

Stosowanie obciążeń próbnych do oceny stanu technicznego budynków

Prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz, prof. dr Jan Sieczkowski, ITB

1. Wprowadzenie

Obciążenie próbne konstrukcji lub jej części pozwala w sposób stosunkowo łatwy i szybki ocenić stan techniczny obiektów budowlanych. W obiektach nowych wykonuje się je, gdy nośność konstrukcji budzi zastrzeżenia, np. związane z jakością zastosowanych materiałów. Natomiast w przypadku przewidzianej zmiany sposobu użytkowania budynku istniejącego lub w jego diagnostyce, zwłaszcza gdy budynek był wzniesiony wiele dziesiątków lat temu i gdy brak jest dokumentacji projektowej oraz odpowiednich danych – pozwalają podjąć właściwą decyzję w sprawie dalszego użytkowania obiektu.

Obciążenia próbne często są stosowane w konstrukcjach dużych i skomplikowanych, co jest łatwiejsze niż przeprowadzenie obliczeń sprawdzających. Dlatego też są one powszechnie stosowane w mostownictwie oraz geotechnice, zwłaszcza przy badaniu nośności pali, co również wynika z nakazów administracyjnych [N7], a także z przepisów prawnych [N8].

W aktualnych normach PN brak jest zaleceń dotyczących metodyki przeprowadzania obciążeń próbnych oraz kryteriów oceny uzyskanych wyników. Ustalenia dotyczące stosowania obciążeń próbnych zostały usunięte z norm dotyczących projektowania konstrukcji budynków już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Było to związane z przyjęciem kryteriów niezawodności konstrukcji opartych na metodzie częściowych współczynników bezpieczeństwa i wprowadzeniem obciążeń długotrwałych przy sprawdzaniu stanów granicznych użytkowalności.

2. Rodzaje obciążeń próbnych

Obciążenia próbne można podzielić, z uwagi na cel i sposób prowadzenia badań, na trzy rodzaje [3]:

A – sprawdzające, czy konstrukcja wykonana została prawidłowo i zachowuje się zgodnie z założeniami projektu,

B – mające na celu udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy konstrukcja może bezpiecznie przenosić obciążenie przewidziane przez program użytkowy obiektu,

C – podobnie jak w przypadku B, z tym jednak, że ocena nośności konstrukcji następuje na podstawie pomiaru odkształceń jednostkowych materiału, z którego konstrukcję wykonano.

Obciążenia próbne rodzaju A i B praktycznie wykonuje się w sposób identyczny.

Mają one zastosowania wyłącznie do elementów zginanych, o których nośności decyduje maksymalny moment przęsłowy. Obciążenia próbne elementów konstrukcji, o nośności których decydują siły wewnętrzne innego rodzaju, wymagają metodyki stosowanej przy obciążeniach próbnych rodzaju C.

Obciążenia próbne rodzaju B i C mają ten sam cel, natomiast różna jest metodyka przeprowadzania badań. W przypadku braku dokumentacji projektowej badanej konstrukcji, przed przyłożeniem obciążenia próbnego konieczne jest wstępne oszacowanie jej zachowania się pod przewidywanym obciążeniem (sprawdzenie nośności), a w szczególności stwierdzenie, czy o nośności decyduje maksymalny moment zginający w przęśle. Im więcej danych dla takiego oszacowania zbierze ekspert na podstawie wizji lokalnych i ewentualnych próbek materiału pobranego z konstrukcji, tym bardziej to oszacowanie będzie wiarygodne.

Dla konstrukcji z betonu konieczne jest oszacowanie wytrzymałości betonu, która ma istotny wpływ na nośność elementu na ścinanie, a przy dużym stopniu zbrojenia również na zginanie.

Jeżeli badanej konstrukcji grozi nagłe zawalenie się, konieczne jest odpowiednie jej zabezpieczenie przed ewentualnymi skutkami katastrofy.

