

Przyczyny i metody zapobiegania błędom ludzkim w inżynierskiej działalności budowlanej

Część I: Klasyfikacja i źródła błędów

Dr inż. Krzysztof Kuchta, dr inż. Izabela Tylek, Politechnika Krakowska,
dr inż. Anna Rawska-Skotniczny, Politechnika Opolska

1. Wprowadzenie

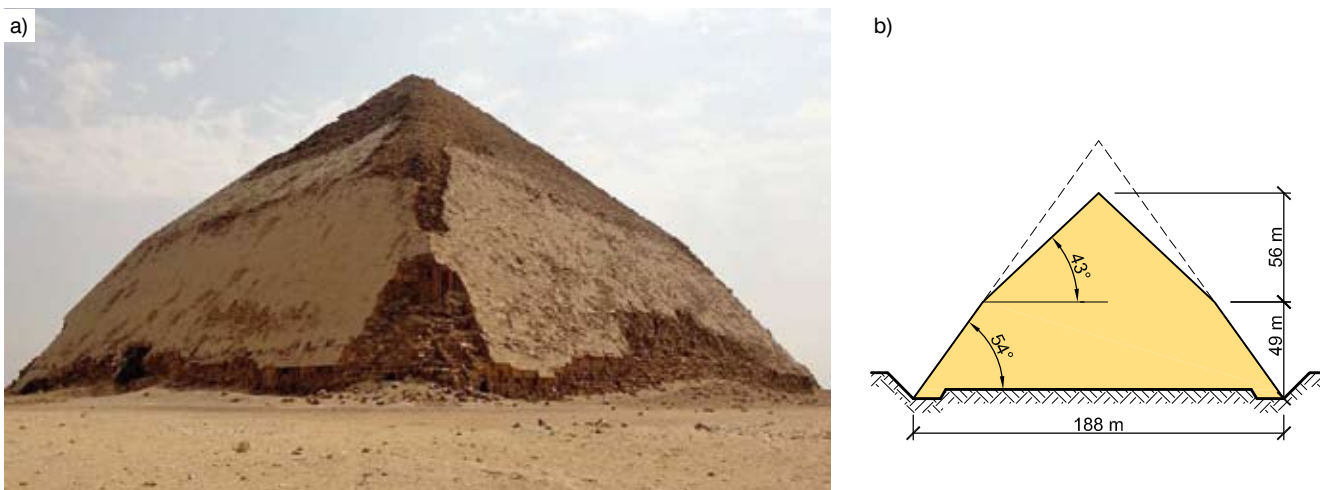
Działalność inżynierska wymaga podejmowania decyzji przy stosunkowo dużym stopniu ryzyka, wynikającym zarówno z niepewności i częstego braku pełnych danych projektowych, jak również z wpisanej w psychologiczną naturę człowieka skłonności do popełniania błędów. Skala budowlanych obiektów inżynierskich oraz szeroki, wieloaspektowy zakres ich oddziaływania na środowisko sprawiają, że decyzje błędnie podjęte przez inżyniera budowlanego mogą mieć poważne konsekwencje finansowe, prawne, środowiskowe i społeczne. Błędy ludzkie są nieuniknione, mogą być one rezultatem zarówno działań, jak i zaniechań człowieka. Do niedawna uważano nawet, że skoro projektant, wykonawca i użytkownik obiektu budowlanego są ludźmi, to wszystkie awarie i katastrofy obiektów budowlanych są pośrednio lub bezpośrednio związane z działaniami człowieka. Autorzy współczesnych opracowań szacują jednak, że błędy ludzkie są przyczyną ok. 70–90% awarii i katastrof budowlanych [10, 14, 17].

Mimo tak dużego wpływu na bezpieczeństwo konstrukcji, prawdopodobieństwo wystąpienia błędów ludzkich nie jest w chwili obecnej uwzględnione w europejskich standardowych procedurach projektowania konstrukcji budowlanych. Niezawodność konstrukcji jest pod tym względem zapewniana poprzez stosowanie zróżnicowanego systemu kontroli jakości, obejmującego projektowanie, wykonanie i utrzymanie obiektów budowlanych [6, 19]. Sprawność i efektywność działania takiego systemu jest więc kluczowa z punktu widzenia zachowania wymaganego poziomu niezawodności konstrukcji budowlanej. Jednak sam system kontroli jakości może nie być wolny od błędów ludzkich. W krajowej i zagranicznej literaturze budowlanej stosunkowo często podejmowana jest tematyka błędów ludzkich popełnianych w trakcie wykonywania konstrukcji, np. [4, 5, 8, 11], przy czym główny nacisk kładziony jest zwykle na opis czysto technicznych aspektów zagadnienia. Nie są jednak znane autorom publikacje krajowe, ujmujące w sposób kompleksowy przyczyny i sposoby zapobiegania błędom ludzkim w budownictwie stalowym.

2. Aspekty błędów ludzkich w inżynierskiej działalności budowlanej

Błędy są częścią życia, mogą one towarzyszyć każdej formie działalności ludzkiej. Ich natura jest złożona, a przyczyny powstawania można opisywać z wielu punktów widzenia; nie tylko technicznego, lecz również: psychologicznego, socjologicznego, organizacyjnego czy kulturowego. Prawdopodobnie z tego powodu brak jest jednoznacznej, uniwersalnej definicji błędu. Zestawienie kilku definicji błędu ludzkiego, istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych, podał m.in. Fröderberg [2]. Błąd ludzki można zdefiniować ogólnie jako wszelkie niezamierzone działania ludzkie prowadzące do niepożądanych efektów. Kontekstowi działalności inżynierskiej dobrze odpowiada definicja Rigby'ego: błąd jest formą działań ludzkich, która przekracza granice akceptowalności [13].

