

1. Podstawa opracowania

Ekspertyzę wykonano na podstawie zlecenia Wspólnoty Mieszkaniowej przy ul. Niepodległości 17 w Wałbrzychu – umowa nr 08/D/01/2018 z dnia 10.01.2018r.

2. Cel ekspertyzy

Celem opracowania jest ocena stanu technicznego stropów piwnic w budynku przy ul. Niepodległości 17 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. Niepodległości 17 w Wałbrzychu to obiekt wielokondygnacyjny podpiwniczony.

Stropy piwnic – ceramiczne odcinkowe na belkach stalowych oraz ceramiczne łukowe.

Belki stalowe stropów odcinkowych wykonano z dwuteowników normalnych I220. Osiowy rozstaw belek jest zróżnicowany od 139cm do 157cm. Rozpiętość belek w pomieszczeniach gdzie wymagane jest ich wzmocnienie od 385cm do 485cm. Wysokość pomieszczenia w świetle pod belkami wynosi 193cm natomiast w najwyższym punkcie stropu łukowego 202cm. Poprzeczny wymiar stalowej belki stropowej to: wysokość 220mm oraz szerokość stopki 98mm.

Praktycznie w każdym pomieszczeniu piwnicznym wymagane jest wzmocnienie belek stropowych stalowych.

Ściany piwnic jak i ceramiczne elementy stropów otynkowano zaprawą cementowo-wapienną. Z uwagi na znaczne zawilgocenie piwnic na stropach widoczne są znaczne ubytki tynków zwłaszcza wzdłuż stalowych belek stropowych.

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.



fot. nr 1 korozja powodująca rozwarstwienie dolnych pólek belek stropowych -belka skrajnej prawej piwnicy

Silnie skorodowana belka stropowa. Brak ubytki tynku na ceramicznej płycie łukowej stropu oraz na belce stalowej doprowadziło do korozji wgłębnej. Taki rodzaj korozji powoduje całkowite zniszczenie elementu belki.



fot. nr 2 korozja ogólna belki stropowej – belka w prawej piwnicy front

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.



fot. nr 3 skorodowana belka stropowa w skrajnym lewym pomieszczeniu piwnicznym

Na fotografii nr 3 widoczne rozwarstwienie dolnej półki na skutek korozji wgłębnej

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

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. Wałbrzyska 7 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:

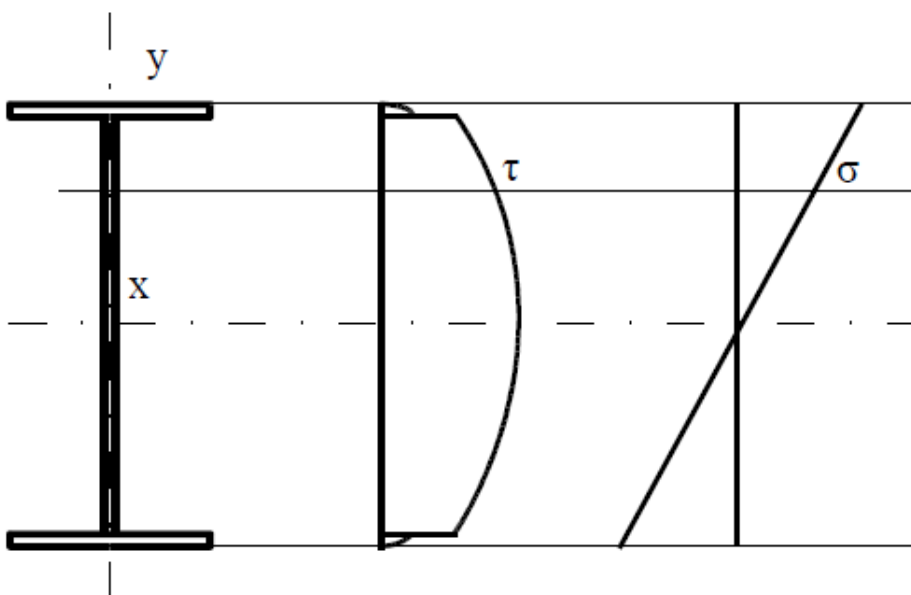
τ_t – naprężenia styczne w [Pa],

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 pólki 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 półek 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 środnik belki dwuteowej. Największe naprężenia styczne występują w strefie przypodporowej.

