

1. Podstawa opracowania

Ekspertyzę wykonano na podstawie zlecenia Wspólnoty Mieszkaniowej przy
ul. Obrońców Pokoju 31 w Wałbrzychu

2. Cel ekspertyzy

Celem opracowania jest ocena stanu technicznego stropów piwnic oraz spękanych ścian w budynku przy ul. Obrońców Pokoju 31 w Wałbrzychu oraz podanie sposobu wzmocnienia skorodowanych belek stalowych stropów i zabezpieczenia spękanych ścian nośnych i osłonowych.

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. Obrońców Pokoju 31 w Wałbrzychu to obiekt wielokondygnacyjny (dwukondygnacyjny ze strychem użytkowym) wolnostojący częściowo podpiwniczony.

Stropy piwnic odcinkowe na belkach stalowych oraz łukowe ceramiczne.

Belki stalowe stropów odcinkowych wykonano z dwuteowników normalnych od I220 do

I 240. Osiowy rozstaw belek jest zróżnicowany od 92cm do 126cm. Rozpiętość belek w pomieszczeniach gdzie wymagane jest ich wzmocnienie 387cm. Wysokość pomieszczenia w świetle pod belkami 179cm w łuku 188cm. Poprzeczny wymiar stalowej belki stropowej wzmocnianej to: wysokość 240mm oraz szerokość stopki 106mm .

Wzmocnienie belek stropowych stalowych wymagane jest w pomieszczeniach piwnicznych na przedłużeniu korytarza pod pomieszczeniem dobudówki garażowej.

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

Belki poddane wzmocnieniu ze znaczną korozją rozwarstwiającą dolną półkę.

Takie wilgotne środowisko spowodowało skorodowanie wgłębne stalowych belek stropowych. W związku z dużym zawilgoceniem piwnic Wspólnota mieszkaniowa wykonała drenaż opaskowy w roku 2014.

5. Przyczyny i rodzaj uszkodzenia

Zwiększony poziom wilgoci w piwnicach spowodował korozję elementów stalowych stropów piwnic.



rozwarstwiająca korozja dolnej półki belki stropowej w piwnicy pod przybudówką

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



Fotografia powyżej to kolejna belka pod pomieszczeniem przybudówki. 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 farbách. 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, hydroksysiarczany 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. Obrońców Pokoju 31 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:

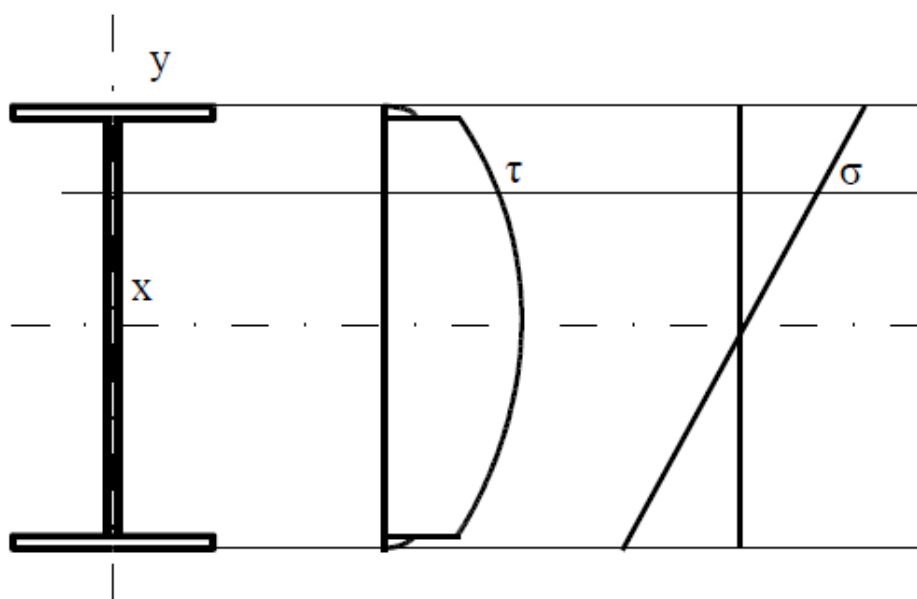
τ_t – naprężenia styczne w [Pa],

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 dwuteowników 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 I240. Moment bezwładności I_x dla I240 wynosi 4250cm⁴, wskaźnik wytrzymałości W_x wynosi 354cm³