Na błąd ludzki można też spojrzeć z innej, pozytywnej perspektywy. W sposób niezwykle trafny przekazał tę myśl Juliusz Verne ustami głównego bohatera, wydanej w XIX w. – okresie najbardziej dynamicznego rozwoju inżynierii – powieści „Podróż do wnętrza Ziemi”: „Nauka (...) składa się z wielu podobnych błędów, ale należy je popełniać, gdyż prowadzą one stopniowo do prawdy” [16]. Błąd może być zatem wskazówką wytyczającą kierunek drogi prowadzącej do prawidłowego rozwiązania. Iteracyjna metoda „prób i błędów” jest szeroko stosowana w dziedzinie nauk matematycznych czy biologii. Wyciąganie wniosków z analiz katastrof budowlanych pozwala na tworzenie nowych, bezpiecznych, niejednokrotnie nieznanych wcześniej rozwiązań konstrukcyjnych. Świadectwem jednego z pierwszych w historii zastosowań tej metody w budownictwie jest piramida Snofru, wzniesiona w starożytnym Egipcie ok. 2620 r. p.n.e. Jedna z hipotez archeologicznych głosi, że budowniczowie tej piramidy wyciągnęli wnioski z katastrofy, budowanej w tym samym czasie, lecz nigdy nie ukończonej, piramidy w Meidum, pod którą osunął się mało stabilny grunt [7]. Skłoniło to budowniczych piramidy Snofru do redukcji kąta nachylenia ścian piramidy mniej więcej w połowie jej wysokości



Rys. 1. Piramida łamana w Dahszur wykonana z cegły mułowej, a) widok współczesny, fot. Olaf Lausch [23], b) schemat zmiany kąta w czasie budowy wg [7]

z początkowych 54° do 43°, co zmniejszyło jej pierwotnie planowaną wysokość i masę, ograniczając jednocześnie nacisk na podłoże (rys. 1).

Współczesnym przykładem podobnego postępowania jest słynna katastrofa mostu Tacoma w 1940 r. wywołana wzbudzeniem przez wiatr, o prędkości zaledwie 64 km/h, drgań skrętnych zbyt wiotkiej konstrukcji pomostu, co doprowadziło do nieznanej dotąd inżynierom formy zniszczenia konstrukcji. Analiza przyczyn katastrofy umożliwiła po 10 latach przeprojektowanie i odbudowę mostu Tacoma, który jest użytkowany do dzisiaj. Wydarzenie to było historycznym impulsem, który zainicjował powstanie współczesnej teorii aerodynamiki mostów. Potencjalne zagrożenie życia ludzkiego oraz skala i koszt obiektów budowlanych silnie ograniczają celowe stosowanie tej metody w budownictwie. Błąd można więc uważać za specyficzną cenę technicznego rozwoju ludzkości, którą można zapłacić pod warunkiem racjonalnego wykorzystania wniosków płynących z analizy jego przyczyn.

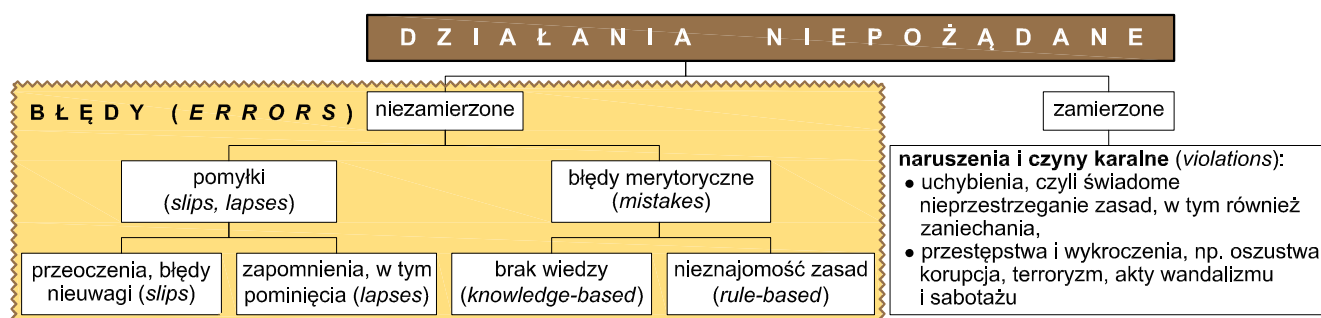
3. Rodzaje i klasyfikacja błędów ludzkich

Błędy ludzkie można usystematyzować na podstawie m.in. przyczyn, skutków czy etapów procesu budowlanego. W literaturze najczęściej przytaczana jest ogólna klasyfikacja Reasona [12]. Ze względu na różnice

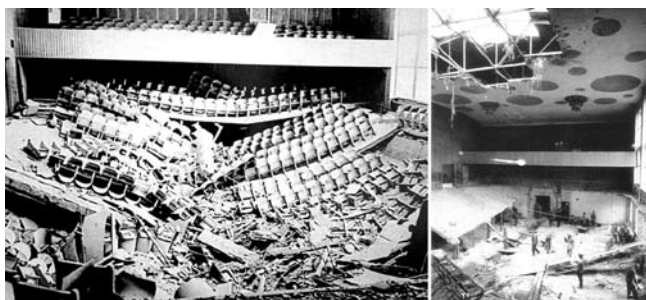
semantyczne, jej wierne przetłumaczenie na język polski nie jest możliwe. Bazując na klasyfikacji Reasona autorzy zaproponowali kategoryzację błędów pokazaną na rysunku 2, podając zarazem alternatywne określenia polskie oraz źródłowe terminy angielskie.

