



roclawska

Politechnika Wroclawska

PODSTAWY PROJEKTOWANIA I ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE BUDOWLANE WYKŁAD 11

Kombinacje oddziaływań w trwałych sytuacjach
obliczeniowych.

dr hab. inż. Łukasz SADOWSKI, prof. uczelni
lukasz.sadowski@pwr.edu.pl

Politechnika Wroclawska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

C-7, pok. 712



W trakcie wymiarowania konstrukcji należy sprawdzić, czy nośność elementów jest większa od najniekorzystniejszych sił wewnętrznych.

Podczas analizowania stanu granicznego należy tak usytuować oddziaływania, aby wywołały najniekorzystniejsze skutki w konstrukcji. W tym celu należy dobrać najbardziej niekorzystne kombinacje oddziaływań.



Odziaływania mogą zmieniać się wraz z czasem użytkowania konstrukcji. Zmiany te powinny być rozpatrywane w postaci odrębnych sytuacji obliczeniowych, które wynikają z określonych zagrożeń, warunków i przedziałów czasu.

Wymagane jest więc sprawdzenie niezawodności konstrukcji oddzielnie dla każdej sytuacji obliczeniowej.



Rozróżnia się następujące sytuacje obliczeniowe:

- trwała,
- przejściowa,
- wyjątkowa,
- sejsmiczna.

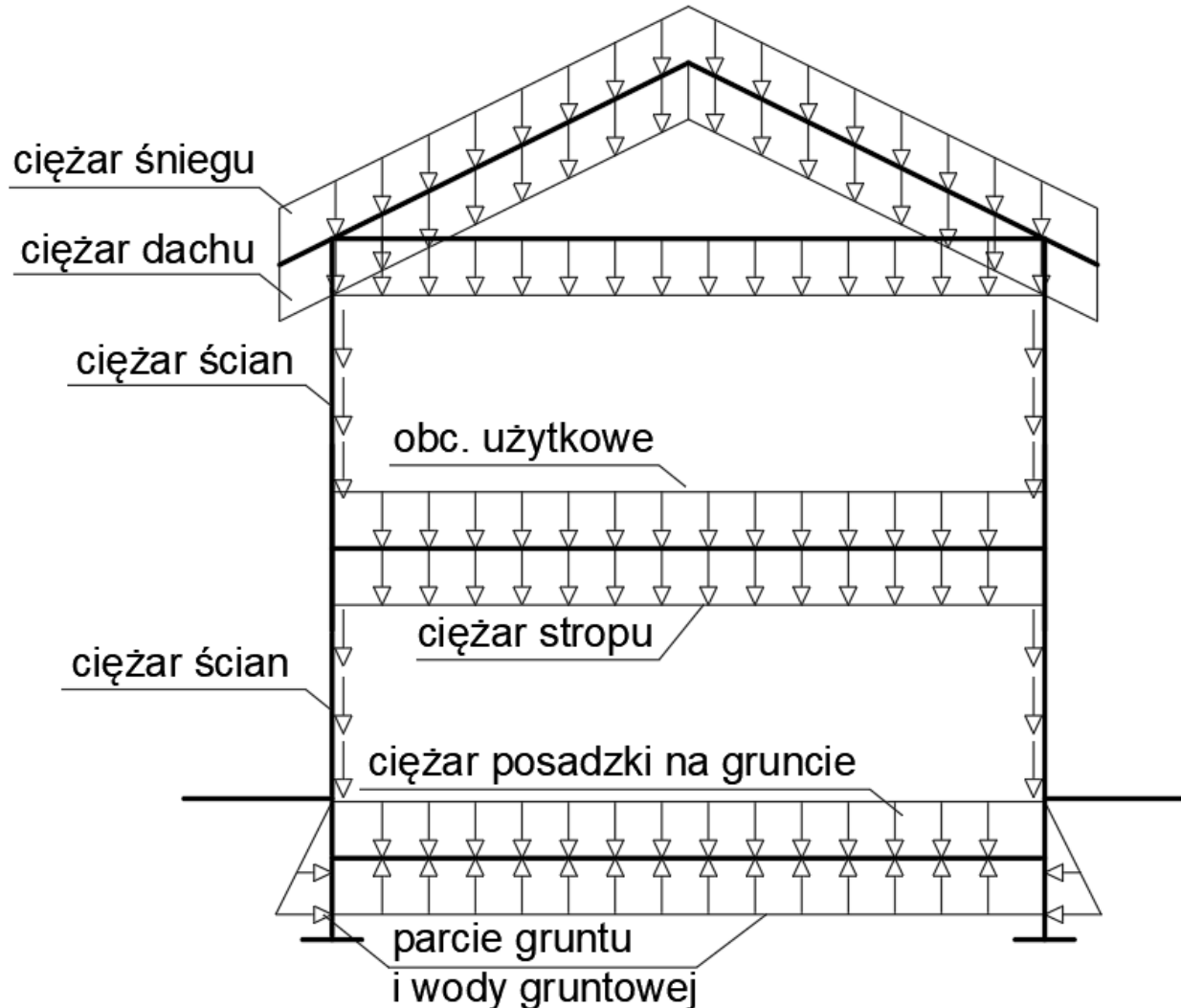


Trwałą sytuacją obliczeniową nazywamy sytuację, w której miarodajny czas jej występowania jest tego samego rzędu co planowany okres eksploatacji obiektu.

