

1
fot. Archiwum autora

Często zapomniane lub pomijane pola sił

Są takie pola sił, o których często zapominamy zarówno na etapie projektowania jak i wykonawstwa. Najczęściej przypominają nam o nich szkody powstałe podczas eksploatacji budynku lub budowli. Zazwyczaj zaniedbanie uwzględnienia tych pól sił prowadzi do szkód natury estetycznej lub użytkowej, przykładowo wpływać może na zwiększone zamakanie przegród zewnętrznych budynku, powodować stałe przecieki wody atmosferycznej lub wody z gruntu. W szczególnych przypadkach brak szczegółowego rozważenia wpływu tych pól i uwzględnienia ich podczas projektowania może powodować także problemy konstrukcyjne.

Mam na myśli pola sił będące rezultatem wpływów od temperatur i wilgoci. Są to wpływy najczęściej wzajemnie skorelowane i powodujące skurcz i rozszerzanie elementów budowlanych, zarówno w skali lokalnej jak i czasami dotyczące całości budynku lub budowli. Charakteryzują się one wie-

lokrotną zmiennością i ciągłością występowania podczas eksploatacji budynku i budowli. Z tych względów mają one charakter zmęczeniowy i często są przyczyną przyspieszonej degradacji niektórych elementów budowlanych.

Na zdjęciu nr 1 widzimy podniesioną w okolicy dylatacji nawierzchnię z kostki kamiennej na jednym z placów Krakowa. Z dylatacji został wyciśnięty materiał elastyczny. Nie zapomniano więc o zdylatowaniu nawierzchni ze względu na wpływ temperatury, ale pola dylatacyjne okazały się zbyt małe albo przerwa dylatacyjna zbyt cienka, aby przenieść wywołane temperaturą przemieszczenia nawierzchni. Przemieszczenia od wpływu temperatur są stosunkowo duże. Przykładowo, dla zakresu zmian temperatur występujących w Wielkiej Brytanii w mm na 1 m długości dla materiałów jak poniżej przemieszczenia wynoszą [1] :

- ciemna zaprawa 1,1
- beton 1,2
- granit 0,8.

W polskim klimacie różnice temperatur w skali rocznej jak i dobowej bywają często większe niż w Wielkiej Brytanii, więc i przemieszczenia należy uwzględnić większe. Dla konkretnych przypadków najlepiej po prostu policzyć możliwe przemieszczenie od różnicy temperatur.

Elementem elewacji szczególnie podlegającym działaniu pola temperatur są żelbetowe płyty balkonowe. Problemem bywają prostopadłe do powierzchni elewacji pęknięcia tych płyt, będące wynikiem odkształceń w wyniku działania pola temperatur. Jeżeli balkon jest wykonywany jako

2
fot. Archiwum autora

konstrukcja płytowa wspornikowa utwierdzona w ścianie lub wieńcu stropowym, należy te płyty dylatować co 4 m lub w odległościach równych podwójnej długości wspornika. Jeżeli nie chcemy stosować dylatacji, to w kierunku prostopadłym do wysięgu wspornika należy zastosować dodatkowe zbrojenie ograniczające szerokość spodziewanych rys do 0,2 mm. [2]

Inny przykład działania sił pochodzących od wpływu wilgoci i temperatury można zaobserwować na zdjęciu nr 2. Widoczne pęcherze powstały w słoneczny dzień w warstwie starego lepiku po usunięciu starej papy na powierzchni zabytkowego, betonowego, silnie zawilgoconego stropodachu. Wilgoć zawarta w podkładowym betonie pod wpływem wzrostu temperatury zwiększyła swoją objętość, powodując powstanie pęcherzy z lepiku. Pierwotny projekt zakładał wykonanie na tej powierzchni nowego pokrycia z hydroizolacji bezspoinowej, położonej na wyczyszczonej powierzchni betonu stropodachu i zgodnie z zaprojektowaną technologią przylegającej na całej powierzchni do podłoża. Taki rodzaj pokrycia w krótkim czasie doprowadziłby do analogicznej jego destrukcji, jak pokazano na zdjęciu nr 2. Ostatecznie ze względu na zagrożenie od wilgoci i temperatury na pokrycie stropodachu przyjęto materiał rolowy, który tylko miejscowo został zamocowany do podłoża. Z użyciem kominków wentylacyjnych zwentylowano przestrzeń pomiędzy pokryciem rolowym a ciągle mokrym betonem stropodachu.

