

## STRESZCZENIE

### **Wpływ rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych na ciągłość słupów ściskanych osiowo**

W ramach rozprawy doktorskiej przedstawiono zagadnienie odporności konstrukcji na zdarzenia wyjątkowe oraz znane z literatury niejawne sposoby uwzględniania ciągłości konstrukcji w projektowaniu. Scharakteryzowano miary ciągłości poziomej i pionowej, używane w literaturze do oceny odkształcalności elementów konstrukcji oraz przedstawiono stan wiedzy dotyczący ciągłości pionowej słupów zespolonych CFST.

W kolejnych rozdziałach przedstawiono autorskie analizy dotyczące obliczania stateczności osiowo ściskanych słupów z uwzględnieniem ich ścieżek równowagi. Zaproponowano dwie metody transformacji obliczeniowej ścieżki równowagi, służące uwzględnieniu różnic we właściwościach materiałowych stali i betonu, które wpływają na ich zachowanie w pokrytycznej fazie pracy. Przeprowadzono dyskusję na temat znaczenia ciągłości słupów w kontekście ich stateczności pod wpływem obciążeń wyjątkowych. Na podstawie koncepcji granicznej wartości obciążenia wyjątkowego zaproponowano własną, energetyczną miarę ciągłości słupów ściskanych osiowo. Zaprezentowano przykłady dynamicznej analizy konstrukcji, poddanych obciążeniom sejsmicznym oraz wyjątkowym. Na podstawie wyidealizowanego trójparametrowego modelu matematycznego lepko sprężysto idealnie-plastycznego oscylatora o jednym stopniu swobody, pokazano przykłady obliczania wymaganej ciągłości pionowej słupów ze względu na sejsmiczne oddziaływania pionowe oraz oddziaływanie fali uderzeniowej, powstałej na skutek wybuchu. W rozprawie sformułowano również wytyczne do weryfikowania stateczności słupów, z uwzględnieniem ich ciągłości pionowej, przy użyciu bi-liniowej aproksymacji ścieżki równowagi pionowej.

W ramach rozprawy doktorskiej przeprowadzono szereg badań doświadczalnych osiowo ściskanych słupów żelbetowych, stalowych i zespolonych. Całkowita liczba zbadanych słupów to 21 zespolonych, 5 stalowych oraz 12 żelbetowych. Na podstawie otrzymanych wyników przeprowadzono analizę porównawczą ciągłości pionowej badanych elementów. Parametrami zmiennymi były: rozwiązanie konstrukcyjne – elementy stalowe wykonane z rur prostokątnych, zespolone CFST i żelbetowe, smukłość słupa, grubość ścianki rury stalowej, wytrzymałość betonu oraz klasa stali konstrukcyjnej. Analizie porównawczej poddano otrzymane doświadczalnie ścieżki równowagi słupów, postaci

zniszczenia elementów oraz wykonane metodą cyfrowej korelacji obrazu odkształcenia płaszcza stalowego w słupach zespolonych. Uzyskane wyniki pozwoliły na walidację zaawansowanego modelu numerycznego wykonanego w programie Abaqus/Explicit, za pomocą którego przeprowadzono liczne analizy parametryczne. W celu dalszego rozpoznania zachowania pokrytycznego stalowych i zespolonych słupów, zweryfikowane modele numeryczne wykorzystano do symulacji uderzenia pojazdem w słupek budynku. Przedstawiono także model analityczny sztywno-plastycznego słupa, służący do obliczania ścieżek równowagi osiowo ściskanych smukłych słupów stalowych o przekroju rurowym.

Przeprowadzone analizy wykazały, że kluczową cechą wpływającą na ciągliwość słupów ściskanych osiowo, jest ich zdolność do rozpraszania energii wymuszenia. Zdolność ta jest tym większa, im większa objętość materiału w elemencie może się pod wpływem obciążenia trwale odkształcić (w przypadku stali) lub skruszyć (w przypadku betonu). Zarówno słupy stalowe, jak i zespolone, rozważane jako elementy wydzielone z całej konstrukcji, wykazują zdolność do przenoszenia obciążeń w pokrytycznej fazie pracy. Dzięki skrupowaniu rdzenia betonowego przez płaszczyznę stalową oraz ograniczeniu lokalnego wyboczenia ścianki przekroju stalowego przez beton, słupy zespolone wykazują większą ciągliwość od swoich stalowych odpowiedników. Ciągliwość osiowo ściskanych słupów żelbetonowych jest niewielka, w porównaniu do słupów stalowych lub zespolonych o porównywalnej nośności.

**Słowa kluczowe:** ciągliwość, ścieżki równowagi słupów, stalowo – betonowe słupy zespolone, CFST, obciążenia wyjątkowe, obciążenia sejsmiczne, przeciążenie.