

## NOWOCZESNE METODY STABILIZACJI USZKODZONYCH KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH

### Streszczenie

W artykule przeprowadzono analizę dotyczącą obecnie stosowanych nowoczesnych metod stabilizacji uszkodzonych konstrukcji budowlanych oraz sposobów ich wykorzystania w ratownictwie. Zaprezentowano wybrane systemy deskowań w tym (podpory typu T, podpory filarowe, podpory pochyle, podpory zatraskowe i podpory bezgwoździowe a także układane w stosy) oraz systemy montowane z prefabrykatów (podpory pneumatyczne, rusztowania, podpory bezgwoździowe). Przedstawione w artykule podpory używane są obecnie przez ratowników w czasie działań dotyczących stabilizacji uszkodzonych konstrukcji budowlanych zarówno w Polsce, jak i na świecie. Praca jest częścią badań przeprowadzonych w ramach projektu rozwojowego nr DOB-BIO6/03/48/2014pt. „Innowacyjne rozwiązania metod stabilizowania konstrukcji budowlanych i technologicznych w warunkach działań ratowniczych podczas likwidacji skutków katastrofy budowlanej”.

### WSTĘP

Pomimo tego, że w ostatnich latach liczba katastrof budowlanych spada, rocznie w Polsce nadal dochodzi do ponad pół tysiąca katastrof budowlanych, dotyczących wszystkie województwa i regiony kraju. Jest to zagrożenie powszechne, mogące spotkać każdego mieszkańca niezależnie od wykonywanej profesji czy statusu społecznego [1].

Według ustawy Prawo Budowlane katastrofą budowlaną jest niezamierzone, gwałtowne zniszczenie obiektu budowlanego lub jego części, a także konstrukcyjnych elementów rusztowań, elementów urządzeń formujących, ścianek szczelnych i obudowy wykopów. Zniszczenie to uniemożliwia dalsze użytkowanie obiektu budowlanego i stanowi zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi [2].

Awarię budowlaną jest natomiast uszkodzenie elementu lub elementów konstrukcyjnych powodujące zaburzenie w eksploatacji obiektu budowlanego, utratę właściwości użytkowych oraz mogące także stanowić zagrożenie dla życia ludzi i mienia [3].

Obiekty budowlane wymagają wykonywania tymczasowych konstrukcji wzmocniających w określonych momentach swojej budowy i eksploatacji. Stopień skomplikowania i liczba zaangażowanych nakładów projektowych, materiałowych i roboczych różni się znacząco w zależności od etapu życia obiektu, w którym takie wzmocnienia powstają. Do stosowania wzmocnień w fazie procesu budowlanego i u schyłku projektowanego czasu eksploatacji (kiedy musi nastąpić naprawa, trwałe wzmocnienie, rewitalizacja lub modernizacja) jesteśmy w stanie się przygotować, ponieważ obydwa powyżej wymienione przypadki są planowane. Inny charakter mają dodatkowe wzmocnienia budowli wymagane bez wstępnego przygotowania, w stanach uszkodzenia, awarii lub katastrofy [4].

Nieprzewidywalność i gwałtowność takich zjawisk powodują, że wzmocnienia są często wykonywane w nieoptymalnym schemacie i z najłatwiej dostępnego materiału. Wśród służb ratowniczych i projektantów utrzymuje się często przekonanie o konieczności stosowania drewna, jako jedynej alternatywy materiału osiągalnego od ręki. Tymczasem rozwój oferty i infrastruktury magazynowej dostawców systemów deskowań i rusztowań, w połączeniu z rozkwitem sieci połączeń drogowych daje dostęp do prawie nieograniczonych możliwości stosowania materiałów dedykowanych do budowy wszelkiego rodzaju podparć i wzmocnień [4].

Doraźne zabezpieczenie konstrukcji budowlanych wymaga zastosowania różnego rodzaju metod stabilizacji opartych na rozwią-

zaniach podpór pionowych i poziomych. Z punktu widzenia schematu statycznego zabezpieczanego elementu można dokonać następującego podziału metod stabilizacji [5]:

1. Metody ze zmianą schematu statycznego, do których można zaliczyć:
  - a) stemple (podpory typu T),
  - b) rozparcia,
  - c) konstrukcje zastrzałowe.
2. Metody bez zmiany schematu konstrukcyjnego:
  - a) obejmmy,
  - b) ściagi.

