

Diagnostyka oraz monitoring budynków znajdujących się w sąsiedztwie realizowanych obiektów plombowych w miastach

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

1. Wprowadzenie

W ostatnim okresie obserwuje się dużą intensywność budownictwa, często wysokościowego i głęboko posadowionego, w istniejącej gęstej zabudowie miast. Realizacja takich obiektów związana jest z trudnymi problemami technicznymi wynikającymi z prowadzenia robót inżynierskich w sąsiedztwie istniejącej zabudowy oraz koniecznością zapewnienia tej zabudowy.

W wyniku realizacji takich robót budowlanych powstają niejednokrotnie poważne uszkodzenia obiektów budowlanych zlokalizowanych w sąsiedztwie.

Występują sytuacje gdzie przy planowaniu bardzo poważnych robót inżynierskich zupełnie pominięte zostają efekty jakie te roboty mogą spowodować na sąsiednie istniejące obiekty. Jeżeli działania i środki zabezpieczające podejmowane są późno, to uszkodzenia i szkody są znacznie większe niż gdyby od początku realizacji inwestycji zastosowano właściwe technologie i techniki budowy.

Przy określeniu przyczyn powstania uszkodzeń występują częste spory między inwestorami (a także wykonawcami) nowych obiektów a właścicielami (lub zarządcami) istniejących sąsiadujących substancji budowlanych. Występują często przypadki, w których poszkodowani właściciele istniejących obiektów nie mogą uzyskać rekompensaty za powstałe szkody z powodu robót budowlanych realizowanych w sąsiedztwie. Występują też przypadki odwrotne, gdzie dawne

uszkodzenia istniejących budynków, próbuje się naprawić na koszt inwestorów noworealizowanych obiektów.

W tych przypadkach wskazanym jest wykonywanie diagnostyk oraz monitoringów ciągłej oceny stanu technicznego istniejących obiektów. Zależy on od jakości technicznej istniejących budowli oraz od zmieniających się właściwości podłoża w pobliżu realizowanego obiektu plombowego.

W ocenie bezpieczeństwa i niezawodności istniejących konstrukcji budowlanych należy brać pod uwagę:

- Normy, rozporządzenia i inne dokumenty techniczne obowiązujące zarówno w okresie projekto-

wania i realizacji tych konstrukcji, jak i w okresie oceny stanu technicznego,

- Normy, wytyczne i instrukcje dotyczące metod badawczych i zasad oceny właściwości materiałów budowlanych w obiekcie.

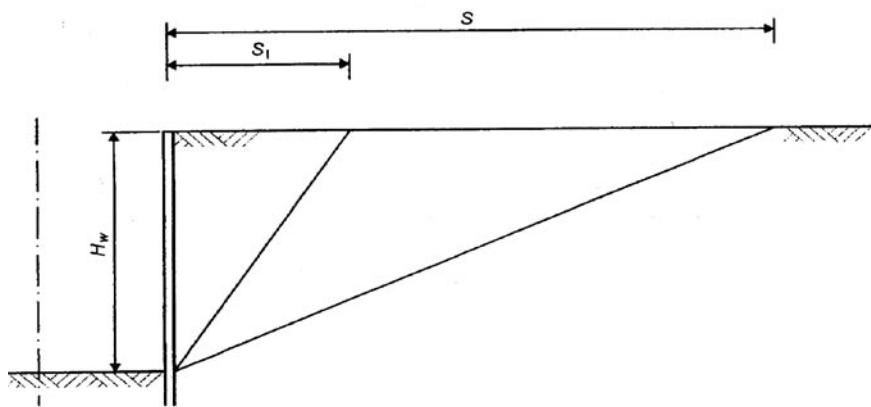
2. Strefy oddziaływanego wykopu i prognozowanie przemieszczeń podłoża

Wokół realizowanego budynku plombowego o głębokim posadowieniu występują pionowe i poziome przemieszczenia gruntu.

Obszary podłoża wokół wykopu, na którym następują pionowe i poziome przemieszczenia gruntu, nazwane są strefami oddziaływania

Tabela 1. Zasięg stref oddziaływania wykopu

Rodzaj gruntów	Strefa oddziaływania wykopu	
	s_I	S
Wykop w piaskach	$0,5 H_w$	$2,0 H_w$
Wykop w glinach	$0,75 H_w$	$2,5 H_w$
Wykop w ilach	$1,0 H_w$	$3-4 H_w$



Rys. 1. Zasięg stref oddziaływania wykopu S_I i S

AWARIE BUDOWLANE

wykopu i należy je określać zgodnie z Instrukcją Instytutu Techniki Budowlanej [20].

Według tej instrukcji strefy oddziaływania wykopu (S_1 i S_2) oraz prognozowanie przemieszczeń podłoża należy wyznaczać w zależności od głębokości wykopu (H_w) oraz rodzaju gruntu (rys.1).

Zasięg tych stref wynosi:

- dla strefy S_1 – od $0,5 H_w$ do $1,0 H_w$
- dla strefy S_2 – od $2,0 H_w$ do $4,0 H_w$.

W zależności od rodzaju gruntu zasięg stref oddziaływania wykopu podano w tabeli 1.

Na podstawie długolejnej praktyki uważam, że dla budynków zabytkowych strefy te należy zwiększać o 50%.

Przykładowe strefy oddziaływania wykopu z miejscami założonych reperów na istniejących budynkach do monitorowania ich przemieszczeń pionowych i poziomych pokazano na rysunkach 2 i 3.