Jest to sytuacja, w której projektujemy obiekt na obciążenia wynikające z jego przeznaczenia.



Przykładowe obciążenia dla budynku w trwałych sytuacjach obliczeniowych





Przykłady trwałych sytuacji obliczeniowych



Połać dachowa obciążona śniegiem i ciężarem własnym.



Dach hali obciążony ciężarem własnym pokrycia i świetlikami.



Strop obciążony ciężarem własnym i instalacjami.



Obciążenie stropu parkingu pojazdami.



Zapora obciążona ciężarem własnym, normowym ciśnieniem hydrostatycznym i obciążeniem użytkowym.



W normie PN-EN 1990 wyróżniamy dwa podejścia do kombinacji oddziaływań w trwałych sytuacjach obliczeniowych:

1) Wzór ogólny (6.10):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$



$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

gdzie:

$\gamma_G, \gamma_p, \gamma_Q$ - współczynniki obciążeń stałych, sprężających, zmiennych,

G, P, Q - obciążenie stałe, sprężające, zmienne,

ψ_0 - współczynniki dla wartości kombinacyjnej oddziaływania zmiennego,

„+” - oznacza „należy uwzględnić w kombinacji z”,

Σ - oznacza „efekt łączny”.



2) Podejście alternatywne dla stanów granicznych STR i GEO. Należy stosować bardziej niekorzystne wyrażenie z (6.10a) i (6.10b):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a) \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b) \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a) \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b) \end{array} \right.$$

gdzie:

$\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q, G, P, Q, \psi_0$ - jak poprzednio,

„+” - oznacza „należy uwzględnić w kombinacji z”,

Σ - oznacza „efekt łączny”,

ξ - współczynnik redukcyjny dla niekorzystnych oddziaływań stałych G .



Zgodnie z załącznikiem krajowym do normy PN-EN 1990 preferowane jest podejście alternatywne i stosowanie wzorów (6.10a) i (6.10b).



Zasady tworzenia kombinacji obliczeniowych

| Trwałe i przejściowe sytuacje obliczeniowe | Oddziaływania stałe | | Wiodące oddziaływanie zmienne | Towarzyszące oddziaływania zmienne (*) | |
|--|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| | niekorzystne | korzystne | | główne (jeżeli takie występują) | pozostałe |
| (Wzór 6.10) | $\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$ | $\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$ | $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |

| Trwałe i przejściowe sytuacje obliczeniowe | Oddziaływania stałe | | Wiodące oddziaływanie zmienne (*) | Towarzyszące oddziaływania zmienne (*) | |
|--|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| | niekorzystne | korzystne | | główne (jeżeli takie występują) | pozostałe |
| (Wzór 6.10a) | $\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$ | $\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$ | | $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |
| (Wzór 6.10b) | $\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$ | $\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$ | $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\xi = 0,85 \text{ (tak aby } \xi \gamma_{Gj,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15).$$



Wartości współczynników jednoczesności obciążeń użytkowych dla budynków.

| Oddziaływania | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|--|----------|----------|----------|
| Obciążenie zmienne w budynkach, kategoria (patrz EN 1991-1-1) | | | |
| Kategoria A: powierzchnie mieszkalne | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Kategoria B: powierzchnie biurowe | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Kategoria C: miejsca zebrań | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Kategoria D: powierzchnie handlowe | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Kategoria E: powierzchnie magazynowe | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Kategoria F: powierzchnie ruchu pojazdów pojazdy ≤ 30 kN | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Kategoria G: powierzchnie ruchu pojazdów 30 kN < ciężar pojazdu ≤ 160 kN | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Kategoria H: dachy | 0 | 0 | 0,0 |



Wartości współczynników jednoczesności obciążeń klimatycznych i termicznych dla budynków.

| Oddziaływania | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|--|----------|----------|----------|
| Obciążenie budynków śniegiem (patrz EN 1991-1-3) *) | | | |
| Finlandia, Islandia, Norwegia, Szwecja | 0,70 | 0,50 | 0,20 |
| Pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wysokości $H > 1000$ m ponad poziom morza | 0,70 | 0,50 | 0,20 |
| Pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wysokości $H \leq 1000$ m ponad poziom morza | 0,50 | 0,20 | 0,20 |
| Obciążenie wiatrem (patrz EN 1991-1-4) | 0,6 | 0,2 | 0 |
| Temperatura (nie pożarowa) w budynku (patrz EN 1991-1-5) | 0,6 | 0,5 | 0 |

