

mgr inż. Daria Schneider¹⁾
dr inż. Anna Szymczak-Graczyk^{1)*}

Wyznaczenie modułu sztywności pianki poliuretanowej in situ

Determination of the stiffness modulus of polyurethane foam in situ

DOI: 10.15199/33.2019.01.12

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych modułu sztywności izolacji z zamkniętokomórkowej pianki poliuretanowej, wykonywanej natryskowo pod posadzkę. Badania przeprowadzono na czterdziestu próbkach o różnej grubości. Jest to wstęp do dalszych badań i obliczeń wpływu izolacji z pianki poliuretanowej wykonywanej metodą natryskową na wartość momentów zginających w płycie posadzkowej znajdującej się na warstwie izolacji.

Słowa kluczowe: pianka poliuretanowa zamkniętokomórkowa; ściskanie; moduł sztywności podłoża; izolacja natryskowa.

Abstract. The article presents the results of laboratory tests of the stiffness modulus of closed cell polyurethane foam insulation under the floor. The tests were carried out on 40 samples of various thickness. The article is the introduction to further research and calculations of the impact of polyurethane foam insulation made by spraying on the values of bending moments in the floor slab located on the insulation layer.

Keywords: closed cell polyurethane foam; compression; soil rigidity modulus; spray insulation.

Obecnie zwiększa się popularność pianki poliuretanowej jako materiału termoizolacyjnego. Spieniony poliuretan występuje w postaci pianek, płyt i bloków oraz otulin przewodów instalacyjnych. Poliuretany można podzielić pod względem gęstości na elastyczne, tzw. lekkie (12 kg/m³), sztywne, tzw. ciężkie (30 – 60 kg/m³) oraz półsztywne [4]. Naniesione w sposób natryskowy tworzą jednolitą, bezspoinową warstwę, która dokładnie wypełnia miejsca trudno dostępne, takie jak szczeliny czy osłony izolacyjne rur. Pianka bardzo dokładnie przylega do podłoża, np. blachy, betonu, a nawet drewna, redukując ryzyko powstania mostków cieplnych. Ważne jest prawidłowe przygotowanie powierzchni, czyli oczyszczenie i odłuszczenie, aby pianka wraz z podłożem stanowiła spójną całość. Pierwsza warstwa, nakładana na zimną powierzchnię, traktowana jest jako podkład.

Pianki lekkie mają przeważającą liczbę komórek otwartych, co sprawia, że bardzo dobrze sprawdzają się do ocieplenia poddaszy. Natomiast ich bardzo mała wytrzymałość na ściskanie oraz higroskopijność wykluczają izolowanie fundamentów czy posadzek. W tym wypadku idealnie sprawdzi się pianka po-

liuretanowa posiadająca nie mniej niż 90% komórek zamkniętych, cechująca się większą odpornością na zgniatanie [5] niż otwartokomórkowa. Zwiększona wytrzymałość nie wpływa na właściwości termoizolacyjne czy koszty materiału [1], ale przyczynia się do stabilności i wzmocnienia konstrukcji.

W artykule przedstawiono sposób określania modułu sztywności podłoża z zamkniętokomórkowej pianki poliuretanowej. Jego wartość posłużyła autorom do określenia, w dalszych badaniach, wpływu izolacji natryskowej na momenty zginające w płycie posadзки.

Badania laboratoryjne i ich wyniki

Do badań wytrzymałości wykorzystano próbki zamkniętokomórkowej natryskowej pianki poliuretanowej o nazwie PUREX NG-0440, naniesionej za pomocą specjalistycznych urządzeń wysokociśnieniowych na miejscu budowy. Wytrzymałość na ściskanie materiałów izolacyjnych opisanych w [3] badano wg normy [2]. Podstawą do rozpoczęcia badania było prawidłowe przygotowanie materiału. Jego temperatura nie różniła się od temperatury panującej w laboratorium i wynosiła 24°C.