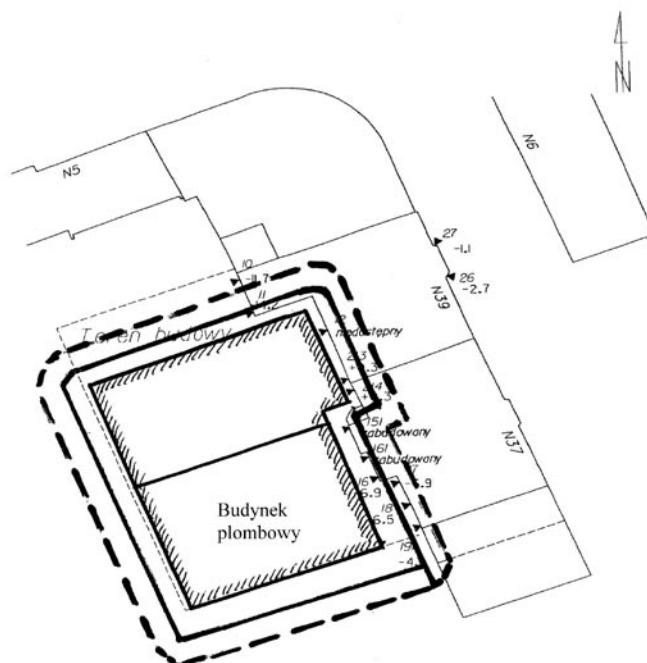
Rzeczywiste przemieszczenie podłoża oraz istniejących budynków należy wyznaczyć za pomocą trwałych reperów umieszczonych na fundamentach, na ścianach i innych elementach istniejących (w pobliżu) budynków.

Dopuszczalne przemieszczenia podłoża należy określić dla każdego budynku w zależności od jego usytuowania, technologii wykonania oraz stanu technicznego w oparciu o normy oraz literaturę m.in. [21].

Dla istniejących obiektów zabytkowych dopuszczalne przemieszczenia podłoża należy zmniejszać o 50%.

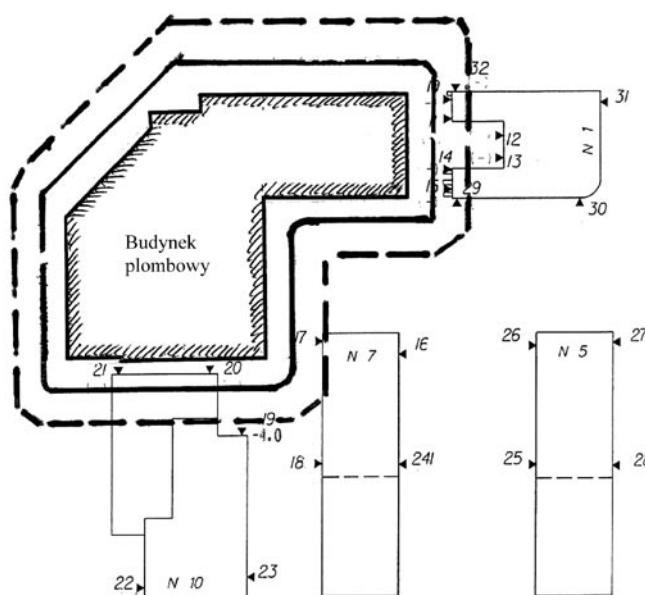
Strefy oddziaływań wykopu oraz dopuszczalne przemieszczenia podłoża powinien ustalić rzecznik budowlany wspólnie ze specjalistą geotechnikiem lub projektant budynku plombowego wspólnie ze specjalistą geotechnikiem.

Natomiast przemieszczenia fundamentów budynków plombowych należy kontrolować i oceniać zgodnie z instrukcją [20].



Rys. 2. Przykładowy plan okolicy i przewidywanych zasięgów stref oddziaływania wykopu realizowanego wielopiętrowego budynku plombowego oraz plan założonych reperów na istniejących budynkach do monitorowania ich przemieszczeń pionowych i poziomych

- ▲ – repery do pomiarów przemieszczeń pionowych i poziomych budynków istniejących
- N – istniejące budynki wielopiętrowe
- – przewidywany zasięg strefy oddziaływania wykopu budynku plombowego



Rys. 3. Przykładowy plan okolicy i przewidywanych zasięgów stref oddziaływania wykopu realizowanego wysokiego budynku plombowego (z 3 poziomami garażami w podziemiu) oraz plan założonych reperów na istniejących budynkach do monitorowania ich przemieszczeń pionowych i poziomych

- ▲ – repery do pomiarów przemieszczeń pionowych budynków istniejących
- N – istniejące budynki wielopiętrowe
- – przewidywany zasięg strefy oddziaływania wykopu budynku plombowego

3. Wymagania techniczne jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane

Zgodnie z Prawem budowlanym i odpowiednimi rozporządzeniami istniejące obiekty budowlane powinny spełniać 6 wymagań podstawowych.

Zatem istniejące obiekty budowlane przy realizowanych obiektach plombowych przez cały okres realizacji obiektów plombowych powinny spełniać ww. wymagania podstawowe.

Wymagania powyższe określone są w polskich normach a od 2010 roku w normach skodyfikowanych unijnych (PN-EN). Podobnie metody badań oraz zasady oceny określone są w polskich normach (PN) i innych dokumentach technicznych, a w najbliższej przyszłości (od 2010 roku) w unijnych normach skodyfikowanych (PN-EN). Mając na uwadze możliwość wystąpienia przemieszczeń podłożu lub wystąpienia innych niekorzystnych wpływów związanych z budową, istniejące obiekty powinny być zabezpieczane i wzmacniane.