Obciążenia próbne rodzaju A – badania kontrolne w celu określenia, czy konstrukcja została wykonana zgodnie z projektem

W tym przypadku dostępna jest pełna dokumentacja obiektu, a sprawdzeniu podlegają ugięcia i zarysowania konstrukcji. Podczas badań sprawdza się, czy występuje proporcjonalny przyrost ugięć (ewentualnie innych przemieszczeń) wraz ze wzrostem obciążeń. Jeżeli ugięcia pod pełnym obciążeniem są większe od dopuszczalnych można sądzić, że konstrukcja została wykonana nieprawidłowo. W badaniu mogą wystąpić niewielkie ugięcia trwałe (po zdjęciu przykładanego obciążenia), rozumiane jako opóźnione ugięcia sprężyste zanikające po odpowiednio długim czasie.

Obciążenia próbne rodzaju A są najczęściej stosowane w przypadku badania mostów przed ich oddaniem do użytkowania. Jako obciążenie próbne z reguły przyjmuje się sumę obciążeń charakterystycznych stałego

i zmiennego. Czas, przez jaki obciążenia próbne powinny spoczywać na konstrukcji wynosi ok. 2 h (z uwagi na konieczność dokonania wielu odczytów czas ten trudno ściśle określić), a po tym czasie mierzy się ugięcie trwałe pozostałe po odciążeniu konstrukcji. Kryterium w badaniach mostów jest, aby ugięcie zmierzone (całkowite) było mniejsze od obliczonego oraz aby stosunek ugięcia trwałego do zmierzonego był nie większy niż 0,10 po pierwszym obciążeniu i 0,03 po drugim obciążeniu.

Obciążenia próbne rodzaju B – badania w celu określenia przydatności konstrukcji do zamierzonego użytkowania

Obciążenia próbne rodzaju B stosuje się, gdy brak jest dokumentacji projektowej badanej konstrukcji, a wyniki obciążenia próbnego stanowią podstawową przesłankę oceny przydatności konstrukcji do zamierzonego użytkowania. W takim przypadku nie ma możliwości porównania zbadanych ugięć z obliczonymi. Podstawową informacją służącą do oceny przydatności konstrukcji jest jej zachowanie się pod obciążeniem, tj.:

- wielkość ugięcia pod obciążeniem, do którego odnosi się wartość ugięcia dopuszczalnego, określona przez wymagania użytkowe,
 - oznaki wyjątkowej konstrukcji, przede wszystkim rysy i sprężyste zachowanie się konstrukcji, czyli mała wartość stosunku ugięcia trwałego do całkowitego po podaniu konstrukcji pełnemu obciążeniu próbnemu.
- Pełne obciążenie próbne rodzaju B jest większe niż rodzaju A i zwykle jest to suma charakterystycznego obciążenia stałego i obliczeniowego obciążenia zmiennego.

Bardzo istotny jest pomiar ugięcia pod obciążeniem odpowiadającym zadanej wartości ugięcia dopuszczalnego.

Czas, przez jaki obciążenie próbne ma spoczywać na konstrukcji i czas po upływie którego mierzy się ugięcie trwałe, z reguły ustalany jest indywidualnie. Mogą one wynosić niewiele ponad 30 min, gdy wartość zmierzonego ugięcia całkowitego już się ustabilizowała (czyli przyrost ugięcia w ciągu 10 min jest mniejszy niż 0,2 przyrostu w ciągu poprzednich 30 min), do 24 h. Stosunek ugięcia trwałego do całkowitego nie powinien być większy niż 0,25.

W przypadku konstrukcji, dla której nie ma dokumentacji projektowej obciążenie próbne z reguły nie jest obciążeniem pierwszym, a jest obciążeniem kolejnym, zwykle po bardzo wielu obciążeniach wcześniejszych. Celowość badania powtórnego, gdy w badaniu pierwszym ugięcie trwałe było większe od dopuszczalnego budzi, w tych warunkach, wątpliwości.

Obciążenia próbne rodzaju C – badania w celu określenia nośności konstrukcji

Obciążenia próbne rodzaju C stosuje się zwykle w tych samych okolicznościach jak obciążenie rodzaju B (gdy

brak jest dokumentacji projektowej badanej konstrukcji, a wyniki obciążenia próbnego stanowią podstawową przesłankę oceny przydatności konstrukcji do zamierzonego użytkowania). Różnicą jest możliwość oszacowania obciążenia, pod którym materiał konstrukcji w badanych miejscach osiąga swoją wytrzymałość, czyli oszacowania nośności konstrukcji. Niezbędna jest tutaj znajomość granicy plastyczności stali i wytrzymałości betonu (metody nieniszczące).

