

# Wzmacnianie i zabezpieczanie istniejących obiektów w sąsiedztwie realizowanych budynków plombowych

Prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, Politechnika Warszawska

## 1. Wprowadzenie

Realizacje budynków plombowych często posadowionych głęboko w istniejącej gęstej zabudowie w miastach, związane są z trudnymi problemami technicznymi wynikającymi z potrzeby prowadzenia robót inżynierskich w sąsiedztwie istniejących obiektów budowlanych.

Przy realizacji takich obiektów powstają niejednokrotnie poważne uszkodzenia istniejących obiektów budowlanych zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie. Zne są liczne przypadki awarii i katastrof budowlanych powstałych na skutek realizacji tzw. „plomb”. Projektowanie obiektów głęboko posadowionych w gęstej zabudowie wymaga zatem doboru odpowiednich konstrukcji i technik realizacji uwzględniających istniejące w sąsiedztwie obiekty budowlane oraz istniejącą infrastrukturę i instalacje podziemne.

Powinny one być rozwiązywane przy udziale odpowiednich rzeczoznawców i specjalistów budowlanych.

Projektowanie ich powinno być realizowane wariantowo z uwzględnieniem wymagań inwestorów oraz czynników zewnętrznych.

Często przy planowaniu bardzo poważnych robót inżynierskich pomijane są wpływy, jakie te roboty mogą mieć na sąsiednie istniejące obiekty. Jeśli działania i środki zabezpieczające podejmowane są

za późno, to uszkodzenia i szkody są znacznie większe niż gdyby od początku realizacji inwestycji zastosowano właściwe technologie i techniki budowy oraz zabezpieczenia i wzmocnienia istniejących obok obiektów.

Przy określaniu przyczyn powstawania uszkodzeń istniejących obiektów występują częste spory pomiędzy inwestorami lub wykonawcami nowych obiektów, a właścicielami lub zarządcami istniejących sąsiadujących substancji budowlanych. Występują bowiem często przypadki, w których poszkodowani właściciele istniejących obiektów nie mogą uzyskać rekompensat za powstałe szkody z powodu skutków robót budowlanych prowadzonych w sąsiedztwie. Występują też przypadki odwrotne, gdzie dawne uszkodzenia istniejących budynków próbuje się naprawiać na koszt inwestorów noworealizowanych obiektów.

## 2. Wymagania techniczne jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane

Obiekty budowlane powinny spełniać 6 wymagań podstawowych zgodnie z Prawem budowlanym i Rozporządzeniem o warunkach, jakim powinny odpowiadać budynki.

Zatem istniejące obiekty budowlane przy realizowanych obiektach plombowych przez cały okres realizacji obiektów plombowych

powinny spełniać ww. wymagania podstawowe.

Mając na uwadze możliwość wystąpienia przemieszczeń podłoża lub wystąpienia innych niekorzystnych wpływów związanych z budową, istniejące obiekty powinny być zabezpieczane, naprawiane i wzmacniane.

Pierwsze wymaganie obejmuje Bezpieczeństwo i niezawodność (trwałość) naprawianych, zabezpieczanych oraz wzmacnianych istniejących konstrukcji budowlanych.

Bezpieczeństwo i niezawodność (trwałość) naprawianych, zabezpieczanych oraz wzmacnianych konstrukcji budowlanych wymaga nieprzekroczenia stanów granicznych elementów lub całych konstrukcji w obszarach najbardziej obciążonych lub wytężonych z określonym prawdopodobieństwem w ciągu całego planowanego okresu eksploatacji.

Stany graniczne nośności konstrukcji budowlanych lub elementów tych obiektów powinna wyrażać generalnie nierówność typu:

$$S_d \leq R_d \quad (1)$$

gdzie:

$S_d$  – obliczeniowe wielkości sił wewnętrznych w analizowanych remontowanych lub wzmacnianych fragmentach konstrukcji, przy przyjęciu obliczeniowych wartości oddziaływań w sytuacjach trwałych, przejściowych i wyjątkowych.  
 $R_d$  – obliczeniowe nośności ana-

lizowanych fragmentów (przekrojów) konstrukcji, wyznaczane dla obliczeniowych wytrzymałości wbudowanych materiałów konstrukcyjnych w danym fragmencie konstrukcji.

Natomiast stany graniczne użyteczności (użytkowania) konstrukcji budowlanych, najczęściej ugięcia, zarysowania, odkształcenia, drgania, przechylenia itp. powinny wyrażać nierówności typu:

$$E_d \leq C_d \quad (2)$$

gdzie:

$E_d$  – odkształcenia, ugięcia, szerokości rozwarcia rys, drgania w konstrukcjach budowlanych, względnie inne parametry użyteczności dla charakterystycznych wartości oddziaływań, wytrzymałości wbudowanych materiałów i ich modułów sprężystości, a także parametry akustyczne, cieplne, zdrowotne, przeciwpożarowe itp.

$C_d$  – wartości dopuszczalnych stanów granicznych użyteczności konstrukcji, najczęściej określone są w odpowiednich przepisach (normach, aprobatkach technicznych i rozporządzeniach).

Stany graniczne nośności i użyteczności (użytkowania) obiektów budowlanych określone w wymaganiach podstawowych ustalane są przez krajowe i międzynarodowe przepisy (Eurocodey, Prawo budowlane, EN, PN).

Wymienione we wzorach (1) i (2) wielkości charakterystyczne i obliczeniowe, oprócz cech wytrzymałościowych materiałów wbudowanych zarówno pierwotnie, jak i w czasie remontu lub wzmacniania obejmują również cechy wytrzymałościowe wbudowanych elementów uzupełniających i połączeń, rozłożenie i rozmiary prętów stalowych w elementach żelbetonowych, a także inne parametry określone wymaganiami podstawowymi.

Wytrzymałości charakterystyczne materiałów  $f_k$  (R) w konstrukcjach eksploatowanych przyjmować należy zgodnie z badaniami w naturze. Powinny to być wytrzymałości, dla których prawdopodobieństwo wystąpienia w konstrukcji wartości mniejszych jest nie większe niż 5% dla określonego okresu użytkowania obiektu.

Stany graniczne konstrukcji zabezpieczanych i wzmacnianych powinny być określone zgodnie z zasadami obowiązującymi w okresie projektowania zabezpieczeń lub wzmacnień.

Dla stosowanych ustrojów konstrukcyjnych i materiałów w obiektach budowlanych stany graniczne nośności są determinowane najczęściej przez:

- oddziaływania na konstrukcje najczęściej w postaci obciążeń (sił) i odkształceń (termicznych, podłoża, itp.),
- naprężenia na ściskanie i rozciąganie materiałów,
- naprężenia przy ścinaniu i przebiciu materiałów oraz elementów.



**Fot. 1.** Wzmocnienie starego przedwojennego budynku mieszkalnego w Warszawie



**Fot. 2.** Wzmocnienie starego budynku przy dobudowie plombowego budynku mieszkalnego



**Fot. 3.** Wzmocnienie przy modernizacji zabytkowej Hali Targowej w Warszawie

Natomiast stanami granicznymi użytkowania najczęściej są:

- ugięcia elementów lub konstrukcji,
- wychylenia (pochylenia) elementów lub budowli,
- zarysowania oraz pęknięcia elementów, drgania elementów lub konstrukcji.