Pierwsze wymaganie obejmuje bezpieczeństwo i trwałość naprawianych oraz wzmacnianych istniejących w pobliżu plomby obiektów budowlanych.

Bezpieczeństwo i trwałość naprawianych oraz wzmacnianych istniejących obiektów budowlanych wymaga nieprzekroczenia stanów granicznych elementów lub całych konstrukcji w obszarach najbardziej obciążonych lub wytężonych z określonym prawdopodobieństwem w ciągu całego planowanego okresu eksploatacji, z uwzględnieniem wpływów realizacji obiektu plombowego.

Stany graniczne nośności konstrukcji budowlanych lub ich elementów wyrażają generalnie nierówności typu:

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

gdzie:

S_d – obliczeniowe wielkości sił wewnętrznych w ocenianych naprawianych lub wzmacnianych

fragmentach, istniejących w pobliżu obiektów (konstrukcji) przy przyjęciu obliczeniowych wartości oddziaływań w sytuacjach trwałych, a także sytuacjach przejściowych i wyjątkowych w czasie realizacji obiektu plombowego.

R_d – obliczeniowe nośności rozważanych fragmentów (przekroju) konstrukcji, wyznaczane dla obliczeniowych wytrzymałości wbudowanych materiałów konstrukcyjnych w danym fragmencie istniejącego obiektu (konstrukcji).

Natomiast stany graniczne użytkowniczości (użytkowania) obiektów budowlanych, najczęściej ugięcia, zarysowania, odkształcenia, drgania, przechylenia itp. wyrażają nierówności typu:

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

gdzie:

E_d – odkształcenia, ugięcia, szerokości rozwarcia rys, drgania w obiektach (konstrukcjach) budowlanych, względnie inne parametry użytkowniczości dla charakterystycznych wartości oddziaływań, wytrzymałości wbudowanych materiałów i ich modułów sprężystości, a także parametry akustyczne, cieplne, zdrowotne, przeciwpożarowe itp. z uwzględnieniem realizowanego obiektu plombowego.

C_d – wartości dopuszczalnych stanów granicznych użytkowniczości (użytkowania) obiektów (konstrukcji), najczęściej określone są w odpowiednich przepisach (normach, aprobatach technicznych i rozporządzeniach).

Stany graniczne nośności i użytkowniczości (użytkowania) obiektów budowlanych określone są w wymaganiach podstawowych ustalanych przez krajowe i międzynarodowe przepisy (Eurocode, 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 zabezpieczenia lub wzmacniania obejmują również

cechy wytrzymałościowe wbudowanych elementów uzupełniających i połączeń, rozłożenie i rozmiary pretów stalowych w elementach żelbetowych, a także inne parametry określone wymaganiami podstawowymi.

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

Stany graniczne istniejących obiektów (konstrukcji) naprawianych lub wzmacnianych powinny być określone zgodnie z zasadami obowiązującymi w okresie napraw zabezpieczeń, lub wzmacnienia.

Zabezpieczenia w zakresie p. poz., zdrowia i środowiska, akustyki i izolacyjności cieplnej powinny być wykonywane zgodnie z wymaganiami podanymi w odpowiednich normach i dokumentach technicznych.

