

HISTORIA WZMOCNIENÍ I NAPRAW ŹELBETOWEGO STROPU NAD GARAŻEM

MARTA KAŁUŻA, *Marta.Kaluza@polsl.pl*

JAN KUBICA

JACEK HULIMKA

Katedra Inżynierii Budowlanej, Politechnika Śląska

Streszczenie: W referacie przedstawiono historię wzmocnień i napraw żelbetowej płyty stropu nad garażem, pełniącej jednocześnie funkcję parkingu. Od chwili wykonania płyta wykazywała szereg uszkodzeń, będących efektem poważnego błędu wykonawczego i skutkujących koniecznością wykonania wzmocnień konstrukcyjnych. W trakcie eksploatacji obiektu dochodziło, i nadal dochodzi, do powstawania drobnych uszkodzeń, zagrażających trwałości konstrukcji i pogarszających jej estetykę. Niestety, na opisaną sytuację nakłada się dość niefrasobliwe podejście zarządcy obiektu, ignorującego zalecenia dotyczące napraw i przeglądów, a następnie żądającego przedstawienia cudownych recept przywracających pełną świetność konstrukcji.

Słowa kluczowe: żelbetowa konstrukcja płytowo-słupowa, rysy, niedobór nośności, wzmocnienie, materiały kompozytowe CFRP.

1. Krótki opis konstrukcji

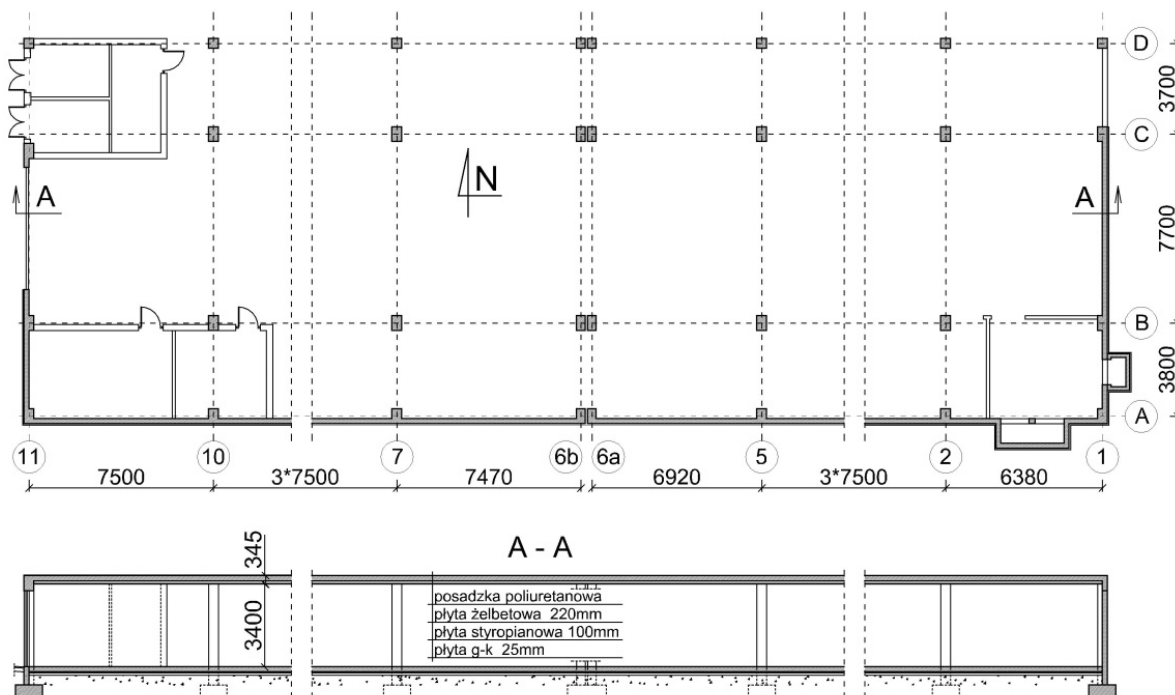
Przedmiotem referatu jest żelbetowa konstrukcja parkingu, wchodzącego w skład obiektu biurowo-usługowego zlokalizowanego na terenie Górnego Śląska, w pobliżu autostrady A4. Newralgiczną częścią obiektu jest żelbetowa płyta stropowa, będąca stropodachem podziemnej kondygnacji garażu i równocześnie pełniąca funkcję naziemnego parkingu dla samochodów osobowych (rys. 1). Konstrukcja „parkingo-garażu” została zaprojektowana i wykonana jako monolityczny ustrój płytowo-słupowy, z dodatkowym oparciem stropu na ścianach, na części obwodu (rys. 2). Ściany te pełnią równocześnie funkcję ścian oporowych. Północną krawędź obiektu przylega do budynku biurowo-usługowego (stanowiąc całość funkcjonalną z usytuowanym tam podziemnym garażem), lecz konstrukcyjnie obydwie budowle są od siebie w pełni oddylatowane.