Korelacje działania pól temperatur i wilgoci związane z sezonowymi procesami zamrażania i rozmrażania wody zalegającej w zewnętrznym elemencie budowlanym oraz jego okresowe silne podgrzewanie latem prowadzi w przypadku ściany murowanej do destrukcji uwidocznionej na zdjęciu nr 3. Zimą, zalegająca w elemencie budowlanym woda, zamarzając, zwiększa swoją objętość i niszczy strukturę materiału, w którym zalega, a latem do podobnego zjawiska dochodzi podczas silnego ogrzania elementu i ciśnienia zawartej w nim parującej wilgoci. W Polsce zimą liczba cykli przejść temperatury powietrza przez 0°C może być większa niż 100 w zależności od regionu. Dodatkowo silnie nasłonecznione elementy budowlane mogą być rozmrażane nawet w ujemnych temperaturach powietrza, co może powodować zwiększenie lokalnej liczby cykli zamrażania-rozmrażania o 50% [3]. Na zdjęciu nr 3 skorelowane działanie pól wilgoci i temperatury doprowadziło do miejscowej destrukcji tynku, zaprawy murarskiej i cegieł. Destrukcją został objęty cokół kamienicy. Z kolei na zdjęciu nr 4 widać coraz bardziej zaawansowaną destrukcję farby i tynku elewacyjnego. Dzieje się to poniżej miejsca połączenia pomiędzy narożem ściany kamienicy (z lewej strony) a niższym od niej murem (z prawej strony). Zarówno cokół jak i miejsce ze zdjęcia nr 4 należą do tych obszarów, które w sposób szczególny podlegają destrukcyjnemu wpływowi omawianych w artykule pól. Podczas projektowania takie obszary winny być wyodrębnione, a sposób ich zaprojektowania i wykonania szczególnie przemyślany. W trakcie trwania robót budowlanych jest na szczególne przemyślenia zazwyczaj zbyt mało czasu, aczkolwiek kierownik budowy i inspektor nadzoru także na takie miej-



foto: Archiwum autora

sca powinni zwrócić szczególną uwagę. W przypadku cokołu jednym z lepszych rozwiązań jest wykonanie okładziny z kamienia jak na zdjęciu nr 5. W drugim z omawianych przypadków należało rozważyć wykonanie obróbki blacharskiej na styku naroża kamienicy z przyległym murem. Jak widać na zdjęciu nr 4, powyżej przyległego muru nie występuje taka destrukcja elewacji kamienicy, jak poniżej przyległego muru.

W budownictwie XXI wieku coraz więcej pojawia się w budynkach i budowlach termoizolacji. Płyty termoizolacyjne o różnej twardości i przenikalności cieplnej znajdują się w ścianach, płytach balkonowych i tarasowych, dachach, płytach układanych na gruncie itp. Często chronią w przegrodach zewnętrznych elementy budynków przed polem temperatur, a zwłaszcza spowalniają jego wpływ w czasie. Przykładem jest ochrona hydroizolacji (pokrycia dachowego) stropodachu wykonanego w systemie odwróconym warstw (czyli w układzie od spodu w górę np.: konstrukcja stropu, hydroizolacja, termoizolacja, flizelina, żwir) przed polem temperatur i szybkim jego zmianom. Z drugiej strony w przypadkach kiedy płyty termoizolacyjne występują w balkonach lub pod innymi płytami



foto: Archiwum autora



fol. Archiwum autora



fol. Archiwum autora

betonowymi lub żelbetowymi wystawionymi na zewnętrzne wpływy atmosferyczne, z ostrożnością należy podchodzić do zwyczajowego maksymalnego wymiaru pola dylatacyjnego podawanego w literaturze. Termoizolacja pod płytą żelbetową może np. wystarczająco istotnie zaburzać odpływ ciepła do warstw poniżej płyty i należy wtedy rozważyć zmniejszenie pól dylatacyjnych, zwiększenie

grubości przerw dylatacyjnych itp. w stosunku do wielkości przyjmowanych zwyczajowo.