W ogólnej klasyfikacji działań ludzkich błędy stanowią kategorię działań niepożądanych, w obrębie których można wyróżnić: **działania zamierzone** (w pełni świadome, przemyślane i mające określony cel) oraz **działania niezamierzone** (wykonywane niecelowo, odruchowo, pod wpływem chwili). W naszym kraju od chwili zakończenia działań wojennych bardzo rzadko dochodzi do aktów terroryzmu lub sabotażu (rys. 3), którego celem są obiekty budowlane. Jedynie sporadycznie występują przypadki awarii lub katastrof budowlanych będących wynikiem przestępstw (np. wandalizm, kradzież złomu (rys. 4) [11]).

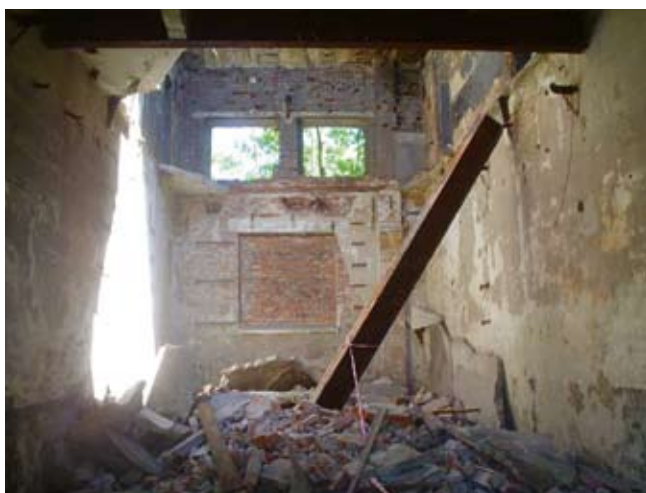
Znacznie częściej w procesach budowlanych mamy do czynienia z zaniechaniami, polegającymi na świadomym nieprzestrzeganiu zasad, zwykle na skutek zaniedbań. W tej grupie mieszczą się również działania wynikające z pejoratywnie rozumianego rutynowego wykonywania zadań. Należy tu przypomnieć, że zgodnie z artykułem 95 ustawy Prawo budowlane [21] osoby wykonujące samodzielne funkcje techniczne w budownictwie, które nie spełniają swoich obowiązków lub robią to niedbale, podlegają odpowiedzialności zawodowej.



Rys. 2. Klasyfikacja błędów ludzkich, opracowanie autorów na podstawie [12]



Rys. 3. Skutki wysadzenia auli WSP w Opolu, 1971 r., fot. Archiwum Główne Uniwersytetu Opolskiego

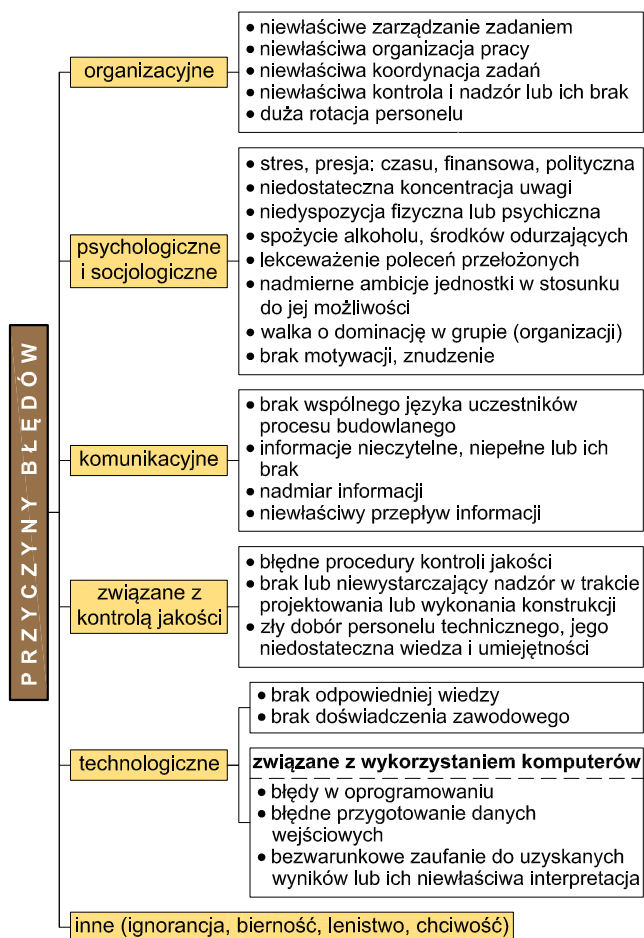


Rys. 4. Strop, który runął na osoby wycinające belki stalowe spod płyty betonowej, fot. z archiwum PIP [22]

W grupie niepożądanych działań nieumyślnych, którą zgodnie z klasyfikacją Reasona stanowią błędy ludzkie, można wyróżnić dwie podgrupy: **pomyłki i błędy merytoryczne**. Pomyłki są błędami, których przyczyną nie jest brak wiedzy lub doświadczenia, lecz ułomność pamięci ludzkiej, podatność na stres, zmęczenie itp. W podgrupie tej można wyodrębnić przeoczenia – inaczej, błędy nieuwagi – oraz zapomnienia wraz z pominięciami.

