

Wyznaczenie reakcji belki statycznie niewyznaczalnej

Opracował : dr inż. Konrad Konowski

Szczecin 2015 r

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest sprawdzenie doświadczalne środkowej reakcji belki statycznie niewyznaczalnej 3- podporowej, obliczonej ze wzoru teoretycznego.

2. Opis ćwiczenia

2.1. Podstawy teoretyczne

Do wyznaczenia reakcji belki statycznie wyznaczalnej wystarczają równania równowagi. W belce statycznie niewyznaczalnej wyznaczenie reakcji wymaga również uwzględnienia związków geometrycznych dotyczących odkształceń. Reakcję środkową belki statycznie niewyznaczalnej podpartej i obciążonej jak na rys. oblicza się z następującego wzoru

$$R_C = \frac{6Pa}{L} [N] \quad (1)$$

gdzie: P- siła obciążająca belkę [N]

L, a – długości odcinków belki [mm]

Wzór (1) uzyskuje się rozwiązując belkę dowolną znaną metodą np. superpozycji. Metoda ta stanowi również podstawę dla wyznaczenia reakcji statycznie niewyznaczalnej sposobem doświadczalnym. Polega ona na ‘rozłożeniu’ belki statycznie niewyznaczalnej na dwie belki statycznie wyznaczalne i zastosowaniu superpozycji sił i przemieszczeń w taki sposób, aby były spełnione warunki brzegowe układu wyjściowego. Odpowiednie belki statycznie wyznaczalne pokazano na rys.1b i rys.1c. Ugięcie przekroju C belki statycznie niewyznaczalnej przy niepodatnej podporze jest równe zero. Warunek ten można przedstawić w postaci:

$$f_C = f_{CP} + f_{CR} = 0 \quad (2)$$

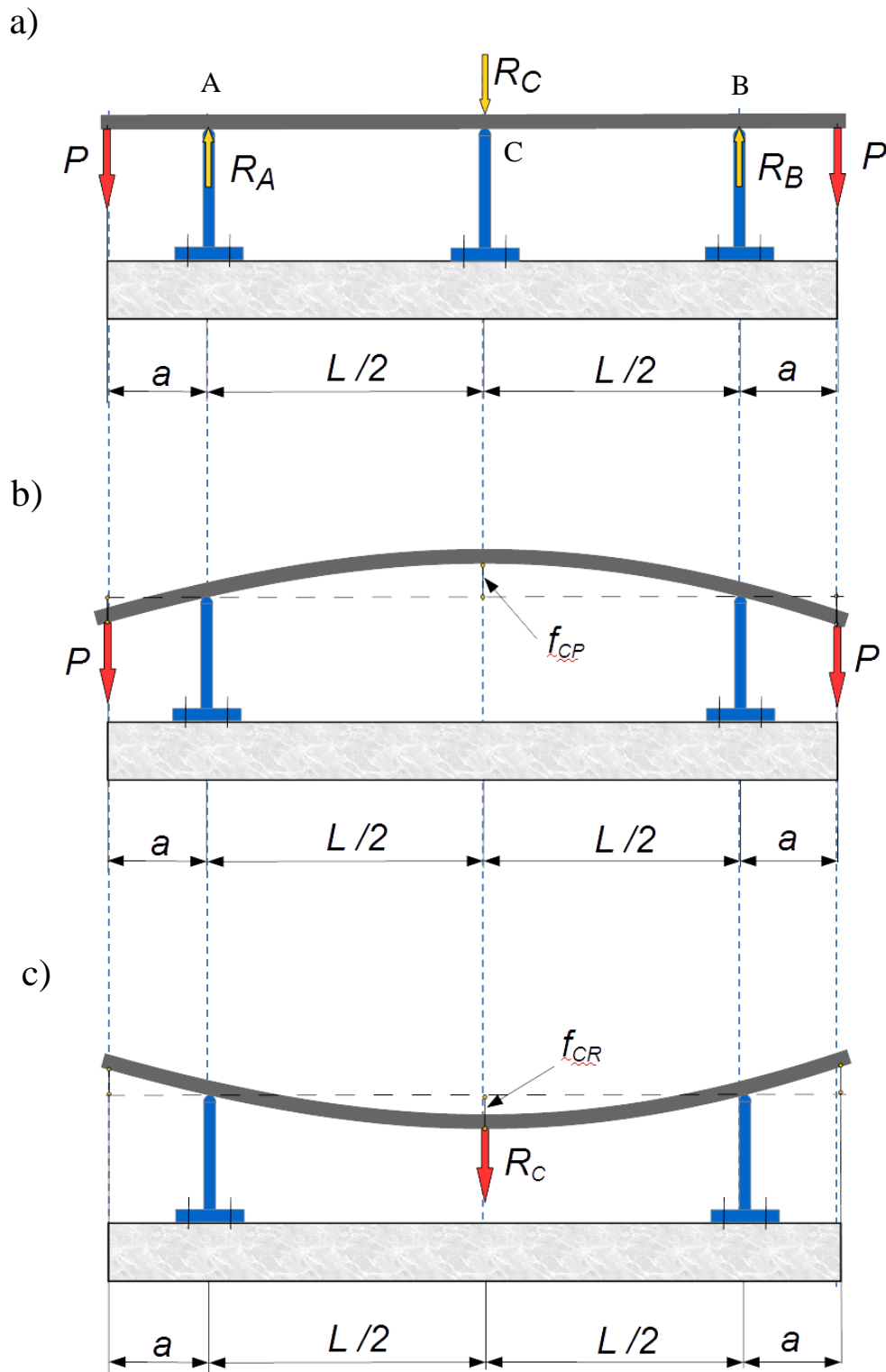
lub

$$|f_{CP}| = |f_{CR}| \quad (3)$$

gdzie : f_{CP} – ugięcie belki statycznie wyznaczalnej wywołane siłami **P** (rys.1b)

f_{CR} – ugięcie identycznej belki wywołane siłą **R_C**, równą reakcji podpory C belki statycznie niewyznaczalnej (rys.1c).

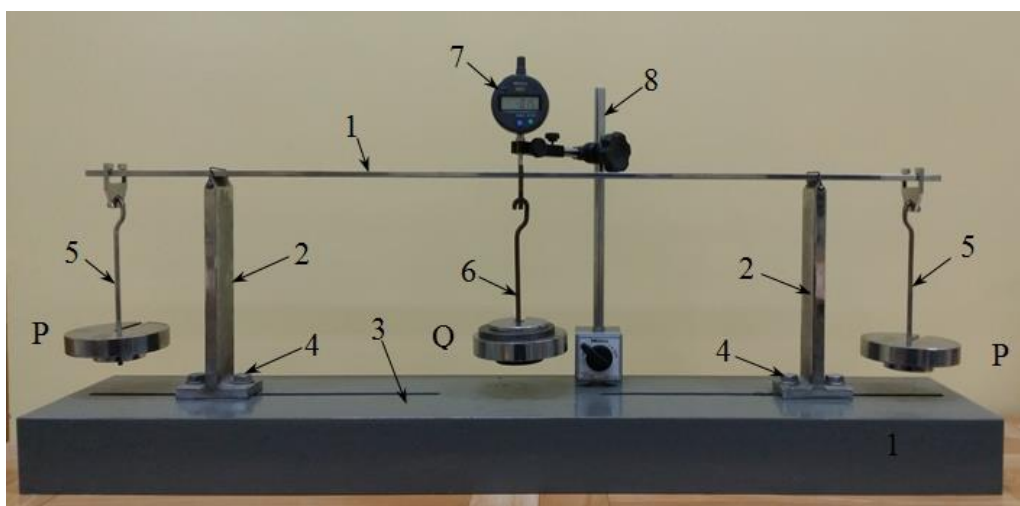
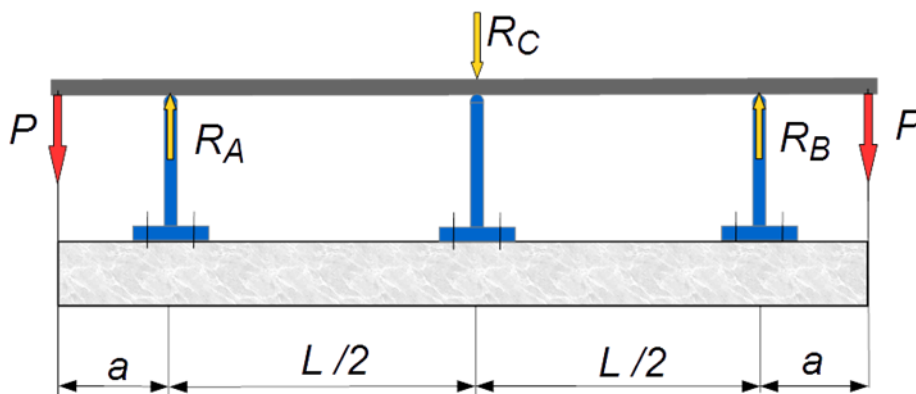
Zależność (2) lub (3) stanowi podstawę do wyznaczenia reakcji statycznie niewyznaczalnej **R_C** sposobem teoretycznym.



Rys.1. Schemat ilustrujący zastosowanie zasady superpozycji do wyznaczenia reakcji belki statycznie niewyznaczalnej

2.2. Stanowisko do badań

Badana belka 1 (rys.2) podparta jest w punktach A i B na ostrzach podpór 2 przymocowanych do prowadnicy 3 przy pomocy śrub 4.



Rys.2. Stanowisko do wyznaczania reakcji belki statycznie niewyznaczalnej.