Przykładowo stany graniczne użytkowania wynoszą:

- dla żelbetowych elementów zginiętych i przekryć dachowych do rozpiętości 6,0 m ugięcia od 1/250 do 1/150 rozpiętości,
- dla żelbetowych konstrukcji w środowisku średnio agresywnym – rozwarłość rys do 0,2 mm,
- dla stalowych konstrukcji jednokondygnacyjnych bez suwnic – przemieszczenia poziome 1/250 wysokości,
- dla stalowych konstrukcji przy drganiach – wzbudzonych i własnych narażonych na oddziaływanie harmoniczne – różnica częstotliwości co najmniej 25%.

Najczęściej przy realizacjach obiektów w gęstej zabudowie wśród zmieniających się parametrów wpływających na bezpieczeństwo i stany graniczne konstrukcji istniejących, występują zmiany parametrów geotechnicznych podłoża gruntowych. W wyniku tych zmian następują nierównomierne odkształcenia podłoża gruntowych

wywołujące dodatkowe oddziaływania (siły) w elementach oraz dodatkowe odkształcenia istniejących obiektów. Stany takie wpływają często na znaczne pogorszenia się ich stanów granicznych nośności i użytkowania.

Pod wpływem odkształceń podłoża gruntowych powstają dodatkowe siły w elementach i ich połączeniach oraz dodatkowe odkształcenia i przemieszczenia konstrukcji istniejących.

Określanie dopuszczalnych granicznych wartości tych parametrów należy do konstruktorów budowlanych. Z tego wynikają dopuszczalne i graniczne dodatkowe nierównomierne odkształcenia podłoża i przemieszczenia konstrukcji obiektów znajdujących się w sąsiedztwie realizowanych „plomb”.

Miarą przemieszczeń elementów istniejących obiektów są wychylenia, ugięcia, rysy i pęknięcia. Wychylenia budynków od pionu są istotnymi czynnikami oceny ich właściwości technicznych i użytkowych. W wyniku niejednorodnej budowy podłoża dopuszcza się wychylenia do 3 promili. W sytuacjach wyjątkowych dochodzi jednak do znacznie większych wychyleń wzniesionych budynków. Wymaga to odpowiednich ingerencji technicznych.

Wychylenia istniejących budynków od pionu powodują w elementach konstrukcji powstawanie dodatkowych sił poziomych, jako składowych od obciążeń pionowych. Siły poziome oddziałujące na całą budowlę muszą być przeniesione przez jej układy nośne, przy zachowaniu wymaganych warunków stateczności i wytrzymałości. Zagrożenia istniejących obiektów wynikające z ich wychylenia zależą od ich cech geometryczno-konstrukcyjnych oraz wielkości samych wychyleń.

Obliczeniowe wpływy oddziaływań podłoża pod budynkami o ścianowych układach nośnych należy rozpatrywać w budynkach o wysokości powyżej 5 kondygnacji w sytuacjach, gdy wysokości obiektów przekraczają co najmniej dwukrotnie wymiary krótszych boków rzutów poziomych obiektów.

W przypadkach potencjalnych zagrożeń stateczności budynków lub wytrzymałości elementów, wymagane są każdorazowo indywidualne analizy konstrukcji. Według [1] na podstawie wykonanych już analiz konkretnych przypadków wychylonych budynków można stwierdzić, że w budynkach o wysokości do 11 kondygnacji, niewykazujących lokalnych zagrożeń spowodowanych złym stanem technicznym, wychylenia do wartości 30 promili nie mają istotnego wpływu na ich warunki pracy. Dotyczy to w szczególności budynków murowanych o wysokości 2–3 kondygnacji oraz budynków o konstrukcji wielkopłytywowej realizowanych w technologiach wznoszonych na terenach górniczych (np. Płyta „NRD”, Fadom, Wk-70 SG, Domino – 5 kond.).

W wychylonych budynkach wyposażonych w dźwigi windowe konieczne są dodatkowe oceny warunków bezpiecznej pracy urządzeń dźwigowych oraz niezawodności funkcjonowania samych dźwigów i instalacji. Przykładowo dla dźwigów produkowanych w latach 70., dopuszczalne wartości wychyleń szybów dźwigowych



z pionu, z uwagi na niezawodność pracy poszczególnych ich elementów, wynoszą 24 promile. Na tej podstawie określono graniczną wartość wychylenia budynku ze względu na niezawodność pracy urządzeń dźwigowych. Dla dźwigów nowszych niezbędne są indywidualne oceny warunków pracy dźwigów.

Wychylenia istniejących budynków mają szczególnie niekorzystne wpływy na ich inne wartości użytkowe. Objawia się to w codziennej uciążliwości wynikającej np. z nachylenia podłóg i posadzek oraz związanych z tym trudności lokomocyjnych, zaburzeń w prawidłowym funkcjonowaniu drzwi i okien, wpływając także na zmniejszenie ich szczelności. Mimo wielu propozycji dotyczących dopuszczalnych wychyleń budynków mieszkalnych wynikających właśnie ze względów użytkowych, nie ma dotychczas w tym względzie odpowiednich uregulowań.

### 3. Zabezpieczenia, wzmacnianie i naprawy obiektów sąsiadujących

W wyniku zrealizowanych ocen stanów technicznych istniejących obiektów budowlanych sąsiadujących z nowymi obiektami o głębokim posadowieniu, często niezbędne są zabezpieczenia, wzmacnianie i naprawy tych obiektów.

W zależności od sytuacji powinny być one wykonywane w różnych etapach realizacji nowych inwestycji, począwszy od projektowania aż do pełnej eksploatacji.

Najczęściej wykonywane są zabezpieczenia zewnętrzne oraz wzmacnianie i naprawy tych obiektów.

Dla zapewnienia bezpieczeństwa, a także ochrony przed negatywnymi wpływami istniejących obiektów powinny być wykonywane różne zabezpieczenia placów budowy nowych inwestycji.

W związku z wykopami, wykonuje się zabezpieczenia, które zapobiegają przemieszczaniu się gruntu. Najczęściej są to ściany szczelinowe, a także ścianki szczelne żelbetowe lub stalowe. Ściany te mogą być dodatkowo zabezpieczone rozporami, kotwami gruntowymi lub stropami.

W celu ochrony istniejących obiektów mogą być wykonywane pale, studnie fundamentowe, wzmacniania podłoża gruntowych itp. Często elementy te wykorzystywane są w konstrukcji nowych obiektów.

Wzmacnianie obiektów to najczęściej działania budowlane związane z konstrukcjami obiektów w celu zapewnienia bezpieczeństwa i wymaganych stanów granicznych nośności.

Działania dotyczące usuwania uszkodzeń i usterek związanych przede wszystkim z elementami wykończeniowymi i ze spełnianiem warunków stanów granicznych

użytkowania są określane jako naprawy.

Wzmacnianie istniejących obiektów w związku z robotami inżynierskimi prowadzonymi w sąsiedztwie powinny być wykonywane ze względu na:

- zużycia techniczne i zniszczenia obiektów,
- dodatkowe obciążenia, oddziaływania i zmiany właściwości podłoża.

Główną przyczyną stosowania wzmocnień są dodatkowe obciążenia, oddziaływania i zmiany właściwości podłoża, ponieważ istniejące obiekty nie są do nich na ogół przystosowane.