W przypadku działań ratowniczych najczęstsze zastosowanie mają metody przedstawione w punkcie pierwszym, a mianowicie metody ze zmianą schematu statycznego. Stabilizacja doraźna musi charakteryzować się szybkością realizacji oraz prostotą wykonania. Obecnie stosowane metody opierają się na wykorzystaniu podpór hydraulicznych oraz pneumatycznych będących uniwersalnymi systemami stabilizacji a także podpór drewnianych. W niżej zawartych rozdziałach przedstawiono przegląd technik stabilizacyjnych konstrukcji stosowanych w Polsce i na świecie przez strażaków i ratowników [5].

### 1. PODPORY DREWNIANE

Systemy podpór wykorzystywane w czasie działań prowadzonych przez służby ratownicze możemy, podzielić na podpory pionowe oraz podbory przestrzenne (w tym podpory ukośne i poziome). Systemy tych podpór pogrupowane są w USA na grupy zwane dalej „klasami”. Tabela 1 prezentuje podział na klasy podpór pionowych [6].

Tab 1. Klasy podpór pionowych [6]

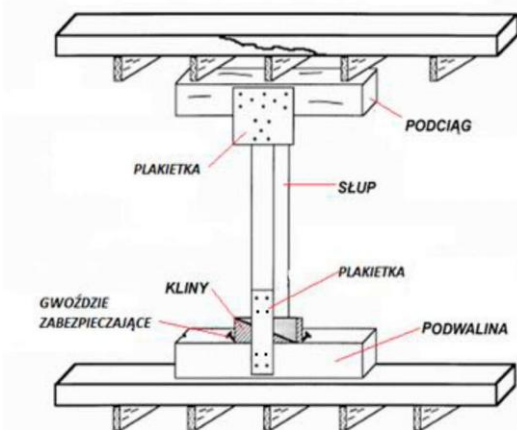
Klasa 1	
1	Podpory pionowe typu T – pojedyncze
Klasa 2	
1	Podpory okien i drzwi (w tym podpory z prefabrykatów)
2	Podpory pionowe typu T – podwójne
3	Podpory pionowe wielosłupowe
Klasa 3	
1	Podpory ukośne typ 2 i typ 3
2	Podpory filarowe (w tym podpory z wykorzystaniem płyt)

### 1.1. Podpory pionowe typu T

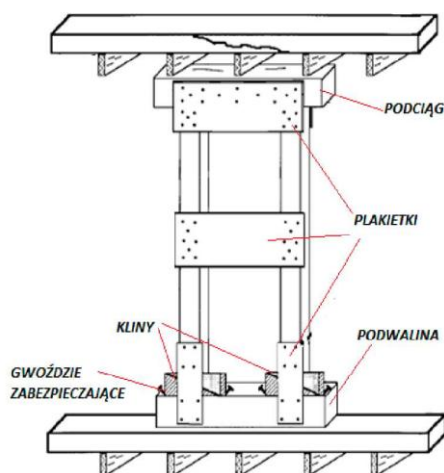
Podpory pionowe typu „T” które używane są do stabilizacji uszkodzonych poziomych elementów budowli są dość proste i szybkie w wykonaniu. Ich wytrzymałość na obciążenie jest niska w porównaniu do innych podpór, jednak idealnie nadają się do wstępnej stabilizacji, po wykonaniu której ratownicy przystępują do wykonania stabilizacji właściwej. Wyróżnia się podporę pojedynczą „T” i podwójną „T” [5].

Podpora pojedyncza typu „T” składa się ze słupa, podciągu, podwaliny, pary klinów, a także czterech plakierek mocujących. Przekrój słupa podciągu i podwaliny wynosi 10 x 10 cm. Długość maksymalna słupa nie może przekraczać 3 metrów, podciągu 0,9 m, a podwaliny 1,2 m. Przy długościach przekraczających wyżej wymienione wymiary, podpora ma tendencję do skręcania, co powoduje obniżenie wytrzymałości konstrukcji [5].

