

1. Podstawa opracowania

Ekspertyzę wykonano na podstawie zlecenia Wspólnoty Mieszkaniowej przy
ul. Dąbrowskiego 20 w Wałbrzychu

2. Cel ekspertyzy

Celem opracowania jest ocena stanu technicznego stropów piwnic w budynku przy ul. Dąbrowskiego 20 w Wałbrzychu oraz podanie sposobu wzmocnienia skorodowanych belek stalowych stropów .

3. Akty prawne i dokumenty przywołane lub wykorzystane w opracowaniu

- ✚ Ustawa z 7 lipca 1994r. Prawo Budowlane;
- ✚ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r w; sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie;
- ✚ Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych;
- ✚ Dokumentacja fotograficzna;
- ✚ Inwentaryzacja piwnic;
- ✚ Oględziny przedmiotowego obiektu;
- ✚ Polska norma PN-80/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie;
- ✚ Polska norma PN-74/B-02009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia stałe i zmienne;

4. Opis techniczny

Budynek przy ul. Dąbrowskiego 20 w Wałbrzychu to obiekt wielokondygnacyjny (czterokondygnacyjny ze strychem) wolnostojący podpiwniczony całkowicie.

Stropy piwnic odcinkowe na belkach stalowych oraz łukowe ceramiczne.

Belki stalowe stropów odcinkowych wykonano z dwuteowników normalnych I220. Osiowy rozstaw belek jest zróżnicowany od 112cm do 115cm. Rozpiętość belek w pomieszczeniach gdzie wymagane jest ich wzmocnienie od 473cm do 540cm. Wysokość pomieszczenia w świetle pod belkami 214cm w łuku 223cm. Poprzeczny wymiar stalowej belek stropowych wzmocnianych to: wysokość 220mm oraz szerokość stopki 98mm .

Wzmocnienie belki stropowej stalowej wymagane jest w pomieszczeniu piwnicznym po lewej stronie korytarza piwnicznego oraz po prawej stronie korytarza.

Ściany piwnic otynkowano zaprawą cementowo-wapienną. Z uwagi na znaczne zawilgocenie piwnic część belek stropowych skorodowała.

Belki poddana wzmocnieniu ze znaczną korozją rozwarstwiającą dolną półkę.

Takie wilgotne środowisko spowodowało skorodowanie wgłębne stalowych belek stropowych. Stopień zawilgocenia piwnicy opisano w dalszej części ekspertyzy.

5. Przyczyny i rodzaj uszkodzenia

Zwiększony poziom wilgoci w części piwnic przyległych do ściany podłużnej zewnętrznej spowodował korozję elementów stalowych stropów piwnic.



rozwarstwiająca korozja dolnej półki belki stropowej w pomieszczeniu piwnicznym nr 9

Silnie skorodowana belka stropowa. Znaczne zawilgocenie piwnic doprowadziło do korozji wgłębnej. Taki rodzaj korozji powoduje całkowite zniszczenie elementu belki.



Fotografia powyżej to belka w której wymagane jest wzmocnienie. Na fotografii widoczna głęboka penetracja korozji.

Korozją nazywamy proces niszczenia metali oraz ich stopów, na skutek chemicznego lub elektrochemicznego działania otaczającego ich ośrodka. Niszczenie metalu zaczyna się od powierzchni metalu, które w dalszym etapie posuwa się głębiej w przekrój elementu. Niszczeniu towarzyszy na ogół zmiana wyglądu powierzchni, np. powstawanie rdzy na stali będącej produktami jego utleniania.

Biorąc pod uwagę geometrię i lokalizację obszarów zmian korozyjnych oraz uwarunkowania zachodzących zjawisk można wyróżnić następujące podstawowe rodzaje korozji:

- korozja ogólna (równomierna),
- korozja międzykrystaliczna,
- korozja wżerowa,
- korozja selektywna,
- pękanie korozyjne,
- korozja wodorowa,
- korozja szczelinowa,
- korozja gazowa (wysokotemperaturowa).

W analizowanym przypadku mamy do czynienia z korozją ogólną.

