

PRAKTYCZNE REGUŁY NAPRAW konstrukcji z betonu

prof. dr hab. inż. Lech Czarnecki
Instytut Techniki Budowlanej

Norma PN-EN 1504 dotycząca napraw konstrukcji betonowych może być traktowana jako zbiór metod praktycznych. Zamierzeniem przyświecającym artykułowi jest wyekstrahowanie tych reguł i w miarę możliwości przedstawienie ich w uproszczonej, bezpiecznie użytecznej formie.

Reguły praktyczne a podstawy naukowe

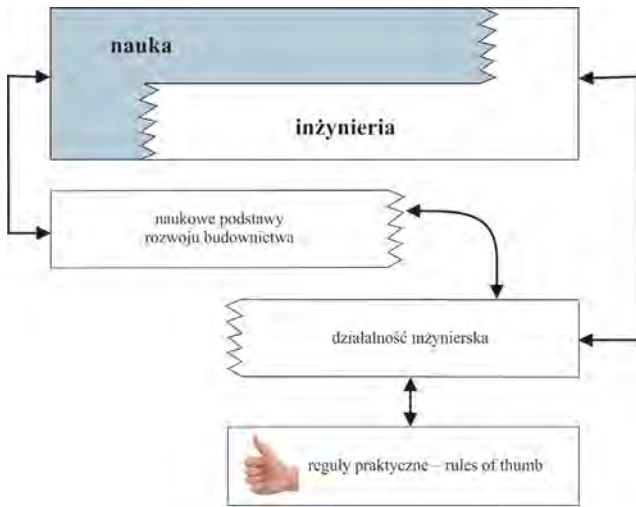
Jak już wspomniano w poprzedniej części, wynikiem przenikania się w dyscyplinie naukowej Budownictwo nauki i inżynierii jest występowanie reguł praktycznych w liczbie większej niż w innych dziedzinach nauki. Jest to również skutkiem faktu, że historycznie w tej dziedzinie inżynieria/rzemiosło znacznie wyprzedziły powstanie nauki. Reguły praktyczne to lapidarnie sformułowane zalecenia („mocne w rzeczy, a łagodne w sposobie sformułowania”), które odwołują się do doświadczenia, stanowią pewne przybliżenie, ale zarazem wykorzystują podstawy naukowe i powinny być z nimi zgodne. Stanowią praktyczne wykorzystanie stwierdzenia, że „lepiej mieć w przybliżeniu rację, niż się dokładnie mylić”. Reguły praktyczne odwołują się również do wiedzy niesformalizowanej, często nieprzekazywanej na studiach, a także do wiedzy eksperckiej – zespołowej wiedzy społeczności inżynierskiej (rys. 4.) – często nieuświadomionej. Reguły te są na świecie katalogowane i na bieżąco wydawane; zazwyczaj pod bezpretensjonalnym tytułem, np. *101 reguł spod dużego palca dla budownictwa* [14–17]. W Polsce w tym względzie odczuwamy pewne skrópowanie i brzmi to bardziej pompatycznie, jak *Fundamenty wiedzy fachowej* [18].

W końcu XX wieku klasycznym paradygmatem zabezpieczenia przeciwwodnego było: *trzy razy papa na lepiku*. Przykłady obecnie wykorzystywanych reguł praktycznych to [3]:

- minimalny wymiar elementu betonowego powinien być co najmniej trzykrotnie większy od maksymalnego wymiaru ziarna;
- każdy technolog betonu może „intuicyjnie” określić podstawowe cechy betonu, znając współczynnik wodno-cementowy w/c;
- jeśli ręka po zanurzeniu w zbiorniku kruszywa pozostaje brudna, to zawartość części ilastych jest zbyt duża;
- dodanie 4 dm³ wody do 1 m³ mieszanki betonowej powoduje:
 - opad stożka zmniejszony o 25 mm,
 - wzrost skurczu twardnienia betonu o 10%,
 - zmniejszenie wytrzymałości na ściskanie o 2 MPa;
- wzrost temperatury otoczenia o 5° to:
 - czas wiązania mniejszy o 30%,
 - zawartość powietrza w betonie zmniejszona o 1%,
 - opad stożka zmniejszony o 20 mm,
 - wytrzymałość na ściskanie mniejsza o 1 MPa;
- każde zwiększenie o 10 kg zawartości cementu w 1 m³ mieszanki betonowej w elementach masywnych powoduje wzrost temperatury „czwartego dnia” o 13 deg.

