

O kształceniu studentów wydziałów budowlanych w zakresie konstrukcji sprężonych

Coraz więcej obiektów infrastruktury, centrów handlowych, biurowych, konferencyjnych, budynków mieszkalnych bądź hotelowych jest wznoszonych z wykorzystaniem sprężania betonu. W konsekwencji coraz większa liczba inżynierów uczestniczy w pracach projektowych i wykonawczych, a także nadzoruje tego rodzaju prace. Z tych względów pojawia się konieczność zapewnienia studentom kierunku budownictwo odpowiednich wiadomości już w trakcie studiów. Zakres zajęć związanych z konstrukcjami sprężonymi na poszczególnych uczelniach w Polsce znacząco się różni. Istnieją jednostki, w których studenci zarówno słuchają wykładów, wykonują prace projektowe z wykorzystaniem elementów kablobetonowych i strunobetonowych, uczestniczą w zajęciach laboratoryjnych, jak też uczestniczą w zajęciach praktycznych na budowie w trakcie sprężania konstrukcji. W innych ośrodkach cały zakres zajęć sprowadza się do skrótowego omówienia technologii w ramach przedmiotu „konstrukcje betonowe”. Jednocześnie informacje z praktyki dowodzą, że najprawdopodobniej brak podstawowej wiedzy, świadomości odnoszącej się do tych odpowiedzialnych prac, a także odpowiedniego przeszkolenia technicznego czy też niedoszacowanie wagi różnego rodzaju uchybień dotyczących sprężenia mogą powodować poważne konsekwencje, zarówno w zakresie poprawnego zastosowania tej technologii, jak i wprost w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa konstrukcji.

Rozwijana od ponad pięćdziesięciu lat krakowska szkoła sprężania, która stanowi podstawę działalności Katedry (obecnie Pracowni) Konstrukcji Sprężonych Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej obejmuje także działalność naukową, badawczą, dydaktyczną oraz praktyczną. Zespół pracowników prowadzących tę działalność od wielu lat przyczynia się do rozwoju i propagowania wiedzy m.in. z zakresu projektowania konstrukcji sprężonych według eurokodów, bezpieczeństwa elementów prefabrykowanych, zagadnień reologicznych dotyczących konstrukcji z betonu, pracy płyt na podłożu gruntowym, projektowania sprężonych ustrojów płyto-słupowych, wzmocnienia istniejących konstrukcji przez sprężenie. Dzięki zaangażowaniu pracowników, konstrukcje sprężone zawsze były traktowane na Politechnice Krakowskiej bardzo poważnie i miały swoją odrębność, zarówno w strukturze organizacyjnej, jak i dydaktycznej, stanowiąc niezależny przedmiot kończony egzaminem. Z tego powodu, w pierwszym dniu konferencji naukowo-technicznej „Konstrukcje sprężone KS2015”, będącej częścią obchodów jubileuszowych 70-lecia Politechniki Krakowskiej i 70-lecia Wydziału Inżynierii Lądowej, odbyła się dyskusja panelowa pt. „Kształcenie z zakresu konstrukcji sprężonych” (rysunek).

Profesor *Andrzej Ajdukiewicz* w sposób ogólny przedstawił rys historyczny kształcenia z zakresu betonowych konstrukcji sprężonych na uczelniach technicznych w Polsce. Pierwsze wykłady z tego zakresu rozpoczęły się już na przełomie lat 40. i 50. XX wieku (prawdopodobnie na 4 uczelniach). W trakcie lat pięćdziesiątych, w ramach intensywnego rozwoju tej dziedziny, pojawiły się zarówno pierwsze realizacje mostów sprężonych, jak i podręczniki dla studentów (*Kozak R.*: Strunobeton, 1954; *Kaufman S.*: Mosty sprężone, 1956; *Kluz T.*: Beton kablony, 1956; *Bychawski S.*, *Tyszowiecki J.*: Kablobeton, 1957). W tym



Prezydium konferencji naukowo-technicznej „Konstrukcje sprężone KS2015” podczas dyskusji panelowej

samym okresie pojawiła się w Polsce norma PN-B-03320:1957 „Konstrukcje z betonu sprężonego – Obliczenia statyczne i projektowanie”. Należy wspomnieć, że praktycznie jedyny w Polsce podręcznik z zakresu sprężonych konstrukcji z betonu, autorstwa *A. Ajdukiewicza* i *J. Mamesa*, jest rozwinięciem treści zawartych już w 1966 r. w podręczniku: *Król W.*, *Ajdukiewicz A.*: Konstrukcje żelbetowe, 1966. Tak więc, to parokrotnie wznawiane i powszechnie używane przez studentów kompendium wiedzy już niebawem będzie mogło obchodzić swoje 50-lecie.