Metodyka oceny nośności konstrukcji oparta jest tu na ogólnych zależnościach, określonych przez teorię konstrukcji. Zakres informacji uzyskiwanych z pomiaru odkształceń ogranicza się do przedziału, dla którego można przyjąć, że związek odkształcenie-naprężenie jest liniowy. Obciążenia próbne rodzaju C są – z punktu widzenia teorii – najbardziej obiektywne i poprawne i dlatego powinny być szeroko stosowane.

Przed rozpoczęciem badania niezbędna jest wstępna analiza zachowania się konstrukcji w celu określenia miejsc najbardziej wyjątkowych, w których powinny być mierzone odkształcenia materiału. Procedura badawcza łączy się często z odkrywkami zbrojenia w konstrukcjach z betonu, co stanowi wadę tego rodzaju obciążeń próbnych.

2.1. Obciążenia próbne – badania niszczące

Do oceny przydatności konstrukcji do zamierzonego stosowania niekiedy wykorzystywane są badania niszczące elementów wydzielonych z obiektu lub odwzorowanych w warunkach laboratoryjnych. Elementy te poddawane są obciążeniom próbnym, aż do ich zniszczenia. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań określone są parametry wytrzymałościowe konstrukcji.

Najczęściej przeprowadzane są badania elementów:

- zginanych, ścinanych i skręcanych w celu ustalenia nośności, rysoodporności i sztywności,
- ściskanych w celu ustalenia nośności, stateczności i odkształcalności,
- obciążonych dynamicznie.

Przy ustalaniu programu badań należy, w zależności od określanego parametru, przyjąć schemat statyczny badanych elementów, wielkość modelu (w skali naturalnej lub zmniejszonej), sposób obciążenia (statyczne, długotrwałe, cykliczne, dynamiczne) oraz liczbę badanych elementów. W przypadku elementów prefabrykowanych zaleca się wykorzystywać właściwe dla nich normy wyrobu, które zawierają wymagania dotyczące badań, np. liczności próbek w zależności od badanej cechy, sposób obciążenia elementów i przeprowadzania pomiarów.

3. Zalecenia normowe

Polskie Normy

Zalecenia dotyczące obciążeń próbnych wstępowały już w normie PN-56/B-03260 [N1], ale tylko dla elementów zginanych. Stosuje się jedynie w przypadkach

występowania zastrzeżeń dotyczących bezpieczeństwa konstrukcji, a stopień tego bezpieczeństwa nie może być uzasadniony w sposób teoretyczny [3].

Obciążenia próbne można przykładać nie wcześniej niż po 6 tygodniach od momentu rozdeskowania konstrukcji, po uzupełnieniu obciążenia stałego do wartości przewidzianej w projekcie. Wartość przykładowego obciążenia próbnego wg tej normy wynosiła:

- 140% przewidzianego w projekcie obciążenia użytkowego, gdy jego wartość (w projekcie) była nie większa niż 7 kN/m²,
- 10 kN/m² – gdy obciążenie użytkowe wynosiło od 7 do 10 kN/m²,
- równe obciążeniu użytkowemu, gdy było ono większe niż 10 kN/m².

Obciążenia próbne powinny pozostawać na konstrukcji co najmniej 6 godzin, po czym należało zmierzyć wartość ugięcia i odciążyć konstrukcję, pozostawiając całkowity ciężar stały. Po 6 godzinach od zdjęcia obciążenia próbnego należało zmierzyć ugięcie trwałe. Wynik badania uznawano się za pozytywny, jeżeli stosunek ugięcia trwałego do całkowitego a_{max} nie był większy niż:

- 0,25 – gdy stosunek a_{max}/l (gdzie l – rozpiętość) = 1/1000,
- 0,30 – gdy $a_{max}/l = 1/2000$,
- 0,35 – gdy $a_{max}/l = 1/3000$,
- 0,40 – gdy $a_{max}/l = 1/4000$.