Błędy merytoryczne są efektem niezrozumienia istoty zjawisk oraz związków i zależności pomiędzy nimi. Ich przyczyny to brak wiedzy oraz nieznanie zasad. Błędy wynikające z braku wiedzy mogą objawiać się tworzeniem nieprawidłowych rozwiązań na podstawie istniejących zasad podstawowych. Błędy powstałe z nieznanie zasad mogą być powodem dokonania złego wyboru z grupy znanych rozwiązań problemu, niewłaściwej oceny sytuacji lub niepoprawnej interpretacji zasad.

Błędy ludzkie w zależności od momentu wystąpienia ich skutków można również zdefiniować jako **jawne i utajone**. Te pierwsze są popełniane zwykle przez ludzi mających bezpośredni kontakt z placem budowy, a skutki ich działania są zauważalne niemal natychmiast. Błędy utajone mogą istnieć w konstrukcji przez



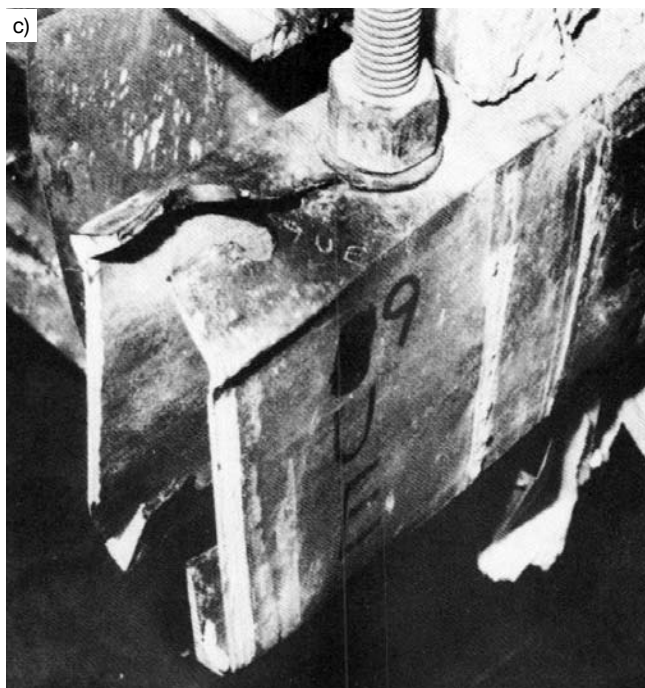
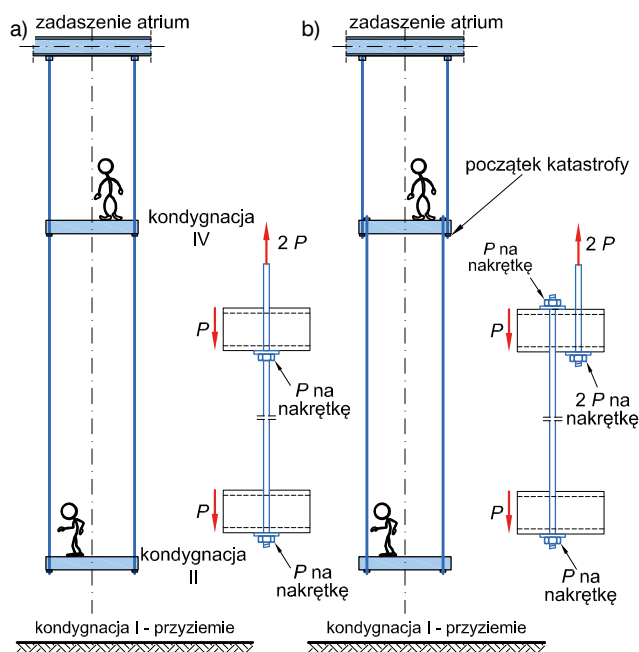
Rys. 5. Klasyfikacja przyczyn powstawania błędów w budownictwie

dłuższy czas i ujawnić się dopiero w określonych okolicznościach [4, 5]. Są one popełniane przez ludzi, którzy nie mogą natychmiast sprawdzić skutków swoich działań (np. projektantów).

Jednym z częściej spotykanych sposobów klasyfikacji błędów w budownictwie jest podział oparty na etapach cyklu życia obiektu budowlanego. Obejmuje on błędy planowania, projektowania, wytwarzania, transportu, montażu, eksploatacji i rozbiórki. Zdaniem autorów podział ten powinien być uzupełniony o błędy w systemie szeroko rozumianego nadzoru i kontroli, którego działanie towarzyszy każdemu z wymienionych powyżej etapów.