Na wstępie prof. *Andrzej Ajdukiewicz* przedstawił zarys programu przedmiotu „projektowanie konstrukcji żelbetowych i sprężonych” w formie, w której jest prowadzony w Politechnice Śląskiej na specjalności „konstrukcje budowlane i inżynierskie”, zarówno w ramach studiów I, jak i II stopnia. Absolwenci studiów inżynierskich w ramach tego przedmiotu, prowadzonego w wymiarze 15 godzin wykładów i 15 godzin ćwiczeń projektowych, oprócz podstawowych informacji wprowadzających do tematyki konstrukcji sprężonych, muszą zapoznać się z wymaganiami stawianymi materiałom stosowanym w tych zaawansowanych konstrukcjach oraz przebiegiem strat siły sprężającej, technologią i projektowaniem konstrukcji strunobetonowych. W ramach studiów magisterskich przedmiot ten obejmuje 55 godzin (25 godzin wykładów i 30 godzin zajęć projektowych). W tym czasie następuje powtórzenie podstawowych informacji ze studiów inżynierskich, głównie o materiałach, stratach sprężenia i konstrukcjach strunobetonowych, prezentacja eksponatów – ciągnięć, zakotwień czy pras do sprężania konstrukcji. Główny ciężar przedmiotu jest położony jednak na zagadnienia technologiczne kablobetonu oraz zaawansowaną analizę pracy tych konstrukcji w różnych stanach obciążenia. Ćwiczenia projektowe obejmują projekt belki kablobetonowej sprężonej ciągniami z przyczepnością lub bez przyczepności.

Po wprowadzeniu przedstawionym przez prof. *A. Ajdukiewicza* rozpoczęła się dyskusja panelowa, poświęcona tematom przedstawionym przez organizatorów konferencji. **Pierwszym zagadnieniem były oczekiwania wobec absolwenta studiów inżynierskich i magisterskich w zakresie umiejętności, wiedzy i kompetencji.**

Zdaniem dyrektora *Antoniego Stabego* (firma STRABAG SA) absolwenci studiów nader często prezentują stan wiedzy, który jest wyłącznie teoretyczny. Znajomość zasad teoretycznych nie oznacza zdolności do prawidłowego zaprojektowania skomplikowanej konstrukcji, w której jest konieczne wykorzystanie złożonych rozwiązań technologii sprężenia. Warte podkreślenia jest także brak wiedzy inżynierów o konieczności rejestracji prowadzonych prac w postaci stosownych protokołów i dzienników. Być może powodem takich sytuacji jest fakt, że wiele informacji o technologii jest przekazywanych w trakcie zajęć nieobowiązkowych, w których duża część studentów decyduje się nie uczestniczyć, a wiedza ta nie jest w późniejszym okresie w pełni egzekwowana. Dodatkowo istnieje duża potrzeba wyrabiania u studentów precyzji języka inżynierskiego. Dyskutant podkreślił wagę praktyki, niezbędnej do koordynowania i wykonania na odpowiednim poziomie złożonych zadań projektowych.

Dyrektor *Piotr Gostawski* (firma INMOST PROJEKT Sp. z o.o.) w swojej wypowiedzi dużą wagę przypisał doksztalcaniu w trakcie pracy zawodowej. Stwierdził, że nie można oczekiwać od absolwenta uczelni technicznej w chwili podjęcia pracy, iż będzie w pełni ukształtowanym inżynierem, lecz odpowiednich podstaw oraz przede wszystkim chęci dalszej nauki. Poruszając temat programów kształcenia na poszczególnych specjalnościach kierunku „budownictwo”, podkreślił konieczność poszerzenia informacji przekazywanych studentom specjalności „technologia i organizacja budownictwa” o tematykę związaną z technologią sprężania. W trakcie studiów należy kształcić z zakresu zasad i metod rozwiązywania sytuacji nietypowych i unikania zagrożeń. Oceniając obecny proces kształcenia na znanych mu politechnikach, wyraził pogląd, że jest on prawidłowy.

Zdaniem prezesa *Jana Piekarskiego* (firma BBR POLSKA Sp. z o.o.), rozmowa o pryncypiach powinna być dostosowana do czasów, których dotyczy i w których jest prowadzona. W obecnym czasie następuje postępująca trywializacja wszelkich technologii, a proces ten dotyczy również technologii sprężania. Dyskutant ceni sobie współpracę z Politechniką Warszawską, a w edukacji inżynierów jego zdaniem należy kłaść nacisk nie tylko na zaprojektowanie stanu docelowego konstrukcji, gdyż najtrudniejsze do przeanalizowania i zaprojektowania są etapy przejściowe.