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

Przeliczając moment bezwładności tego przekroju wzorami Steinera otrzymujemy $I_x = 1733,98 \text{ cm}^4$

To ponad dwukrotne zmniejszenie momentu bezwładności; wskaźnik wytrzymałości $W_x = 111,58 \text{ cm}^3$. Brak dolnej półki zmniejsza wskaźnik wytrzymałości o $242,42 \text{ cm}^3$. Taki stan zmniejsz wskaźnik wytrzymałości o 68,48% a to zmniejsza nośność na zginanie ponad dwukrotnie.

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 je. 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. Obrońców Pokoju 31 należy pod „zniszczone” belki stropowe „podłożyć” stalowe belki dwuteownikowe typu HEB100 wsparte na elemencie podporowym.

Obliczony wskaźnik wytrzymałości uzyskanego elementu nośnego (przekrój teowy otrzymany z I240 bez dolnej półki zniszczonej korozją z HEB 100 przeniesie obciążenia stropu nad piwnicami.

Elementy wsporcze mocowane będą do ścian 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 żywicy. 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 otwory a tym samym głębokość kotwienia w ścianie nośnej 30cm.

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. Montaż elementów podporowych należy rozpocząć po przełożeniu instalacji telekomunikacyjnej oraz rur stalowych.

9. Spękane ściany nośne i osłonowe

W roku 2014 wspólnota mieszkaniowa zleciła wykonanie drenażu opaskowego w związku z zalewaniem piwnic wodami opadowymi oraz podwyższonym poziomem wód gruntowych powodującym znaczne zawilgocenie ścian ceramicznych.

Z informacji uzyskanych od mieszkańców przedmiotowego budynku około półtora roku po wykonaniu drenażu opaskowego wystąpiły spękania ścian nośnych i osłonowych w całym budynku. Inwentaryzację spękanych ścian pokazano na rysunku. Stopień spękania ścian niewielki. Szerokość rozwarcia rys nie przekraczała 2mm z wyjątkiem spękania nadproża w mieszkaniu nr 2.

Procedury poprzedzające wykonanie dokumentacji projektowej drenażu opaskowego.

Podstawą do właściwego zwymiarowania drenażu i związanych z nim urządzeń jest określenie współczynnika filtracji gruntu oraz przyjęcie schematu obliczeniowego. O ile nie dysponujemy wartością współczynnika filtracji z rozpoznania geologicznego na podstawie próbnych wierceń lub badań laboratoryjnych, możemy posłużyć się wzorami empirycznymi. Innymi danymi niezbędnymi do prac projektowych jest wysokość poziomu wód gruntowych, rodzaj gruntu oraz układ warstw gruntu. Wydaje się, że proces osiadania budynku powinien się zakończyć. Gdyby jednak osiadanie postępowało należy po pierwsze sprawdzić drożność instalacji drenarskiej, która winna być konserwowana okresowa, a po drugi sposób zaprojektowania i wykonania drenażu opaskowego na przedmiotowym budynku.

Naprawa spękanych ścian nośnych i osłonowych budynku.