Szczególnym i powszechnym przykładem stosowania termoizolacji jest lekka mokra metoda docieplenia ścian budynków. Prawie wszystkie technologiczne zabiegi związane z aplikacją tej technologii, oprócz zabezpieczenia się przed ssaniem wiatru, związane są z unikaniem niekorzystnych wpływów związanych z temperaturą i wilgocią. Ułożona na warstwie termoizolacji zbrojona siatką modyfikowana zaprawa jest ciągle poddawana wpływowi temperatury i wilgoci. Można na tę warstwę spojrzeć jak na wyjątkowo cienki zbrojony beton poddany wpływom od temperatury i wilgoci z zablokowaną od spodu przez termoizolację (w znacznym stopniu) możliwością odpływu ciepła pochodzącego od nasłonecznienia do ściany. Troska, z jaką należy wypełnić wszelkie ewentualne pustki w termoizolacji pod wyjątkowo ciekim ustrojem konstrukcyjnym, stanowiącym wykończenie elewacji, też jest związana z maksymalnym zabezpieczeniem wpływu pola wilgoci i temperatury na warstwę pokrywającą termoizolację. Ze względu na efekt karbu, który potęguje wpływy od wilgoci, temperatury i ssania wiatru w narożach okien i drzwi stosuje się dodatkowe zabezpieczenia z siatki, jak przedstawiono na zdjęciu nr 6.

Do cienkich powłok na bazie cementu należą także modne ostatnio tzw. szlamy, czyli zaprawy, które mają powierzchnie zewnętrzne zabezpieczyć, zwłaszcza przed wpływami wody atmosferycznej. Producenci prześcigają się w podawaniu, jakiej to szerokości rysy będą przenoszone przez proponowany przez nich szlam. Pamiętać jednak należy, że podłoże pod szlam musi być należycie zabezpieczone, ponieważ wpływy od wilgoci i temperatury są „bezlitosne”. Można to zaobserwować na zdjęciu nr 7. Parapet zewnętrzny pod warstwą szlamu nie został odpowiednio przygotowany. Widoczne w nim pęknięcie stało się miejscowym źródłem przyspieszającym destrukcję, zabezpieczającej w założeniu, powłoki wykonanej ze szlamu.

Szczególne problemy wynikające z nieuwzględnienia pól wilgoci i temperatury i związanego z nimi skurczu i pęcznienia elementów budowlanych występują w tych częściach budynków i budowli, w których funkcja konstrukcyjna dla jednego



fol. Archiwum autora

elementu jest połączona z funkcją zapewnienia szczelności przeciwko przenikaniu wody. Dotyczy to zwłaszcza konstrukcji żelbetowych, zarówno płyt fundamentowych, piwnicznych ścian fundamentowych wykonanych w technologii betonu wodoszczelnego jak i stropów żelbetowych, gdzie założono, że konstrukcja żelbetowa płyty jest wodoszczelna. W przypadku żelbetu dodatkowe problemy są związane z polami wilgoci i temperatur wynikającymi z procesu dojrzewania betonu, w tym ze skurczami będącymi rezultatem dojrzewania betonu, a nie tylko wpływem pól wilgoci pochodzenia atmosferycznego, które omawiałem powyżej. Szczególnie ważne są dla tych przypadków warunki dojrzewania konstrukcji żelbetowej. O ile w przypadku konstrukcji ścian fundamentów obustronne szalowanie zapewnia stosunkowo stabilne warunki dojrzewania betonu, o tyle dla stropów stabilność dojrzewania zapewnić o wiele trudniej. Dlatego stropy żelbetowe najbezpieczniej, mimo ich wykonania w technologii betonu wodoszczelnego, z założenia ochronić dodatkową hydroizolacją. Oczywiście szczególnie ważne jest dla żelbetu wodoszczelnego przeliczenie konstrukcji żelbetowych na wpływy od temperatury i wilgoci, a także stosowanie odpowiedniego podziału na pola dylatacyjne wraz ze stosowaniem na dylatacjach profesjonalnych i sprawdzonych rozwiązań, co przedstawiono na zdjęciu nr 8. Oczywiście bezwzględnie zastosowanie mieszanki betonowej o technologicznie odpowiedniej wodoszczelności, zazwyczaj minimum W8.