Rys. 1. Widok płyty parkingu naziemnego wraz z przyległym budynkiem biurowo-usługowym

Płytę stropu nad garażem wykonano o średniej grubości 0,22 m. Jest ona podzielona szczeliną dylatacyjną na dwie części, różniące się jedynie wymiarami zewnętrznych pól (rozstawem słupów w skrajnych polach).

Wymiary zewnętrzne wschodniej części płyty, ograniczonej osiami 1–6a, wynoszą 35,80×15,20 m, natomiast w części zachodniej (pomiędzy osiami 6b–11) 37,47×15,20 m. Uproszczony schemat konstrukcji płyty, wraz z oznaczeniami osi i podstawowymi wymiarami, pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Uproszczony schemat konstrukcji

Sposób podparcia płyt jest zróżnicowany. W osiach wewnętrznych jest ona podparta na słupach – bliźniaczych przy dylatacji. W osi zewnętrznej przylegającej do budynku biurowo-usługowego strop podparty jest na słupach, a w pozostałej części obwodu na ścianach żelbetowych z pilastrami, których układ odpowiada siatce głównych osi konstrukcyjnych.

Słupy wewnętrzne i zewnętrzne (poza osią przy budynku) wykonano jako prostokątne, o przekroju 0,40×0,60 m (0,35×0,60 m w przypadku słupów przydylatacyjnych). Słupy w osi D, sąsiadującej z budynkiem głównym, mają przekrój kwadratowy 0,40×0,40 m.

Od strony dolnej płytę żelbetową ocieplono warstwą styropianu o grubości 0,10 m, przyklejonego bezpośrednio do żelbetu i osłoniętego płytami gipsowo-kartonowymi. Górna powierzchnia płyty (parking) wg projektu zabezpieczona została cienkopowłokową posadzką epoksydową ułożoną bezpośrednio na betonie konstrukcyjnym.

Odwodnienie powierzchni parkingu przewidziano w postaci spadków ukształtowanych bezpośrednio w elemencie nośnym. Niestety, rzeczywiste nachylenia są zbyt małe, a na części powierzchni skierowane w stronę budynku.

2. Problemy konstrukcyjne – uszkodzenia i naprawy (do roku 2009)

Już w 2002 r., a więc niedługo po oddaniu budynku do użytkowania (co miało miejsce w 2001 r.), doszło do powstania licznych zarysowań, widocznych na górnej powierzchni płyty

stropowej. Z dokumentacji archiwalnej wynika, że powstała wówczas ekspertyza techniczna (nieznana autorom), lecz nie skutkowała ona wykonaniem jakichkolwiek napraw lub wzmocnień.

Bezpośrednio po przejęciu obiektu przez nowego zarządcę, w 2008 r., wykonana została, tym razem przy współudziale autorów referatu, kolejna ekspertyza stanu technicznego płyty parkingowej. Przyczyną jej zlecenia był znaczny przyrost liczby rys i zwiększenie ich rozwarcia.