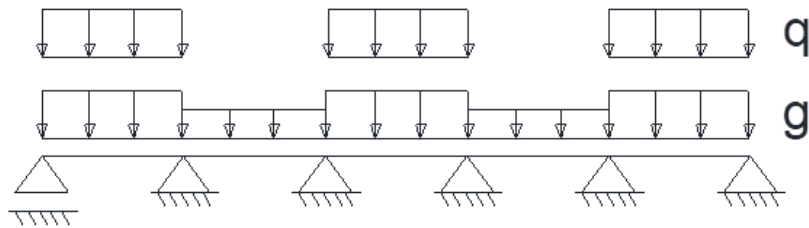


Jeżeli wyniki sprawdzania zależą w dużej mierze od zmienności wielkości oddziaływania zmiennego od miejsca w konstrukcji, należy uwzględnić oddzielnie części korzystne i części niekorzystne tego oddziaływania.

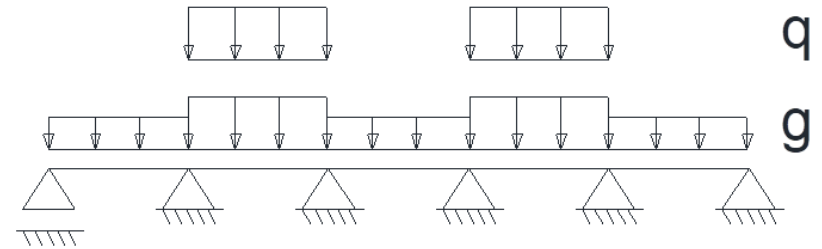


Analiza przykładowych kombinacji obciążeń dla belki wieloprzęstowej

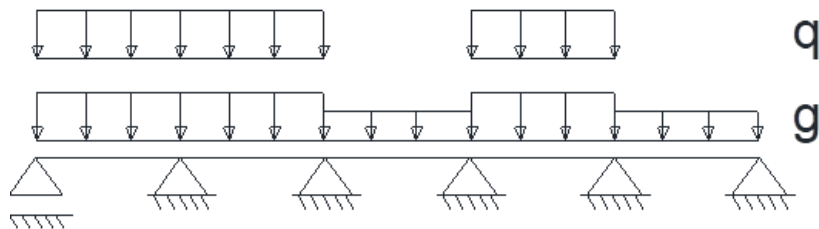
1)



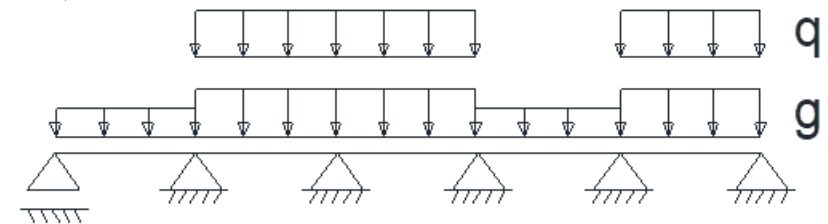
2)



3)



4)





Przykład

Porównanie kombinacji dla obliczeń stanów granicznych stropu o następujących parametrach:

- ciężar własny: $G = 5 \text{ kN/m}^2$
- obc. zmienne użytkowe: $Q = 3 \text{ kN/m}^2$ ($\psi_0 = 0,7$)
- obc. zmienne technolog.: $T = 1 \text{ kN/m}^2$ ($\psi_0 = 0,5$)



Przykład

1) Zgodnie ze wzorem (6.10):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Sumaryczna wartość oddziaływań wynosi:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,5 \cdot T$$



Przykład

2a) Zgodnie ze wzorem (6.10a):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Sumaryczna wartość oddziaływań wynosi:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,5 \cdot T$$



Przykład

2b) Zgodnie ze wzorem (6.10b):

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Sumaryczna wartość oddziaływań wynosi:

$$1,35 \cdot 0,85 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,5 \cdot T$$



Przykład

1) Zgodnie ze wzorem (6.10):

$$1,35 \cdot 5\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 3\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 1\text{kN/m}^2 = \\ = \mathbf{12,00\text{kN/m}^2}$$

2a) Zgodnie ze wzorem (6.10a):

$$1,35 \cdot 5 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 3\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 1\text{kN/m}^2 = \\ = \mathbf{10,65 \text{ kN/m}^2}$$

2b) Zgodnie ze wzorem (6.10b):

$$1,35 \cdot 0,85 \cdot 5\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 3\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 1\text{kN/m}^2 = \\ = \mathbf{10,99\text{kN/m}^2}$$



Dziękuję za uwagę