Podpora typu podwójne „T” składa się z dwóch słupów, których odległość od siebie nie może być większa niż 0,6 m. Wytrzymałość podpory przy długości 2,4 metra wynosi 70 kN, przy długości 3 metrów to 45 kN, a przy 3,6 metrowej podporze to już tylko 30kN. Wadą podpory jest mała ilość miejsca do przechodzenia po jej rozstawieniu [5].



Rys. 1. Schemat budowy podpory typu „T” [6]



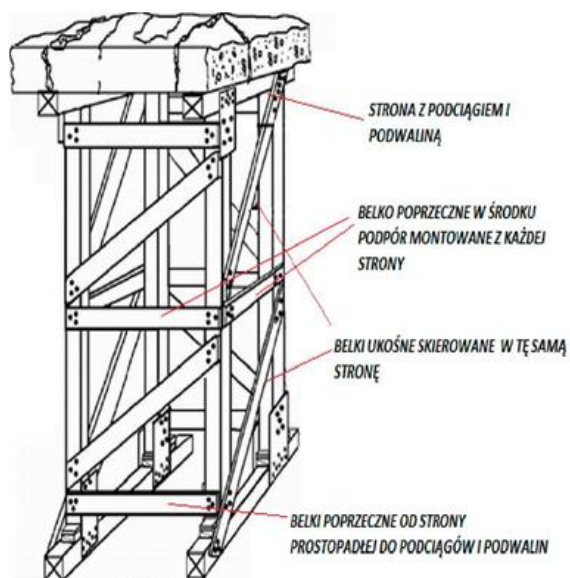
Rys. 2. Schemat budowy podpory typu podwójne „T” [6]

### 1.2. Podpory filarowe

Podpory filarowe w porównaniu z podporami pionowymi mogą przenieść znacznie większe obciążenia. Konstrukcja ich opiera się na czterech słupach, których stabilność zapewniają belki poprzeczne i ukośne. Podpory te stosowane są głównie do stabilizacji cięż-

kich elementów, takich jak stropy czy dachy. W celu zapewnienia podporze odpowiednich właściwości, odległość pomiędzy słupami nie powinna przekraczać 1,5 m. Od wysokości słupów zależy liczba belek, którymi należy usztywnić całą konstrukcję. W tym rodzaju podpory zawsze umieszcza się belki poprzeczne na samym dole i górze konstrukcji [6].

Podpora filarowa o słupach 10 x 10 cm i wysokości nieprzekraczającej 4,8 m powinna przenieść obciążenie rzędu 160kN. Natomiast przy zastosowaniu słupów 15 x 15 cm i przy wysokości podpory nieprzekraczającej 6 metrów wytrzymałość wynosi 400kN [6].

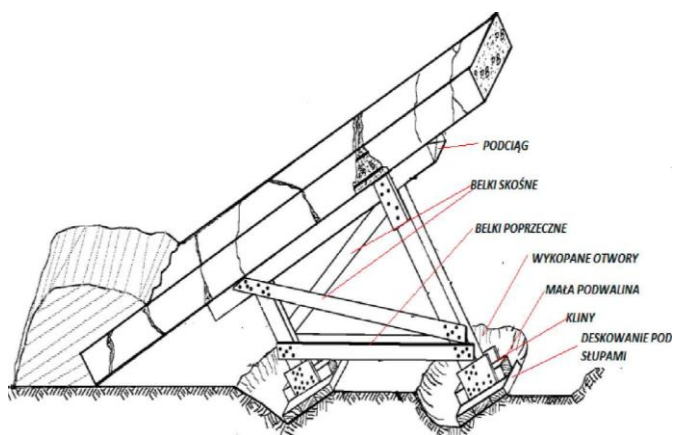


Rys. 3. Schemat budowy podpory filarowej [6]

### 1.3. Podpory pochyle

Podpory pochyle znalazły zastosowanie podczas stabilizacji stropów i płyt pochylonych, które są zagrożone osunięciem. Wyróżnia się podpory: Typu 1 oraz Typu 2. Podczas konstruowania podpór ważne jest informacja, na jakim gruncie zostanie ona rozstawiana. Jeżeli podpora jest konstruowana na elementach budynku, wtedy należy ją zamocować w konstrukcji budynku, w celu zabezpieczenia przed przesunięciem. Zdarza się, że płyty mogą osunąć się tuż przy gruncie. Podporę należy wtedy odpowiednio umiejscowić w ziemi, tak, aby nie wbijała się w grunt i nie przesuwała. Jest to dość niebezpieczna sytuacja, wymagająca zastosowania stabilizacji wstępnej [5].