4. Przyczyny powstawania błędów ludzkich

Większość katastrof i awarii budowlanych jest efektem splotu przynajmniej kilku czynników inicjujących, które często prowadzą do powstania kolejnych przyczyn lub mogą zwiększyć prawdopodobieństwo ich wystąpienia [2, 9, 10]. Nierzadko w trakcie dochodzenia prowadzonego po katastrofie początkowo wydaje się, że bezpośrednią przyczyną są kwestie techniczne, podczas gdy późniejsza dogłębna analiza wskazuje na problemy związane z systemem zarządzania czy organizacją



Rys. 6. Schemat konstrukcyjny podwieszenia kładki w hotelu Hyatt Regency ilustrujący przyczynę katastrofy: a) według projektu oryginalnego, b) po zmianach wprowadzonych przez wykonawcę, c) efekt nieuzgodnionych zmian – przyczyna katastrofy, fot. NTIS [8]

procesów wykonania konstrukcji. Autorską próbę syntetycznego ujęcia przyczyn powstawania błędów ludzkich w budownictwie, por. [2, 9, 10], przedstawiono w formie diagramu na rysunku 5.

Efektywna organizacja prac jest niezbędna nawet przy najmniejszej inwestycji budowlanej, a realizacja dużych projektów może wymagać współpracy wielu tysięcy ludzi. Ich działanie powinno być oparte na przejrzystych i całkowicie zrozumiałych dla wszystkich uczestników zasadach, a prawidłowe planowanie i zarządzanie projektem oraz organizacja i koordynacja zadań są niezbędne dla właściwego i terminowego zakończenia robót. Zdarza się, że przy zastrzonym reżimie czasowym planuje się równoczesne wykonywanie działań, które z założenia powinny następować sekwencyjnie (np. wykonywanie robót fundamentowych jednocześnie z projektem warsztatowym konstrukcji stalowej). Jakkolwiek taka organizacja prac jest możliwa, to przy braku odpowiedniego nadzoru i dużej liczbie zadań realizowanych równolegle, zwiększa się ryzyko popełnienia błędów, których usunięcie może być bardzo kosztowne. Szczególną uwagę należy zwrócić w takim przypadku na tryb wprowadzania zmian przez uczestników procesu budowlanego. Tragicznym przykładem utraty kontroli nad tą procedurą jest katastrofa budowlana wielopoziomowego pasażu, podwieszonego wewnątrz hotelu Hyatt Regency, do której doszło 1981 r. w Kansas City. Pozornie drobna, lecz nieuzgodniona z konstruktorem zmiana rozwiązania węzła konstrukcji stalowej (rys. 6), doprowadziła do śmierci 114 osób [8].

Błędne decyzje mogą być także skutkiem sposobu funkcjonowania człowieka w zorganizowanej społeczności,

jaką jest firma budowlana. Im większa jest skala tej organizacji, tym więcej niepożądanych zachowań może w niej wystąpić. Negatywnym zachowaniem ludzkim ujawniającym się w takich społecznościach jest nieracjonalne uleganie wpływom osób dominujących w grupie oraz często zwykła zazdrość, która prowadzi do walki o władzę i awanse wewnątrz organizacji. Ryzyko wystąpienia błędu zwiększa się również wraz z wysoką rotacją personelu, zwłaszcza przy presji czasu, gdy nowy pracownik podejmując swoje obowiązki, nie zapozna się wystarczająco dokładnie z dokumentacją, stosowaną technologią lub przebiegiem wcześniej zakończonych etapów robót [2]. Rotacja personelu może być też zjawiskiem korzystnym, jeśli do zespołu pracowników dołączy osoba z dużym doświadczeniem zawodowym, której decyzje wpłyną na poprawę jakości wykonywanych prac.

Silny wpływ na psychikę ludzką ma stres, który może utrudniać lub nawet uniemożliwiać podejmowanie racjonalnych decyzji. Często jego przyczyną jest przeciążenie pracą, będące efektem nierealnych harmonogramów realizacji zadań. Innymi źródłami stresu mogą być konflikty interpersonalne lub problemy życia osobistego pracowników. Człowiek pracujący w warunkach stresu jest bardziej skłonny do podejmowania ryzykownych decyzji lub zbyt optymistycznej i pobłażliwej oceny własnych działań.

Niezbędnym elementem realizacji każdej inwestycji jest efektywna komunikacja między uczestnikami procesu budowlanego, rozumiana jako przepływ informacji w formie ustnej, pisemnej lub graficznej. Problemy związane z porozumiewaniem się w trakcie wspólnej pracy były znane budowniczym już w czasach biblijnych.

Pochodzące z Księgi Rodzaju określenie „wieża Babel” [Rdz 11:1–10 BT] jest współcześnie synonimem chaosu, będącego wynikiem wzajemnego niezrozumienia się na skutek braku wspólnego „języka”. Przykładem takiej sytuacji jest używanie przez architekta lub konstruktora podczas rozmowy z inwestorem sformułowań specjalistycznych, których inwestor nie rozumie w pełni, lub rozumie je błędnie. Powodem problemów komunikacyjnych jest również brak zrozumienia informacji ze względu na jej: nieczytelność, niepełność, niejednoznaczność, zniekształcenie czy wreszcie błędną interpretację. Obecnie zdarza się, że problemy tego typu mogą powstawać nie tyle z braku informacji, co jej nadmiaru, który może przyczynić się do przeoczenia istotnych szczegółów. W skrajnym przypadku może to doprowadzić do „biurokratycznej nieefektywności”, stając się przyczyną nieporozumień i opóźnień w realizacji inwestycji.

