

Praktyczne aspekty projektowania dróg o nawierzchni sztywnej

Marcin Kaczyński

Łukasz Lewandowski

10.06.2020



POLSKI KONGRES
DROGOWY



Transprojekt Gdański

Plan prezentacji

- 1. Projektowanie indywidualne – uwagi praktyczne**
 - 1.1. Współczynnik reakcji podłoża
 - 1.2. Temperatura obliczeniowa
 - 1.3. Parametry dybli
- 2. Niejednoznaczne zapisy w dokumentach kontraktowych – przykłady**
- 3. Forma i zakres projektu konstrukcji nawierzchni – problemy**
- 4. Podsumowanie**

1. Projektowanie indywidualne – uwagi praktyczne

1.1. Współczynnik reakcji podłoża

Model Westergaarda – płyta spoczywająca na podłożu Winklera.

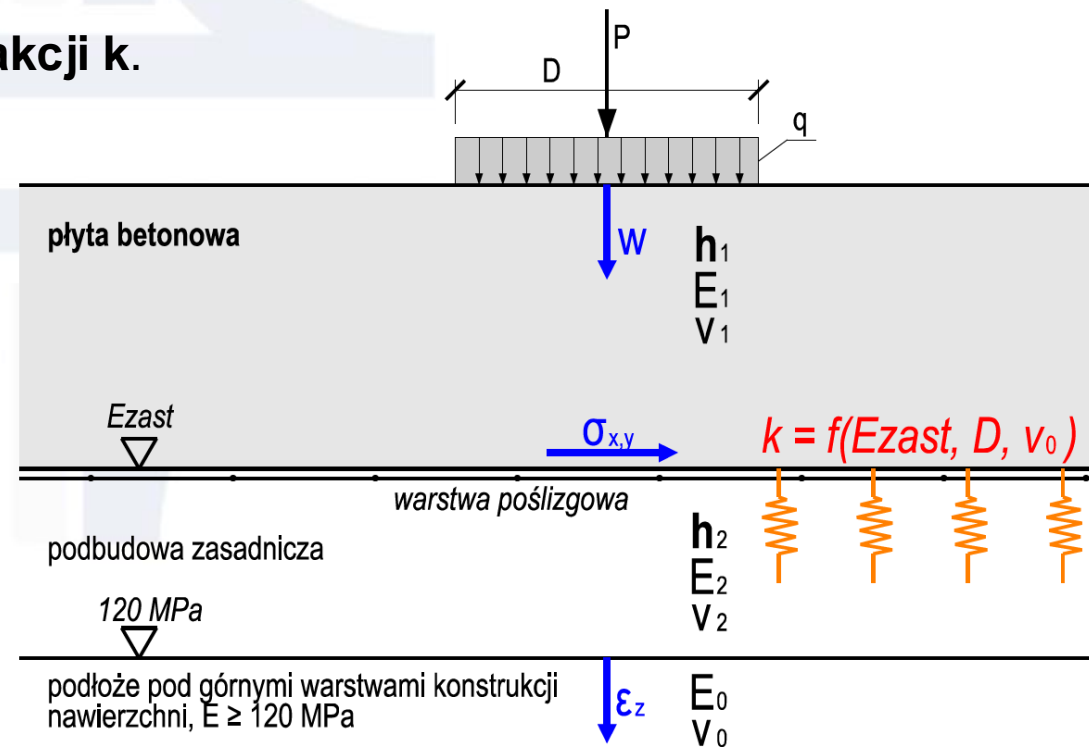
Płyta opisana modułem sprężystości E , współczynnikiem Poissona ν oraz grubością h .

Podłoże scharakteryzowane współczynnikiem **reakcji k** .

Współczynnik reakcji podłoża k

jest wykorzystywany m.in.:

- w metodzie wymiarowania OSŻD,
- w metodzie ACN-PCN.