Wszystkie spękania należy zabezpieczyć poprzez przeszycie w technologii Helifix



spękanie nadproże i ściana podłużna frontowa



spękanie pod oknem parteru ściany szczytowej lewej



Zdjęcie powyżej spękania ściany szczytowej lewej pod oknem parteru przy narożniku ściany frontowej



spękanie pod oknem na ścianie tylnej



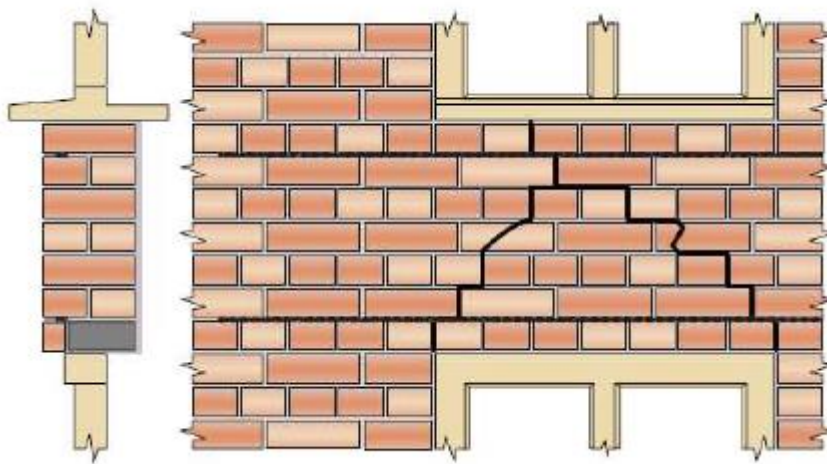
spękania ściany nośnej w pokoju mieszkania nr 2



spękania nadproża drzwiowego- drzwi wejściowe do mieszkania nr 2

Prace naprawcze na spękanych ścianach

NAPRAWA USZKODZONYCH NADPROŻY W MURACH Z CEGŁY PEŁNEJ



1. Wyciąć szczeliny w poziomych spoinach na wymagana głębokość i długość w określonych odstępach pionowych. Usunąć zaprawę na całej grubości.
2. Wyczyścić szczeliny i spłukać wodą.
3. Wstrzyknąć warstwę zaprawy HeliBond MM2 o grubości 15 mm (w przybliżeniu) w głąb szczeliny.
1. Wepchnąć pręt HeliBar w zaprawę uzyskując dobre, równe pokrycie.
2. Nałożyć drugą warstwę zaprawy HeliBond MM2 (około 10 mm grubości) na poprzednią.
3. Wepchnąć drugi pręt HeliBar w zaprawę uzyskując dobre pokrycie.
4. Wprowadzić kolejną warstwę zaprawy i dopchnąć ją szpachelką w głąb spoiny przykrywając odkryte powierzchnie pręta.
5. Zwilżać okresowo.

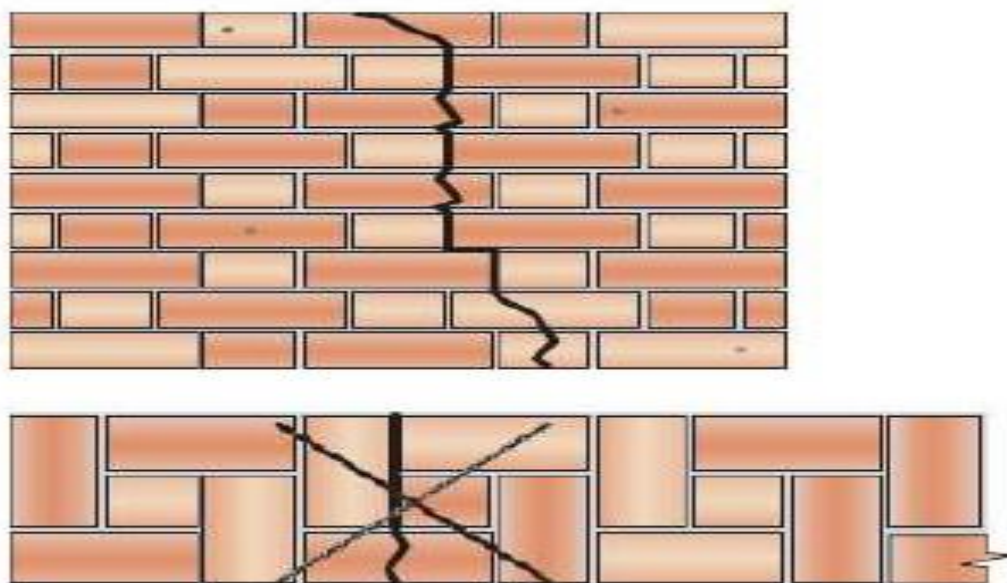
6. Uzupełnić wypełnienie spoiny niekurczliwą zaprawą.