Próbki pobrano z pięciu fragmentów utwardzonej pianki natryskowej o lekko „barankowej” powierzchni. Wymiary każdego elementu, z którego wycinano próbki, wynosiły 60 x 120 cm. Za pomocą piły ręcznej wycięto pod kątem pro-

stym próbki o wymiarach 20 x 20 cm oraz zróżnicowanej grubości 16, 14,5, 14, 13,5, 13, 12,5, 12, 10,5, 9,5, 9, 8,5, 8, 7,5 i 7 cm (fotografia 1).



Fot. 1. Pocięte próbki PUR o grubości 7 – 16 cm

Photo 1. Samples of PUR with a thickness 7 – 16 cm

Powierzchnia zewnętrzna próbek po pocięciu była nierówna i dlatego została wyrównana warstwą gipsu budowlanego (fotografia 2). Tak przygotowany materiał poddano próbie ściskania w maszynie wytrzymałościowej. Płytę ruchomą przesuwno do osiągnięcia 10% odkształcenia względnego. W przypadku żadnej z próbek nie stwierdzono objawów zniszczenia.

Przy wartości sił odpowiadających 10-proc. odkształceniu każdej próbki obliczono naprężenia ścisające wg wzoru (1):

$$\sigma_{10} = 10^3 \cdot F_{10} / A_0 \quad (1)$$

gdzie:

¹⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przemysłowej

^{*} Adres do korespondencji: anna.szymczak-graczyk@up.poznan.pl



Fot. 2. Próbkę przygotowane do badań, wyrównane warstwą gipsu budowlanego
 Photo 2. Samples prepared for testing, leveled with a layer of construction gypsum

σ_{10} – naprężenie ściskające przy 10 proc. odkształceniu względnym [kPa];
 F_{10} – siła odpowiadająca odkształceniu względnemu 10% [N];
 A_0 – powierzchnia początkowa przekroju poprzecznego próbki [mm²].

Otrzymane wyniki badań laboratoryjnych zestawiono w tabeli. Analizując uzyskane wyniki, stwierdzono, że średnie naprężenie ściskające, przy 10 proc. odkształceniu względnym zwiększa się wraz ze zmniejszającą się grubością elementu d. Największą wartość średniego naprężenia ściskającego uzyskano w przypadku próbek o grubości 7 cm, natomiast najmniejszą o grubości 16 cm. Im mniejsza grubość badanego elementu, tym większe naprężenie ściskające.

Podsumowanie

Średnia wytrzymałość na ściskanie badanych próbek pianki PUREX NG-0440 o komórkach zamkniętych jest zgodna z deklarowaną przez producenta (minimalna wytrzymałość 250 kPa przy grubości materiału 5 cm). Dane te mają charakter ogólny, ponieważ odnoszą się do jednej grubości pianki. W artykule przedstawiono wyniki badań próbek o różnej grubości. W przypadku największej grubości 16 cm średnie naprężenie ściskające przy 10 proc. odkształceniu względnym wynosi 300 kPa, a w przypadku najmniejszej grubości 7 cm jego wartość to 360,8 kPa. Otrzymane podczas badań wyniki potwierdzają, że podane przez producenta wartości minimalnego średniego naprężenia ściskającego są właściwe.

Wyniki badań laboratoryjnych wszystkich próbek
 Results of laboratory tests of all samples