W ramach prac przeprowadzono dokładny przegląd uszkodzeń widocznych na górnej powierzchni płyty, natomiast oględziny dolnej powierzchni, oklejonej płytami styropianowymi, ograniczone były do fragmentów udostępnionych (odsłoniętych) przez zarządcę obiektu (wyznaczone przęsła i strefy podporowe). Układ i szerokość rozwarcia rys zinventaryzowano na podkładach konstrukcyjnych, jednocześnie z inwentaryzacją geodezyjną górnej powierzchni płyty. Układ zbrojenia rozpoznano metodą skanowania magnetycznego, a grubość otuliny potwierdzono w odwiertach rdzeniowych (wykonanych w celu określenia wytrzymałości betonu).

Szerokość rozwarcia rys w strefach podporowych dochodziła lokalnie do 1,2 mm, a w przęsłach nie przekraczała wartości 0,3 mm.

Otulina zbrojenia głównego w przęsłach (dolnego) była zgodna z wymaganiami normowymi, natomiast zbrojenie nadpodporowe (górne) miało otulinę rzędu 130 mm, to jest usytuowane było w dolnej połowie grubości płyty (rys. 3). Sytuację taką stwierdzono nad wszystkimi słupami wewnętrznymi. Ponadto, w większości przęseł nie wykonano konstrukcyjnego zbrojenia górnego.



Rys. 3. Widok próbki walcowej z górnej części płyty; widoczne zbrojenie podporowe

Bazując na rzeczywistym układzie zbrojenia i danych wytrzymałościowych z badań betonu wykonano obliczenia statyczno-wytrzymałościowe, na podstawie których oceniono nośność stropu na zginanie i na przebicie w strefach podporowych.

Na podstawie wyników opisanych wyżej badań i obliczeń sformułowano następujące wnioski:

- zarysowania płyty obserwowane w obszarach podporowych miały w większości wyraźne cechy zgięciowe, o czym świadczył ich układ (rys. 4), zmienna (zanikająca) szerokość rozwarcia na grubości płyty oraz przyrost rozwarcia wywołany zwiększeniem obciążenia; część rys miała cechy termiczno-skurczowe,

- rysy widoczne w obszarach przęsłowych miały charakter termiczno-skurczowy, o czym świadczył ich układ, fakt przechodzenia przez całą grubość płyty oraz wyraźne uzależnienie szerokości rozwarcia od warunków termicznych,
- warunki nośności płyty stropu na zginanie były z zapasem spełnione w przekrojach przęsłowych, natomiast w przekrojach podporowych (nad słupami) stwierdzono niedobory nośności sięgające 50%, co spowodowane było wadliwym usytuowaniem zbrojenia; oczywiście, na skutek częściowej redystrybucji, rzeczywisty rozkład momentów zginających uległ zmianie, co skutkowało zmniejszeniem niedoborów nośności w strefach podporowych,
- obliczenia na przebicie płyty bez zbrojenia poprzecznego wykazały niedobór nośności w granicach 5%; tak nieznaczne przekroczenie nośności obliczeniowej uznano za dopuszczalne.



Rys. 4. Rysy promieniste widoczne nad słupem

Ograniczone zarysowania są oczywistym zjawiskiem w konstrukcji żelbetowej, jednak w omawianym przypadku zarówno liczba rys, jak i ich znaczne rozwarcie spotęgowane zostały wadliwym (zbyt głębokim) umiejscowieniem górnego zbrojenia w obszarach płyty nad słupami. Obliczenia uwzględniające rzeczywiste położenie zbrojenia wykazały, że nośność płyty w strefach podporowych była przekroczona nawet pod obciążeniem wynikającym z ciężaru własnego konstrukcji. Tym samym, wprowadzenie obciążeń eksploatacyjnych w sposób oczywisty spowodowało gwałtowny przyrost zarysowań. Fakt, że nie doszło do zniszczenia konstrukcji zawdzięczać należy jedynie zapasom rzeczywistej nośności, wynikającym z wymagań normowych przy przyjmowaniu obciążeń oraz cech materiałowych betonu i stali zbrojeniowej, a także – zapewne – częściowej redystrybucji momentów zginających.

