy Max Frank GmbH & Co. KG, dostęp: <http://www.maxfrank.com/media/dokumente/produkte/pl/broschueren/Frank-KT-Pecafil-system-lekkich-szalunkow-pl.pdf>
- [18] Katalog produktowy firmy IsoteQ® GROUP, dostęp: http://isoteq.eu/wp-content/uploads/2012/03/termkat_angol1.pdf
- [19] Katalog produktowy firmy Fiberline Composites, dostęp: <https://fiberline.dk/sites/default/files/mediafiles/Plank/Fiberline%20Plank%20HD.pdf>

**Zapraszamy
do udziału
w Konkursie PZITB
Budowa
Roku
2017**

www.budowaroku.pl