| Numer próbki | Grubość elementu d [cm] | Siła przy odkształceniu względnym 10% F_{10} [kN] | Powierzchnia elementu A_0 [m ²] | Naprężenia ściskające przy 10% odkształceniu względnym σ [kPa] | Średnie naprężenia ściskające przy 10% odkształceniu względnym przy danej grubości σ_{sr} [kPa] |
|--------------|-------------------------|---|---|---|--|
| 1 | 16 | 12,5 | 0,04 | 312,500 | 300,000 |
| 2 | 16 | 11,5 | 0,04 | 287,500 | |
| 3 | 14,5 | 12,2 | 0,04 | 305,000 | 305,000 |
| 4 | 14 | 13,6 | 0,04 | 340,000 | 320,000 |
| 5 | 14 | 13,2 | 0,04 | 330,000 | |
| 6 | 14 | 11,6 | 0,04 | 290,000 | 320,000 |
| 7 | 13,5 | 12,8 | 0,04 | 320,000 | |
| 8 | 13 | 13,2 | 0,04 | 330,000 | 320,500 |
| 9 | 13 | 13,9 | 0,04 | 347,500 | |
| 10 | 13 | 13,5 | 0,04 | 337,500 | 325,000 |
| 11 | 13 | 12,4 | 0,04 | 310,000 | |
| 12 | 13 | 11,1 | 0,04 | 277,500 | 327,500 |
| 13 | 12,5 | 13 | 0,04 | 325,000 | |
| 14 | 12 | 13,9 | 0,04 | 347,500 | 336,250 |
| 15 | 12 | 12,3 | 0,04 | 307,500 | |
| 16 | 10,5 | 13,9 | 0,04 | 347,500 | 338,333 |
| 17 | 10,5 | 13 | 0,04 | 325,000 | |
| 18 | 9,5 | 14 | 0,04 | 350,000 | 340,000 |
| 19 | 9,5 | 13,6 | 0,04 | 340,000 | |
| 20 | 9,5 | 13 | 0,04 | 325,000 | 351,667 |
| 21 | 9 | 14,2 | 0,04 | 355,000 | |
| 22 | 9 | 14 | 0,04 | 350,000 | 357,750 |
| 23 | 9 | 12,6 | 0,04 | 315,000 | |
| 24 | 8,5 | 14,2 | 0,04 | 355,000 | 360,833 |
| 25 | 8,5 | 14 | 0,04 | 350,000 | |
| 26 | 8,5 | 14 | 0,04 | 350,000 | 312,500 |
| 27 | 8 | 15,5 | 0,04 | 387,500 | |
| 28 | 8 | 15,4 | 0,04 | 385,000 | 312,500 |
| 29 | 8 | 15,4 | 0,04 | 385,000 | |
| 30 | 8 | 15,7 | 0,04 | 392,500 | 360,833 |
| 31 | 8 | 15,2 | 0,04 | 380,000 | |
| 32 | 8 | 14,2 | 0,04 | 350,000 | 360,833 |
| 33 | 8 | 13,8 | 0,04 | 345,000 | |
| 34 | 8 | 13,8 | 0,04 | 345,000 | 360,833 |
| 35 | 8 | 12,2 | 0,04 | 305,000 | |
| 36 | 8 | 11,9 | 0,04 | 297,500 | 360,833 |
| 37 | 7,5 | 12,5 | 0,04 | 312,500 | |
| 38 | 7 | 15,8 | 0,04 | 395,000 | 360,833 |
| 39 | 7 | 13,9 | 0,04 | 347,500 | |
| 40 | 7 | 13,6 | 0,04 | 340,000 | |

Podziękowania dla firmy Polychem Systems Sp. z o.o. za udostępnienie materiału badawczego.

Literatura

[1] Crossin Insulations (prezentacja firmy). 2017. „Nowoczesne systemy izolacji poliuretanowych – skuteczna ochrona przed utratą ciepła”. *Izolacje* (1): 44 – 45.
 [2] PN-EN 826:1998 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – określenie zachowania przy ścisnieniu.
 [3] PN-EN 13165:2010 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze sztywnej pianki poliuretanowej (PUR) produkowane fabrycznie – specyfikacja.

[4] Radziszewska-Zielina Elżbieta. 2009. „Analiza porównawcza parametrów materiałów termoizolacyjnych mających zastosowanie jako izolacja ścian zewnętrznych”. *Przegląd Budowlany* (4): 32 – 37.

[5] Swinarew Beata. 2015. Poliuretany – nowoczesne wszechstronne materiały. Część II – pianki poliuretanowe. *Przetwórstwo Tworzyw* (5): 428 – 434. Artykuł przygotowany na podstawie pracy magisterskiej nagrodzonej w konkursie zorganizowanym przez Polski Związek Producentów i Przetwórców Izolacji Poliuretanowych PUR i PIR „SIPUR” oraz Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Poznaniu.

Przyjęto do druku: 07.12.2018 r.