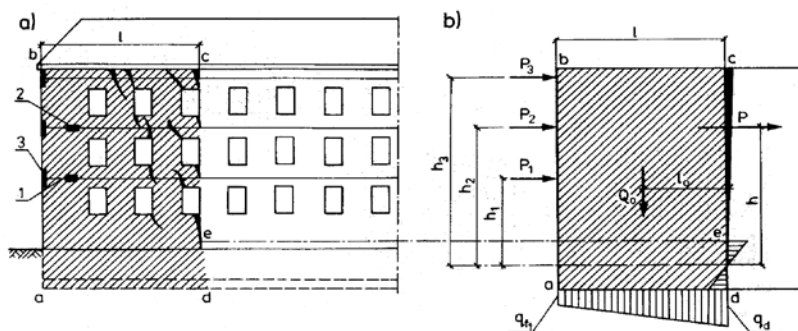
Zakresy stosowanych wzmocnień i zabezpieczeń budowli istniejących są różne i zależne od konkretnych sytuacji. Zastosowane środki powinny być określane w wyniku analiz konstrukcji z uwzględnieniem dodatkowych, nietypowych oddziaływań. Dostateczne bezpieczeństwa konstrukcji powinny być zapewnione w każdej fazie prowadzonych w sąsiedztwie robót.

#### Zabezpieczanie i wzmacnianie istniejących obiektów

W zależności od oceny stanu technicznego istniejących obiektów w pobliżu realizowanych obiektów plombowych z głębokim posadowieniem oraz przewidywanych zmian wynikających z realizacji nowego obiektu (plomby) należy wykonywać zabezpieczenia i wzmocnienia istniejących obiektów.

Zabezpieczenia istniejących obiektów i minimalizację wpływu realizowanych plomb należy wykonywać przez:

- realizację głębokich ścian szczelinowych małymi odcinkami minimalizując ich wpływ na podłoże,
- rozważne kotwienie ścian pod istniejącymi obiektami,
- minimalizację oddziaływań dynamicznych budowli,
- zakładanie plomb kontrolnych lub mierników przylepnych w miejscach osłabionych i najbardziej wyężonych istniejących konstrukcji,
- naprawy istniejących zarysowań.



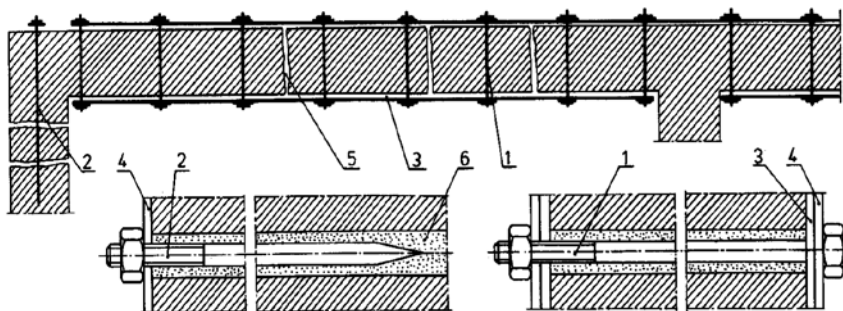
**Rys. 1.** Przykładowe rozmieszczenie ściągów (a) i schemat obliczeniowy wzmocnienia ściany uszkodzonej przy przegięciu (b) *abcd* – osiadająca (odrywająca się) tarcza ściany (części budynku) 1 – ściąg, 2 – śruba ściągająca, 3 – kątownik oporowy

Często zabezpieczanie istniejących obiektów przed wpływami nowo-realizowanej budowli wykonuje się przez poziome lub pionowe wzmocnienia lokalne lub globalne. Najczęściej stosuje się zabezpieczenia i wzmocnienia za pomocą:

- iniekcji wgłębnych podłożu lub elementów budowlanych,
- monolitycznych lub prefabrykowanych wzmocnień żelbetowych,
- elementów stalowych lub drewnianych.

Zabezpieczenia istniejących obiektów i minimalizacji wpływu realizowanych obiektów plombowych należy wykonywać przez:

- realizację głębokich ścian szczelinowych małymi odcinkami, minimalizując ich wpływ na podłoże,
  - rozważne kotwienie ścian pod istniejącymi obiektami,
  - minimalizację oddziaływań dynamicznych budowli,
  - zakładanie plomb kontrolnych lub mierników przylepnych w miejscach osłabionych i najbardziej wyężonych istniejących konstrukcji,
  - naprawy istniejących zarysowań.
- Często zabezpieczanie istniejących obiektów przed wpływami budowli wykonuje się przez poziome lub pionowe wzmocnienia lokalne lub globalne za pomocą ściąągów.



**Rys. 2.** Schemat wzmocnienia ścian stalowymi płaskownikami i wstępnie sprężonymi sworzniami: 1 – sworzeń sprężający, 2 – sworzeń wewnętrzny, 3 – płaskowniki stalowe, 4 – podkładki pod sworznie, 5 – rysy w murze, 6 – otwór na sworzeń

Wzmocnienia poziome lub pionowe lokalne należy wykonywać dla osłabionych lub charakterystycznych elementów lub fragmentów budowli.

Do wzmocnień poziomych lub pionowych elementów należy stosować techniki podane w pracach [1–6].

Stosuje się wzmocnienia za pomocą:

- iniekcji wgłębnych,
- monolitycznych lub prefabrykowanych wzmocnień żelbetowych,
- elementów stalowych lub drewnianych.

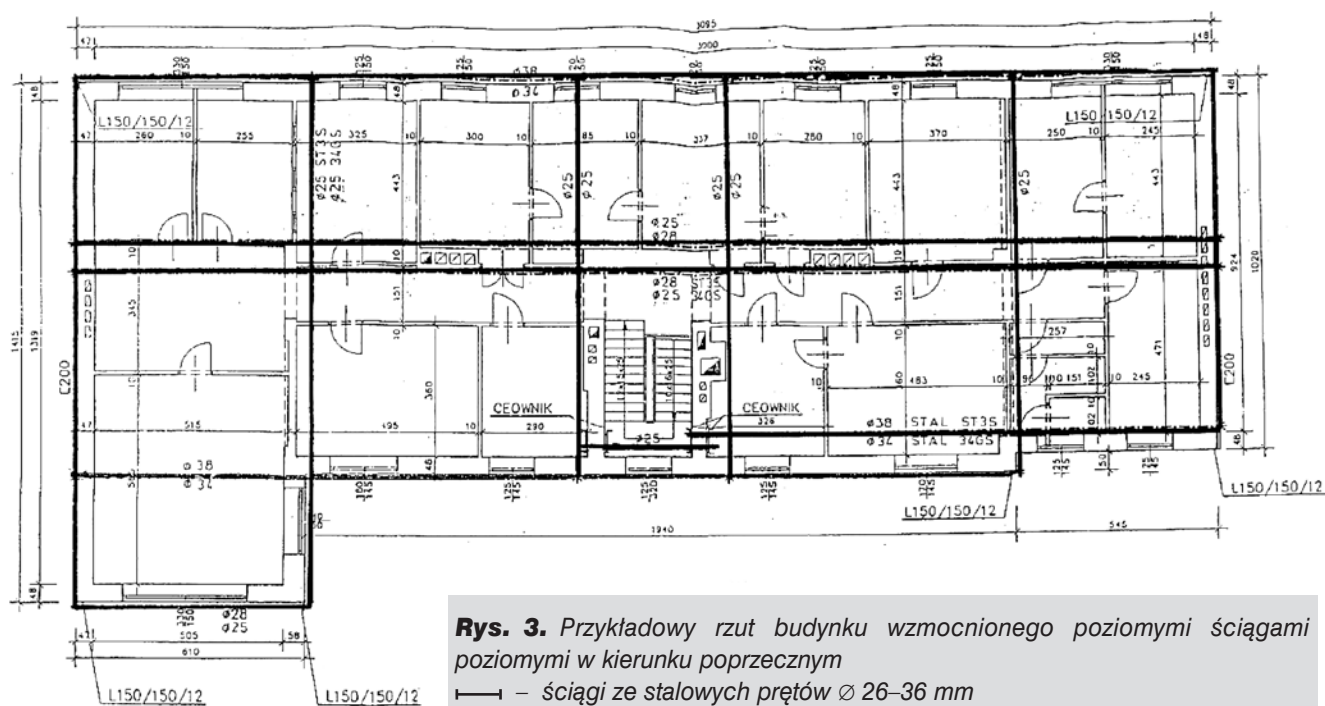
Wzmocnienia fragmentów lub całych obiektów należy wykony-

wać za pomocą poziomych ściąągów stalowych z prętów, płaskowników lub mat.