Jeżeli środnik 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.

Przedmiotowe belki stropowe wykonano z dwuteowników normalnych I180. Moment bezwładności I_x dla I180 wynosi 1450cm^4 , wskaźnik wytrzymałości W_x wynosi 161cm^3

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

Przeliczając moment bezwładności tego przekroju wzorami Steinera otrzymujemy $I_x = 625,12\text{cm}^4$

To ponad dwukrotne zmniejszenie momentu bezwładności; wskaźnik wytrzymałości $W_x = 53,6\text{cm}^3$. Brak dolnej półki zmniejsza wskaźnik wytrzymałości ponad trzykrotnie a to w taki sam sposób przenosi się na utratę wytrzymałości na zginanie.

7. Sposób wzmocnienia belek stropowych

Stalowe elementy konstrukcyjne można wzmacniać 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 Niepodległości 17 należy pod „zniszczone” belki stropowe „podłożyć” stalowe belki dwuteownikowe typu HEB120 oraz HEB 140 wsparte na elemencie podporowym.

Obliczony wskaźnik wytrzymałości uzyskanego elementu nośnego (przekrój teowy otrzymany z I220 bez dolnej półki oraz HEB 120 i HEB 140 przeniesie obciążenia stropu nad piwnicami.

Elementy wsporcze mocowane będą do ściany przyległej do korytarza gwintowanymi trzpieniami M20 przelotowo przez całą grubość ściany. Od strony korytarza podkładka pod nakrętkę wykonana zostanie z blachy o grubości 6mm i wymiarach 10x10cm. Obliczony wskaźnik wytrzymałości uzyskanego elementu nośnego (przekrój teowy otrzymany z I180 bez dolnej półki oraz HEB 120 przeniesie obciążenia stropu nad piwnicami.

Elementy wsporcze mocowane będą do ściany przyległej do korytarza gwintowanymi trzpieniami M20 przelotowo przez całą grubość ściany. Od strony korytarza podkładka pod nakrętkę wykonana zostanie z blachy o grubości 6mm i wymiarach 10x10cm. Elementy

podporowe montowane będą do ściany zewnętrznej przy użyciu kotew chemicznych. Kotwy chemiczne to określenie elementów montażowych, tj. pręty gwintowane, czy zbrojeniowe oraz pozostałych zamocowań - kotwionych w podłożu za pomocą masy chemicznej na bazie żywic. Kotwienie odbywa się na zasadzie wklejania i następnie zastygania żywicy, która bardzo często jest twardsza i mocniejsza od samego podłoża. To z kolei pozwala tworzyć przy jej pomocy zamocowania bardzo odpowiedzialne i wymagające szczególnych parametrów wytrzymałościowych. Możliwe jest także powstawanie zamocowań usytuowanych bardzo blisko krawędzi podłoża, co w przypadku kotew mechanicznych jest często całkowicie niewykonalne. Kotwy chemiczne można stosować w betonie, kamieniu, cegle pełnej, jak i w materiałach posiadających puste przestrzenie, tj. cegła zwana dziurawką, silka, pustaki stropowe i inne. Najlepsze parametry wytrzymałościowe osiąga się przy zastosowaniu kotew w materiałach pełnych. W pozostałych przypadkach – o wytrzymałości zamocowania decyduje niemal w stu procentach wytrzymałość podłoża. Kotwy są najbardziej pewne i bezpieczne, kiedy zostaną odpowiednio zadozowane i użyte z odpowiednim prętem oraz dobrze przygotowanym otworem dla niego.

Niezależnie od tego, czy montaż będzie prowadzony w podłożu pełnym, czy posiadającym wolne przestrzenie – przed zastosowaniem kotwy chemicznej – warto poznać ogólne zasady powstawania solidnych i wytrzymałych połączeń. Przede wszystkim przed zadozowaniem masy do otworu należy zwracać uwagę na staranne wymieszanie żywicy z utwardzaczem. Istotne jest także dokładne oczyszczenie otworu ze zwiercin, które powstają w czasie jego wykonywania.