Korozja ogólna charakteryzuje się równomiernym ubytkiem materiału warstwy wierzchniej na skutek reakcji składników stali z agresywnymi składnikami środowiska zewnętrznego.

Ulegają jej materiały o niskiej odporności na korozję, np. stale zwykłej jakości oraz niestopowe i niskostopowe stale wyższej jakości w atmosferze i w wodzie, większość stopów metali w środowiskach agresywnych.

Tworzące się produkty korozji są słabo związane z podłożem i ze względu na dużą porowatość nie stanowią bariery ochronnej zapobiegającej dalszemu utlenianiu.

Przyczyną korozji stalowych belek stropowych jest zwiększony poziom wilgoci w piwnicach oraz brak zabezpieczenia antykorozyjnego elementów stalowych.

Należy obniżyć poziom zawilgocenia piwnic poprzez stosowanie metod nieinwazyjnych lub wykonanie drenażu opaskowego z izolacjami przeciwwilgociowymi.

Stalowe konstrukcje belek stropowych i nadproży należy zabezpieczyć antykorozyjnie.

Jednym ze sposobów zabezpieczenia antykorozyjnego jest zastosowanie powłok ochronnych. Powłoki ochronne stosowane jako ochrona czasowa lub trwała, ze względu na skład chemiczny dzieli się na: organiczne (malarskie i z tworzyw sztucznych), niemetalowe i metalowe.

- Powłoki malarskie wytwarza się jako jednowarstwowe lub wielowarstwowe. Powłoki wielowarstwowe składają się z warstwy podkładowej, zwanej też gruntową, warstw pośrednich i warstwy nawierzchniowej. Materiały stosowane na poszczególne typy warstw to farby, lakiery i emalie. Farby są to wyroby malarskie składające się ze spoiwa, pigmentów i wypełniaczy. Lakiery są to roztwory substancji błonotwórczych

(spoiw) w rozpuszczalnikach. Emalie zawierają spoiwo lakierowe oraz pigmenty i wypełniacze, ale w ilościach mniejszych niż w farbach. Farby podkładowe stosuje się jako okresowe, np. na czas montażu lub reaktywne, jako podkład przed dalszym malowaniem. Farby podkładowe, ze względu na ich właściwości, dzieli się na izolujące, pasywujące i protektorowe. Farby podkładowe izolujące izolują podłoże mechanicznie i elektrycznie od środowiska. Zawierają pigmenty obojętne, np. biel tytanowa, tlenek żelaza, biel cynkową. Farby podkładowe pasywujące działają izolująco i pasywująco powodując tworzenie się warstewki tlenków i soli metalu. Pigmenty w tych farbach są silnymi utleniaczami, np. minia ołowiowa, chromian cynku, chromian ołowiu, hydroksysiarczan ołowiu.

- Powłoki niemetalowe - zaletami materiałów niemetalowych stosowanych jako powłoki ochronne są:
 - dobra odporność na korozję atmosferyczną i czynniki chemiczne;
 - dobre właściwości izolacyjne, elektryczne i cieplne;
 - estetyczny wygląd.

Jako powłoki niemetalowe stosuje się emalie techniczne, tworzywa sztuczne, gumy, pokrycia izolacyjne wieloskładnikowe.

- Powłoki z tworzyw sztucznych są stosowane w bardzo szerokim zakresie i wykazują stałą tendencję rozwoju ze względu na szereg zalet. Tworzywa sztuczne stosowane na powłoki ochronne dzieli się na trzy grupy: termoutwardzalne, termoplastyczne i chemoutwardzalne. Na powłoki z tworzyw sztucznych stosuje się: *polichlorek winylu, polietylen, polipropylen, poliamidy, polimery fluorowęglowe*,

6. Wpływ korozji na obniżenie wytrzymałości konstrukcji

Tak znaczna korozja dolnych półek dwuteownikowych belek stropowych nie pozostaje bez wpływu na ich walory wytrzymałościowe.

Podstawowe warunki wytrzymałościowe

Rozróżniamy dwa rodzaje prostych stanów naprężeń które występują w omawianym przypadku belek stropowych piwnic przy ul. Dąbrowskiego 20 w Wałbrzychu:

- naprężenia normalne, w których obciążenie oddziałuje w kierunku prostopadłym do rozpatrywanego przekroju
- naprężenia styczne, w których obciążenie oddziałuje równoległe do rozpatrywanego przekroju

Belki stropowe poddane są naprężeniom normalnym na zginanie .