1. Projektowanie indywidualne – uwagi praktyczne

1.1. Współczynnik reakcji podłoża

Uwagi:

- Istnieje problem oszacowania współczynnika reakcji podłoża k .
- Przy wyznaczeniu modułu zastępczego metodą OSŻD uzyskuje się bardzo duże wartości współczynnika reakcji podłoża (dla nawierzchni lotniskowych ok. 500-600 MN/m³, dla nawierzchni drogowych nawet > 1000 MN/m³).
- **Są to współczynniki kilka razy większe niż wartości podawane w literaturze** (częste zastrzeżenie na etapie weryfikacji).
- Należy mieć na uwadze, że za wysoką wartość współczynnika odpowiada m.in. przyjęty do obliczeń układ warstw: najczęściej płyta na grubej, sztywnej podbudowie zasadniczej wbudowanej na nośnym podłożu.
- Dodatkowo dla nawierzchni drogowej uzyskuje się korzystny stosunek H/D.
- Jak stwierdzono w ośrodkach naukowych – duża wartość współczynnika jest rekompensowana na dalszym etapie obliczeń przez współczynniki bezpieczeństwa.

1. Projektowanie indywidualne – uwagi praktyczne

1.2. Temperatura obliczeniowa

Różnica temperatur pomiędzy powierzchnią górną i dolną płyty

Z dotychczasowej praktyki projektowej: $0,6-0,8^{\circ}\text{C} / \text{cm}$

Z KTKNS (na podstawie analiz i pomiarów):

- Dla płyt o grubości 19 do 24 cm - 8°C
- Dla płyt 25 do 32 cm - 10°C

Uwagi:

- w przypadku stosowania różnicy temperatur z Katalogu należy ostrożnie dobierać współczynniki korygujące naprężenia od temperatury („współczynnik uwzględniający zmniejszanie się naprężeń przy obc. powtarzalnych” lub „współczynnik uwzględniający zmniejszanie się naprężeń od paczzenia się płyt”).

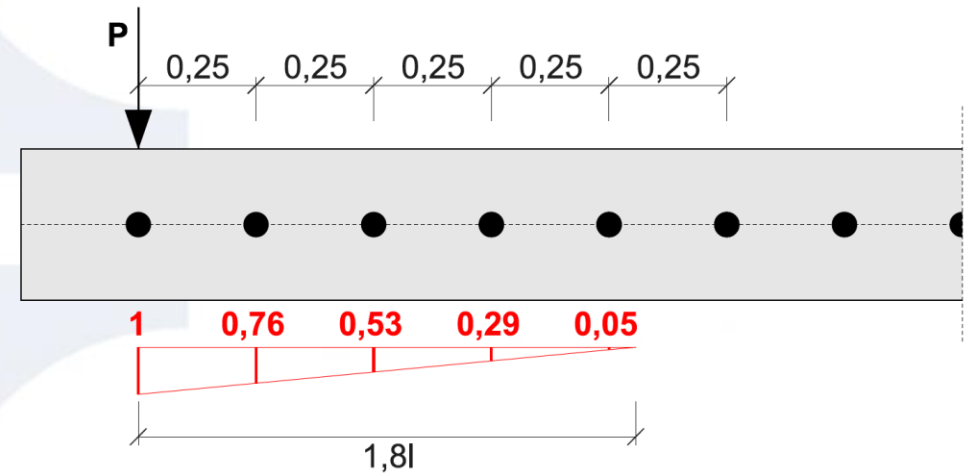
1. Projektowanie indywidualne – uwagi praktyczne

1.3. Parametry dybli

W Katalogu w obliczeniach przyjęto płytę betonową z dyblami o rozstawie **co 25 cm** (średnica $\varnothing 25$ mm, długość $l=50$ cm)... [pkt. 11.24.]

Czy Wykonawca może przyjąć inne parametry dybli?

Tak, ale należy spełnić warunki naprężeń ściskających w betonie pod dyblem.



Uwagi:

- w obliczeniach należy uwzględnić dopuszczalny maksymalny nacisk na oś dla danej drogi;
- w obliczeniach należy uwzględnić tolerancje technologiczne;
- skrajnego dybla nie powinno się lokalizować zbyt blisko krawędzi płyty ze względu na wypychanie masy podczas betonowania.