W opisanej sytuacji w trybie natychmiastowym zalecono wyłączenie stropu z eksploatacji i wykonanie konstrukcyjnych wzmocnień pozwalających na odtworzenie wymaganej nośności konstrukcji. Zarysowania sklejo siłowo-epoksydową żywicą iniekcyjną, a strefy podporowe płyt dozbrojono przy użyciu systemowych taśm zbrojonych włóknami węglowymi, wklejonych w układzie krzyżowym w powierzchniową warstwę betonu (po sfrezowaniu i wyrównaniu systemowymi zaprawami typu PCC, jak to pokazano na rys. 5). Dodatkowo, taśmy wklejono także w strefach przęsłowych pozbawionych zbrojenia górnego. Wszystkie taśmy zabezpieczono warstwą zaprawy naprawczej typu PCC.



Rys. 5. Naklejanie taśm CFRP na górną powierzchnię płyty

Po wykonaniu wzmocnień dobrano cienkowarstwową posadzkę poliuretanową, układaną bezpośrednio na żelbetowej płycie. Zastosowanie znacznie korzystniejszego w danych warunkach układu wielowarstwowego o większej grubości (umożliwiającego przy okazji właściwe ukształtowanie spadków odwadniających) było niemożliwe, bowiem poziom płyty stropowej parkingu był identyczny z poziomem posadzki parteru w budynku biurowym.

Wskazane prace zostały wykonane latem 2009 r. Po ich wykonaniu zalecono prowadzenie stałych kontroli stanu konstrukcji, wiosną i jesienią.

Bezpośrednio po ukończeniu ekspertyzy, przed przystąpieniem do jakichkolwiek prac, przedstawiono zarządcy obiektu alternatywne rozwiązanie, w postaci wyburzenia istniejącej konstrukcji parkingu i odtworzenia jej na podstawie niezależnego projektu. Z analizy ekonomicznej wynikała opłacalność takiego rozwiązania w perspektywie wieloletniej eksploatacji obiektu, lecz zostało ono odrzucone z uwagi na konieczność doraźnego zainwestowania większych środków finansowych.

3. Stan konstrukcji po roku 2009

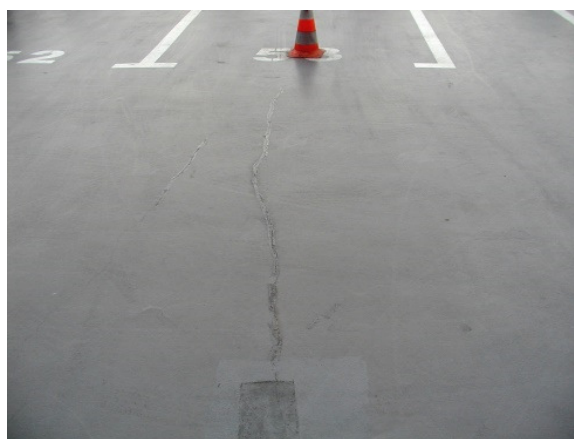
W styczniu 2010 r. odnotowano bardzo silny wstrząs górniczy, który spowodował szkody w budynku głównym (wybrzuszenie płytek w głównym holu, pęknięcia szyb elewacji) oraz wyraźne przesunięcia pionowe i poziome w liniach szczelin dylatacyjnych w budynku głównym i garażu. W tym samym czasie, w bardzo bliskim sąsiedztwie budynku powstawał wysoki biurowiec, z silnie rozbudowaną kondygnacją piwniczną. W trakcie jego wznoszenia prowadzone było dynamiczne zagęszczanie gruntu w wykopie, skutkujące transmisją drgań o znacznej intensywności. Dość silne drgania przenoszone były także z budowy ekranów dźwiękochronnych wzdłuż sąsiadującej z budynkiem autostrady.