Kotwienie chemiczne daje możliwość zamocowania gwintowanego trzpienia bezpośrednio w betonie lub w materiałach pełnych. Dopuszczalne są znaczne obciążenia, a kotwy są praktycznie niezniszczalne. Mocowanie odbywa się w 5 etapach:

1. Wywiercenie otworu wiertarką udarową,
2. Staranne wyczyszczenie otworu,
3. Wypełnienie otworu zaprawą FIS VS 100C lub FIS P 300P
4. Włożenie gwintowanego trzpienia,
5. Dokręcenie mocowanego elementu po stwardnieniu wypełniacza.

Otwory pod pręty gwintowane M20 wykonać wiertłem o średnicy $\phi 22$; głębokość otworu a tym samym głębokość kotwienia w ścianie zewnętrznej szczytowej 30cm, natomiast w ścianie przyległej do korytarza przelotowo.

8. Technologia montażu belek wzmacniających HEB

Belki stropowe - przed zamontowaniem belek (podpierających) stropowych HEB oraz elementów podporowych należy usunąć skorodowane i rozwarstwione elementy belek istniejących. Tak oczyszczoną konstrukcję belek zabezpieczyć antykorozyjnie powłokami malarskimi wielowarstwowymi. Kolejnym etapem jest montaż belek HEB i elementów podporowych. Przed montażem elementów podporowych belki HEB „podłożyć wzdłużnie” pod uszkodzone istniejące belki stropowe i podeprzeć stemplami. Po wykonaniu kotew chemicznych (utwardzeniu kotwy) podparcie belek HEB zdemontować. Ewentualne szczeliny powstałe między istniejącymi belkami stropowymi a belkami HEB szczelnie klinować blachą stalową. Całość konstrukcji zabezpieczyć antykorozyjnie. Przy otworach drzwiowych podparcie belek będzie realizowana za pomocą wymianów wykonanych z belek stalowych typu HEB 100.

9. Zawilgocenie piwnic

Pomierzono zawilgocenie ścian w pomieszczeniu piwnicznym. Wilgoć w ścianach pomierzono wilgotnościomierzem. Zastosowano wilgotnościomierz LaserLiner MultiWet-Master. Pomiar ściany zewnętrznej (A) przy posadzce (20cm nad posadzką) wykazał zawilgocenie od 14,2% do 24,5%. Pomiar w tym obszarze na wysokości 100 cm nad posadzką wykazał zawilgocenie od 18,5% do 26,0%. Pomiar zawilgocenia w punkcie pomiarowym (B) na wysokości 100cm nad poziomem posadzki wykazał zawilgocenie od 14,5% do 37,5%. Wilgotność względna w piwnicy 59,6%, temperatura powietrza 7,4°C, temperatura punktu rosy -0,2°C.



znaczne zawilgocenie ścian zewnętrznych piwnicy

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:

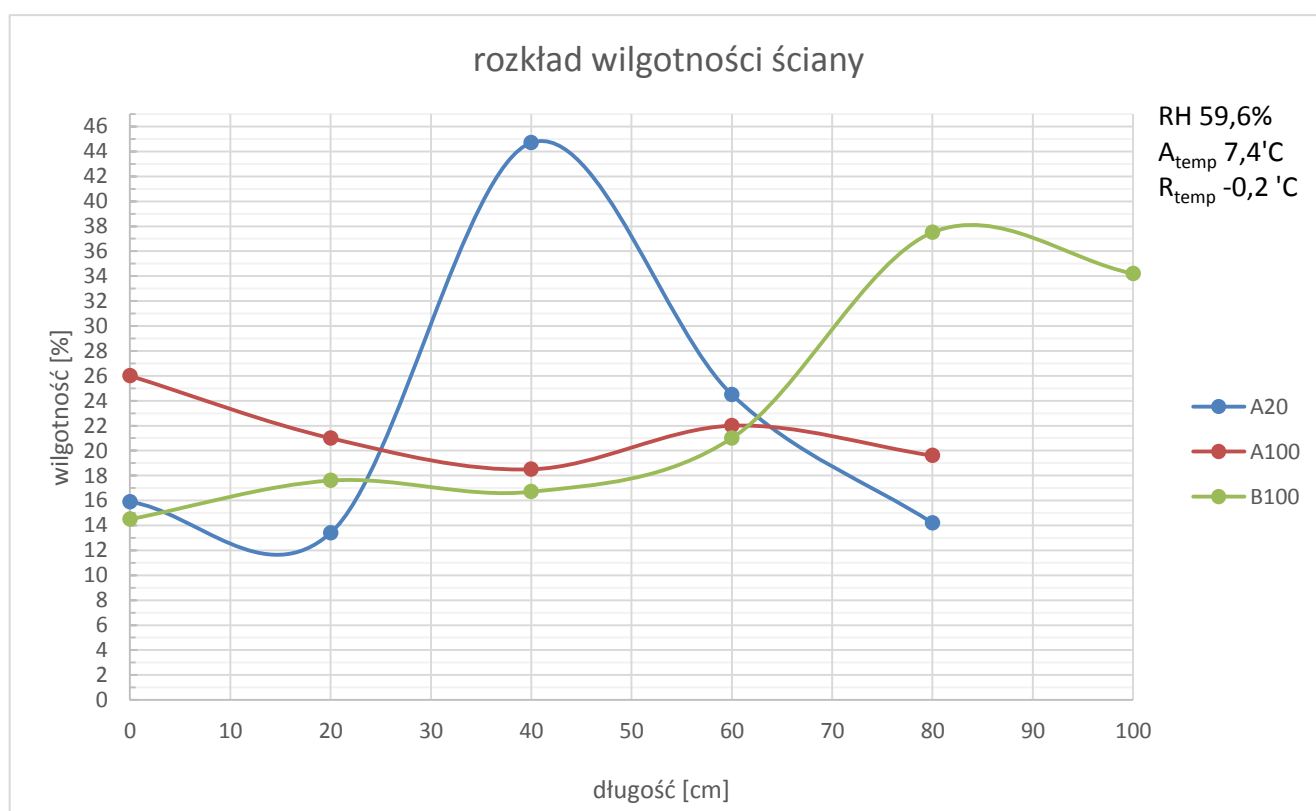
- od 0-3% mury o dopuszczalnej wilgotności
- od 3 % do 5% mury o podwyższonej wilgotności
- od 5 % do 8 % mury średnio zawilgocone

od 8% do 12 % mury mocno zawilgocone
 powyżej 12 % mury mokre

Z pomiarów zawilgocenia murów piwnicznych w budynku przy ul. Niepodległości 17 w Wałbrzychu wynika, że mury piwniczne są mokre. Wilgoć destrukcyjnie wpłynęła na stalową konstrukcję stropu odcinkowego. Przed wymianą stropu lub w niedalekiej przyszłości po wymianie stropu należy pozbyć się wilgoci izolacją przeciwwilgociową oraz drenażem opaskowym.

pkt. pomiarowy	wysokość nad pow. posadzki [cm]	pomiar wilgotności na długości ściany [%]					
		0	20	40	60	80	100
A20	20	15,9	13,4	44,7	24,5	14,2	
A100	100	26	21	18,5	22	19,6	
B100	100	14,5	17,6	16,7	21	37,5	34,2

Tabela zawilgocenia ścian w punktach pomiarowych A i B



Rozkład zawilgocenia ścian piwnic w punktach pomiarowych A;B

10. Wnioski końcowe

- **bezpośrednią przyczyną uszkodzenia stalowych belek stropowych piwnic był zwiększony poziom wilgoci w pomieszczeniach piwnicznych**
- **naprawa belek polegać będzie na podparciu wzdłużnym istniejących belek projektowanymi belkami HEB wspartymi na elementach wsporczych**
- **całość naprawionej konstrukcji jak i istniejącej konstrukcji belek i nadproży zabezpieczyć antykorozyjnie**
- **zmniejszyć poziom zawilgocenia piwnic przez osuszacze i wietrzenie piwnicy**

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