2. Niejednoznaczne zapisy w dokumentach kontraktowych

Przykład 1. PFU vs WWIORB

Zapisy w PFU:

- *Konstrukcje nawierzchni sztywnych (...) należy wykonać zgodnie z poniższym rozwiązaniem:
<konstrukcja zgodna z KTKNS, w tym pakiet warstw odpowiednio dla G2-G4>*

Zapisy w WWIORB na roboty ziemne:

- *„Gdy podłoże nawierzchni zaklasyfikowano do innej grupy nośności, należy **podłoże doprowadzić do grupy nośności G_1** zgodnie z dokumentacją projektową i WWIORB.”*
- *„Grunt w wykopie nie jest podłożem pod konstrukcję nawierzchni w rozumieniu normy PN-S-02205:1998 i nie stosują się do niej zasady podane w PN-S-02205:1998 dotyczące ostatniej warstwy (**20cm**). Podłożem pod konstrukcję są zawsze warstwa mrozoochronna **lub** warstwa gruntu niespoistego oraz stabilizacja cementem stanowiące razem **podłoże sztuczne**.”*

Dowolność Wykonawcy w zakresie ”doprowadzenia podłoża do G_1 ”?

2. Niejednoznaczne zapisy w dokumentach kontraktowych

Przykład 1. PFU vs WWIORB

Rezultat:

- dyskusje i opóźnienia w zatwierdzaniu konstrukcji nawierzchni oraz powiązanych opracowań (np. z zakresu geotechniki)

Rozwiązanie:

Wzorcowe Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WWiORB)

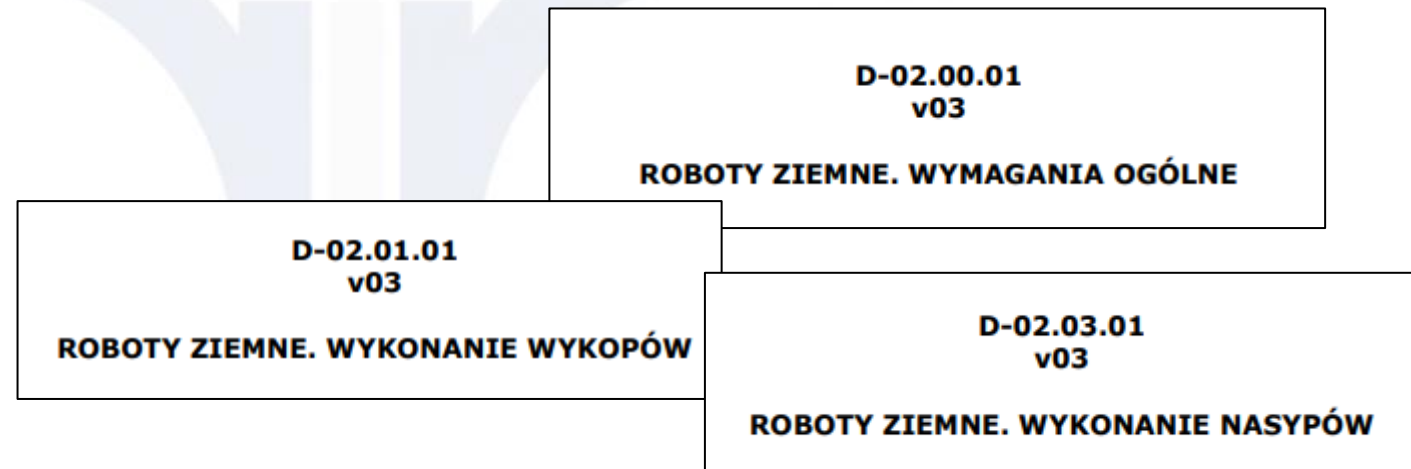
Wzorcowe Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych zostały wprowadzone zarządzeniem nr 32 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 3 października 2019 roku w sprawie wzorcowych Warunków Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych.