Naukowy status uzyskały takie reguły praktyczne, jak:

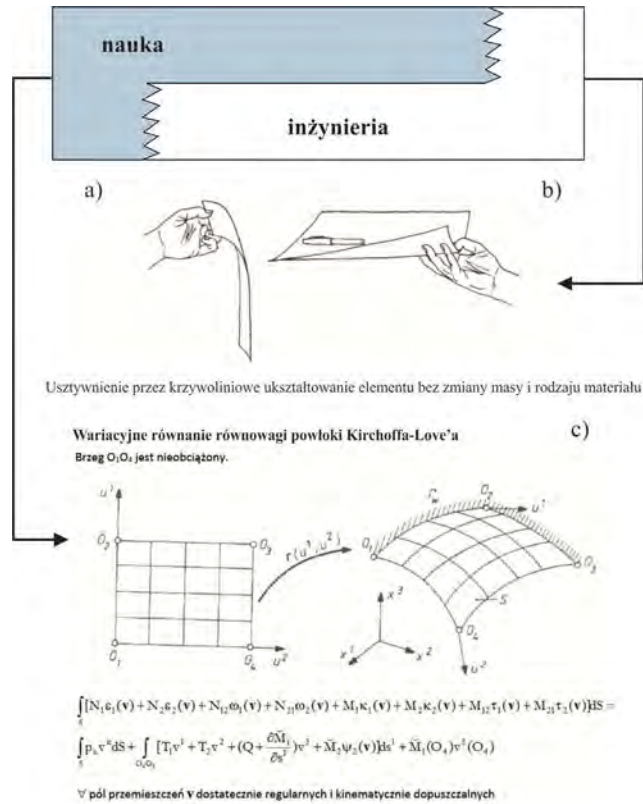
- wzór Bolomey'a (jeśli c/w ≤ 2,5 to: -0,5, a jeśli c/w > 2,5 to: +0,5), gdzie: f_c – wytrzymałość na ściskanie, A – współczynnik zależny od rodziny betonów;
- reguła Arrheniusa, która mówi, że wzrost temperatury o 10° dwukrotnie zwiększa szybkość reakcji chemicznej, np. korozji zbrojenia. Ostatnio reguła ta jest wykorzystywana [19], jakkolwiek nie bez zastrzeżeń [20], do modelowania dojrzałości betonu [21];
- reguła Boyer-Beemana, która mówi, że iloraz temperatury zeszklenia T_g i temperatury topnienia T_i jest wartością stałą, T_g/T_i = const. W dobie CAD i BIM reguły praktyczne są przytaczane z pewnym zażenowaniem. Jest jednakże wiele powodów, aby uważać, że tak zwane PAC – *Probably Approximately Correct*, przypuszczalnie w przybliżeniu poprawna wartość – jest istotna w działaniu inżynierskim, w tym spełnia zdroworozsądkowe funkcje weryfikacyjne [22]. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do studentów i młodych inżynierów, którzy wobec powszechnego stosowania programów komputerowych są zanurzeni w świecie wirtualnym odległym od budowy i budowania. Specjaliści także często nie wnikają w szczegóły „software'u”, który stosują w obliczeniach. Wówczas trudno przecenić znaczenie znajomości *przypuszczalnie w przybliżeniu poprawnej wartości* [23]. Ponadto reguły praktyczne pomagają zachować, a nawet odrodzić intuicję inżynierską oraz zapobiegają „powtórnemu wynalezieniu koła”, a także pomagają utrzymać łączność między nauką i inżynierią, podczas gdy przenikanie nauki i techniki w inżynierii lądowej staje się



Rys. 4. Schematyczne przedstawienie kształtowania reguł praktycznych w obrębie dyscypliny naukowej Budownictwo

coraz bardziej oczywiste. Należy jednakże dodać jeszcze trzy reguły praktyczne ogólnego stosowania:

- aby odnaleźć trafną informację w internecie, należy odrzucić co najmniej dziewięć informacji nieistotnych (zasada 90:10 wg Banerjee);
- zasada 80:20 wg Kocho mówi, że 20% naszych wysiłków przynosi 80% korzyści, jednakże uważa się, że w projektowaniu konstrukcji obowiązuje wg Hyde [24] zasada 5:95 – ostatnie 5% projektu zajmuje 95% czasu.