Optymalne sposoby, rodzaje i wielkości wzmocnień powinny każdorazowo uwzględniać zmianę, jakości i strukturę istniejących obiektów oraz zmieniające się sytuacje zewnętrzne wynikające z realizacji obiektu plombowego.

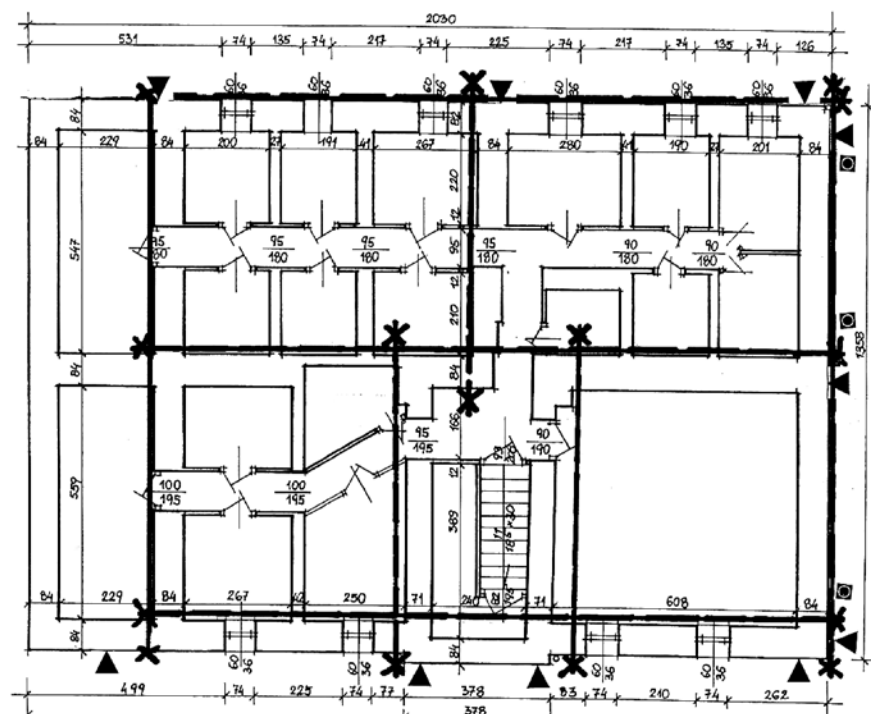
Najczęściej występują też problemy:

- sztywności i stateczności budynków przy powstaniu głębokich wykopów oraz drgań w wyniku budowy obiektu plombowego,
- nośności elementów stropowych, tj. płyt i belek,



**Rys. 3.** Przykładowy rzut budynku wzmocnionego poziomymi ściąągami poziomymi w kierunku poprzecznym

— — ściąągi ze stalowych prętów Ø 26–36 mm



**Rys. 4.** Przykładowy rzut budynku z muru (bez wieńców w poziomie stropów) wzmacnionego poziomymi ściągami stalowymi

— — — — — poziome ściągi stalowe z prętów Ø 32 i stalowych płaskowników 80x10 mm  
x — miejsca zakotwień

► — repery do pomiaru osiadań

– nośności elementów pionowych, tj. ścian i słupów,  
– jakości zniszczonych połączeń elementów.

Przykładowe obliczenia ściągów ścian uszkodzonych lub narażonych na osiadanie z powodu degradacji podłoża podano [6] na rysunku 1.

Wypadkową siłę sprężania określa się na podstawie wzoru

$$P = \frac{1}{h} \left[ Q_0 l_0 - \frac{Bl^2}{3} (q_{f1} + 0,5q_d) \right] \quad (3)$$

gdzie:

$Q_0$  – obliczeniowy ciężar tarczy muru i elementów z nim związanych na spękanym odcinku,

$h$  – ramię wypadkowej siły  $P$  względem środka ciężkości przekroju pozostałej części muru poniżej spękania,

$l_0$  – ramię siły  $Q_0$  względem środka ciężkości przekroju jw. (rys. 1),

$B$  – szerokość ławy fundamentowej,

$q_{f1}$  – obliczeniowy opór jednostkowy podłoża na zagrożonym odcinku

$$q_{f1} = 0,8 \frac{M_1}{M_2} q_{f2} \quad (4)$$

gdzie:

$q_{f2}$  – obliczeniowy opór jednostkowy gruntu dla stabilnego odcinka (normowy – wg PN-81/B-03020 [N1]),

$M_1$  – moduł ścisłości gruntu na zagrożonym odcinku,

$M_2$  – moduł ścisłości gruntu na niezagrożonym odcinku,

$q_d$  – obliczeniowy opór jednostkowy ze wzoru

$$q_d = 3 \frac{Q_0}{Bl} - 6 \frac{M_c}{Bl^2} - 2q_{f1} \quad (5)$$

$M_c$  – moment obliczeniowy w murze ściany pod spękaniami

$$M_c = R_{nrg} W \quad (6)$$

$R_{nrg}$  – obliczeniowa wytrzymałość muru na rozciąganie przy zginaniu

w przekroju przez spoinę nieprzewiązaną,  
 $W$  – wskaźnik wytrzymałości muru w przekroju d-e przy sprężystej pracy muru.

Przyjmując siły sprężania wszystkich cięgien równe  $P_1 = P_2 = \dots = P_n$ , otrzymuje się

$$P_n = P \frac{h}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} \quad (7)$$

gdzie:

$h_1, h_2, \dots, h_n$  – ramiona sił  $P_1, P_2, \dots, P_n$  względem środka ciężkości muru, który nie uległ spękaniu.

Przy obliczaniu cięgien należy uwzględnić wpływ zmian temperatury zewnętrznej na naprężenia w cięgach oraz przemieszczania muru. Naprężenia w cięgach spowodowane różnicą odkształceń cięgna i muru od temperatury określa się wzorem

$$\sigma^t = (\alpha_{ts} - \alpha_{tm}) \Delta t E \quad (8)$$

gdzie:

$\alpha_{ts}$  i  $\alpha_{tm}$  – współczynnik rozszerzalności cieplnej stali i muru,

$\Delta t$  – różnica temperatur,

$E$  – współczynnik sprężystości stali.