2. Roboty ziemne

D-02.00.01 Roboty ziemne. Wymagania ogólne v03

D-02.01.01 Roboty ziemne. Wykonanie wykopów v03

D-02.03.01 Roboty ziemne. Wykonanie nasypów v03



2. Niejednoznaczne zapisy w dokumentach kontraktowych

Przykład 2. PFU vs Katalog

Konstrukcja nawierzchni zgodna z Katalogiem – odstępstwo w zakresie materiałów na warstwę poślizgową.

„Konstrukcja została zmodyfikowana względem Katalogu, chociaż nie wykazano polepszenia parametrów użytkowych” (częsta uwaga na etapie weryfikacji)

Wnioski:

- Warstwa poślizgowa z betonu asfaltowego (5 cm) bywa wprowadzana do PKN na życzenie Zamawiającego (często jeszcze na etapie KP). Ma być uwzględniana przy sprawdzaniu wymaganej odporności nawierzchni na wysadziny.
- Konieczność stosowania warstwy poślizgowej z betonu asfaltowego wynika z zapisów PFU lub WWIORB.
- Pojawia się sprzeczność: jeden zapis PFU narzuca konstrukcję katalogową, a inny zapis wprowadza modyfikacje.

3. Forma i zakres projektu konstrukcji nawierzchni

Problem 1. Zakres stosowania i wymagania wobec warstw w PKN

- materiały bez odpowiedniego nazewnictwa (bez wskazania odpowiedniej warstwy lub ze wskazaniem niewłaściwej),
- warstwy bez podstawowych wymagań materiałowych (np. „warstwa stabilizacji” bez podania rodzaju spoiwa),
- nieuzasadnione neologizmy w nazwach (np. „warstwa technologiczna”).

Wnioski:

- warstwy bez określonych podstawowych wymagań materiałowych mają pozwolić Wykonawcy dobrać parametry na budowie – takie podejście generuje konflikty z Inżynierem i Zamawiającym,
- nietypowe nazwy pochodzą z projektów indywidualnych i często „przechodzą” na sąsiednie odcinki projektowanej trasy w ramach „ujednolicania technologii”,
- **należy uściślić nazewnictwo i stosować spójną z Katalogiem terminologię** – ułatwi to interpretację i pozwoli sprawnie odnosić się do konkretnych specyfikacji.

3. Forma i zakres projektu konstrukcji nawierzchni

Problem 2. „Rozproszenie” informacji

Część informacji zostaje celowo pominięta w PKN.

Szukać ich należy:

- w specyfikacjach (*np. informacje o warstwach konstrukcji nawierzchni*).
- na rysunkach technologicznych / warsztatowych (*np. projekt rozstawu szczelin i dybli*).

Wnioski:

- w PKN powinny być uwzględnione **wszystkie** warstwy konstrukcji nawierzchni:
 - *dot. zwłaszcza warstwy odcinającej* (częsta uwaga na etapie weryfikacji),
- rysunki technologiczne należy weryfikować pod kątem zgodności z założeniami przyjętymi w PKN:
 - *dot. w szczególności wymiarów płyt betonowych oraz przyjętego rozstawu dybli.*

4. Podsumowanie

- 1) Zasadniczym problemem przy wymiarowaniu nawierzchni sztywnej jest przyjęcie właściwego modelu obliczeniowego. Należy zdawać sobie sprawę z niedogodności modeli oraz rozsądnie dobierać współczynniki.
- 2) Dokumenty kontraktowe powinny być spójne. Zapisy powinny być jednoznaczne.
- 3) W PKN powinny znaleźć się informacje o wszystkich warstwach. Obowiązkowe jest określenie podstawowych wymagań materiałowych dotyczących wykonania poszczególnych warstw konstrukcji. Należy stosować ujednoliconą terminologię (za Katalogiem).
- 4) PKN musi być spójny z innymi materiałami (m.in. specyfikacjami, rysunkami technologicznymi lub warsztatowymi).

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ!

marcin.kaczynski@tgd.pl

tel. 735 995 252

lukasz.lewandowski@tgd.pl

tel. 691 554 344