We wrześniu 2010 r., to jest po kilkunastu miesiącach od wykonania wzmocnień i remontu płyty stropu nad parkingiem, na posadzce zaobserwowano drobne zarysowania. Firma wykonująca opisane wcześniej prace na bieżąco naprawiała pojawiające się rysy, aby zabezpieczyć ciągłość posadzki i uniknąć zawilgocenia betonu. W miejscach koncentracji drobnych rys wykonywano nowe fragmenty posadzki (łaty).

Pojawienie się i rozwój zarysowań skutkowało zleceniem kolejnej opinii technicznej (wrzesień 2012 r.), celem której było ustalenie przyczyn ich powstania i sformułowanie zasad dalszego postępowania w celu utrzymania właściwego stanu technicznego konstrukcji. W wyniku szczegółowego przeglądu konstrukcji sformułowano wówczas następujące spostrzeżenia i wnioski:

- obserwowane rysy przebiegały prostopadle do dłuższej krawędzi płyty i zlokalizowane były jedynie w obszarach międzysłupowych (rys. 6),

- obraz rys na górnej powierzchni płyty dokładnie odpowiadał zarysowaniom widocznym w odkrywkach na dolnej powierzchni płyty; rysy miały zatem charakter skrośny, przecinając całą grubość płyty,
- powyższe fakty oraz fakt pokrywania się widocznych rys z rysami skurczowymi obserwowanymi w 2008 r., świadczyły o ich termiczno-skurczowym charakterze; potwierdzało to także wyraźne uzależnienie szerokości rozwarcia rys od panującej temperatury i nasłonecznienia,
- wpływ na intensyfikację zarysowań, zwłaszcza drobnych, miały opisane wcześniej oddziaływania dynamiczne,
- wypełnienia (łaty) wykonane zostały przy użyciu nieodkształcalnego materiału, co skutkowało pęknięciami na styku łączonych materiałów, a w efekcie postępującym odspajaniem się posadzki (rys. 7),
- wypełnienia nacięć wychodni naprawianych rys wykonane były z wyraźnym wybrzuszeniem, co także skutkowało odspajaniem się posadzki (rys. 7),
- w miejscach nowopowstałych zarysowań posadzka poliuretanowa pękała pomimo relatywnie niewielkiego (do 0,3 mm) rozwarcia rys.



Rys. 6. Rysy na górnej powierzchni płyty (w tym na wcześniej wykonanych naprawach)



Rys. 7. Przykłady uszkodzeń w miejscach napraw (opis w tekście)

W ramach prowadzonych prac, autorzy opracowania przeforsowali (z trudem) wykonanie otworów rewizyjnych w styropianie, założenie reperów i wykonanie bazowego pomiaru ugięć dolnej powierzchni poszczególnych pól płyty. Pomierzone przemieszczenia były w chwili ich

wykonania jedynie stanem odniesienia do analiz zachowania się płyty w dalszym okresie eksploatacji.

Obserwowane zarysowania nie zagrażały bezpieczeństwu użytkowania obiektu, gdyż, jak opisano wyżej, ich układ na powierzchni i przebieg na grubości płyty wyraźnie wskazywał na charakter termiczny. Trzeba mieć świadomość, że płyta parkingu usytuowana jest po południowej stronie budynku, co naraża ją na bardzo silne nagrzanie wskutek nasłonecznienia. Jednocześnie, zimą nie jest ona osłonięta przed wiatrem, przez większość czasu wiejącym z kierunku zachodniego. Tym samym jest ona narażona na bardzo duże zmiany skrajnych temperatur, a w efekcie na znaczne odkształcenia termiczne, ujawniające się w postaci zmiany szerokości rozwarcia istniejących zarysowań skośnych.