Przyczyny błędów, które określono mianem technologicznych, związane są z techniczną wiedzą i środkami wykorzystania tej wiedzy w realizacji inwestycji. Najbardziej powszechną, choć nie jedyną, przyczyną takich błędów jest brak wiedzy, umiejętności lub doświadczenia. Przykładem może być błędne rozwiązanie techniczne, opracowane przez początkującego inżyniera, pracującego bez nadzoru doświadczonego projektanta. Wystąpieniu takiej sytuacji sprzyja złożoność aktualnych europejskich norm projektowych. Potrzeba coraz bardziej ekonomicznego projektowania współczesnych konstrukcji budowlanych oraz rosnące możliwości obliczeniowe, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganego zapasu bezpieczeństwa sprawiają, że normowe formuły teoretyczne są modyfikowane lub zastępowane wzorami stanowiącymi aproksymację wyników badań doświadczalnych. Poprawne zastosowanie tych wzorów wymaga nierzadko właściwej interpretacji, a ich postać czasami utrudnia podstawową formę kontroli, jaką jest autoweryfikacja wykonanych obliczeń.

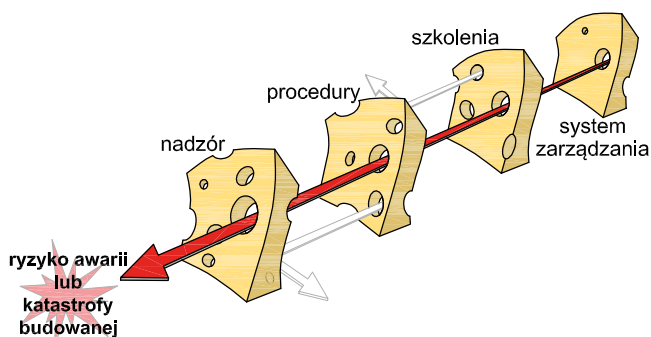
Współczesny nieskrępowany dostęp do ogromnej bazy wiedzy, zgromadzonej w ogólnosiwiatowej sieci internetowej, w zestawieniu z możliwościami, jakie dają nawet standardowe komputery, może sprawiać mylne wrażenie, że człowiek dostosował się do tempa rozwoju technicznego i również jest w stanie szybciej dotrzeć do wiedzy, szybciej ją przyswoić, a następnie efektywnie wykorzystać. Analiza przyczyn awarii i katastrof budowlanych wskazuje jednak, że dostęp do wiedzy i specjalistycznych programów komputerowych nie jest w stanie zrekomensować braku doświadczenia zawodowego w projektowaniu i realizacji obiektów inżynierskich. Komputer wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem pozostaje nadal jedynie wyrafinowanym narzędziem. Jest to narzędzie o ogromnym potencjale, umożliwia ono odrzucenie wielu założeń upraszczających i uzyskanie przez to dokładniejszych rozwiązań, często nieosiągalnych innymi metodami analizy. Jednak wyniki nawet najbardziej dokładnych obliczeń będą błędne, jeśli model lub

wprowadzone dane (obciążenia, właściwości materiału, model konstrukcji) są nieprawidłowe.

5. Kontrola jakości jako strategia zapobiegania błędom ludzkim podczas wykonywania konstrukcji

Konstrukcja budowlana powinna zostać zaprojektowana i wykonana w taki sposób, aby w zamierzonym okresie użytkowania przejmowała wszystkie oddziaływania i wpływy środowiskowe, których pojawienia się można oczekiwać podczas jej wykonania, montażu i eksploatacji. Współczesne wymagania normowe zalecają ponadto, aby konstrukcja nie została uszkodzona nieproporcjonalnie do przyczyny, która uszkodzenie to spowodowała, np. zdarzenie wyjątkowe lub błędy ludzkie. Wymagania te powinny zostać spełnione z zachowaniem odpowiedniego poziomu niezawodności i bez nadmiernych kosztów.

Analiza licznych katastrof i awarii budowlanych wskazuje, że w 10–30% przypadków przyczyną były czynniki naturalne, natomiast za pozostałe 70–90% odpowiadają ludzie, przy czym większość błędów popełniana jest w trakcie projektowania i wykonania konstrukcji [9, 10, 14, 17]. Badania roli człowieka w powstawaniu katastrof oraz wypadków lotniczych przeprowadzone przez Reasona [12] wskazują, że do zaistnienia katastrofy konieczne jest współwystępowanie wielu czynników. Zaproponowany przez niego model tzw. „sera szwajcarskiego” (rys. 7) opisuje działanie wielopoziomowego systemu kontroli. „Plastry sera” obrazują kolejne etapy kontroli, a pojawiające się w nich „dziury” są efektami błędów ludzkich w systemie nadzoru i kontroli. „Dziury” w poszczególnych „plastrach sera” mogą nakładać się na siebie, co umożliwia zaistnienie nieszczęśliwego splotu zdarzeń, prowadzącego do katastrofy. Rozpoznanie potencjalnych zagrożeń jest więc bardzo ważnym elementem analizy bezpieczeństwa konstrukcji, ponieważ pozwala podjąć działania mające na celu zmniejszenie ich niekorzystnego wpływu na obiekty budowlane [14, 18, 19].



