

W ramach realizowanego przez miesięcznik „Builder” programu „Wspieramy młodych inżynierów budownictwa” dajemy możliwość pierwszych publikacji naukowych młodym doktorantom.



Katarzyna Bednarz
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Krakowska



Opiekun naukowy:
dr inż. Rafał Szydłowski
Instytut Materiałów
Konstrukcji Budowlanych,
Zakład Konstrukcji
Sprężonych
Politechnika Krakowska

W miarę udoskonalania schronów na przestrzeni kilku lat rozbudowy Wilczego Szańca ewoluowała również konstrukcja i technologia wykonywania stropów betonowych. Poniżej przedstawiono stosowane rozwiązania stropów.

Tradycyjny strop żelbetowy w drewnianym deskowaniu wykorzystywany był przy niewielkich obiektach defensywnych. Rozpiętość stropu nie przekraczała 5 m. Drewniane szalunki często były we fragmentach pozostawiane i widoczne są we wnętrzach budowli do dzisiaj.

Doskonalszą formą deskowań była blacha falista używana jako szalunek tracony. Zastosowanie blach eliminowało konieczność budowy szalunków drewnianych o gęstym podparciu.

Strop żelbetowy na belkach stalowych

Zdecydowanie skuteczniejszym i trwałym systemem był strop żelbetowy wykonywany na samonośnym szalunku z belek stalowych IPN oraz wypełniającej blachy stalowej opartej na dolnych stopkach belek (rys. 1). Dwuteowniki stalowe w rozstawie

Tablica 1. Skład mieszanki betonowej oraz ilości zbrojenia używane do wznoszenia budowli wojennych w krajach europejskich na przełomie lat 20-tych i 30-tych XX wieku, wg [3].

material	NIEMCY	BELGIA	FRANCJA
cement [kg]	275	400	400
piasek [m ³]	0,40	0,40	0,30
kruszywo (tłuczeń) [m ³]	0,90	0,90	0,90
zbrojenie [kg/m ³]	80-120	70	80

ROZWIĄZANIA BUDOWLANE W WILCZYM SZAŃCU

Artykuł prezentuje inżynierskie podejście do historii i technologii wznoszenia zabudowy fortyfikacyjnej na przykładzie kwatery głównej Hitlera w Wilczym Szańcu. To niewątpliwie pierwsze zastosowanie betonu sprężonego na ziemiach polskich.

40–70 cm opierano na ścianach żelbetowych. Maksymalna rozpiętość stropu wynosi 7,20 m. Belki stalowe stanowiły z jednej strony podparcie na czas betonowania, z drugiej dolne zbrojenie płyty żelbetowej (rys. 2). Rozwiązanie takie pozwalało na wylanie płyty o grubości do 2 m bez dodatkowego podparcia. Płytę zbrojono przestrzennie siatką zarówno w kierunku poziomym w obu kierunkach, jak i w kierunku pionowym.

Strop na belkach strunobetonowych

Kolejnym rozwiązaniem w konstruowaniu stropów był strop na belkach strunobetonowych. Nowoczesna forma betonu zbrojonego aktywnie w budownictwie zaczęła być stosowana w latach 30. ubiegłego stulecia. Jest to technologia tzw. zbrojenia czynnego, gdzie w beton wprowadzane są wstępne naprężenia ściskające przeciwdziałające naprężeniom rozciągającym od obciążeń zewnętrznych.

Teowe belki strunobetonowe używane były początkowo do wykonywania stropów dużych rozpiętości, niezbędnych do ochrony broni wielkogabarytowej (np. U-bootów). Ze względu na znaczną przewagę konstrukcji sprężonych pod względem nośności w stosunku do innych rozwiązań zaczęto je także stosować w mniejszych, ale znaczących strategicznie ośrodkach dowodzenia. Wilczy Szaniec to niewątpliwie pierwsze zastosowanie betonu sprężonego na ziemiach polskich. Podczas drugiego etapu modernizacji twierdzy wojennej strunobetonowe belki dostarczano z Kolonii i stosowano do wzmac-

niania lekkich budynków murowanych. Belki o przekroju w kształcie odwróconego T miały maksymalną rozpiętość 12 m i wysokość 40 cm (rys. 3). Dostępne do zinventaryzowania dla autora przekroje belek były sprężone 82 strunami o średnicy 2,5 mm, ulokowanymi w dolnej stopce o szerokości 25 cm. Rysunek 3a pokazuje przekrój belki odwróconej o 180 stopni względem pozycji wbudowania w strop, a rysunek 3b przekrój stropu. Zespólone stropy miały rozmaite grubości – w zależności od rozpiętości i potrzebnej nośności. Od wysokości belek, czyli 400 m, do całkowitej wysokości około 0,8 m.

W zależności od przewidywanych obciążeń na stropie i jego rozpiętości stosowano różne rozstawy belek. Przy potrzebnej większej ilości sprężenia belki układane były na styk (rys. 4a). Przy mniejszych rozpiętościach i grubościach płyt belki rozsuwano, a przestrzeń pomiędzy nimi uzupełniano deskami szalunkowymi opartymi na dolnych stopkach (4b).