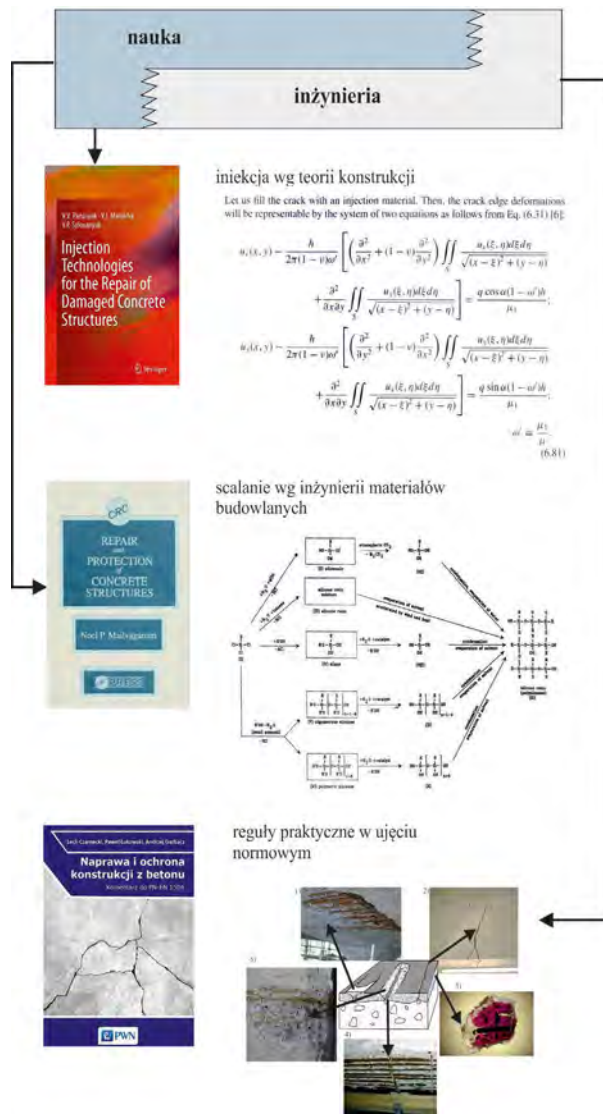
Rys. 5. Ilustracja praktycznej różnicy pomiędzy regułą praktyczną (a, b) [27] a uzasadnieniem naukowym (c) [28]

REKLAMA

Cokolwiek budujesz – my damy niezawodne rozwiązania



SCHOMBURG
Niezawodne rozwiązania.



Rys. 6. Schematyczne przedstawienie przenikania nauki i inżynierii w zakresie problematyki napraw konstrukcji z betonu

Naprawy: ujęcie naukowe versus reguły praktyczne

Reguły praktyczne w budownictwie, a w odniesieniu do napraw w szczególności, mogą być stosowane jedynie przy zachowaniu dużej ostrożności. Reguły praktyczne stanowią tylko przybliżenie, często grube, rzeczywistości, a więc mogą być obciążone dużą niepewnością. Często są formułowane w postaci korelacji statystycznych. Nakłada to konieczność zachowania szczególnej ostrożności, aby uniknąć skojarzeń iluzorycznych, tzn. wykazywania statystycznej istotności mimo braku zależności przyczynowo-skutkowej. W literaturze jest analizowany przypadek [3, 25, 26] kościoła w Zicher, w Belgii. Jest to przypadek, który narusza ogólną zasadę praktyczną, że *jeśli obiekt stoi już 500 lat, to będzie stał następne 500 lat lub w wersji uogólnionej jeśli już tyle stoi, to postoji dwa razy tyle*. Metodą Monte Carlo została przeprowadzona analiza prawdopodobieństwa wystąpienia katastrofalnego uszkodzenia obiektu. Okazało się, że prawdopodobieństwo wystąpienia katastrofy 700-letniego kościoła jest duże. W związku z tym przeprowadzono niezbędne naprawy i wzmocnienia. Na decyzję o naprawie, niezależnie od analizy probabilistycznej, istotny – a nawet decydujący wpływ miał fakt, że wcześniej runęła wieża znajdującego się w pobliżu obiektu kościelnego o zbliżonym wieku.

Technologia przeprowadzania napraw jest konsekwencją – częścią odległą – ustaleń naukowych. W wielu przypadkach łatwo jest dostrzec praktyczną różnicę między regułą praktyczną a wiedzą stanowiącą jej uzasadnienie (rys. 5.). Przykładowo zalecenie usztywnienia elementu przez krzywoliniarne ukształtowanie bez zmiany masy i rodzaju materiału jest intuicyjnie trafne i zawiera się w ramach sztuki inżynierskiej (rys. 5a, b). Naukowe uzasadnienie (rys. 5c) może wykraczać nie tyle poza zrozumienie, co poza umiejętności i możliwości wykonującego naprawy. Wysoce specjalistyczne podejście, jakkolwiek stwarza podstawy naukowe, to jednak nie ułatwia działania na obiekcie. Pokazane przykłady nie pozostawiają w tym zakresie wątpliwości (rys. 6.).