Rys. 7. Model Reasona [12] wykorzystywany do analizy katastrof

Obecnie można wyróżnić dwa podejścia związane z uwzględnianiem wpływu błędów ludzkich na proces budowlany. W podejściu pierwszym wpływ ten jest brany pod uwagę poprzez odpowiednie sformułowanie procedur obliczeniowych, np. wprowadzenie wynikającego z obserwacji zwiększonego prawdopodobieństwa zniszczenia konstrukcji, por. [1, 15]. W drugim podejściu jedyną metodą zmniejszania ryzyka występowania błędów ludzkich jest wprowadzenie systemu zarządzania jakością, w tym jej kontroli. Takie podejście zostało zaadaptowane w europejskich przepisach normowych [19], w których wpływ błędów ludzkich nie został uwzględniony w procedurach obliczeniowych metody współczynników częściowych. Wskazano jednak środki zarządzania jakością, które należy podjąć w celu zapewnienia odpowiedniej niezawodności konstrukcji. Wymagany poziom niezawodności konstrukcji (rys. 8) powinien zostać dobrany w zależności od:

- możliwych przyczyn i postaci zniszczenia,
- potencjalnych konsekwencji – w tym zagrożenia życia ludzkiego, strat materialnych i środowiskowych, a także
- reakcji społecznych.

Uwzględnić należy również wysiłek i koszty niezbędne do wprowadzenia procedur mających na celu ograniczenie ryzyka zniszczenia obiektu budowlanego.

W celu różnicowania niezawodności w załączniku B normy PN-EN 1990 [19] wprowadzono trzy klasy konsekwencji zniszczenia (CC1, CC2, CC3) i odpowiadające im poziomy niezawodności (RC1, RC2, RC3). Im większe konsekwencje nieprawidłowego funkcjonowania lub zniszczenia konstrukcji, tym większa powinna być jej klasa konsekwencji [3]. Analogicznie, im większe ryzyko utraty życia, strat materialnych i środowiskowych, tym wyższa powinna być klasa niezawodności konstrukcji. Wpływ błędów ludzkich ogranicza się, zalecając odpowiednią kontrolę procesu projektowania i wykonania konstrukcji. W zależności od przyjętej klasy niezawodności konstrukcji norma [19] wprowadza trzy poziomy nadzoru na etapie projektowania (DSL) oraz

trzy poziomy inspekcji w trakcie wykonania konstrukcji (IL). Konstrukcje o najwyższej klasie niezawodności RC3 powinny zostać poddane tzw. zaostrowemu nadzorowi projektowemu (DSL3), tzn. obliczenia, rysunki i specyfikacje powinny zostać sprawdzone przez inną jednostkę projektową. Podczas wykonywania konstrukcji tej klasy obowiązują również wymagania zaostrowe (IL3), co oznacza, że inspekcje prowadzone są przez stronę trzecią (rys. 8).

Podobne środki kontroli procesu realizacji konstrukcji przewidują obowiązujące krajowe przepisy prawne. Ustawa Prawo budowlane [21] przewiduje trzy stopnie nadzoru nad wykonaniem obiektu budowlanego, w zależności od jego stopnia skomplikowania oraz wpływu na środowisko lub nieruchomości sąsiednie. Zazwyczaj obiekty budowlane podlegające procedurze zgłoszenia właściwemu organowi administracji publicznej mogą być wykonywane bez ustanowienia kierownika budowy, zatem potencjalne błędy popełnione na etapie wykonywania konstrukcji powinny zostać wykryte na podstawie autoinspekcji wykonawcy robót. Podczas realizacji obiektów objętych procedurą uzyskania pozwolenia na budowę wymagane jest już powołanie kierownika budowy. Pojawia się więc dodatkowa osoba, której zadaniem jest ograniczenie ryzyka popełniania błędów. Obiekty, które zostały wymienione w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury [20], podlegają dodatkowo kontroli ze strony niezależnego inspektora nadzoru inwestorskiego, co można uznać za nadzór zaostrowy.

Nadzór nad prawidłowym wykonaniem obiektu budowlanego może również pełnić autor projektu. Ma on prawo wstępu na plac budowy i reagowania, jeśli budowa nie jest prowadzona zgodnie z dokumentacją projektową lub stwarza zagrożenie dla bezpieczeństwa osób bądź mienia. Wyłączne prawo wstrzymania robót/budowy przysługuje jedynie kierownikowi budowy, natomiast zarówno projektant jak i inspektor nadzoru mają prawo zażądać takiego działania wpisem do dziennika budowy.

Klasa konsekwencji zniszczenia		Współczynnik do oddziaływań	Klasa niezawodności		Poziom nadzoru przy projektowaniu	Poziom inspekcji
CC3	wysokie zagrożenie życia ludzkiego lub bardzo duże konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe	$K_{FI} = 1,1$	RC3	wysoka	DSL3 zaostrowy	IL3 zaostrowa
CC2	przeciętne zagrożenie życia ludzkiego lub znaczne konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe	$K_{FI} = 1$	RC2	przeciętna	DSL2 normalny	IL2 normalna
CC1	niskie zagrożenie życia ludzkiego lub nieznaczne konsekwencje społeczne, ekonomiczne i środowiskowe	$K_{FI} = 0,9$	RC1	niska	DSL1 autokontrola	IL1 autoinspekcja