Doktor inżynier *Wit Derkowski* (Politechnika Krakowska) uznał za najważniejsze, aby studenci rozumieli pracę konstrukcji sprężonych i prawidłowo wnioskowali. Zwrócił uwagę na fakt, że poszczególne uczelnie kształcące na kierunku „budownictwo” mają różne programy nauczania. W Politechnice Krakowskiej – w przeciwieństwie do Politechniki Śląskiej – na studiach inżynierskich nie wprowadzono podziału na specjalności. Absolwent takich studiów ma przede wszystkim uzyskać kwalifikacje w dziedzinie realizacji wszelkich obiektów budowlanych (w tym nadzorowania i zarządzania procesami budowlanymi), zrozumienia zasad pracy konstrukcji sprężonej i podstawową wiedzę z zakresu projektowania prostych konstrukcji. Takie podejście jest spójne z zakresem uprawnień budowlanych, jakie mogą obecnie uzyskać absolwenci studiów inżynierskich (możliwość uzyskania – po odpowiednim okresie praktyki zawodowej – pełnych uprawnień do kierowania pracami budowlanymi i ograniczonych do projektowania konstrukcji). Przy braku wyodrębnienia specjalności, pewne rozróżnienie w przygotowaniu poszczególnych absolwentów uzyskuje się przez wybór przedmiotów związanych z dyplomowaniem. Zatem wszyscy studenci I stopnia na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej muszą ukończyć oddzielny przedmiot „konstrukcje sprężone i prefabrykowane”, w wymiarze 38 godzin (15 godzin wykładów + 15 godzin zajęć projektowych + 8 godzin laboratoriów), w którego ramach są omawiane technologie realizacji konstrukcji z betonu sprężonego i wynikające z technologii

straty siły sprężającej, kwestie materiałowe oraz systemy kotwienia cięgien, a także zasady wstępnego wymiarowania przekroju. Ćwiczenia projektowe dotyczą strunobetonowych kanałowych płyt stropowych. Bardzo ważnym elementem są zajęcia laboratoryjne prowadzone w małych grupach, obejmujące badania stali sprężającej (statyczna próba rozciągania i badanie na przeginięcie), prezentację zakotwień cięgien sprężających (zarówno tych historycznych, jak i współczesnych), cechowanie zespołu naciągowego, badanie obrazujące pracę belki sprężonej kablem bez przyczepności. Studenci studiów II stopnia mają w Politechnice Krakowskiej możliwość wyboru jednej z dwunastu specjalności, przy czym w ramach specjalności „konstrukcje budowlane i inżynierskie” jest przewidziany przedmiot „konstrukcje sprężone i prefabrykowane II” w wymiarze 60 godzin (30 godzin wykładów i 30 godzin zajęć projektowych), a na specjalności „mosty i budowle podziemne” ten sam przedmiot ma wymiar o połowę mniejszy. Studenci poznają dokładne metody projektowania, zasady pracy i konstruowania różnych rodzajów konstrukcji sprężonych, w tym statycznie niewyznaczalnych. W ramach ćwiczeń wykonują projekt wykonawczy belki kablobetonowej, a na kolejnym semestrze projekt dźwigara strunobetonowego zespolonego z płytą żelbetową. Dyskutant podkreślił, że „deklaracja bolońska” podpisana w 1999 r. przez ministrów odpowiedzialnych za szkolnictwo wyższe w Europie, miała na celu zwiększenie prestiżu uczelni europejskich w porównaniu z uczelniami amerykańskimi i przyjęcie systemu porównywalnych stopni i tytułów akademickich. W jej wyniku również w Polsce wprowadzono na prawie wszystkich kierunkach (w tym na „budownictwie”) system studiów dwustopniowych, z możliwością swobodnej zmiany uczelni między I a II stopniem. Choć idea ta jest szczytna, to rodzi sporo problemów – stosunkowo często studenci studiów magisterskich, przychodzący z dyplomem inżynierskim innej uczelni (a czasami z kierunków podobnych) nie mają elementarnej wiedzy z zakresu konstrukcji sprężonych. Rodzi to konieczność powtarzania przynajmniej części treści z nauczania w zakresie I stopnia w ramach czasu przeznaczanego na studia magisterskie. Ujednolicenie programów studiów inżynierskich na wszystkich uczelniach pozwoliłoby wyeliminować konieczność takich powtórzeń. Studenci Politechniki Krakowskiej, którzy są szczególnie zainteresowani tematyką konstrukcji sprężonych, mają dodatkową możliwość wyboru profilu dyplomowania, w którego ramach 90 godzin (45 godzin wykładów i 45 godzin zajęć projektowych) poświęca się zagadnieniom projektowania sprężonych konstrukcji specjalnych i wzmacniania przez sprężanie.