UWAGI.

Jeśli nie sprecyzowano inaczej przyjmować poniższe zasady:

- a. głębokość szczeliny powinna wynosić od 45 do 55 mm (plus grubość tynku)
- b. pręty HeliBar powinny wystawać poza otwór na minimum 500 mm po każdej stronie,
- c. jeśli odcinki pręta mają być połączone w jeden długi stosować łączenie na zakładkę 500 mm.
- d. maksymalny rozstaw poziomów 900 mm (12 warstw cegieł)

NAPRAWA PEKNEĆ – ZSZYWANIE KRZYŻOWE MURÓW PEŁNYCH



1. Wywiercić otwory o średnicach 13 – 14 mm pod wymaganym kątem na określoną głębokość.
2. Wyczyścić odkurzaczem otwory i dokładnie zmoczyć wodą - kontynuować do momentu gdy woda wypływająca z otworu będzie czysta.
3. Wymieszać zaprawę HeliBond MM2 i napełnić pojemnik pistoletu.
4. Nałożyć na pistolet końcówkę przedłużającą o średnicy 12 mm i pompować zaprawę do momentu jej wypełnienia.
5. Odpowiedniej długości CemTie wkręcić w końcówkę pistoletu.
6. Wsadzić końcówkę w otwór na pełną głębokość i pompować zaprawę. Ciśnienie spowoduje wypychanie pręta wraz z zaprawą.
7. Wypełnić końcówki otworów pozostawiając gotowymi do wykończenia.

UWAGI.

Metoda ta jest zazwyczaj używana do naprawy pęknięć w murach pełnych otynkowanych gdzie trudno jest ukryć naprawę

Jeśli nie sprecyzowano inaczej przyjmować poniższe zasady:

- a. pręty CemTie instaluje się prostopadle do powierzchni pęknięcia (np. poziomo w przypadku pęknięć pionowych i pionowo w przypadku pęknięć poziomych),
- b. pręt CemTie powinien zaczynać się minimalnie w odległości 225 mm od pęknięcia,
- c. kąt wiercenia powinien być tak dobrany aby pręt przechodził przez pęknięcie w środkowej części muru,

d. pręty powinny być instalowane naprzemiennie po obydwu stronach pęknięcia w odstępach 225mm mierzonych wzdłuż pęknięcia.

W przypadku znacznych spękań w szczelinę można wtłoczyć kotwę chemiczną na całej długości i głębokości spękania.

Spękane nadproże drzwiowe w mieszkaniu nr 2 należy naprawić poprzez zamontowanie belek dwuteownikowych I100 po obu stronach nadproża. W tym celu należy wykuć bruzdę z wewnętrznej strony ściany (od mieszkania) na głębokość równą stopkom dwuteownika I100. Po zamontowaniu belki i jej klinowaniu prace naprawcze należy wykonać od strony zewnętrznej przedmiotowej ściany (od klatki schodowej). Technologia wykonania jak wyżej. Belki należy wyszpałdować , obłożyć siatką Rabbita i otynkować. Przed montażem nadproży stropy piętra należy podstępłować.

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 zabezpieczyć antykorozyjnie**
- **spękane ściany przeszyć prętami w technologii HELIFIX SYSTEM**

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