Ogólne zalecenia dotyczących badań próbnych podane są w Eurokodzie dotyczącym podstaw projektowania konstrukcji [N2], gdzie stwierdzono, że „badania mogą być np. potrzebne w celu potwierdzenia założeń przyjętych w obliczeniach”. W załączniku D do tej normy rozróżniono między innymi badania:

- w celu bezpośredniego ustalenia nośności granicznej lub właściwości użytkowych konstrukcji lub elementów konstrukcyjnych poddanych określonym warunkom obciążenia. Badania takie mogą być przeprowadzane np. przy obciążeniach zmęczeniowych lub obciążeniach uderzeniowych,
- kontrolne w celu sprawdzenia rzeczywistego zachowania się konstrukcji lub elementów konstrukcyjnych po wykonaniu, np. do określenia sprężystego ugięcia, częstotliwości drgań lub tłumienia.

Badania nośności mają wykazywać, że nośność konstrukcji lub elementu konstrukcyjnego jest co najmniej taka, jak określono to w obliczeniach. Obciążenie w badaniach zwiększa się do wartości odpowiadającej co najmniej obciążeniu obliczeniowemu dla stanu granicznego konstrukcji. Jest to badanie zwykle stosowane w celu bieżącej kontroli produkcji.

Badania stosowane w celu sprawdzenia zachowania się konstrukcji lub elementów konstrukcyjnych po wykonaniu można zaliczyć do próbnego obciążenia konstrukcji.

Pewne szczegółowe informacje dotyczące dopuszczenia do użytkowania na podstawie badań próbnych

odnoszące się tylko do konstrukcji stalowych podane są w Eurokodzie 3 [N3].

Wielka Brytania

Według normy BS 8110-2:1985 [N5] obciążenia próbne stosuje się w celu sprawdzenia należytej nośności lub użyteczności konstrukcji. Obciążenie próbne powinno być nie mniejsze niż suma obciążeń charakterystycznych, stałego G_k (łącznie z ciężarem własnym badanego elementu) i zmiennego Q_k . Zwykle jednak przyjmowana jest wartość:

$$G_k + 1,25 Q_k$$

lub

$$1,125 (G_k + Q_k)$$

Wynik badania można uznać za pozytywny, jeżeli zmierzone ugięcie pod obciążeniem oraz szerokość rys są mniejsze od dopuszczalnych. Jeżeli ugięcie było większe niż $l_t/1000$ (gdzie l_t – odległość pomiędzy teoretycznymi punktami podparcia), to po zdjęciu powtórnego obciążenia pozostałe ugięcie konstrukcji powinno być nie większe niż po zdjęciu pierwszego obciążenia i nie większe niż:

- 0,25 ugięcia całkowitego – w przypadku elementów żelbetowych,
- 0,15 ugięcia całkowitego – w przypadku elementów sprężonych.

Francja

Normy francuskie nie zawierają ustaleń dotyczących obciążeń próbnych konstrukcji istniejących. Niemniej jednak badania takie mogą być przeprowadzone w przypadku, gdy inwestor wymaga sprawdzenia, czy konstrukcja została wykonana prawidłowo. Wtedy program badań ustala projektant wspólnie z kierownikiem budowy i przedstawicielem nadzoru z ramienia biura ubezpieczeniowego. Wielkość obciążenia próbnego odpowiada zwykle uzupełnieniu do przewidywanego obciążenia stałego i przewidywanego obciążenia zmiennego.

Wymagania dotyczące stosowania obciążeń próbnych mostownictwie, zawarte są w zarządzeniu ministra [N6]. Badaniom powinien być poddany, przed oddaniem do eksploatacji, każdy most o rozpiętości większej niż 20 m. W zarządzeniu [N6] nie podano żadnych wartości granicznych ugięć, ani innych kryteriów oceny, pozostawiając decyzje w tej sprawie inwestorowi.

Niemcy

Po roku 1972, stosowanie obciążeń próbnych ograniczono do przypadków, gdy brakuje dokumentacji projektowej i nie jest znane zbrojenie konstrukcji oraz gdy z innych względów nie można konstrukcji sprawdzić obliczeniowo. W takich przypadkach decyzje dotyczące programu badań podejmowane są wspólnie przez eksperta, przedstawiciela nadzoru budowlanego i inżyniera

budowlanego występującego w imieniu właściciela lub użytkownika obiektu.