Uczestnik dyskusji dr inż. *Marian Płachecki* (przewodniczący Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej PIIB) stwierdził, że przeprowadzona przez Komisję analiza programów nauczania wykazała braki kształcenia z zakresu konstrukcji sprężonych na studiach I stopnia większości uczelni. Zakres tego przedmiotu w ramach studiów II stopnia jest zróżnicowany. Doktor inżynier *Irena Bobulska-Cholewicka* podkreśliła wagę praktyk, które w przeszłości miały swoje istotne miejsce w programie studiów inżynierskich, a obecnie zostały znacząco zredukowane. Zarówno miesięczna praktyka robotnicza, jak i późniejsze praktyki: geodezyjna, geotechniczno-hydrologiczna i wreszcie inżynierska miały zasadnicze znaczenie w kształtowaniu postawy dojrzałego inżyniera. Profesor *Stanisław Kuś* poruszył kwestię możliwych i niejednokrotnie występujących konfliktów, jakie towarzyszą poszukiwaniu rozwiązań inżynierskich o nietypowych konstrukcjach. Przytaczając przykład dotyczący dyskusji w zespole projektantów na temat kształtowania konstrukcji wsporników obiektu sportowego, podkreślił, że wypracowanie optymalnego rozwiązania często wymaga, poza indywidualnymi kompetencjami projektantów, szerokiej współpracy i dyskusji całego zespołu. Profesor *Kazimierz Flaga* przywołał w swojej wypowiedzi osobę prof. *Wacława Olszaka*, który na przełomie lat 40. i 50. ubiegłego wieku stworzył w Krakowie, początkowo

w Akademii Górniczo-Hutniczej, a później w ramach odłączonych wydziałów politechnicznych, Zakład Naukowo-Badawczy Zagadnień Konstrukcji Wstępnie Sprężonych, który stał się kolebką późniejszego zespołu, pracującego do dzisiaj. W swojej pracy prof. *W. Olszak* stosował i uczył inżynierów zasady postępowania, która łączy odwagę z rozważą. Zdaniem dyskutanta konstrukcje sprężone powinny być ujęte w programach kształcenia jako swoisty elementarz zagadnień, z którymi mogą się zetknąć inżynierowie w swoim życiu zawodowym.

Podsumowujący pierwszą część dyskusji prof. *Andrzej Ajdukiewicz* położył nacisk na włączanie w proces dydaktyczny okresów praktyk. Podkreślił, że tak właśnie powinno się nauczać konstrukcji z betonu. Jego zdaniem, wprowadzona w program studiów na Politechnice Śląskiej jednosemestralna praktyka zawodowa jest z odpowiednią powagą traktowana zarówno przez uczelnię, pracodawców i opiekunów praktyk, jak i przez studentów. W takiej sytuacji kilkumiesięczna praca w odpowiednim zespole przynosi znakomite doświadczenie. Ważną zasadą jest także współpraca prowadzących przedmioty konstrukcyjne z przemysłem, dzięki której studenci w ramach zajęć mogą opracowywać tematy pochodzące z praktyki. W podsumowaniu Profesor wyraził pogląd, że proces kształcenia na studiach inżynierskich, w odniesieniu do konstrukcji sprężonych, powinien dawać ogólne informacje o tych konstrukcjach, podczas gdy w drugim etapie studenci powinni być przygotowani do szerokiego projektowania konstrukcji sprężonych wraz z doбором odpowiednich materiałów.

Druga część dyskusji dotyczyła kwestii sposobu egzekwowania wiedzy zdobywanej przez studentów z zakresu konstrukcji sprężonych – czy powinien funkcjonować wydzielony przedmiot „konstrukcje sprężone” i czy powinien być zakończony egzaminem?