Podpora Typu 1, jest podporą, którą osadza się w ziemi. Podpory te można stosować parami w przypadku zabezpieczenia płyt szerokich. Budowa oraz cel zastosowania podpory Typu 2 jest identyczny, jak w przypadku podpory Typu 1. Występującą różnicą jest miejsce osadzenia. Podpora Typu 2 umieszczona jest na podłożu betonowym. W celu zabezpieczenia podpory przed przesunięciem, stosuje się dodatkową belkę, położoną prostopadle do podwaliny [5].



Rys. 4. Schemat budowy podpory pochylej Typu 1 [7]

#### 1.4. Podpory zastrzałowe (ukośne)

W przypadku uszkodzeń ścian stosuje się podpory ukośne o konstrukcji zastrzałowej. Wyróżnia się dwa rodzaje podpór stabilizujących ściany. Jedną z nich można użyć, kiedy przy krawędzi ściany nie ma żadnych przeszkód, natomiast drugą stosuje się w przypadku zalegania gruzu przy zabezpieczanej ścianie budynku [5].

Montaż podpory zastrzałowej rozpoczyna się od ustawienia dwóch belek – jednej na wysokości ściany, drugiej na ziemi. Leżącą na ziemi belkę zabezpiecza się na jej końcu belką położoną prostopadle. Za nią, w celu zabezpieczenia przed przesunięciem wkłada się cztery pręty metalowe. Na końcu belki umieszczonej poziomo i pionowo dobija się kliny, które zabezpieczą zastrzał przed przesuwaniem. Zastrzał musi zostać zabezpieczony plakietkami oraz dwoma skośnymi belkami, przybitymi prostopadle do zastrzału [5].

Jeżeli pod ścianą zalega gruz, infrastruktura lub inne elementy, których nie da się usunąć, stosuje się podporę o krótszych belkach. Podobnie jak w poprzedniej podporze należy zastosować zastrzał. Zabezpiecza się go u dołu w korytku, zbitym z belek. Do zastrzału przybija się dwie belki wzmacniające prostopadle do belki pionowej. Podpory te można rozstawiać jedna obok drugiej, łącząc belkami skośnymi [5].

#### 1.5. Podpory bezgwoździowe, układane w stosy

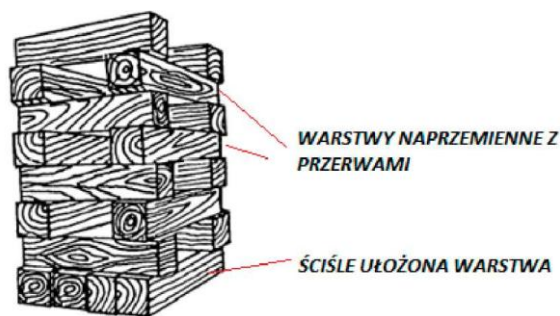
Innym stosowanym sposobem stabilizacji jest układanie stosów z drewnianych elementów. Metoda jest bardzo prosta, szybka i może być szeroko wykorzystywana. Są jednak pewne warunki, które muszą być spełnione, aby móc tę metodę wykorzystać. Stosy muszą być układane na względnie równej utwardzonej powierzchni. Układa się je naprzemiennie z dwóch lub trzech belek w rzędzie. Kolejne warstwy mogą być ułożone z przerwami pod warunkiem, że pierwsza jest ułożona ściśle jedna belka przy drugiej. Kolejne belki nie powinny leżeć przy samej krawędzi stosu, zapewni to stabilność całej konstrukcji. Bardzo istotne jest zachowanie stosunku wysokości do szerokości stosu [6].