Do obciążania służą dwa stałe obciążniki P zakładane na szalki 5, zawieszono w odległości a od punktów podparcia oraz odważniki Q układane na szalce 6, zawieszono w środku belki. Odległości a i L można zmieniać przez przesuwanie podpór 2 i szalek 5. Do pomiaru ugięć belki używa się czujnika przemieszczeń 7 umocowanego na podstawce 8. Ciężar własny szalek jest do pominięcia. ₁

2.3. Wyznaczenie reakcji

Po założeniu na szalki obciążników P , belka wygnie się a przekrój C uniesie się o pewną wartość f_{CP} mierzona przez czujnik (rys.2). Działanie reakcji podpory C zastępuje się odpowiednią siłą Q przyłożoną w miejscu odrzuconej podpory. Przyłożenie tej siły

spowoduje obniżenie się przekroju C o pewną wartość f_{CQ} . Wartość ciężaru Q należy tak dobrać, aby wypadkowe ugięcie przekroju C pod działaniem sił P i Q było równe zeru. Wówczas przyłożone obciążenie Q będzie równe poszukiwanej reakcji R_C belki statycznie niewyznaczalnej.

Zakładanie obciążników na szalki powinno odbywać się w sposób łagodny, bez wywoływania efektów dynamicznych.

Reakcje R_C można również wyznaczyć mierząc najpierw ugięcie f_{CP} wywołane siłami P, a następnie ugięcie f_{CQ} wywołane tylko obciążeniem Q (przy zdjętych obciążnikach P). Wartość obciążenia Q należy tak długo zwiększać, aż ugięcie f_{CQ} będzie równe co do wartości ugięciu f_{CP} . Reakcja R_C jest równa wartości obciążenia Q, przy którym zachodzi równość $|f_{CP}| = |f_{CQ}|$.

3. Przebieg ćwiczenia

- Przygotować arkusz protokołu pomiarów według podanego wzoru.
- Narysować w protokóle schemat układu pomiarowego i zapisać dane dotyczące badanego układu.
- Przygotować stanowisko badawcze zgodnie ze schematem przedstawionym na rys.2 i sprawdzić działanie czujnika. Po lekkim ręcznym ugięciu belki w spodziewanym kierunku, czujnik powinien w sposób płynny pokazywać nowe wartości a po odciążeniu powinien powrócić do wskazań pierwotnych.
- Zapisać początkowe wskazania czujnika w protokóle i założyć na skrajne szalki w łagodny sposób (przytrzymując belkę na podporach palcami) równocześnie obydwie obciążniki P. Belka wygnie się przy tym i czujnik wskaże nowe wartości ugięcia. Wskazania czujnika pod obciążeniem zanotować w protokóle (dla celów kontrolnych).
- Nie zdejmując obciążników P, obciążać łagodnie ciężarkami szalkę środkową obserwując jednocześnie malejące wskazania czujnika. Obciążenie Q zwiększać tak długo, aż wskazania czujnika wrócą do stanu początkowego. Ciężar Q znajdujący się na szalce jest równy reakcji R_C podpory środkowej (C) belki statycznie niewyznaczalnej. Wyznaczoną wartość reakcji R_C zapisać w protokóle.
- Pomiary wykonać trzy razy i obliczyć średnią wartość reakcji R_C .
- Obliczyć reakcję R_C ze wzoru teoretycznego (1) i określić błąd względny dla wyników uzyskanych z pomiarów i obliczeń
- Obliczyć maksymalne naprężenia w badanej belce

4. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

1. Określenie celu ćwiczenia
2. Schemat stanowiska badawczego
3. Protokół z wynikami pomiarów i obliczeń
4. Dyskusję otrzymanych wyników, a w szczególności:
 - Porównanie wyników uzyskanych z pomiarów i obliczeń teoretycznych

- Ocenę przyjętej metody badań (omówienie źródeł błędów)
 - Możliwość stosowania zasady super pozycji
 - Uwagi i wnioski
5. Załącznik zawierający:
- Wyprowadzenie wzorów (1)
 - Szczegółowe obliczenia wartości reakcji R_C
 - Wyznaczenie maksymalnych naprężeń występujących w belce podczas badań

Literatura:

1. Grudziński Karol: **Ćwiczenia laboratoryjne z Wytrzymałości Materiałów**. Politechnika Szczecińska. Szczecin 1972 r.
2. Kowalewski Zbigniew :**Ćwiczenia laboratoryjne z Wytrzymałości Materiałów**. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2000 r
3. Katarzyński Stefan, Kocańda Stanisław, Zakrzewski Marek: **Badanie własności mechanicznych metali**. WNT Warszawa 1969
4. M. E Niezgodziński, T. Niezgodziński: **Wzory wykresy i tablice wytrzymałościowe**. WNT 1996r.