Długość kątowników służących do zamocowania cięgien szacuje się według wzoru:

$$l_{op} = 22,7 \sqrt[4]{\frac{J}{b}} \text{ cm} \quad (9)$$

gdzie:

$l_{op}$  – optymalna długość kątowników, cm,

$J$  – moment bezwładności kątownika, cm<sup>4</sup>,

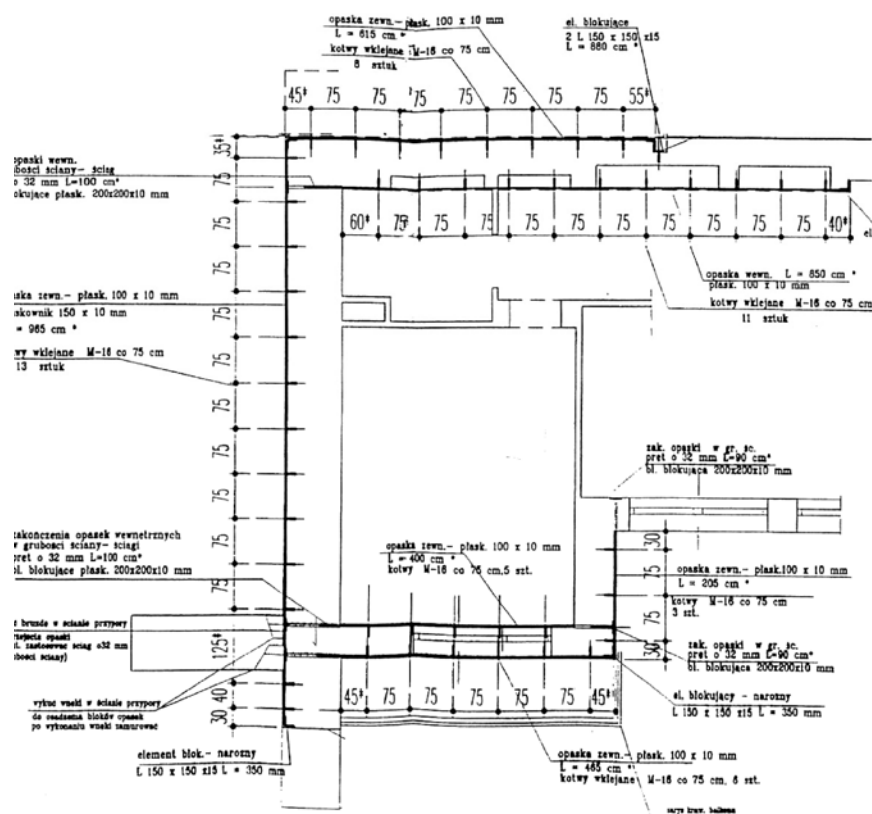
$b$  – szerokość półki kątownika, cm.

Otrzymana ze wzoru optymalna długość kątownika pozwala najkorzystniej uwzględnić wytrzymałość muru i cięgna.

Przykładowe wzmocnienie murów przenoszących siły poziome [6] pokazano na rysunku 2.

Badania wykazały, że spękanne mury z cegły otoczone z obu stron płaskownikami i łączone sprężonymi sworzniami stalowymi pracują jak mury zbrojone. W celu zało-





**Rys. 5.** Przykładowy rzut budynku z przyporami, wzmocnionego stalowymi płaskownikami 100 x 10 mm przytwierdzonym do ścian budynku za pomocą kołków stalowych M-16 co 75 cm

żenia sworzni wierci się w murze otwory średnicy 40–42 mm. Po wprowadzeniu sworzni otwór wypełnia się specjalnie modyfikowaną zaprawą cementową.

Do wstępnego sprężenia sworzni należy użyć siły nie mniejszej niż 30–40 kN przy momencie wynoszącym 0,15–0,20 kNm.

Rozstaw sworzni powinien być większy niż grubość muru. Średnica sworzni nie powinna być mniejsza niż 16 mm. Zaleca się stosowanie sworzni ze stali A-I lub A-II o wyraźnej granicy plastyczności.

Należy przyjmować płaskowniki o przekrojach nie mniejszych niż 80 x 6 mm i rozstawie co ok. 3 m. Konstrukcja przedstawiona na rysunku pracuje na zginanie jak mur zbrojony w płaszczyźnie spoin poziomych. Podporami dla wzmocnianego muru są ściany poprzeczne lub słupy żelbetowe. Główne naprężenia rozciągające można określić ze wzoru przybliżonego

$$R_{nt} = \frac{Q}{bz}, \quad z = \frac{2}{3}h \quad (10)$$

gdzie  $h$  – grubość muru.

Niewielkie rysy w murze (rzędu 1–2 mm) lub większe, ale dokładnie uszczelnione, nie wpływają praktycznie na nośność ścian wzmocnionych sprężonymi sworzniami. W strefie ściskanej rysy częściowo się zamykają, a w rozciąganej siły przyjmują płaskowniki stalowe. Gdy spękania pionowe znajdują się w narożach ścian, można zastosować wzmocnienie w postaci kotwi wewnętrznych, ustawionych pionowo, co 1,0 m.

Siły poprzeczne powstające między płaskownikami a murem, przyjmowane przez sworznie, można określić wzorem

$$Q \leq mkR_a F_a \quad (11)$$

gdzie:

$Q$  – obliczeniowa siła poprzeczna,

$m$  – współczynnik warunków pracy, przyjmowany 0,8,

$k$  – obliczeniowy współczynnik tarcia przyjmowany jako 0,8  $f$  (współczynnik tarcia po murze w stanie: suchym  $f = 0,7$ , mokrym  $f = 0,6$ ),  $R_a$  – obliczeniowa wytrzymałość sworzni,

$F_a$  – powierzchnia przekroju poprzecznego sworzni.

Wzmocnianie ścian w sposób opisany wyżej nie zmienia elewacji zewnętrznych, gdyż stalowe płaskowniki mogą być ukryte w tynku. Przy braku tynku płaskowniki maluje się, a nakrętki maskuje dekoracyjnymi osłonkami.

Wzmocnienie murów sprężonymi sworzniami jest znacznie oszczędniejsze niż przy użyciu ceowników.

#### 4. Przykłady wzmocnień

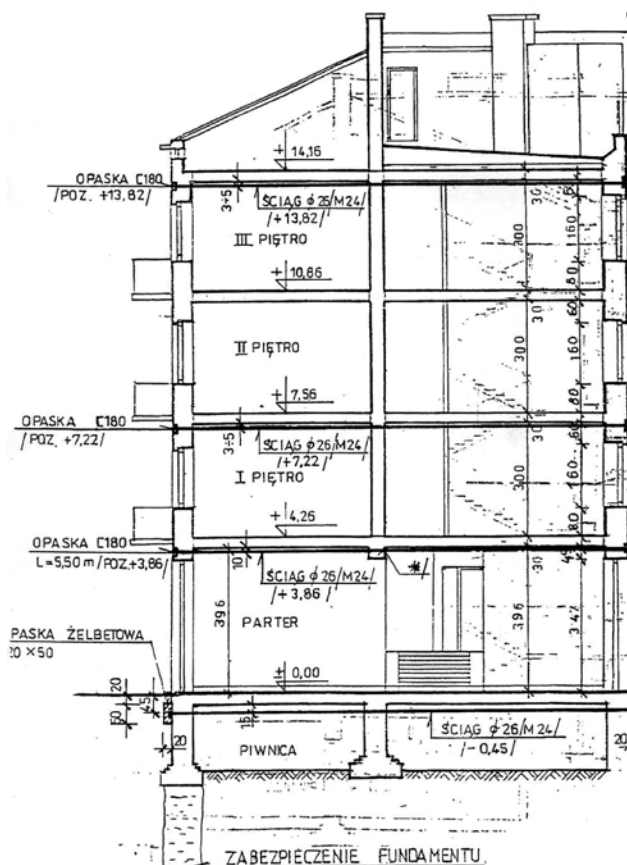
Przykładowe wzmocnienia fragmentów lub całych obiektów pokazano na rysunkach 3–6. Rzuty budynków ze wzmacniającymi ściągami podano na rysunkach 3, 4, 5. Przekrój budynku ze wzmacniającymi ściągami podano na rysunku 6. Szczegóły zakotwień ściągów i przytwierdzeń ich do konstrukcji istniejącej pokazano na rysunkach 7–10.