Tab.2. Wytrzymałość stosów podpór bezgwoździowych [6]

	WYTRZYMAŁOŚĆ W OSI STOSU	
	STOSY 2 X 2	STOSY 3 X 3
BELKI 10 x 10 cm	120 kN	270 kN
BELKI 15 x 15 cm	300 kN	650 kN

Tab. 3. Stosunek wysokości do szerokości podpór bezgwoździowych [6]

BELKI 10 X10	STOS 2x2	STOS 3x3	PODWÓJNY STOS 2x2	POCZWÓRNY STOS 2x2
Stosunek wysokości do szerokości	3:1	3:1	1,5:1	1:1



Rys. 5. Schematy układania elementów drewnianych w podporze bezgwoździowej [7]

## 2. PODPORY Z PREFABRYKATÓW

Systemy podpór stosowane w Polsce i na świecie występują zarówno w wariantach montowanych samodzielnie przez ratowników z drewna, na bieżąco w czasie działań na miejscu katastrofy budowlanej, jak również gotowych produktów, mogących być zastosowanych bez dodatkowego montażu [7].

Jednym z przykładów podpór z prefabrykatów jest system stabilizacji Power Shore, który umożliwia wykonywanie wielu zadań ratowniczych z zakresu różnych dziedzin. Za jego pomocą można szybko ustabilizować czy podnieść pojazd podczas działań z zakresu ratownictwa technicznego, jak również użyć go do zabezpieczenia wykopów czy tuneli. Ma on także możliwość podnoszenia czy podpierania uszkodzonych konstrukcji budowlanych. System Power Shore składa się z rozpornic, przedłużek, końcówek, płyt wsporczych, przyrządów dostarczających zasilanie. Rozpornica jest podstawowym elementem systemu, tworzącym podstawę do budowy całej konstrukcji stabilizującej. Zasilana jest ona powietrzem (pneumatyczne), olejem (hydrauliczne) lub może być sprawiana w sposób mechaniczny (ręczny) [5].

### 2.1. Podpory pneumatyczne

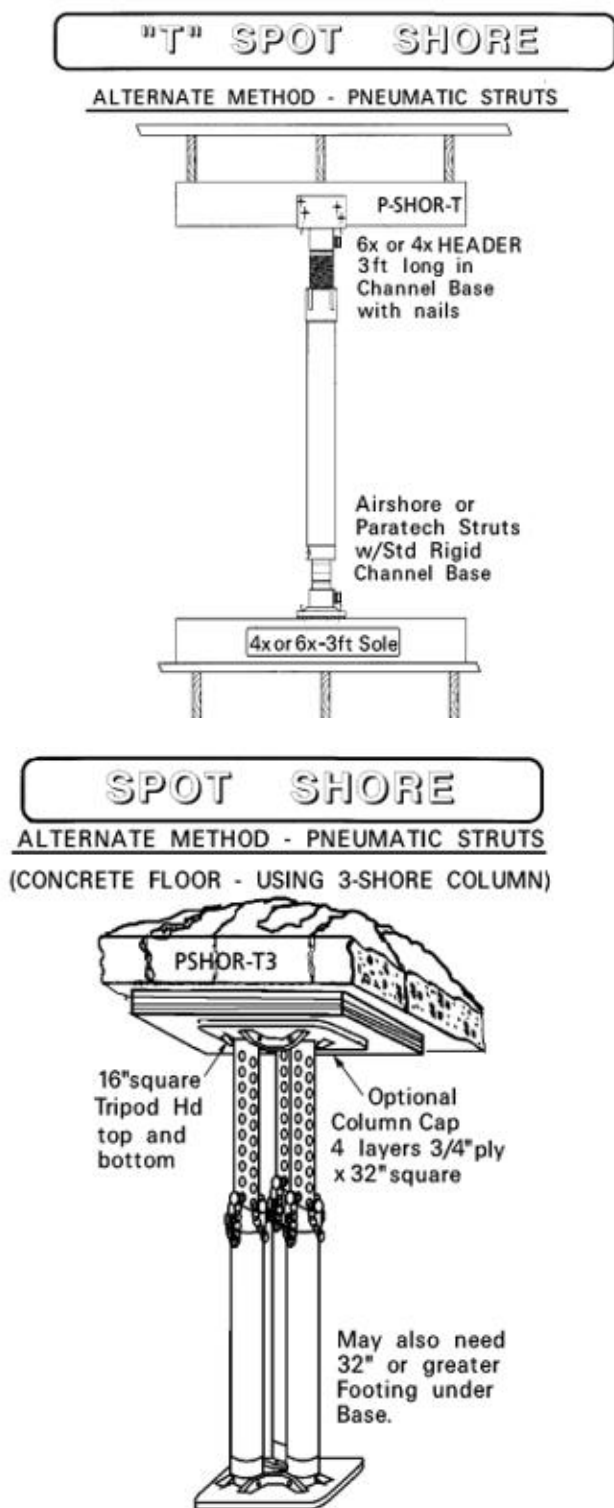
Podpory pneumatyczne są zaprojektowane i wyprodukowane specjalnie do akcji ratowniczych. Składają się z rozpórek zmiennej długości i akcesoriów przeznaczonych do ich konfiguracji. Mogą być one stosowane we wszystkich działaniach wymagających pomocy podpór. Zasady doboru podpór są identyczne, jak przy systemach budowlanych na bieżąco przez ratowników. Ich wykorzystanie jest szczególnie wskazane w sytuacjach, gdy podpora musi być zainstalowana w szybki sposób. Wśród nich wyróżniamy m.in.[7]:

- podpory typu T,
- podpory filarowe,
- podpory okien i drzwi,
- podpory podłóg,
- podpory ukośne.

Podpory pneumatyczne wykonywane są z aluminium. W przypadku zabezpieczenia wykopów, w podporach początkowo znajduje się powietrze pod ciśnieniem. Po ustawieniu podpory w wybranej pozycji i zabezpieczeniu jej, należy zdjąć nakrętkę lub kołek z kołnierza, co rozpręży powietrze. Dobrze ustawiona podpora może bezpiecznie utrzymać obciążenie nawet do 400 kN. Podpory pneumatyczne są anodowane, co powoduje zmniejszenie ich przewodności elektrycznej [8].

Do zabezpieczania katastrof budowlanych używa się podpór, w których nie znajduje się powietrze, w związku z czym nie powodują one nacisku na zniszczoną konstrukcję. Nakrętki i kołki służą jedynie do regulacji długości. Uważane są za najbardziej przydatne jako pojedyncze, tymczasowe podpory [8].



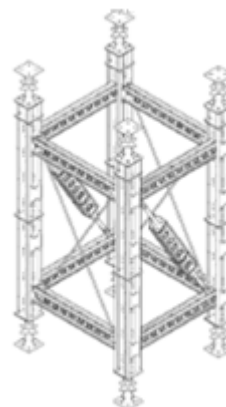


Rys. 6. Podpory pneumatyczne [6]

## 2.2. Podpory dostosowane do dużych obciążeń

Podpory te mogą być używane, jako rodzaj rusztowania w czasie akcji ratowniczych. Systemy te wykorzystują konstrukcję modułową. Mogą być stosowane w większości sytuacji, w których wykorzystywane są podpory budowane lub pneumatyczne. Systemy te wykorzystywane są głównie przy budowach mostów, ale mogą być użyteczne, gdy konieczne jest podtrzymanie dużych obciążeń. Materiałem zazwyczaj wykorzystywanym do ich konstrukcji jest aluminium. Dzięki temu są lekkie i mobilne. Mogą być wykorzystywane jako ochrona przed spadającymi odłamkami – należy wtedy

między aluminiowym szkieletem umieścić płyty ze sklejki, które stworzą rodzaj zadaszania, będącego jednocześnie wytrzymałym i elastycznym. Elastyczność aluminium jest trzy razy większa od analogicznych stalowych konstrukcji jest zatem idealna do chwytania spadających odłamków, ponieważ zmniejsza ona siłę wymagającą do ich utrzymania [7].



Rys. 7. Podpora dostosowana do dużych obciążeń [7]

## 2.3. Podpory bezgówdziowe, układane w stosy

Podobnie jak wcześniej, systemy te mogą być stosowane w większości sytuacji, w których wykorzystywane są podpory budowane lub pneumatyczne. Systemy wykorzystywane są głównie przy budowach mostów, ale mogą być użyteczne, gdy konieczne jest podtrzymanie dużych obciążeń [7].



Rys. 8. Podpora bezgówdziowa [7]

## PODSUMOWANIE

W opracowaniu przedstawiono wybrane metody stabilizacji uszkodzonych konstrukcji budowlanych stosowane współcześnie. Wśród nich wyróżniamy systemy deskowań i systemy oparte na prefabrykacjach. Deskowania używane są zazwyczaj w pierwszych fazach akcji ratowniczej, ze względu na łatwą dostępność budulca i niezbędnych narzędzi.