Przepisy USA

Wg ACI 318-11 [N4] obciążenia próbne stosuje się w przypadku, gdy nasuwają się wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa konstrukcji lub jej części, związane ze stwierdzoną zaniżoną wytrzymałością materiałów oraz wynikami obliczeń wskazującymi na obniżoną nośność konstrukcji.

Całkowite obciążenie próbne (wliczając ciężar własny konstrukcji i część obciążenia stałego ułożonego przed rozpoczęciem badania) nie powinno być mniejsze niż największe z:

- (a) $1,15 G_k + 1,5 Q_k + 0,4 (Q_{kr} \text{ lub } S_k \text{ lub } R_k)$,
- (b) $1,15 G_k + 0,9 Q_k + 1,5 (Q_{kr} \text{ lub } S_k \text{ lub } R_k)$,
- (c) $1,3 G_k$

gdzie:

G_k – charakterystyczne obciążenie stałe,

Q_{kr} , S_k , R_k – charakterystyczne obciążenie dachu: zmienne, śniegiem i od deszczu.

3.1. Zalecenia dla praktyki

Planując obciążenia próbne konstrukcji, gdy jej nośność lub zgodność z projektem budzi wątpliwości, polegać może – wobec braku aktualnych zaleceń normowych – wyłącznie na wiedzy ogólnej i sztuce inżynierskiej. Decyzje dotyczące programu badań, wielkości obciążeń i kryteriów oceny wyników badań podejmuje projektant konstrukcji – w przypadku obciążeń próbnych rodzaju A lub ekspert – w przypadku obciążeń konstrukcji, dla której nie ma dokumentacji (obciążenia próbne rodzaju B i C). Pierwszym krokiem postępowania powinna być szczegółowa analiza konstrukcji (dostępnej dokumentacji oraz jej inspekcja) połączona z określeniem niezbędnych charakterystyk materiałowych (zwłaszcza wytrzymałości betonu i stali) i geometrycznych (wymiały elementów i ich przekrojów, warunki podparcia, grubości otulin zbrojenia itp.). Pewne wskazówki w tym względzie można znaleźć w literaturze przedmiotu [1], [3], [4], [6].

Wartość obciążenia próbnego powinna być nieco większa niż wartość charakterystyczna przyjęta w projekcie lub przewidziana w przyszłości dla rozpatrywanej konstrukcji. Zakłada się przy tym, że zapas bezpieczeństwa rozumiany jako prawdopodobieństwo osiągnięcia stanu granicznego nie jest większy niż wynika to z normowych wartości częściowych współczynników dla oddziaływań. W takim przypadku ugięcie konstrukcji nie powinno być większe od wartości oznaczającej stan graniczny użyteczności.

Przed badaniami należy ustalić zakres obciążeń, przy których konstrukcja powinna się charakteryzować w pełni odwracalnymi przemieszczeniami, a także miejsca najbardziej wyężone i przewidzieć zabezpieczenia na wypadek ewentualnej awarii lub zniszczenia elementu.

Obciążenia próbne powinny być rozmieszczane w sposób analogiczny, jak przyjęto w dokumentacji, rozłożone możliwie równomiernie z odstąpieniem miejsc najbardziej wyężonych, co umożliwi obserwację ewentualnych zarysowań. Realizując obciążenia za pośrednictwem obciążników, worków czy innych elementów układanych na paletach należy pamiętać o pozostawieniu odstępów między nimi, aby przy ugięciu badanego elementu nie następowało „zaklinowanie” się obciążenia – powstawało przesklepienie.

Obciążenia próbne powinny być przykładane małymi porcjami, każdorazowo z rejestracją ugięć i sprawdzeniem liniowości zależności ugięcie-obciążenie.

W przypadku obciążenia próbnego rodzaju A zaleca się przyjmować:

- obciążenie próbne o wartości nie większej niż przyjęta w dokumentacji suma obciążeń charakterystycznych, stałego i zmiennego,

- ugięcie trwałe powinno być mierzone po ustabilizowaniu się przyrostu ugięć, np. aby przyrost po 10 min nie był większy niż w ciągu poprzednich 30 min,

- kryteria oceny:

- brak widocznych oznak wyężenia konstrukcji – rys nadmiernej szerokości,

- zmierzone ugięcie maksymalne było nie większe niż zadane w projekcie ugięcie dopuszczalne, a przy powtórnym obciążeniu – obliczone ugięcie konstrukcji zwiększone o 10% nie powinno być większe niż ugięcie maksymalne,

- ugięcie długotrwałe powinno być nie większe niż 15% ugięcia maksymalnego konstrukcji żelbetowych lub 10% konstrukcji sprężonych.