Usztywnienie ścian fundamentowych pokazano na rysunkach 11 i 12, a przykłady wzmocniania murów pokazano na rysunku 13.

Ważnym zagadnieniem jest wzmocnienie podpór pod belkami i podciągami.

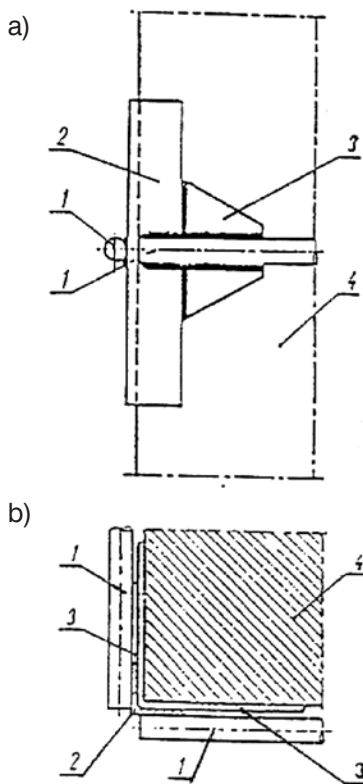
Rysy i pęknięcia pod podporami podciągów lub belek świadczą o niewystarczającej wytrzymałości murów w tych miejscach. Zależnie od charakteru uszkodzenia, podpory mogą być wzmocniane w wyniku przemurowania odcinka muru albo zastosowania poduszki podporowej.

Przed wykonaniem wzmocnień należy podstemplować konstrukcję w celu odciążenia uszkodzonej podpory. Przy stemplowaniu w jednej płaszczyźnie pionowej na kilku kondygnacjach pracę rozpoczyna się od najniższej. W razie koniecz-



**Rys. 6.** Przekrój przez istniejący budynek wzmocniony poziomymi ściągami stalowymi na wybranych kondygnacjach

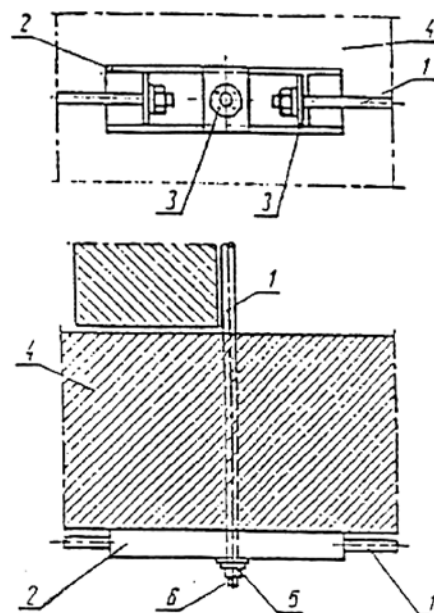
— ściągi stalowe z prętów  $\varnothing 26$  mm



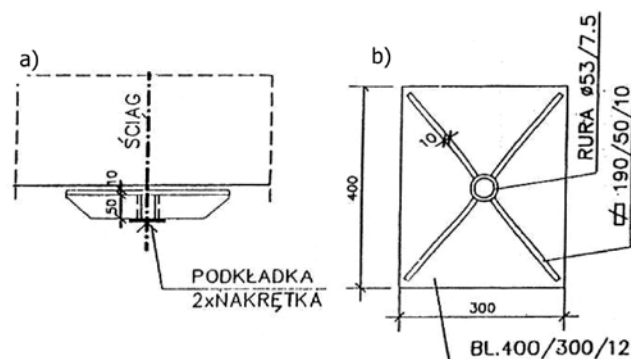
**Rys. 7.** Przykład szczegółu części oporowej pod stalowe cięgna sprężone

a) widok z boku  
b) widok z góry

1 – ściąg  $\varnothing 26-36$  mm  
2 – kątownik  
3 – blachy  
4 – ściana



**Rys. 8.** Szczegół podparcia stalowych cięgien wzajemnie prostopadłych: 1 – ściąg stalowy  $\varnothing 26-36$  mm, 2 – specjalne zakotwienie stalowych ściągów, 3 – dwuteownik stalowy, 4 – ściana istniejącego budynku, 5 – podkładka stalowa, 6 – nakrętka

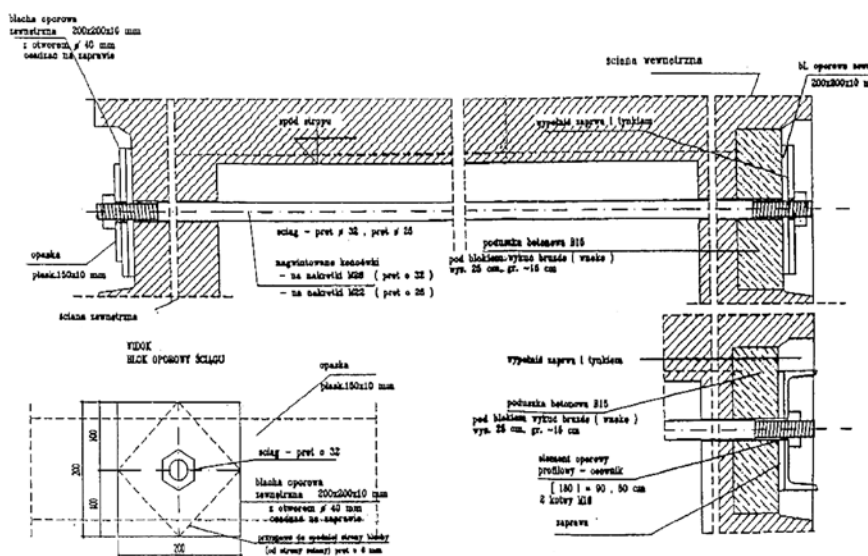


**Rys. 9.** Przykład blachy oporowej do ściągów stalowych z prętów  $\varnothing 26-36$  mm

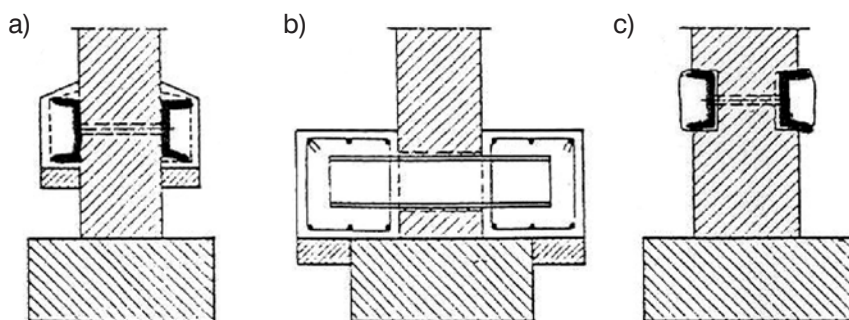
a) widok z góry, b) widok z przodu

ności przemurowania tylko odcinka podporowego należy usunąć wszystkie spękane cegły i wprowadzić nowe dobrej jakości, na mocnej zaprawie i wzmocnione zbrojeniem poprzecznym. Poduszkę betonową lub żelbetową można wcześniej wykonać jako prefabrykowaną i po ustawieniu na miejscu wyrównać tylko mocną zaprawą cementową. Należy zwrócić uwagę, aby nowe elementy dokładnie przylegały do spodu belki lub podciągu. Stemple demontuje się po osiągnięciu przez nowe podpory dostatecznej wytrzymałości. Najpierw usuwa się części ukośne, tj. zastrzały i stężenia, a potem elementy pionowe. Przy rozluźnianiu klinów należy unikać gwałtownych wstrząsów.