Warunek wytrzymałościowy naprężeń normalnych na zginanie ma postać:

$$\sigma_g = \frac{M}{W_x} \leq k_g$$

gdzie:

σ_g – naprężenia normalne zginające w [Pa],

M – moment zginający przekrój w [Nm],

W_x – wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie [m³],

k_g – naprężenia dopuszczalne na zginanie w [Pa]

Warunek wytrzymałościowy naprężeń stycznych na ścinanie ma postać:

$$\tau_t = \frac{F}{S} \leq k_t$$

gdzie:

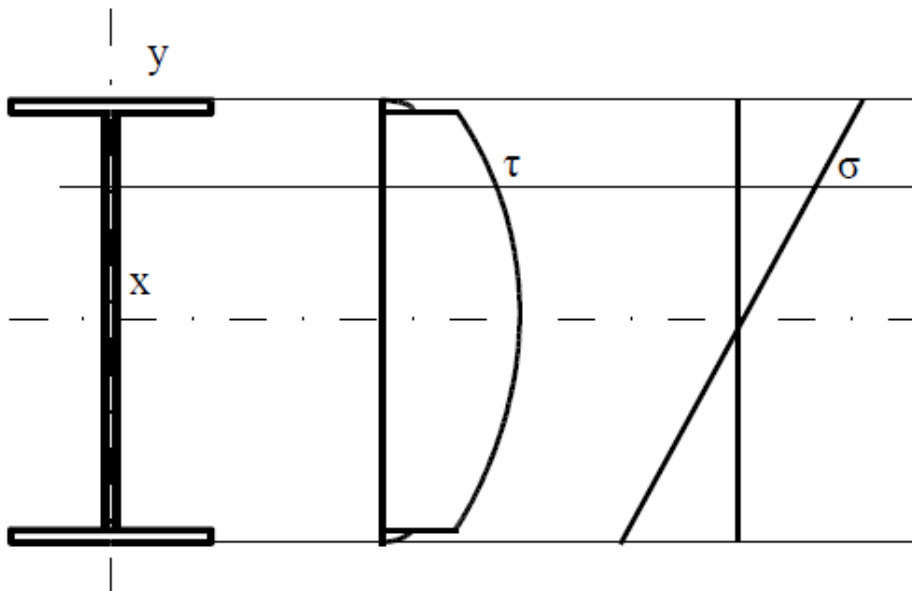
τ_t – naprężenia styczne w [Pa],

F – siła w [N],

S – przekrój na który działa siła F wyrażony w [m²],

k_t – naprężenia dopuszczalne na ścinanie w [Pa] dostępne [tutaj](#)

Brak dolnych pólek belek dwuteownikowych ma istotny wpływ na zmniejszenie momentu bezwładności względem osi x a tym samym na zmniejszenie wskaźnika wytrzymałości na zginanie W_x . Dolne i górne półki dwuteowników mają niewielki wpływ na wielkość naprężeń stycznych. Naprężenia styczne głównie przenoszą środniki belek dwuteowych,



Wykresy naprężeń normalnych i stycznych dla przekroju dwuteownikowego

Z wykresów wytrzymałościowych wynika, że maksymalne naprężenia normalne występują w obrębie górnej i dolnej półki dwuteowników. Naprężenia te powstają w wyniku obciążenia belki obciążeniem równomiernie rozłożonym, a zatem ich maksimum przypada w środku rozpiętości belki.

Innymi słowy brak pólki a zwłaszcza dolnej półki znacznie osłabia belkę i wpływa na obniżenie jej nośności a tym samym wytrzymałości.

Naprężenia styczne potocznie zwane naprężeniami ścinającymi swoje maksimum osiągają w poziomej osi symetrii przekroju potocznie w środku wysokości belki – w środniku. Wpływ dolnej i górnej półki na wytrzymałość na ścinanie jest znikoma. Praktycznie całe naprężenia styczne przenosi środek belki dwuteowej. Największe naprężenia styczne występują w strefie przypodporowej.