W przypadku gdy obciążenie próbne jest mniejsze niż przyjęta w dokumentacji suma obciążeń charakterystycznych, należy odpowiednio skorygować wartości ugięć dopuszczalnych.

W przypadku obciążenia próbnego rodzaju B zaleca się przyjmować:

- obciążenie próbne o wartości równej sumie stałego obciążenia charakterystycznego i zmiennego obciążenia obliczeniowego,

- pomiar ugięcia trwałego – jak w przypadku obciążenia rodzaju A,

- kryteria oceny:

- brak widocznych oznak wyężenia konstrukcji – rys nadmiernej szerokości,

- zmierzone ugięcie maksymalne było nie większe niż zadane w projekcie ugięcie dopuszczalne – jak w przypadku obciążenia rodzaju A,

- ugięcie długotrwałe powinno być nie większe niż 25% ugięcia maksymalnego konstrukcji żelbetowych lub 15% konstrukcji sprężonych; gdy warunki te nie zostały spełnione, przy drugim obciążeniu wartości graniczne mogą być zmniejszone odpowiednio do 15% i 10%.

W przypadku obciążenia próbnego rodzaju C problem oceny przydatności konstrukcji do zamierzonego zastosowania wymaga indywidualnego podejścia

– analizy pracy konstrukcji i ustalenia kryteriów oceny. Prace z tym związane powinny być wykonywane przez wyspecjalizowane zespoły, dysponujące odpowiednim sprzętem i wiedzą.

4. Przykład realizacji obciążeń próbnych – obciążenia próbne stropów w przypadku popełnienia błędów wykonawczych

W budynku o konstrukcji żelbetowej monolitycznej, stropy płaskie o grubości 24 cm oparto na słupach i ścianach nośnych. W trakcie realizacji jednej z kondygnacji, w wyniku niekorzystnych warunków atmosferycznych, popełniono szereg błędów wykonawczych, których naprawa wymagała wykucia i odtworzenia fragmentów stropu. W celu weryfikacji robót naprawczych próbnie obciążono trzy pola stropu [5]:

- nie budzące zastrzeżeń (stanowiło punkt odniesienia dla pozostałych badań),
- wadliwie zabetonowane i następnie naprawione,
- uszkodzone podczas betonowania i następnie naprawione.

Obciążenia próbne realizowano za pomocą basenów napełnianych wodą (budynek znajdował się w fazie realizacji) – rysunek 1.

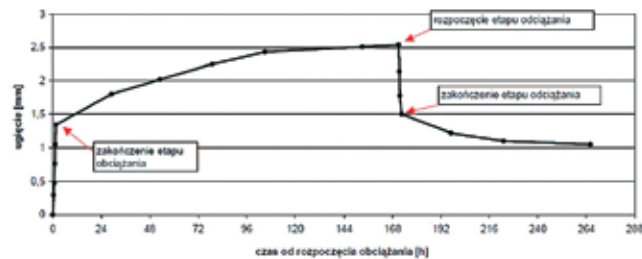
Wielkość obciążenia próbnego stanowiła sumę 90% charakterystycznego obciążenia stałego ponad ciężar własny płyty stropowej oraz charakterystycznego obciążenia zmiennego przyjętego w projekcie konstrukcyjnym. Zmniejszenie obciążeń stałych w stosunku do projektowanych miało na celu uwzględnienie wpływu na wielkość ugięcia w polu obciążanym, braku tych obciążeń w sąsiednich polach płyty stropowej. Czas obciążania i odciążania wynosił ok. 55 minut. Przyjęty czas utrzymania obciążenia wynosił ok. 48 godzin.