Zarysowania obserwowane wzdłuż styków napraw z oryginalnym materiałem świadczyły o złym doborze materiału naprawczego, bowiem wprowadzenie w naciętą wychodnię rysy sztywnego wypełnienia musiało skutkować jego wykruszaniem. Działo się tak dlatego, że skośne rysy zachowywały się jak dodatkowe szczeliny dylatacyjne.

Zastosowana na płycie posadzka poliuretanowa zgodnie z danymi producenta była zdolna do zmostkowania rys o szerokości rozwarcia do 3 mm, a w karcie technicznej można było znaleźć zapis w stylu: bardzo wysoka zdolność do mostkowania pęknięć podłoża przez elastyczność lub gwarantowana wydłużalność posadzki 400%. Tymczasem, ulegała ona zarysowaniu już nad rysami o rozwarciu 0,3 mm. Fakt ten można jednak bardzo łatwo wytłumaczyć. Po pierwsze, parametry materiału posadzkowego badane są zgodnie z odpowiednimi normami, a te wymagają określania parametrów mechanicznych na próbkach o określonym kształcie (paski lub „wioselka”) i w określonej temperaturze (zwykle +20°C). W takich warunkach wąskie pasmo materiału z możliwością swobodnego przewężenia na długości zachowuje się całkowicie inaczej niż cienka warstwa, związana ze sztywnym podłożem betonowym i na dodatek silnie oziębiona (niestety, szerokość rys osiąga wartość maksymalną przy najniższej temperaturze). Po drugie, trzeba mieć świadomość, że wydłużalność o 400% oznacza czterokrotny przyrost długości początkowej (a więc, w tym przypadku, początkowej szerokości rozwarcia rysy). Tym samym, w miejscu nowopowstałej rysy o początkowej szerokości rozwarcia 0,0 mm możliwy do zmostkowania posadzką przyrost rozwarcia wynosi $4 \times 0,0 = 0,0$ mm. Oczywiście, powyższe wywody są nieco przerysowane, należy mieć jednak świadomość, że parametry posadzek zawarte w ich kartach katalogowych nie mogą być wprost utożsamiane z zachowaniem się materiału po wbudowaniu go w rzeczywistym obiekcie.

Podstawowym zaleceniem autorów było wykonanie poprawnych napraw wszystkich zarysowań (zarówno wcześniej naprawianych, jak i nowoobserwowanych), przy użyciu środków pozwalających na możliwie swobodne wzajemne przemieszczenia oddzielonych rysami fragmentów konstrukcji, przy jednoczesnym zapewnieniu ochrony zarysowań przed wnikaniem wody, pary wodnej i szkodliwych czynników korozyjnych. Warunki takie najlepiej spełniają typowe wypełnienia dylatacyjne, wprowadzone do odpowiednio opracowanych wychodni rys. Z uwagi na niekorzystne warunki zewnętrzne (wstrząsy górnicze, wykopy, drgania komunikacyjne) zalecono wykonywanie szczegółowych przeglądów konstrukcji (co pół roku, w okresie wiosennym i jesiennym), obejmujących inwentaryzację ewentualnych uszkodzeń i pomiar przemieszczeń dolnej powierzchni płyty, co umożliwi ocenę przyrostu ewentualnych uszkodzeń lub deformacji.

Niestety, przez kolejne dwa lata zarządca obiektu nie zlecił wykonania jakichkolwiek prac naprawczych, a także nie dokonał zaleconych przeglądów i pomiarów. Pod koniec 2014 r., w związku z wyraźnym pogorszeniem wyglądu płyty parkingowej (wskutek licznych odspojień posadzki wzdłuż rys) zarządca budynku zwrócił się z pytaniem o sposób dalszego postępowania, a w tym o sformułowanie technologii naprawy posadzki. Niestety, brak jakiegokolwiek

kontroli obiektu przez ponad dwa lata (w tym niewykonanie zaleconych przeglądów i inwentaryzacji) spowodował niemożność sformułowania zaleceń naprawczych bazujących na obserwacjach z 2012 r. Propozycja autorów, określająca zakres prac umożliwiających ocenę aktualnego stanu konstrukcji, a w efekcie odpowiedzialne sformułowane zaleceń wykonawczych pozostała niestety bez echa.