Jeżeli środek belki stropowej dwuteowej nie jest skorodowany to problem wytrzymałości na ścinanie należy pominąć.

W przypadku skorodowanej dolnej półki należy rozwiązać problem utraty wytrzymałości na zginanie.

Dla przykładu belkę stropową wykonaną z dwuteownika normalnego I220. Moment bezwładności I_x dla I220 wynosi 3060cm⁴, wskaźnik wytrzymałości W_x wynosi 278cm³

Po całkowitym zniszczeniu dolnej półki przez korozję praktycznie pozostał przekrój teowy jako element nośny.

Przeliczając moment bezwładności tego przekroju wzorami Steinera otrzymujemy $I_x = 1614 \text{ cm}^4$

To blisko dwukrotne zmniejszenie momentu bezwładności; wskaźnik wytrzymałości $W_x = 104,2 \text{ cm}^3$ Brak dolnej półki zmniejsza wskaźnik wytrzymałości o 174 cm^3 Taki stan zmniejsza wskaźnik wytrzymałości o 62% a to zmniejsza nośność na zginanie ponad dwukrotnie.

Osobnym problemem jest spękanie ścian nośnych oraz spękanie ceramicznego łuku stropu odcinkowego.



spękanie ceramicznego łuku stropu odcinkowego



Fotografia powyżej pokazuje spękanie ściany przy wejściu do piwnicy. Widoczna pionowa bruzda z instalacjami kanalizacyjnymi.



pęknięcie ściany z przemieszczeniem przy nadprożu łukowym

Wszystkie spękania ścian należy przemurować na pełno cegłą klinkierową. Spękanie łuku stropu odcinkowego przeszyć prętami w technologii Helifix

7. Sposób wzmocnienia belek stropowych

Stalowe elementy konstrukcyjne można wzmocniać poprzez dospawanie innych elementów stalowych. Tak powstały nowy zwiększony przekrój poprzeczny przelicza się wzorami Steinera na moment bezwładności i wskaźnik wytrzymałości.

Jeżeli nie ma możliwości trwałego połączenia np. poprzez spawanie zniszczonych elementów przekroju z nowymi – wzmocnienie uzyskuje się poprzez odpowiednie podparcie istniejących elementów. W takim przypadku liczy się wskaźniki poszczególnych przekrojów i sumuje się. Jest to mniej korzystne rozwiązanie w stosunku do trwałego połączenia ale w niektórych przypadkach jedyne możliwe do zastosowania.

W przypadku wzmocnienia istniejących belek stropowych w piwnicy budynku ul. Dąbrowskiego 20 w Wałbrzychu należy zmniejszyć rozpiętość istniejących belek stropowych poprzez wsparcie ich w środku rozpiętości stalowym podciągami wykonanym z belki dwuteownikowej HEB 180. Podciąg oparty będzie w gniazdach wykutych w ścianach osłonowych lub nośnych oraz na filarach wykonanych z cegły klinkierowej. W środkowej części podciąg wsparty będzie na stalowym słupie wykonanym z profilu zimnogiętego 130x130x6mm. Słup mocowany będzie do żelbetowej stopy fundamentowej. Znaczne zmniejszenie rozpiętości istniejących skorodowanych belek stropów odcinkowych w znacznym stopniu zwiększy ich wytrzymałość a tym samym nośność. Belki stropowe należy oczyścić do III stopnia czystości i zabezpieczyć antykorozyjnie jedną warstwą farby

chlorokauczukowej podkładowej i dwoma warstwami farby chlorokauczukowej nawierzchniowej.