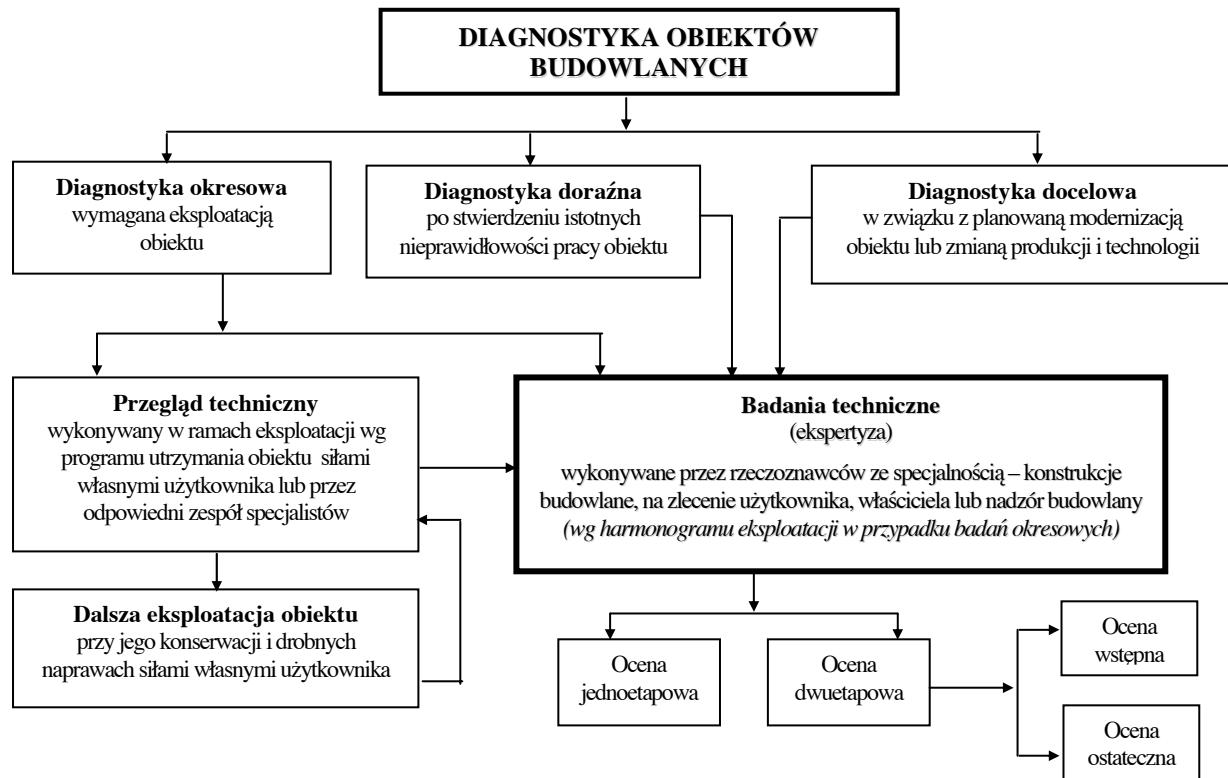
4. Badania obiektów budowlanych

4.1. Zalecenia ogólne

Badania i oceny stanu technicznego istniejących obiektów należy wykonywać zgodnie z normami, odpowiednimi dokumentami technicznymi i literaturą [1–21].

Badania obejmują wszelkiego rodzaju niezbędne pomiary oraz badania niszczące i nieniszczące materiałów, elementów i połączeń. Pomiary te powinny być wykonywane różnymi technikami geodezyjnymi optymalnymi dla danego przypadku i wymagań projektanta (diagnosty).

Badania niszczące wykonywane są na próbkach lub fragmentach konstrukcji wyciętych z obiektu. Są to m.in. badania betonu, muru, cegły, zaprawy, stali, drewna i łączników.



Rys. 4. Ogólny schemat diagnostyki obiektów budowlanych

Dla betonu są to najczęściej odwieraty o średnicach od 50 do 100 mm lub badania na odrywanie (na rozciąganie). Dla muru są to fragmenty murów lub cegły, a także spoiny pobrane z obiektu (konstrukcji). Dla stali są to wycięte pręty zbrojeniowe lub fragmenty konstrukcji stalowej. Podobnie postępuje się z oceną drewna wycinając odpowiednie próbki lub fragmenty konstrukcji. Natomiast przy ocenie łączników wycina się do badań laboratoryjnych całe łączniki lub ich fragmenty z konstrukcją.

Natomiast badania jakości materiałów bezpośrednio w obiektach należy wykonywać za pomocą metod nieniszczących zgodnie z pracami [12–21]. Przykładowy schemat diagnostyki obiektów budowlanych z uwzględnieniem badań technicznych podano na rysunku 4.

4.2. Niszczące i nieniszczące metody badawcze przy ocenach napraw zabezpieczeń i wzmacnień istniejących obiektów

Przy ocenie bezpieczeństwa, trwałości i niezawodności naprawia-

nich, zabezpieczanych i wzmacnianych obiektów (konstrukcji) budowlanych stosowane mogą być metody nieniszczące służące do oceny cech nowych i starych materiałów w konstrukcjach budowlanych. Na całym świecie są rozwijane, doskonalone oraz przystosowywane do odpowiednich warunków badania diagnostyczne oraz monitoringi stanu remontowanych (naprawianych) i wzmacnianych obiektów (konstrukcji) budowlanych za pomocą metod nieniszczących.

Badania betonu w konstrukcjach budowlanych

Diagnostyczne badania „in situ” starego lub nowego betonu w konstrukcjach budowlanych mają najczęściej na celu ocenę: wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie, jednorodności, wielkości i rozkładu raków i kawern w betonie, połączeń betonu z betonem oraz stali i betonu w węzłach, a także sztywności, głębokości korozji i zniszczenia elementów.

W większości do tych celów stoso-

wane są najczęściej metody nieniszczące, takie jak:

- metody sklerometryczne na podstawie pomiaru twardości przypowierzchniowej warstwy betonu, a także jej wytrzymałości na rozciąganie (odrywanie),
- metody akustyczne, na podstawie pomiaru prędkości oraz innych charakterystyk rozchodzenia się fal podłużnych lub poprzecznych, w optymalnych układach pomiarowych na konstrukcji in situ,
- metody radiologiczne na podstawie pomiaru oślabienia promieniowania (wiązki) X i gamma przechodzącego przez beton, a także parametrów ich rozproszenia i tłumienia, szczególnie w miejscach połączeń starego i nowego betonu,
- metody elektryczne i elektromagnetyczne na podstawie pomiaru właściwości elektrycznych i dielektrycznych oraz charakterystyk pola elektrycznego w obszarach wzmacnianych,
- metody seminieniszczące betonu w konstrukcji,
- metody kompleksowe z zastosowaniem kilku metod badawczych.

Metody te są metodami pośrednimi, opartymi na odpowiednich zależnościach empirycznych pomiędzy mierzonymi wielkościami fizycznymi a poszukiwanymi cechami wbudowanych betonów. Metody te do oceny betonu wymagają zatem wstępnego skalowania aparatury pomiarowej i urządzeń badawczych, zarówno dla betonów starych, jak i nowych [12–21]. Do normowej oceny wytrzymałości betonu w elementach i konstrukcjach naprawianych, zabezpieczanych oraz wzmacnianych można stosować nieniszczące metody akustyczne, ultradźwiękowe, sklerometryczne, radiologiczne, seminieniszczące i kompleksowe.

Wytrzymałość i jednorodność betonu w konstrukcjach określa się za pomocą metod nieniszczących i seminieniszczących oraz statystycznej analizy wyników pomiarów, w oparciu o odpowiednie zależności empiryczne ważne dla danego rodzaju starego lub nowego betonu w badanym obiekcie (konstrukcji).