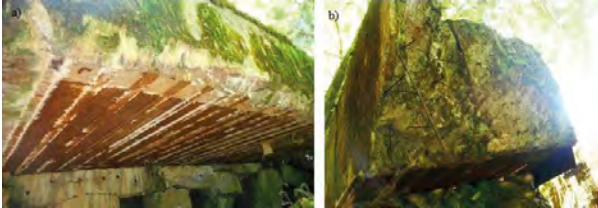
Obecny stan zachowania obiektów

Większość ciężkich betonowych schronów w twierdzy Wilczy Szaniec została całkowicie bądź częściowo wysadzona. W odległości około 25 km na północny wschód znajduje się twierdza wojenna Mamerki z licznymi podobnymi, lecz nienaruszonymi schronami. Kondycja betonowych obiektów w Mamerkach jest wręcz doskonała pomimo powierzchniowej korozji belek stalowych.

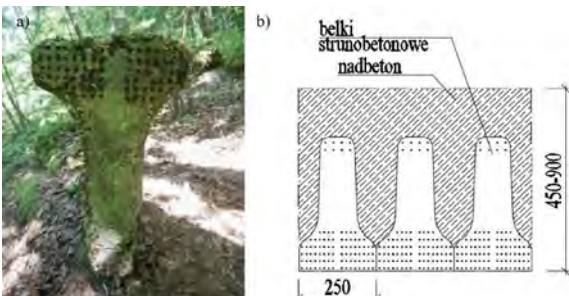
Charakter ruin wysadzonych schronów pokazuje natomiast wytrzymałość konstruk-



Rys. 1. Przekrój przez strop na belkach stalowych (a), widok zachowanego w dobrej kondycji stropu (b)



Rys. 2. Widok grubej płyty żelbetowej na belkach stalowych (a) oraz wielowarstwowego zbrojenia (b)



Rys. 3. Widok przekroju belki strunobetonowej (a), przekrój stropu (b)



Rys. 4. Różne rozstawy belek sprężonych zależnie od obciążeń: a) na styk; b) rozsunięte z wypełnieniem deskami



Rys. 5. Widoczna pęknięta, lecz zachowana w całości ściana bunkra ciężkiego (fotografia własna)



Rys. 6. Bloki betonowe ścian ciężkich bunkrów betonowych (fotografie własne)



Rys. 7. Widoczna rola zbrojenia w zapewnieniu ciągłości i zwartości konstrukcji żelbetowych (fotografie własne)

cji oraz trudność i duży koszt ich zniszczenia. Wiele ścian bunkrów zachowało się niemal w całości bądź z niewielkimi pęknięciami (rys. 5.) pomimo mocnych wybuchów. Masywne ściany betonowe często spoczywają w wielkich betonowych blokach (rys. 6). Ilość materiałów wybuchowych potrzebna na ich rozdzielenie i przesunięcie na znaczne odległości musiała być imponująca. Rysunek 7. przedstawia natomiast rolę zbrojenia w odporności konstrukcji na wybuchy.

Fragmenty ścian uległy wprawdzie przesunięciu na odległość kilkudziesięciu centymetrów, jednak nie zostały rozdzielone. Na rysunku 7b jest to szczególnie widoczne: powierzchnia odłamu na lewym fragmencie dokładnie odpowiada powierzchni na prawym fragmencie. Świadczy to o rozsunięciu fragmentów i wydłużeniu prętów zbrojeniovych. Taką ciągłość (ductility) konstrukcji żelbetowych osiągnięto z pewnością dzięki stosowaniu prętów gładkich, które tracą przyczepność na dłuższym odcinku niż żebrowane i zapewniają dzięki temu możliwość ich większego wydłużenia.

Wnioski

Niewątpliwie wiele używanych dzisiaj technologii, z których korzystamy, takich jak telefonia komórkowa, internet itd., zostało stworzonych dla potrzeb wojska i w późniejszym terminie spopularyzowanych dla potrzeb cywilnych. Choć o budownictwie betonowym trudno powiedzieć, iż zostało wymyślone dla potrzeb militarnych, to można jednak śmiało stwierdzić, iż przyczyniły się one znacząco do jego rozwoju i udoskonalenia. ■

Pełna wersja artykułu dostępna na stronie: www.buildercorp.pl.

Bibliografia

- [1] <https://www.awesomestories.com>.
- [2] Ernest Henderson, Germany's fighting machine, Indianapolis 1914 r.
- [3] Biesiekierski K., Kleczke K., Rewieński M., Fortyfikacje polowe, Warszawa 1929.
- [4] Szymański J., Szymańska M., W krainie wielkich bunkrów, Łódź 2009.

ABSTRACT:

The technology of erecting war shelters has been evolving over the centuries alongside the development of technology and building-oriented requirements. Many papers have been published on this subject in recent times. The ruins of the Wolf's Lair war fortress prompted the authors to write this work with a slightly different emphasis than the previous papers. In addition to a brief history of the objects, the work presents the design guidelines used in their construction and describes the construction solutions applied. In addition, where appropriate, the advantages and disadvantages of these construction solutions from an engineering point of view are highlighted.

Keywords: concrete building , war shelter, Wolf's Lair