Ugięcie przęśla wadliwie zabetonowanego i następnie naprawionego, pojawiające się w fazie obciążania, miało charakter odkształcenia sprężystego. Po zakończeniu obciążania stropu następowało wyraźne „płynięcie” wskaźników ugięcia, które – stopniowo zmniejszając



Rys. 1. Ściana basenu napełnionego wodą, za pomocą którego realizowano obciążenie próbne

tempo – trwało przez 7 dni. W tym czasie ugięcie zwiększyło się niemal dwukrotnie, wciąż jednak zachowując niewielką wartość bezwzględną, o rząd wielkości mniejszą od wartości dopuszczalnej. Po odciążeniu nastąpiło natychmiastowe cofnięcie ugięcia sprężystego, następnie ustąpiło ugięcie sprężyste opóźnione (ok. 4 dni), pozostawiając ugięcie końcowe noszące cechy ugięcia trwałego (rys. 2). W typowych elementach konstrukcyjnych pojawienie się ugięć trwałych świadczy o wystąpieniu naprężeń o znacznych wartościach, jednak w tym przypadku ugięcie to związane było z odkształceniami pojawiającymi się w styku betonu starego i nowego, które ustają po „dopasowaniu się” obu fragmentów konstrukcji. Wartość ugięcia trwałego posłużyła do korekty przyjętych kryteriów oceny, zweryfikowanych badaniami stropu uszkodzonego podczas betonowania i następnie naprawionego.



Rys. 2. Wyniki obciążeń próbnych pola stropu wadliwie zabetonowanego i naprawionego [5]

Konieczne było także sformułowanie kryterium ograniczającego wielkość odkształcenia trwałego w styku betonu starego i nowego. W analizowanym przypadku odkształcenie to wynosiło 1,05 mm, co stanowiło zaledwie 3,7% ugięcia dopuszczalnego.

Przyjęte kryteria pozwoliły na ocenę stanu technicznego naprawianych fragmentów stropu. Mają one także zastosowanie do stropów betonowanych z przerwami roboczymi.

5. Podsumowanie

Obciążenia próbne mogą być stosowane zarówno w budynkach starych, często zabytkowych, dla których z reguły brak jest dokumentacji technicznej oraz informacji o właściwościach materiałów, z których wzniesiona została konstrukcja, jak również w nowych – w przypadku zmiany sposobu użytkowania, sytuacji budzących wątpliwości co do spełnienia stanów granicznych, a także w trakcie budowy – do sprawdzenia prawidłowości wykonania konstrukcji.

Stosując obciążenia próbne należy pamiętać, że o przydatności konstrukcji do użytkowania decyduje nie tylko nieprzekroczenie stanów granicznych nośności, ale także stanów granicznych użyteczności.

Wyznaczenie miejsc przykładania obciążenia próbnego oraz określenie wartości tego obciążenia powinno być

poprzedzone wnikliwą analizą dostępnej dokumentacji technicznej, obciążeń działających na konstrukcję oraz schematów statycznych konstrukcji. Uzpełnieniem tych analiz powinny być wyniki badań próbek lub elementów konstrukcji oraz badań nieniszczących.

Obciążenia próbne najczęściej realizowane są przez ustawienie na powierzchni stropu, przygotowanych uprzednio obciążników, z reguły betonowych (np. elementów drogowych tzw. trylinki), worków z piaskiem lub cementem, pojemników lub wanien z wodą. Mogą też być wykorzystywane układy siłowników i elementów konstrukcyjnych [2]. Do pomiaru ugięć oraz w celu zapewnienia bezpieczeństwa należy stosować rusztowania.

Użycie wody jako obciążenia próbnego jest z wielu względów wygodne, gdyż stosunkowo łatwo jest napełniać i opróżniać zbiorniki oraz kontrolować wielkość i rozkład obciążenia. Wodę można bezpiecznie stosować w obiektach będących w budowie, niewykończonych – nie ma wtedy zagrożenia wystąpienia dużych strat w przypadku awarii instalacji wodnej.

Odległość między układanymi stosami (paletami) elementów stanowiących obciążenie próbne powinna być na tyle duża, aby ugięcia obciążanego elementu konstrukcji nie powodowały blokowania się obciążników (aby nie powstawało przesklepienie). Bezpieczna odległość między stosami elementów wynosi 1,0–1,5 m.