Rys. 8 Zalecane związki pomiędzy klasą konsekwencji zniszczenia a projektowaniem i wykonaniem konstrukcji na podstawie [19]

6. Podsumowanie

Błędy ludzkie są nieodłączną częścią każdego procesu budowlanego, a ich konsekwencje stanowią główną przyczynę katastrof i awarii budowlanych. Źródła błędów tkwią w psychologicznej naturze człowieka i sposobie jego funkcjonowania, zarówno jako samodzielnej jednostki, jak i części organizacji realizującej inwestycję budowlaną. Pozytywnym aspektem błędów ludzkich jest możliwość eliminacji rozwiązań lub działań nieprawidłowych. Znana i stosowana w wielu dziedzinach nauki metoda „prób i błędów” umożliwia znalezienie nieznanego wcześniej rozwiązania problemu, choć jej świadome zastosowanie w budownictwie jest z reguły wykluczone lub bardzo ograniczone.

Wpływ błędów ludzkich na bezpieczeństwo konstrukcji nie jest uwzględniany w procedurach obliczeniowych współczesnych europejskich norm projektowych. Niezawodność konstrukcji zapewnia się w tym zakresie poprzez stosowanie odpowiednich systemów zarządzania jakością. Z tego powodu bardzo istotną kwestią jest poprawne i efektywne działanie takiego systemu. W kolejnych częściach artykułu autorzy przedstawiają przykłady niewłaściwie działającego systemu kontroli i nadzoru w przypadku projektowania i wykonawstwa konstrukcji stalowych, opiszą zaistniałe błędy oraz zaproponują działania i narzędzia usprawniające.

BIBLIOGRAFIA

- [1] De Haan J., Human error in structural engineering. The design of a Human Reliability Assessment method for structural engineering. MSc. TU Delft 2012
- [2] Fröderberg M., The human factor in structural engineering: A source of uncertainty and reduced structural safety. Lund University 2014
- [3] Gwóźdź M., Machowski A., Wybrane badania i obliczenia konstrukcji budowlanych metodami probabilistycznymi, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011
- [4] Hotała E., Rykaluk K., Hotała P., Zagrożenie awaryjne stalowej konstrukcji hali wskutek błędów projektowych i wykonawczych. XXV Konferencja Awaryjne Budowlane 2011

- [5] Kajfasz S., Po katastrofie hali MTK w Katowicach – wybrane problemy i uwagi, Inżynieria i Budownictwo 12/2006
- [6] Kowalski D., Czy przeglądy okresowe obiektów budowlanych są potrzebne? Materiały Budowlane 5/2016, DOI: 10.15199/33.2016.05
- [7] Lipińska J., W cieniu piramid, Ossolineum, Wrocław 2009
- [8] Marshall, R. D. i inni, Investigation of the Kansas City Hyatt Regency Walkways Collapse. Building Science Series 143. National Technical Information Service, Springfield 1982
- [9] Nowak A.S., Collins K.R., Reliability of Structures. Boca Raton, CRC Press. 2013
- [10] Palmisano F, Ratay R., The Practice of Forensic Structural Engineering in IABSE Member Countries: Review of a Survey. IABSE Symposium Report of the IABSE Conference, Geneva 2015
- [11] Rawska A. Margazyn A., Rozbiórki budynków i budowli, WN PWN, Warszawa 2016
- [12] Reason J., Human Error, Cambridge University Press, New York 1990
- [13] Rigby L.V., The Nature of Human Error, Annual Technical Conference Transactions of the ASQC. American Society for Quality Control, USA 1970
- [14] Schneider J., Introduction to safety and reliability of structures. IABSE-AIPC-IVBH, Zurich 2006
- [15] Stewart MG., Modelling human error rates for human reliability analysis of a structural design task. Reliability Engineering and System Safety 36/1992
- [16] Verne J., Wyprawa do wnętrza Ziemi, przeł. Ludmiła Duninowska, wydanie IV, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań 1990
- [17] Vrouwenvelder T, Holicky M, Sykora M., Modelling of human error. Proceedings of the Joint Workshop of COST Actions TU0601 and E55; 2009 wrzesień 21–22; Ljubljana, Slovenia, str. 55–64
- [18] Vrouwenvelder T, Leira B.J., Sykora M., Modelling of Hazards. Structural Engineering International, 2012
- [19] PN-EN 1990. Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji, PKN Warszawa
- [20] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 19 listopada 2001 r. w sprawie rodzajów obiektów budowlanych, przy których realizacji jest wymagane ustanowienie inspektora nadzoru inwestorskiego (Dz.U. 01.138.1554)
- [21] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 1994 r. nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami)
- [22] Materiały informacyjne Państwowej Inspekcji Pracy w postaci odpersonalizowanych protokołów
- [23] Materiały informacyjne serwisu Wikimedia Commons, www.en.wikicommons.org/

HOME
ZONE2017
II edycjaPatroni
medialni:Domo +
WerandaWP
DEKORIAN
HOME.pl

homebook.pl

PRZEGŁĄD
budowlanyDołącz do najlepszych
www.homezone.pl

Laureaci I edycji projektu:

KAN SYSTEM KAN-therm

Elkamino Dom

GERARD
ROOFING SYSTEMS

Joniec

BLACHY
PRUSZYŃSKI

ekopur-system

KRAUSE

TRYTON

NEW
TRENDY