**Rys. 10.** Szczegół kotwienia ściągów z prętów stalowych w murze istniejącego obiektu zabytkowego: 1 – rzuty z góry ściagu, 2 – rzut z góry zamocowania 3 – widok blach oporowych



**Rys. 11.** Przykłady usztywnienia ścian fundamentowych budynków istniejących  
a) elementami zespolonymi stalowo-betonowymi, b) wieńcem żelbetowym, c) elementami stalowymi z ceowników

Wybijanie nowych otworów lub powiększenie już istniejących, łączenie nowego muru ze starym, wzmocnienie sklepień, wzmocnienie ścian przyporami oraz wzmocnienia obiektów zabytkowych i sakralnych należy obliczać zgodnie z przyjętym nowym układem konstrukcyjnym zespolonym i wykonywać zgodnie z [1–6].

Wzmocnienia konstrukcji stalowych dotyczą najczęściej:

- wzmocnienia elementów rozciąganych,
- wzmocnienia elementów ściskanych,
- wzmocnienia zginanych belek stalowych,

- wzmocnienia połączeń,
- wzmocnienia węzłów w konstrukcjach kratowych,
- wzmocnienia konstrukcji ze zmianą schematu statycznego przez
  - dodatkowe podpory,
  - ściągi,
  - sprężanie,
- wzmocnienia konstrukcji stalowych betonem.

Wzmocnienia powyższe należy obliczać w zależności od stanu konstrukcji (połączenie) zgodnie ze schematem konstrukcyjnym i wykonywać zgodnie z [1–6].

Wzmocnienia konstrukcji żelbetowych dotyczą najczęściej:

- wzmocnienia płyt i podestów,
- wzmocnienia belek i wiązań,
- wzmocnienia słupów,
- wzmocnienia dodatkowymi podporami,
- wzmocnienia cięgnami sprężającymi.

Wzmocnienia powyższe należy obliczać w zależności od stanu konstrukcji (połączenia), przyjętym zmodyfikowanym zespolonym układem konstrukcyjnym i wykonywać zgodnie z [1–6].

Wzmocnienia konstrukcji drewnianych dotyczą najczęściej:

- wzmocnienia belek stropowych kratowniczkami stalowymi, nakładkami drewnianymi, odcinkami kształtowników stalowym belkami stalowymi na całej długości, ściągami, zbrojeniem stalowym lub z włókien sztucznych,
- wzmocnienia stropów przez zespolenie z płytą żelbetową,
- wzmocnienia prętów ściskowych lub rozciąganych,
- wzmocnienia węzłów i połączeń,
- wzmocnienia wiązarów,
- wzmocnienia dachów i przekryć.

Wzmocnienia powyższe należy obliczać w zależności od stanu konstrukcji (połączenia), zgodnie z przyjętym zmodyfikowanym zespolonym układem konstrukcyjnym.

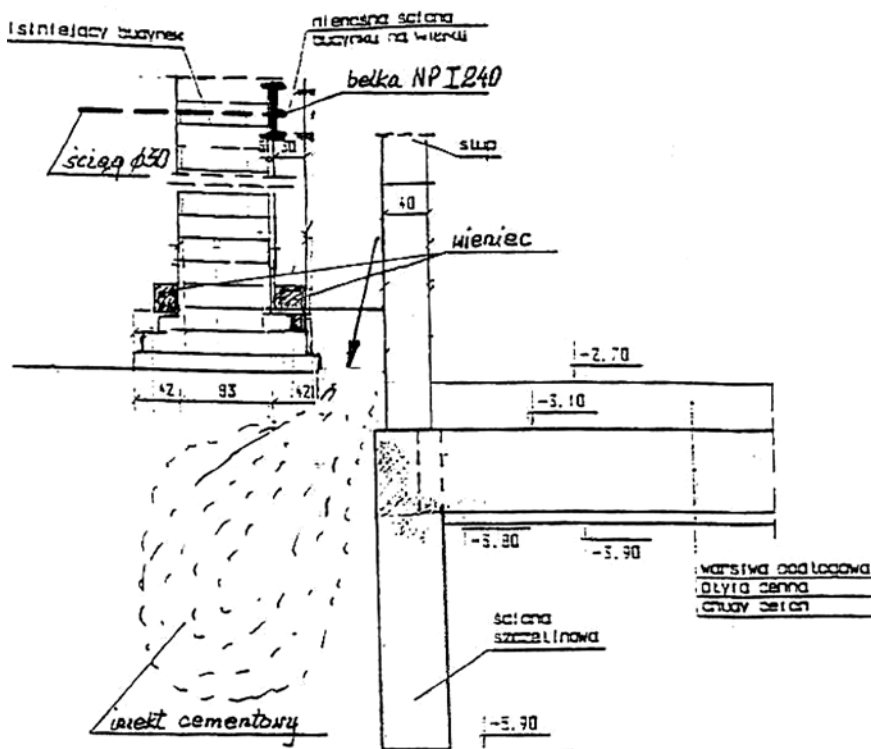
Zastosowane zabezpieczenia i wzmocnienia powinny być skuteczne, trwałe i niezmiennie, a także zapewniać współpracę ze strukturą istniejącego budynku.

Optymalne zabezpieczenia i wzmocnienia powinny określać rzeczoznawcy budowlani z odpowiednią praktyką.

## 5. Postępowanie przy zagrożeniach budowlanych

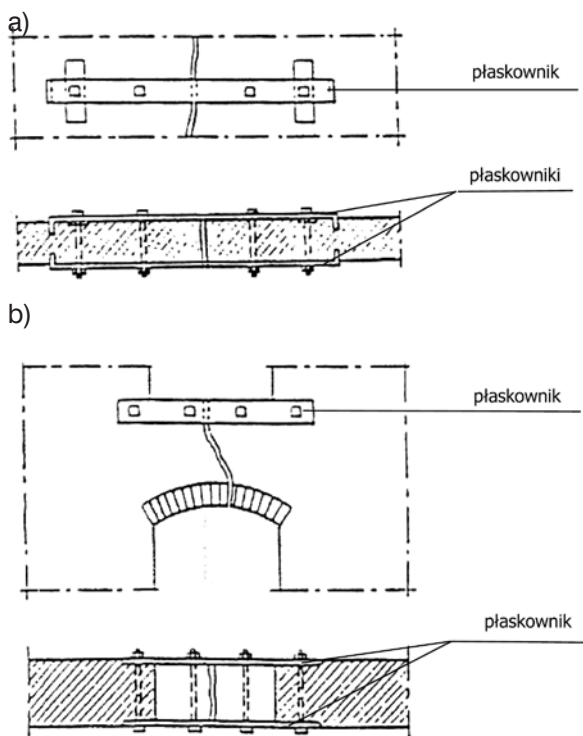
Przy realizacji obiektów plombo- wych o głębokim posadowieniu w istniejących budynkach sąsiednich mogą występować okresowe zagrożenia.