Norma techniczna, w tym dotycząca naprawy betonu, wykorzystuje podstawy naukowe, ale nie tłumaczy przyczyn przyjętych ustaleń, rzadko też podaje podstawy ich przyjęcia. Postanowienia normowe mają charakter nakazowy lub zakazowy. Racjonalne wyjaśnienie przyjętych postanowień wpływa jednak na poczucie profesjonalnego komfortu użytkownika normy i staranność we wprowadzeniu postanowień normowych do stosowania.

Pierwotna wersja artykułu była prezentowana na konferencji „Awarie Budowlane” 2017.

Literatura (do części 2.):

- Czarnecki L., Van Gemert D.: Scientific Basis and Rules of Thumb in Civil Engineering: Conflict or Harmony? Bull. Pol. Ac.: Tech. 64 (4), 665-673, 2016. DOI: 10.1515/bpasts-2016-0075.
- Smith R. and Mobley R.K.: Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers, Butterworth-Heinemann, 2011.
- McAllister E.W.: Pipeline Rules of Thumb Handbook: A Manual of Quick, Accurate Solutions to Everyday Pipeline Engineering Problems, Gulf Professional Publishing, 2015.
- Rajapakse R.A.: Geotechnical Engineering Calculations and Rules of Thumb, Butterworth-Heinemann, 2015.
- Rajapakse R.A.: Pile Design and Construction Rules of Thumb, Butterworth-Heinemann, 2016.
- Fundament fachowej wiedzy. Poradnik projektanta, inżyniera i inspektora budowlanego <http://ptb.dashofer.pl/onb/?>.
- Carino N.J. and Lew H.S.: The maturity method: From theory to application. Proceedings of the 2001 Structures Congress & Exposition, ed. P.C. Chang, American Society of Civil Engineers, 2001.
- Kurdowski W. and Pichniarczyk P.: Problems with the Arrhenius equation in the evaluation of concrete maturity. „Cement Lime Concrete” nr 3/2016.
- Bobrowicz J.: Influence of reduced temperature and admixtures on hydration of cements. „Cement Lime Concrete” nr 3/2016.
- Fisher D.: Rules of Thumb for Engineers and Scientists, Gulf Publishing Company, 1991.
- Arbesman S.: Overcomplicated: Technology at the Limits of Comprehension, Penguin Random House LLC, 2016.
- Hyde J.: Getting chartered: the last 5%, being brunel, www.beingbrunel.com/getting-chartered-the-last-5.
- Verstrynghe E., Schueremans L., and Van Gemert D.: Creep and failure prediction of Diestian ferruginous sandstone: modelling and repair options. Construction and Building Materials 29/2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.10.042.
- Verstrynghe E., Schueremans L., and Van Gemert D.: Long-term behaviour of monumental masonry constructions: assessment methodology and case studies. Bausubstanz, Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege 2/2012.
- Salvadori M.: Why building stand up. The strenght of architecture, W.W. Norton&Company, Inc., 1980.
- Mazurkiewicz Z.: Cienkie powłoki sprężyste, OWPW, 2004.

Abstract: Rules of thumb for concrete construction repair. The necessity and even inevitability of the building repairing has been shown. The repair as a sustainability development has been emphasised. In building activity – in “on site” practice – a lot of rules of thumb are used. Those rules often seems to be far away from a scientific statement, however, they are a consequence of scientific consideration. In this context, the standard PN-EN 1504 could be treated as the set of rules for repair of concrete constructions. However, the standard is in many cases not easy, complicated and seems to be unfriendly to the readers. On this premise, a commentary to the standard has been developed: “Naprawa i ochrona konstrukcji z betonu. Komentarz do PN-EN 1504”; PWN, 2017, by L. Czarnecki, P. Łukowski, A. Garbacz. This paper attempts to formulate rules of thumb for repairs of concrete building constructions. The rules have been briefly presented on the backdrop of science-engineering relation and illustrated with relevant pictures.

Keywords: concrete, construction, repair, protection, rules of thumb, durability, sustainable development, science, engineering