Systemy oparte na prefabrykacjach wykorzystują te same rozwiązania jeśli chodzi o kształt konstrukcji, natomiast są dużo łatwiejsze w montażu i posiadają lepsze właściwości (np. przy mniejszej wadze przenoszą większe obciążenia), dlatego warto, aby stawały się powszechnym wyposażeniem ratowników w Polsce.

Zarówno podpory drewniane, jak i pneumatyczne możemy podzielić na klasy, które pokazują, jak bardzo skomplikowana jest konstrukcja podpory, ale też uwzględniają obciążenia, jakie są przez nie przenoszone. Podpory tworzące klasę 1 wykorzystywane są zazwyczaj w początkowych fazach akcji ratowniczej, aby jak najszybciej zabezpieczyć wstępnie konstrukcję i przygotować sobie możliwość pracy przy montażu bardziej czasochłonnych i skomplikowanych konstrukcji.

Systemy stabilizacji są dziedziną ratownictwa, która jest ciągle rozwijana a co za tym idzie wzbogacana o nowe rozwiązania, pozwalające osiągnąć lepsze efekty przy mniejszym nakładzie pracy.

Nowoczesne metody stabilizacji uszkodzonych konstrukcji budowlanych pozwalają, zatem na zwiększenie efektywności działań prowadzonych przez służby ratownicze.

## BIBLIOGRAFIA

1. Miśkiewicz D., „Katastrofa budowlana” w <http://lexplay.pl/> [dostęp dn. 5.05.2015]
2. Ustawa Prawo Budowlane (Dz.U. 1994 Nr 89 poz. 414), rozdział 7, art. 73, ust. 1.
3. Poterek M., „Kurs Strażaków ratowników OSP, cz. I, temat 12: Działania w czasie innych miejscowych zagrożeń.
4. Dzięgielewski P., „Tymczasowe Wzmocnienia Konstrukcji Obiektów Budowlanych Wykonywane Systemowo” [w:] „Awarie budowlane 2015, XXVII Konferencja Naukowo-Techniczna”
5. Marciniak A., Sprawozdanie z zadania badawczego I.1.5.1. Przegląd rozwiązań w zakresie doraźnej stabilizacji uszkodzonych elementów budowlanych stosowanych w Polsce Projekt rozwojowy Nr DOB-BIO6/03/48/2014 pt. „Innowacyjne rozwiązania metod stabilizowania konstrukcji budowlanych i technologicznych w warunkach działań ratowniczych podczas likwidacji skutków katastrofy budowlanej. SGSP, Warszawa 2015.
6. Urban Search & Rescue Structures Specialist, Field Operation Guide, USA 2009.
7. Urban Search & Rescue Structures Specialist, Shoring Operation Guide, USA 2009.
8. Fema National Us&R Response System Structural Collapse Technician; Module 2a Shoring Basics, USA 2009

Autorzy:

inż. **Aleksandra Nowak** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego  
st. kpt. dr inż. **Paweł Ogrodnik** - Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, Katedra Techniki Pożarniczej, Zakład Mechaniki Stosowanej  
st. kpt. dr inż. **Norbert Tuśnio** - Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, Katedra Działań Ratowniczych, Zakład Systemów Wspomagania Decyzji,

## INNOVATIVE STABILIZATION METHODS OF DAMAGED BUILDING STRUCTURES

### *Abstract*

*The analysis concerning currently applied innovative stabilization methods of damaged building structures as well as the ways of their application to rescue is performed in this article. Moreover, selected systems of boarding, including supports T-type, pillar supports, inclined supports, snap-in supports, supports without nails as well as the ones stacked in piles, and systems assembled from prefabricates (pneumatic supports, scaffolds, supports without nails) are presented. The supports shown in the paper are currently being used by rescuers during the stabilization of damaged building structures both in Poland and all over the world. The article is a part of the research conducted within the framework of development project no. DOB-BIO6/03/48/2014 pt. "Innovative solutions of stabilization methods of building and technological structures under rescue operating conditions during the recovery from the effects of construction disaster".*