SZCZEGÓŁOWY SPOSÓB WZMOCNIENIA BELEK STALOWYCH STROPÓW PIWNIC BUDYNKU PRZY UL. Dąbrowskiego 20 W WAŁBRZYCHU POKAZANO NA PROJEKCIE WYKONAWCZYM

8. Technologia montażu belek wzmacniających HEB

Belki stropowe - przed zamontowaniem belek (podciągów) stropowych HEB180 należy wykuć gniazda w ścianach nośnych. Gniazda należy wzmocnić poduszką betonową wykonaną z betonu B20. Murowane filary wsporcze wykonać z cegły klinkierowej powiązanej z istniejącą ścianą. Kolejnym etapem jest montaż podciągów HEB i elementu podporowego - słupa. Przed montażem elementów podporowych należy wykonać żelbetowe stopy fundamentowe. Wszystkie prace montażowe należy wykonać po uprzednim zdemontowaniu drewnianych ścianek komórek piwnicznych. Po wykonaniu prac montażowych konstrukcji stropów należy odtworzyć ścianki działowe komórek lokatorskich.

9. Zawilgocenie piwnic

Pomierzono zawilgocenie ścian w pomieszczeniu piwnicznym. Metoda polegała na pomiarzeniu zawilgocenia wilgotnościomierzem. Zastosowano wilgotnościomierz LaserLiner MultiWet-Master. Pomiar ściany (W1) przy posadzce (20cm nad posadzką) wykazał zawilgocenie od 20,5% do 27,5%. Pomiar na ścianie (W1) 100cm nad posadzką od 16,9% do 31,3%. Wilgotność względna w piwnicy 53,9%, temperatura powietrza 14,5°C, temperatura punktu rosy 5,7°C.

pomiar w punkcie W1



Pomiar ściany (W2) przy posadzce (20cm nad posadzką) wykazał zawilgocenie od 12,5% do 24,0%. Pomiar na ścianie (W2) 100cm nad posadzką od 14,1% do 25,0%. Wilgotność względna w tym pomieszczeniu piwnicy 59,7%, temperatura powietrza 15,0°C, temperatura punktu rosy 7,2°C.



pomiar zawilgocenia w punkcie pomiarowym W2

W ocenie stopnia zawilgocenia istotnym jest określenie dopuszczalnych wartości wilgotności przegród w zależności od rodzaju materiałów. Polska norma PN-82/B-02020 „ochrona cieplna budynków” podaje dopuszczalne wartości materiałów budowlanych w zewnętrznych przegrodach. I tak dopuszczalna wilgotność materiału w zewnętrznych przegrodach budowlanych wykonanych z cegły ceramicznej wynosi 3%. Ta sama norma określa stopień zawilgocenia murów ceglanych.

Z pomiarów tych wynika, że rozkład zawilgocenia praktycznie jest taki sam na całej powierzchni ściany zewnętrznej.