Prawidłowe stosowanie obciążeń próbnych do oceny stanów granicznych nośności i użyteczności zarówno elementów pojedynczych, jak i fragmentów lub całych konstrukcji z reguły pozwala na bardziej wiarygodne oceny w stosunku do analiz opartych na wynikach badań (często nieniszczących) i przybliżonych schematach statycznych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., Diagnostyka konstrukcji żelbetonowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2010, t.1
- [2] Kowalewski J., Obciążenia próbne konstrukcji budynków. Inżynier Budownictwa nr 7/8 2009 r., s. 68-70
- [3] Lewicki B., Obciążenia próbne konstrukcji istniejących budynków. Prace Naukowe Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 1997
- [4] Lewicki B., Ocena na podstawie obciążenia próbnego przydatności istniejącej konstrukcji do zamierzonego użytkowania. XXI Ogólnopolska Konferencja „Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 8-11 marca 2006 r., tom II, s. 203-215
- [5] Runkiewicz L., Szerafin J., Stosowanie badań za pomocą obciążeń próbnych do oceny jakości stropów żelbetonowych. Materiały Budowlane nr 3/2013, str. 45-46
- [6] Runkiewicz L., Sieczkowski J., Obciążenia próbne w diagnostyce budynków. XXX Jubileuszowe Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 2015, t.3, str. 321-340

NORMY, INSTRUKCJE I WYTYCZNE

- [N1] PN-56/B-03260 Konstrukcje żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [N2] PN-EN 1990 Eurokod – Podstawy projektowania konstrukcji
- [N3] PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [N4] ACI 318-11 Building Code Requirements for Structural Concrete
- [N5] BS 8110-2:1985 Structural use of concrete. Part 2: Code of practice for special circumstances
- [N6] Bulletin Officiel du Ministère de l'Équipement et du Logement et du Ministère des Transports – Fascicule Spécial No 72-21 bis – Cahier des Prescriptions Communes, Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art – 1981
- [N7] Zarządzenie nr 35 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z 12 sierpnia 2012 r. w sprawie wprowadzenia zaleceń wykonywania badań pod próbnym obciążeniem drogowych obiektów mostowych
- [N8] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012 r., poz. 463)

Mądry polski budowlaniec po szkodziu

Jak podaje Państwowa Inspekcja Pracy, liczba wypadków na terenie budowy na rusztowaniach tylko w pierwszej połowie 2014 roku wyniosła 57, w tym aż 9 śmiertelnych i 20 ciężkich. Według raportu Państwowej Inspekcji Pracy „Wypadki przy pracy w budownictwie na podstawie kontroli PIP” opublikowanego pod koniec 2014 roku najczęstszymi przyczynami tego typu zdarzeń na budowach był brak lub nieprawidłowe poręcze ochronne, niewłaściwe wypełnienie pomostów roboczych, brak pionów komunikacyjnych oraz brak lub nieprawidłowe kotwienie. Jak wskazują specjaliści, jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest nieprecyzyjność, rozdrobnienie i chaotyczność polskich przepisów w tym zakresie.

Stosowanie rusztowań ochronnych było wprowadzone jako obowiązek już w rozporządzeniu dotyczącym bezpieczeństwa wykonywania robót budowlanych z 1935 roku. Jak pokazywała wieloletnia praktyka, był to najskuteczniejszy sposób zabezpieczenia pracowników

budowlanych przed upadkiem. Zapisy te zostały jednak usunięte z obowiązujących aktów prawnych w 1972 roku. Obecnie kwestie związane z budową i eksploatacją rusztowań są regulowane przez 21 aktów prawnych, takich jak ustawy i rozporządzenia, z których jako najważniejsi eksperci instytucji branżowych zgodnie wskazują Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 6 lutego 2003 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych. Zwracają oni jednak uwagę, że dokument jest nieprzejrzysty i zawiera wiele braków i błędów.

Z inicjatywy Polskiej Izby Gospodarczej Rusztowań oraz Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego podjęto prace w zakresie nowelizacji Rozporządzenia. Miały one na celu opracowanie projektu uwzględniającego interesy całej branży budowlanej. Przygotowana propozycja została już skonsultowana z Państwową Inspekcją Pracy i czeka na rozpatrzenie przez Ministerstwo Infrastruktury.