Dyrektor *Piotr Gosławski* odniósł się do informacji, według której studenci specjalności „mosty” niektórych uczelni nie mają egzaminu z zakresu konstrukcji sprężonych i stwierdził, że uważa za niezbędne włączenie takiego egzaminu do programu kształcenia. Z tą wypowiedzią zgodne były również słowa innych dyskutantów, w tym dyrektora *Antoniego Ślabego*, który podkreślił, że w zakresie realizowanych przez jego przedsiębiorstwo kontraktach udział obiektów sprężonych jest znaczny – z obecnie realizowanych 12 obiektów mostowych 11 ma ustroje nośne z betonu sprężonego. Doktor *Wit Derkowski* przypomniał, że w Politechnice Krakowskiej egzekwowanie wiedzy z przedmiotów poświęconych konstrukcjom sprężonym od dawna było realizowane w postaci kilkuczęściowego egzaminu. Postawił pytanie, czy powinniśmy dążyć do tego, aby wszystkie uczelnie w kraju prowadzące studia magisterskie na kierunku „budownictwo” kształciły w zakresie konstrukcji sprężonych, czy też może należy przyjąć, że tylko niektóre będą podejmowały tę tematykę?

Potwierdzeniem przyjętej w Politechnice Krakowskiej zasady podziału tematyki z zakresu konstrukcji sprężonych między poszczególne stopnie studiów były słowa prof. *Robert Kowalskiego*, według którego w programie studiów na Politechnice Warszawskiej zastosowano te same kryteria podziału tematyki zajęć.

Odmienny pogląd zaprezentował prof. *Jan Biliszczuk* z Politechniki Wrocławskiej. Uznał, że większość studentów po opuszczeniu uczelni nie będzie wracać do tematyki sprężania, a tylko 5÷10% inżynierów budownictwa ma w późniejszej pracy kontakt z tą technologią. Dlatego przeładowanie programu studiów tematyką konstrukcji sprężonych, a także skomplikowanych technik obliczeniowych jest niewskazane. W zamian należy większą wagę położyć na nauczanie prostej statyki wraz z dobrym rozumieniem pracy konstrukcji. Pogłębienie wiedzy można zaoferować zainteresowanym inżynierom w ramach studiów podyplomowych.

Doktor *Marian Płachecki* zwrócił uwagę na odpowiedzialność zawodową inżyniera. Absolwent studiów musi bowiem mieć świadomość odpowiedzialności za swoje dzieło. Zwrócił też uwagę na fakt, że niezależnie od programu studiów na danej uczelni wszyscy absolwenci studiów pierwszego i drugiego stopnia w Polsce otrzymują równorzędne dyplomy. Zatem może warto rozważyć utworzenie swoistego rankingu uczelni, który mógłby być wskazówką dla pracodawców, czego od danego absolwenta może on oczekiwać.

Wielu dyskutantów – projektantów, wykonawców, pracowników uczelni, studentów – zgodnie podkreślało wagę praktyk, zarówno w trakcie studiów, jak i zdobywanie praktyki w pracy zawodowej. Zwracali również uwagę na wiele ograniczeń, które nie pozwalają na całkowite wyrównanie programów studiów na poszczególnych uczelniach, w tym na różnice kadrowe i ograniczenia finansowe.

Zabierający w dyskusji głos jako ostatni prof. *Kazimierz Flaga* wyraził pogląd, że wszyscy studenci pierwszego stopnia studiów powinni uzyskać kurs złożony przynajmniej z 15 godzin wykładów i 15 godzin zajęć projektowych, natomiast w trakcie studiów drugiego stopnia studenci w ramach specjalności „konstrukcje budowlane i inżynierskie” oraz „mosty i budowle podziemne” powinni uzyskać dodatkowo przynajmniej jeden semestr wykładów i zajęć projektowych.

Podsumowując sesję, stwierdzono, że wśród dyskutantów panowało generalne przekonanie o konieczności ujednoczenia programów studiów inżynierskich na wszystkich uczelniach kształcących na kierunku „budownictwo”. Wskazane jest wydzielenie przedmiotu poświęconego konstrukcjom sprężonym, kończącego się egzaminem, w ramach którego oprócz podstawowych informacji teoretycznych zasadniczy nacisk będzie położony na praktyczne przybliżenie studentom tej technologii. Najlepsze rezultaty daje bezpośredni kontakt z rzeczywistą konstrukcją. W przypadku studiów II stopnia unifikacja programów nie jest bezwzględnie konieczna. Przygotowanie rzetelnych informacji o poszczególnych uczelniach, w tym o ich zakresie kształcenia na studiach magisterskich, pozwoliłoby zarówno kandydatom, jak i ich przyszłym pracodawcom na dokonanie odpowiednich wyborów.

Autorzy artykułu mają nadzieję, że wyniki tej ważnej w ich ocenie sesji panelowej staną się przyczynkiem do dalszej dyskusji, prowadzonej w różnych zainteresowanych jednostkach i gremiach, a docelowo staną się inspiracją do wprowadzenia wskazanych zmian programów kształcenia inżynierów w Polsce.