Zagrożenia te mogą wystąpić z powodu nadmiernych, ponad-



**Rys. 12.** Przykład usztywnienia przyziemia i wzmacniania podłoża pod fundamentem istniejącego budynku znajdującego się przy realizowanym budynku plombowym o głębokim posadowieniu

dopuszczalnych przemieszczeń pionowych i poziomych wychyleń elementów pionowych (ścian), a nawet całych budynków lub z powodu zniszczeń zastosowanych wzmocnień.



**Rys. 13.** Przykład wzmocnienia muru istniejącego budynku na długości ściany  
a) wzmocnienie płaskownikami na pęknięciu ściany (widok z boku i z góry)  
b) wzmocnienie płaskownikami na pęknięciu między otworami w murze (widok z boku i z góry)

W sytuacjach wystąpienia okresowych zagrożeń należy wstrzymać realizację obiektu plombowego, dokonać doraźnych pomiarów i jakości zastosowanych wzmocnień, przeprowadzić analizy aktualnego stanu technicznego istniejącego obiektu, a następnie skorygować lub zastosować dodatkowe wzmocnienia, a także zmiany w realizowanym obiekcie plombowym.

W przypadku, gdy rzeczywiste przemieszczenia lub odchylenia elementów lub obiektów przekroczą wartości graniczne, realizację obiektu plombowego należy wstrzymać, istniejący obiekt zabezpieczyć oraz przeprowadzić ponowną analizę i ocenę aktualnego stanu technicznego w celu sformułowania ostatecznych wniosków i zaleceń w sprawie skorygowania lub zastosowania ewentualnych dodatkowych wzmocnień.

Prace te należy powierzać niezależnym rzeczoznawcom budowlanym z dużym doświadczeniem w tego typu zagadnieniach.

## 6. Wnioski

Zarówno względy techniczne, jak i społeczno-ekonomiczne (unikanie konfliktów) przemawiają za tym, aby przed rozpoczęciem realizacji inwestycji plombowych każdorazowo oceniać ewentualne negatywne oddziaływania nowych plombowych budynków na sąsiednie istniejące obiekty. Takie postępowanie umożliwi zastosowanie odpowiednich zabezpieczeń oraz technik realizacji, które jeśli nie wyeliminują całkowicie, to przynajmniej zminimalizują uszkodzenia sąsiednich istniejących obiektów budowlanych. Ponadto uniknie się przez to możliwości wystąpienia awarii lub katastrof budowlanych. Z przeprowadzonych badań technicznych i analiz wynika, że zasady realizacji budowy plombowych z głębokim posadowieniem powinny obejmować:

- inwentaryzację uszkodzeń w sąsiednich istniejących obiektach,

- rozpoznanie i oceny podłoża gruntowych,
- oceny stanów technicznych istniejących, sąsiednich obiektów budowlanych,
- wariantowe projektowanie nowych budowli przy udziale rzeczoznawców, uwzględniając wymagania inwestorów oraz istniejące obiekty, a także infrastrukturę,
- prognozy wpływów robót budowlanych na istniejące obiekty w pobliżu,
- analizy i oceny bezpieczeństwa konstrukcji z uwzględnieniem poszczególnych faz budowy nowych obiektów,
- wzmacnianie i zabezpieczenia istniejących obiektów w pobliżu,
- początkowe (zerowe) pomiary geodezyjne budynków sąsiednich,
- określenie zasad obserwacji i kontroli istniejących obiektów w trakcie prowadzenia robót budowlanych,
- naprawy uszkodzeń i dodatkowe wzmocnienia w obiektach sąsiadujących po zakończeniu budowy.

Ponadto przedstawione w artykule problemy związków bezpieczeństwa z przemieszczeniami uświadamiają, że nie ma prostej interpretacji wyników pomiarów geodezyjnych do oceny bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. Należy jeszcze raz podkreślić, że każda konstrukcja powinna być indywidualnie analizowana pod kątem wpływu przemieszczeń na stan jej bezpieczeństwa.

W trakcie realizacji inwestycji w obszarze gęstej zabudowy (np. plomby) zawsze występują złożone problemy związane z bezpieczeństwem budowli zarówno obiektów nowych, jak i starych, przy dużym wzajemnym oddziaływaniu.

Nowe obiekty projektowane zgodnie z aktualnymi obowiązującymi normami i zasadami są określane dość precyzyjnie w projektach. Natomiast stare obiekty bardzo często nie mają danych lub są one bardzo niekompletne. Ponadto stare

obiekty przy nowych inwestycjach nie były projektowane na przeniesienie obciążeń związanych z realizacją inwestycji (np. głębokie wykopy). Określanie cech mechaniczno-wytrzymałościowych elementów konstrukcyjnych starych obiektów wymaga odpowiednich badań często czasochłonnych, kosztownych i uciążliwych dla użytkowników.

Ponadto należy stwierdzić, że obserwacje zmian w czasie przez pomiary geodezyjne, a szczególnie monitoringi dotyczące przemieszczeń elementów istniejących (starych) konstrukcji w trakcie realizacji w pobliżu inwestycji nowych są bardzo cennymi instrumentami umożliwiającymi obiektywne określanie zmian związanych z bezpieczeństwem konstrukcji zarówno starych, jak i nowych.

Wszystkie te zagadnienia powinny być uwzględniane przy projektowaniu obiektów plombowych głęboko posadowionych w gęstej zabudowie.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Runkiewicz L., Wzmacnianie, zabezpieczanie i monitorowanie istniejących obiektów w sąsiedztwie realizowanych plomb. Mat. XXII Konf. WARSZTAT PRACY PROJEKTANTA KONSTRUKCJI, Szczyrk, wyd. PZITB, 2007 r.

- [2] Runkiewicz L., Kowalewski J., Diagnostyka i wzmacnianie istniejących budynków przy realizacji „plomb”. Mat. V Konferencji Naukowo-Technicznej Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego, Kielce, Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, 1999
- [3] Runkiewicz L., Zasady realizacji budowli o głębokich posadowieniach w centrach miast. Mat. Konf. Nauk KILiW PAN i PZITB. Aktualne problemy badawcze budownictwa, Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 2000
- [4] Runkiewicz L., Realizacje budowli w zabudowie zwartej (cz. I i II), Przegląd Budowlany nr 2, 3/2001
- [5] Runkiewicz L., Monitorowanie i wzmacnianie obiektów budowlanych przy realizacji budynków plombowych. Przegląd Budowlany nr 1/2005
- [6] Masłowski E., Spiżewska D., Wzmacnianie konstrukcji budowlanych. Wyd. Arkady, 2000
- [7] Szulborski K., Wytyczne konstrukcyjne i realizacyjne geodezyjnego monitoringu przemieszczeń obejmujące obiekty nowo-wznoszone z wielopoziomowymi garażami podziemnymi oraz zabudową istniejącą. Wyd. Politechnika. Warszawska, 1999
- [8] Wysokiński L., Kotlicki W., Prognozowanie przemieszczeń terenu w nawiązaniu do geotechnicznych zagrożeń obiektów. Wyd. Politechnika Warszawska, 1999
- [9] Instrukcja ITB nr 361/99. Zasady oceny bezpieczeństwa konstrukcji żelbetowych. ITB, Warszawa 1999
- [10] Instrukcja ITB nr 376/2002 Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów
- [11] Instrukcja ITB nr 405/2004 Wzmocnienia i naprawy szkieletowych konstrukcji żelbetowych

[www.przegladbudowlany.pl/archiwum.html](http://www.przegladbudowlany.pl/archiwum.html)