Ocenę wytrzymałości gwarantowanych betonu f_c^G (R_b^G) przeprowadza się w zależności od liczby pomiarów (lub odwiertów kontrolno-skalujących). Przy statystycznej ocenie, wytrzymałości te określa się z zależności empirycznych ważnych dla technologii wbudowanych betonów w konstrukcję. Dla zapewnienia oceny wytrzymałości betonu w konstrukcji z wymaganą technicznie dokładnością (błąd oceny nie większy niż 20%) ścisłości związków empirycznych powinny być takie, dla których współczynniki korelacji przy analizie koreacyjnej są większe od 0,75 lub względne kwadratowe odchylenie przy doborze krzywej hipotetycznej jest mniejsze od 12%.

W badaniach diagnostycznych naprawianych lub wzmacnianych obiektów eksploatowanych stosuje się najczęściej przybliżony sposób wyznaczania związków empirycznych.

Powszechnie jest uznany, że zależności empiryczne pomiędzy wytrzymałością betonu, a wielkościami mierzonymi metodami nieniszczącymi są zależne od wielu czynników charakteryzujących badany beton w konstrukcji. Rozwój technologii betonu oraz stosowanie coraz to nowych składników do jego produkcji przy remontach i wzmacnianiu wpływa zasadniczo na charakter i przebieg powyższych zależności oraz dokładności ocen.

Opracowuje się w ten sposób szereg zależności służących do nieniszczącej kontroli betonu „in situ”, które są wykorzystywane w diagnostyce konstrukcji żelbetowych [3, 5]. Według norm Unii Europejskiej podejście jest podobne i zbieżne z wymaganiami norm polskich.

Do oceny jakości (m.in. korozji, korbonatyzacji, zniszczeń strukturalnych) betonu mogą być stosowane też różnorodne metody chemiczne, elektryczne oraz elektromagnetyczne, radiologiczne i akustyczne, a także kompleksowe stosowanie kilku metod badawczych.

Do oceny stanów granicznych naprawianych i wzmacnianych elementów i konstrukcji (według wzorów 1 i 2) oraz niezawodności i trwałości wykonanych według nowoczesnych technologii z betonu stosuje się w Polsce nieniszczące metody zgodnie z normami i instrukcjami, a także projektami norm EN.

W badaniach nieniszczących betonu wielką rolę odgrywają dobory właściwych zależności koreacyjnych. Jak wykazała dotychczasowa praktyka – zależności empiryczne (koreacyjne) są bardzo zróżnicowane, a ich błędne stosowanie obniża dokładność oceny nawet do ok. 50–100%.

Przy stosowaniu do remontów i wzmacnień nowoczesnych betonów i stali z różnorodnymi dodatkami i domieszkami stwierdzono duży wpływ technologii, a także wieku i warunków eksploatacji

na zależności empiryczne w metodach badawczych.

W wyniku przeprowadzonych wieloletnich prac badawczych i wdrożeniowych w ITB z zastosowaniem odwiertów określono, że dla betonów wysokich jakości (z dodatkami) klas od B37 do B120 (C30/37 – C110/120) otrzymywano współczynniki korygujące zależności typowe ITB [31, 32] według wzorów:

- dla metody ultradźwiękowej (rys. 3)

$$f_c = (1,5 - 2,7) (2,75 V_2 - 8,12 V + 4,8), \text{ MPa} \quad (3)$$

- dla metody sklerometrycznej (rys. 4)

$$f_c = (0,9 - 1,4) (0,0409 L_2 - 0,915 L + 7,4), \text{ MPa} \quad (4)$$

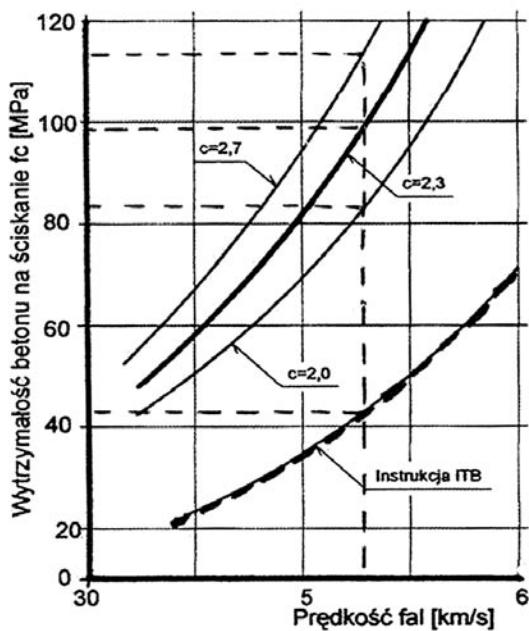
Stosowanie skorygowanych zależności według rysunków 3 i 4 pozwala na duże zwiększenie dokładności oceny wytrzymałości i trwałości zgodnie z normami.

Obecnie wytrzymałości gwarantowane oraz charakterystyki jednorodności betonu wbudowanego w ramach napraw, remontów i wzmacnień należy określić według nowej normy betonowej [17], stosując odpowiednie poprawki wynikające z innej zależności statystycznej według projektu EN [12]. Podobnie postępuje się przy ocenie starych betonów w konstrukcjach istniejących.