4. Podsumowanie

Przedstawiony w referacie przypadek jest dość oczywisty, porusza jednak parę problemów, z którymi coraz częściej spotkać się można w praktyce eksperckiej.

Pierwszym z nich jest banalność popełnianych błędów, a jednocześnie ich niewspółmierność do skutków. Brak właściwego ustabilizowania górnego zbrojenia nad podporą, skutkujący niewłaściwą jego lokalizacją, a w efekcie zmniejszeniem ramienia sił wewnętrznych w przekroju jest prostym błędem, niesłuchanie łatwym do uniknięcia, a właściwa stabilizacja zbrojenia nie pociąga za sobą jakichkolwiek kosztów. Tymczasem skutek takiego błędu nie jest już błahy, składają się nań bowiem ogromne koszty wzmocnień, konieczność czasowego wyłączenia obiektu z eksploatacji i ciągnące się latami kłopoty z kolejnymi naprawami. Następny, pozornie drobny błąd, to niewłaściwe zaprojektowanie zbrojenia konstrukcyjnego, skutkujące intensyfikacją rys skurczowych, prześladowanych przez lata użytkownika obiektu. Błędem (tym razem architektonicznym) jest też przyjęcie zbyt wysokiego poziomu górnej powierzchni parkingu, skutkujące niemożnością zastosowania rozbudowanych posadzek i trudnościami z prawidłowym odprowadzeniem wody.

Drugim z problemów jest „swobodne” podejście części użytkowników/zarządców budynków do zaleceń zawartych w opracowaniach eksperckich. Dość typowym zachowaniem jest tutaj bowiem wieloletnie ignorowanie zaleceń dotyczących napraw, przeglądów lub pomiarów, a następnie żądanie opracowania wytycznych pozwalających na szybkie, tanie i skuteczne zlikwidowanie efektów wieloletnich zaniedbań.

Trzeci problem, to bezkrytyczna wiara w dane techniczne materiałów z zakresu chemii budowlanej, zamiast realnego spojrzenia, bazującego na znajomości podstawowych zasad fizyki. Dotyczy to nie tylko posadzek (jak w opisanym przypadku), ale także szeregu innych materiałów, kiedy to cechy badane w warunkach laboratoryjnych utożsamiane są wprost z zachowaniem się materiału po wbudowaniu go w rzeczywisty obiekt.

I wreszcie czwarty problem, jakim jest niechęć do podejmowania radykalnych decyzji, tłumaczona ich doraźnie wyższymi kosztami. W przedstawionym przypadku wyburzenie wadliwie wykonanej konstrukcji i jej prawidłowe odtworzenie byłoby rozwiązaniem docelowo tańszym i pozwalającym na uniknięcie ciągnących się latami kłopotów.

A HISTORY OF STRENGTHENING AND REPAIR WORKS OF REINFORCED CONCRETE SLAB ABOVE THE GARAGE

Abstract: In this paper the history of strengthening and repair of reinforced concrete floor slab located above the garage, serving also as the parking space is presented. Since execution of the slab a number of cracks were observed. The damages were resulting from serious executive errors and causing the necessity of structural strengthening of the object. Some further damages of structure, threatening the durability and worsening its' aesthetics, were occurred and continue to occur. Unfortunately, the situation described here was compounded by irresponsibility of manager, who has ignored the recommendations for repairing and inspections, and then requested the submission of wonderful recipes restoring the full splendor of the structure.

Keywords: concrete slab-column structure, cracks, lack of load-bearing capacity, strengthening, CFRP materials.