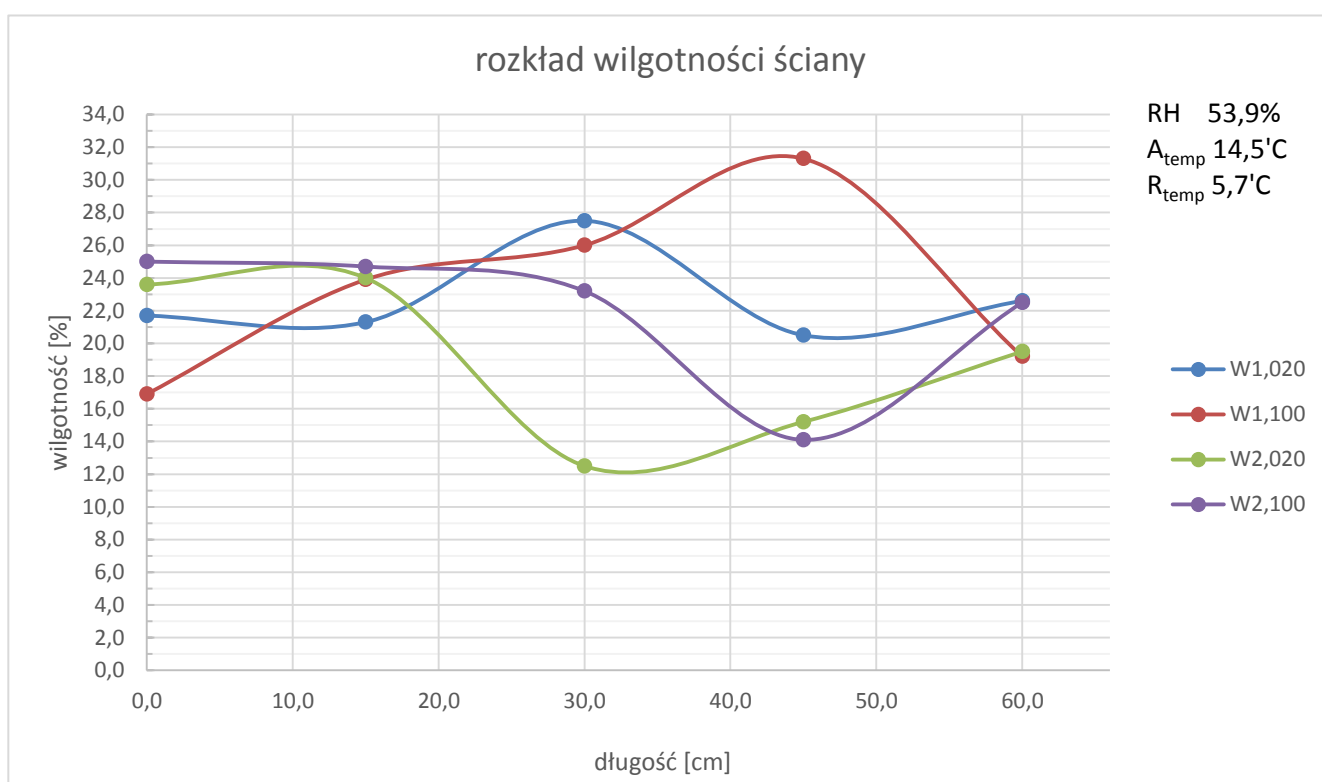
Według normy PN-82/B-02020 stopień zawilgocenia murów ceglanych określa się następująco:

- od 0-3% mury o dopuszczalnej wilgotności
- od 3 % do 5% mury o podwyższonej wilgotności
- od 5 % do 8 % mury średnio zawilgocone
- od 8% do 12 % mury mocno zawilgocone
- powyżej 12 % mury mokre

Z pomiarów zawilgocenia murów piwnicznych w budynku przy ul. Dąbrowskiego 20 w Wałbrzychu wynika, że mury piwniczne są mokre. Wilgoć destrukcyjnie wpłynęła na stalową konstrukcję stropu odcinkowego. Przed wzmocnieniem belek stropowych stalowych lub w niedalekiej przyszłości po pracach remontowych należy wykonać zabezpieczenie przeciwwilgociowe przedmiotowego budynku.

Tabela zawilgocenia ścian w punktach pomiarowych A i B

pkt. pomiarowy	wysokość nad pow. posadzki [cm]	pomiar wilgotności na długości ściany [%]				
		0,0	15,0	30,0	45,0	60,0
W1,020	20	21,7	21,3	27,5	20,5	22,6
W1,100	100	16,9	23,9	26,0	31,3	19,2
W2,020	20	23,6	24,0	12,5	15,2	19,5
W2,100	100	25,0	24,7	23,2	14,1	22,5



Rozkład zawilgocenia ścian piwnic w punktach pomiarowych W2 i W2

10. Wnioski końcowe

- bezpośrednią przyczyną uszkodzenia stalowych belek stropowych piwnic jest zwiększony poziom wilgoci w pomieszczeniach piwnicznych
- naprawa belek polegać będzie na zmniejszeniu rozpiętości belek stropowych poprzez wsparcie ich na stalowym podciągu wykonanym z HEB 180

- **całość naprawionej konstrukcji jak i istniejącej konstrukcji belek zabezpieczyć antykorozyjnie**
- **zmniejszyć poziom zawilgocenia piwnic metodami nieinwazyjnymi lub inwazyjnymi (drenaż opaskowy i izolacje przeciwwilgociowe)**

W przypadku wystąpienia odmiennych warunków niż założone w ekspertyzie (np. silne zawilgocenie ceramicznej ścian nośnych) powiadomić autora opracowania.

Sposób wzmocnienia belek stalowych jest autorskim rozwiązaniem i nie może być udostępniane i kopiowane bez zgody autora .

Opracował:

Wojciech Czerwiński