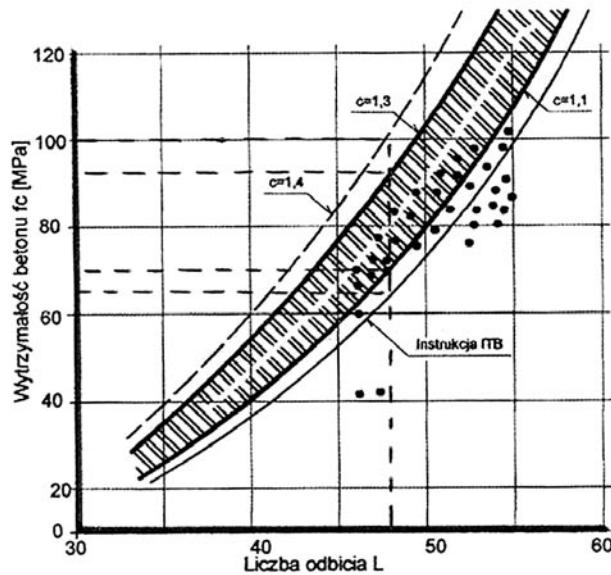
Badania zbrojenia w konstrukcjach żelbetowych

Do oceny zbrojenia w naprawianych i wzmacnianych konstrukcjach żelbetowych stosowane mogą być m.in. badania nieniszczące i niszczące. Badania te polegają na określaniu jakości poszczególnych prętów stalowych w betonie, ich odległości od powierzchni elementu oraz średnicy i rozstawu między nimi.

Do tych celów stosowane mogą być metody nieniszczące: radio-



Rys. 5. Nomogramy do oceny wytrzymałości betonów wysokich jakości metodą ultradźwiękową



Rys. 6. Nomogramy do oceny wytrzymałości betonów wysokich klas metodą sklerometryczną

logiczne, prądów wirowych, elektryczne, akustyczne, chemiczne oraz magnetyczne, a także badania niszczące na wyciętych próbkach. Dotychczas wśród metod radiologicznych największą przydatność w odpowiedzialnych konstrukcjach wykazały metody radiograficzne.

Badania radiograficzne pozwalają na ocenę zbrojenia w skomplikowanych układach konstrukcyjnych. Wymagają one natomiast stosowania dość skomplikowanej aparatury oraz specjalnego systemu zabezpieczeń przed promieniowaniem jonizującym.

W prostych przypadkach składających się z elementów płytowych i ściennych stosowane mogą być także metody elektromagnetyczne, ultradźwiękowe, prądów wirowych itp. za pomocą odpowiednich przyrządów i optymalnych metod oceny.

Badania radiograficzne zbrojenia konstrukcyjnego w elementach żelbetowych można realizować, stosując aparaturę ze źródłami promieniowania gamma lub X. Dotychczas najbardziej optymalnymi źródłami promieniowania do radiografii żelbetu były izotopy Co-60 o dużej

aktywności, aparaty rentgenowskie o napięciu powyżej 200 kV oraz betatrony, mikrotron'y itp.

Przy badaniu konstrukcji budowlanych powinny być stosowane źródła przenośne. Do takich należą defektoskopy gammagraficzne, aparaty rentgenowskie oraz betatrony o dużej energii itp. Przy interpretacji wyników wykorzystuje się zjawiska absorpcji (ostabienia) i rozproszenia promieniowania jonizującego przechodzącego przez elementy żelbetowe [12–21].

Na podstawie otrzymanych wyników badań stwierdzono, że przy odpowiednim doborze parametrów badań wykrywalność pustek (raków) i prełów stalowych w elemencie żelbetowym jest dla celów konstrukcyjnych wystarczająca.

W ten sposób określone parametry badania pozwalają na ocenę prełów zbrojenia konstrukcyjnego oraz pustek lub raków w betonie z dokładnością do 5%.

Przykład badania radiograficznego ułożenia zbrojenia w belce żelbetowej podano na rysunku 7.

Natomiast metody elektromagnetyczne oparte są na wykorzystywaniu zjawisk zachodzących w strumieniu magnetycz-

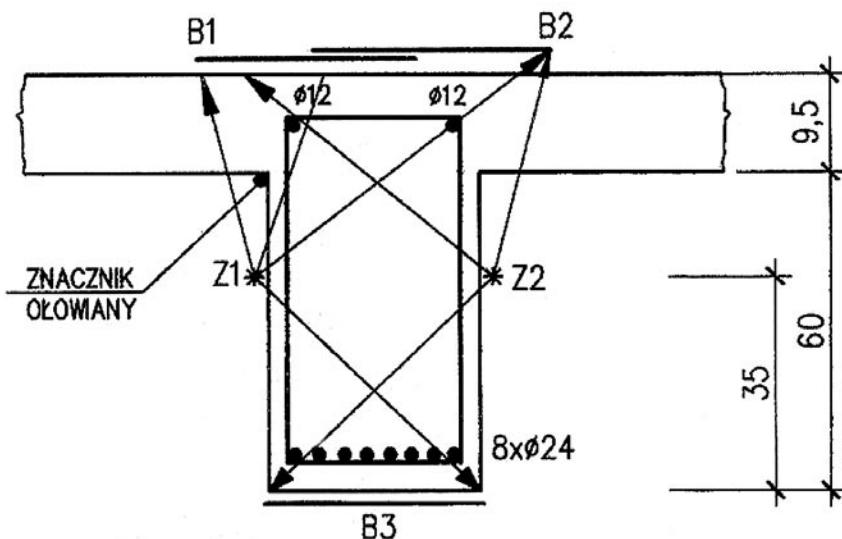
nym wytworzonym wokół pręta stalowego. Przyrządy pomiarowe służące do oceny położenia i wielkości zbrojenia produkowane są w wielu krajach. Ze znanych przyrządów elektromagnetycznych stosowane są m.in. takie jak: Pachometr, Covemeter, Ferrometr oraz Femetr.