Także praca konstrukcji żelbetowych w okresie eksploatacji powinna być bardzo szczegółowo przemyślana, jeżeli żelbet ma być szczelny. Ściany żelbetowe piwnic schowane w gruncie mają z punktu widzenia działania skorelowanych pól temperatur i wilgoci sytuację bardziej komfortową niż stropy ponad poziomem terenu, spełniające rolę tarasu lub dachu. W szczególnie trudnych warunkach pracują górne płyty wielopoziomowych parkingów o odsoniętych ścianach, których spód podlega zmianom temperatury i wilgoci wynikającym z panujących warunków zewnętrznych. Zmieniające się w czasie wpływy temperatury i wilgoci zarówno w górnej, otwartej na wpływy atmosferyczne powierzchni płyty jak i różnice wil-



8

fol. Archiwum autobra

CHEMIA DLA BUDOWNICTWA



1

Sulfonowane żywice melaminowo-formaldehadowe do produkcji domieszek chemicznych do betonu i zapraw cementowych.

2

Domieszki upłynniające w formie stałej do produkcji suchych mieszanek budowlanych.

www.silekol.pl



9

fol. Archiwum autora

goci i temperatury pomiędzy górną i dolną częścią płyty stwarzają konieczność szczególnej uwagi podczas projektowania. Zarówno podczas zestawiania obciążeń jak i konstruowania poszczególnych elementów budowli trzeba przemyśleć wpływ temperatury i wilgoci oraz wynikające z tego kurczenie się i rozszerzanie się wszystkich warstw płyty. Podział na pola dylatacyjne, odpowiednia ilość zbrojenia przeciwskurczowego, a także przemyślenie wszelkich detali, np. odprowadzających wodę z górnej powierzchni płyty, muszą być przemyślane i jednoznacznie określone w projekcie (zdjęcie nr 9). Ze względu na szczególnie silne współdziała-

nie wszystkich elementów (warstw) górnej płyty parkingu otwartego przy skorelowanym wpływie pól temperatury i wilgoci praca każdego elementu i warstwy musi być przemyślana. Zaniedbanie jednego elementu czy warstwy, np. sposobu mocowania barier do płyty czy zbrojenia w okolicy otworów w płycie żelbetowej, może zniweczyć trud projektanta. Szczególne znaczenia nabiera także rzetelność wykonawcza podczas prowadzenia robót budowlanych i doświadczenie zespołu wykonującego i nadzorującego realizację obiektu. Z powyższych względów lepiej jest jednak dla płyt pełniących rolę stropodachu, tarasu czy parkingu zaprojektować dodatkową hydroizolację, najlepiej z materiału rolowego (np. papa z asfaltem modyfikowanym SBS, membrana z EPDM).

W niniejszym artykule omówiłem jedynie pobieżnie niewielką część problemów i przykładów związanych ze skorelowanym oddziaływaniem pól temperatury i wilgoci. Jednak nawet ta nieliczna ilość omówionych krótko przykładów pokazuje, że problemy wynikające z zaniedbania oddziaływania tych pól są widoczne, wpływają istotnie na stan użytkowania budynków i budowli, a mogą także w niektórych przypadkach przesądzać o spełnieniu przez element nośności konstrukcji (zdjęcie nr 10). Projektowanie i wykonawstwo budowlane odbywają się dzisiaj w Polsce w bardzo dużym pośpiechu. Warto jednak znaleźć chwilę na rozważenie miejsc w projektowanym obiekcie, które w sposób szczególny podlegają wpływom od temperatury i wilgoci. Może to ustrzec przed dużą stratą czasu i pieniędzy w przyszłości.

**inż. Paweł Bałos
Kraków**

Literatura:

- 1 Allen W., *Envelope Design for Buildings*, Architectural Press
- 2 Schild E., Oswald R., Rogier D., Schweikert H., Schnapauff V., *Słabe miejsca w budynkach. Tom I. Dachy płaskie, tarasy, balkony, Arkady*
- 3 Rusin Z., *Technologia betonów mrozoodpornych*, Polski Cement

10



fol. Archiwum autora