Do określenia średnic prełów i ich odległości od powierzchni elementu (wielkość otuliny) mogą być sporządzane specjalne nomogramy i specjalistyczne programy minikomputerowe.

Stosowanie metod elektromagnetycznych ograniczone jest głównie z powodu gęstego rozstawienia prełów i ułożenia zbrojenia w elementach. Bowiem prawidłową kontrolę magnetyczną uniemożliwiają preły sąsiednie oraz skomplikowane układy w węzłach konstrukcyjnych. W tym zakresie są rozwijane i doskonalone nowe metody i techniki badawcze z wykorzystaniem technik cyfrowych.

Badania jakości murów w konstrukcji

Do badań i oceny jakości murów w istniejących budynkach remonto-



Rys. 7. Ocena zbrojenia w belce stropowej za pomocą metody radiograficznej. Z1, Z2 – położenie źródła promieniowania; B1, B2, B3 – położenie blon radiograficznych

wanych, naprawianych lub wzmacnianych mogą być stosowane różne metody. Pozwalają one na ocenę:

- wytrzymałości i trwałości cegieł, spoin i ścian za pomocą metod ultradźwiękowych, radiologicznych, sklerometrycznych oraz na próbках wyciętych z konstrukcji,
- struktury, kawern, pustek, wilgotności, grubości i korozji za pomocą metod ultradźwiękowych, radiologicznych, termowizyjnych, elektrycznych i dielektrycznych.

Przykładowe nomogramy do oceny wytrzymałości cegły i murów za pomocą metody ultradźwiękowej podano na rysunkach 8 i 9, a za pomocą metody sklerometrycznej na rysunku 10.

Badania stali w konstrukcjach stalowych

W ocenie stanów granicznych niezawodności i trwałości remontowanych lub wzmacnianych obiektów (konstrukcji) stalowych mogą być stosowane metody nieniszczące. Służą one do oceny:

- cech wytrzymałościowych stali i połączeń w konstrukcji – za pomocą metod ultradźwiękowych, prądów wirowych oraz radiograficznych itp.,

- wytrzymałości elementów, blach i połączeń – za pomocą nieniszczących metod specjalistycznych oraz badań na modelach konstrukcji,
- korozji i jakości warstw ochronnych – za pomocą metod akustycznych, ultradźwiękowych, elektrycznych, termowizyjnych, elektromagnetycznych i innych.

Do badań remontowanych, naprawianych i wzmacnianych stalowych elementów budowlanych, mogą być stosowane również metody i stendy specjalistyczne pozwalające na oceny kompleksowe elementów i połączeń stalowych.

Mogą być też stosowane nowe specjalistyczne metody badawcze w oparciu o różne zjawiska fizyczne i techniki komputerowe pozwalające na optymalne oceny konstrukcji.

Badania jakości drewna w konstrukcji

Badania jakości drewna i połączeń elementów remontowanych, naprawianych i wzmacnianych konstrukcji drewnianych służą do ocen:

- wytrzymałości, jednorodności i wilgotności – za pomocą metod ultradźwiękowych, radiologicznych, dielektrycznych oraz badań specjalistycznych na modelach,

- jakości połączeń na śruby, kołki, gwoździe i kleje – za pomocą metod ultradźwiękowych i radiologicznych oraz metod specjalistycznych na modelach konstrukcji,
- korozji i zniszczeń biologicznych – za pomocą metod chemicznych i elektrochemicznych oraz na modelach.

Mogą być stosowane też nowe metody badawcze z wykorzystaniem technik komputerowych.

Badania elementów z tworzyw w konstrukcjach budowlanych

Badania nieniszczące elementów z tworzyw wbudowanych w remontowanych, naprawianych i wzmacnianych konstrukcjach budowlanych można stosować do oceny cech wytrzymałościowych, trwałości, odporności na ultrafiolet i wysokie temperatury, a także jakości połączeń, właściwości chemicznych i użytkowych oraz radioaktywności.

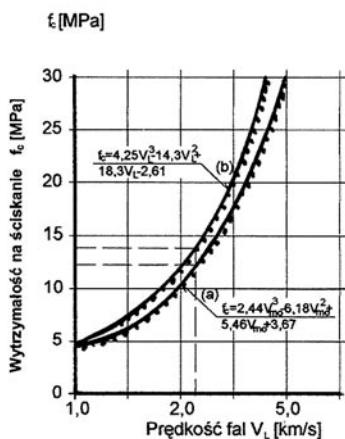
Badania powyższe można wykonywać bezpośrednio na elementach oraz na modelach lub elementach z konstrukcji przy wykorzystaniu metod specjalistycznych zgodnie z normami lub aprobatami technicznymi. Coraz częściej opracowywane są i stosowane nowe specjalistyczne nieniszczące metody badawcze dla określonych konstrukcji, wyrobów oraz specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych.

5. Ocena stanu technicznego obiektu budowlanego

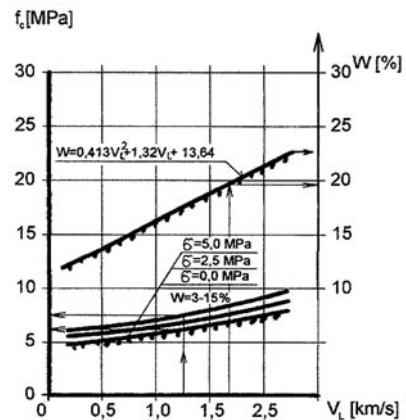
Oceny stanu technicznego obiektów należy wykonywać za pomocą badań wizualnych oraz oceny stanów granicznych według aktualnych norm i wymagań, uwzględniając wszystkie czynniki związane z realizowanym obiektem plombowym.

Szczególnie w zakresie bezpieczeństwa należy wyznaczać stany graniczne nośności i użytkowności oraz stateczności budowli i elementów.

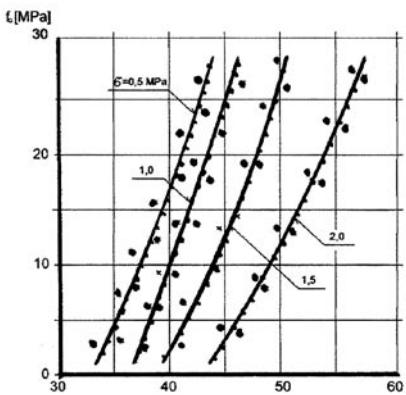
Oceny stanów technicznych mogą dotyczyć elementów, połączeń



Rys. 8. Przykładowe nomogramy do oceny wytrzymałości cegły (a) i muru (b) w konstrukcji za pomocą metod ultradźwiękowych



Rys. 9. Przykładowe nomogramy do oceny wytrzymałości muru różnych wilgotności (W) przy różnych naprężeniach ściskających (σ) za pomocą metod ultradźwiękowych



Rys. 10. Przykładowe nomogramy do szacowania wytrzymałości cegieł w murach w zależności od naprężenia za pomocą metody sklerometrycznej

fragmentów obiektów i całych obiektów. Są to najczęściej struktury budowlane niejednorodne i zniszczone długotrwającą eksploatacją. Niejednorodność i zniszczenia do oceny stanów technicznych budynków powinno być określone za pomocą wiarygodnych metod *in situ*. Ponadto powinny one uwzględniać zmieniające się sytuacje przejściowe i wyjątkowe wynikające z realizacji w pobliżu obiektów plombowych.

6. Monitoringi stanu technicznego obiektów budowlanych

Przez cały okres realizacji obiektów plombowych, a w szczególnych przypadkach również przez początkowy okres jego eksploatacji powinny być prowadzone monitoringi stanów technicznych istniejących w pobliżu obiektów budowlanych.

Monitoringi powinny być realizowane za pomocą odpowiednich reperów do pomiarów przemieszczeń pionowych, poziomych i kątowych różnymi technikami geodezyjnymi. Repery umieszczają się w charakterystycznych miejscach istniejących obiektów, najczęściej w poziomie parteru, dachu oraz na ścianach szczytowych.

Częstotliwość pomiarów przemieszczeń powinna być w początkowym okresie najczęściej raz na miesiąc, a w okresie późniejszym przy stwierdzonej stabilizacji nie rzadziej niż raz na kwartał.

W zależności od rzeczywistych przemieszczeń i doraźnej oceny stanów, częstotliwość ta może być zmniejszana lub zwiększa-

Bazą wyjściową do pomiarów oraz ocen stanu technicznego powinny być pomiary i oceny przed rozpoczęciem budowy.

Monitoringi powinny uwzględniać specyfikę obiektów, zmieniające się sytuacje oraz warunki środowiskowe.

Przykładowe plany z reperami do monitoringów stanu technicznego obiektów istniejących podano na rysunkach 2 i 3.

Można stosować inne skuteczne techniki monitoringów istniejących obiektów, np. przez okresowe oceny za pomocą wizji lokalnych i badań wizualnych przez rzeczników budowlanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Brunarski L., Ocena wytrzymałości betonu w konstrukcji. Prace ITB, nr 2–3, ITB, Warszawa 1998
- [2] Lewicki B., Obciążenia próbne. Poradnik. ITB, Warszawa 1997
- [3] Runkiewicz L., Wpływ wybranych czynników na wyniki badań sklerometrycznych betonu. Poradnik. ITB, Warszawa 1991
- [4] Runkiewicz L., Badania konstrukcji żelbetowych. Wyd. Gamma, Warszawa 2002
- [5] Runkiewicz L. i inni
- [6] PN-B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [7] PN-EN 206-1 Beton. Część 1. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [8] PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [9] PN-B-03300 Konstrukcje zespolone stalowo-betonowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [10] PN-B-03150 Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [11] PN-B-03002 Konstrukcje murowe. Projektowanie i obliczanie
- [12] PN-EN 12390 Badania betonu
- [13] PN-74/B-06261 Nieniszczące badania konstrukcji z betonu. Metoda ultradźwiękowa badania wytrzymałości betonu na ściskanie
- [14] PN-74/B-06262 Nieniszczące badania konstrukcji z betonu. Metoda sklerometryczna badania wytrzymałości betonu na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu N
- [15] PN-86/B-06264 Nieniszczące badania konstrukcji z betonu. Badania radiograficzne
- [16] Instrukcja ITB nr 209. Instrukcja stosowania metody ultradźwiękowej do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji. ITB, Warszawa 1997
- [17] Instrukcja ITB nr 210. Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji. ITB, Warszawa 1997
- [18] Instrukcja ITB nr 194 Badania cech mechanicznych betonu na próbkach wykonanych w formach. ITB, Warszawa 1998
- [19] Instrukcja ITB nr 361. Zasady oceny bezpieczeństwa konstrukcji żelbetowych. ITB, Warszawa 1999
- [20] Instrukcja ITB nr 376 Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów
- [21] Materiały Konferencji Badań Nieniszczących wyd. SIMP