



Portalowo-szkieletowa obudowa połączeń wyrobisk korytarzowych projektowana w GIG

Portal-frame support of working junctions designed in GIG (Central Mining Institute)

Dr inż. Marek Rotkegel^{*)}

Treść: Portalowo-szkieletowa obudowa połączeń wyrobisk korytarzowych jest projektowana w Głównym Instytucie Górniczym od ćwierć wieku. W tym czasie powstało blisko 400 projektów oryginalnych obudów, indywidualnie projektowanych do konkretnych warunków geologiczno-górnictwa z uwzględnieniem układu geometrycznego łączących się wyrobisk. W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z projektowaniem tego typu obudowy oraz przykłady ciekawych konstrukcji.

Abstract: Portal-frame support of working junctions has been designed in the Central Mining Institute for a quarter of the century. Nearly 400 original support designs have been created over this time, designed individually for specific geological mining conditions, taking into account the geometric arrangement of adjoining workings. This paper presents selected issues concerning the design of this type of support and examples of some of the more interesting constructions.

Słowa kluczowe:

połączenia wyrobisk, obudowa portalowa, projektowanie

Keywords:

working junctions, portal support, designing

1. Wprowadzenie

Jednym ze sposobów zabezpieczania wielkogabarytowych wyrobisk korytarzowych, a przede wszystkim ich połączeń, są obudowy portalowe, zwane też szkieletowymi, czy portalowo-szkieletowymi, które składają się z przestrzennej ramy uzupełnionej specjalnymi odzwiami (Stalęga 2001). Taka konstrukcja, indywidualnie projektowana, pozwala na dostosowanie obudowy do obciążenia wynikającego z warunków geologiczno-górnictwa oraz do rozmiaru wyrobiska i geometrii połączenia, a także do wymagań odbiorcy, co jest szczególnie ważne w przypadku skomplikowanych geometrycznie połączeń wyrobisk. Istotną zaletą w przypadku odgałęzień i rozwidleń jest także mniejsza ich wysokość w porównaniu z połączeniem zabezpieczonym obudową tradycyjną (Główne... 1974) (tzw. „palmową” czy też „okularową”). Ma to istotne znaczenie w przypadku zagrożenia metanowego, a ponadto pozwala uniknąć konieczności urabiania i odstawy znacznych objętości skał stropowych. Natomiast w przypadku skrzyżowań wyeliminowany został płaski strop, stosowany w konstrukcjach słupowych (Stalęga 2001), niekorzystny z uwagi na współpracę obudowy z górotworem.

Obudowy połączeń wyrobisk korytarzowych oparte na konstrukcji portalowej (szkieletowej) są stosowane w polskich kopalniach węgla kamiennego od kilku dziesię-

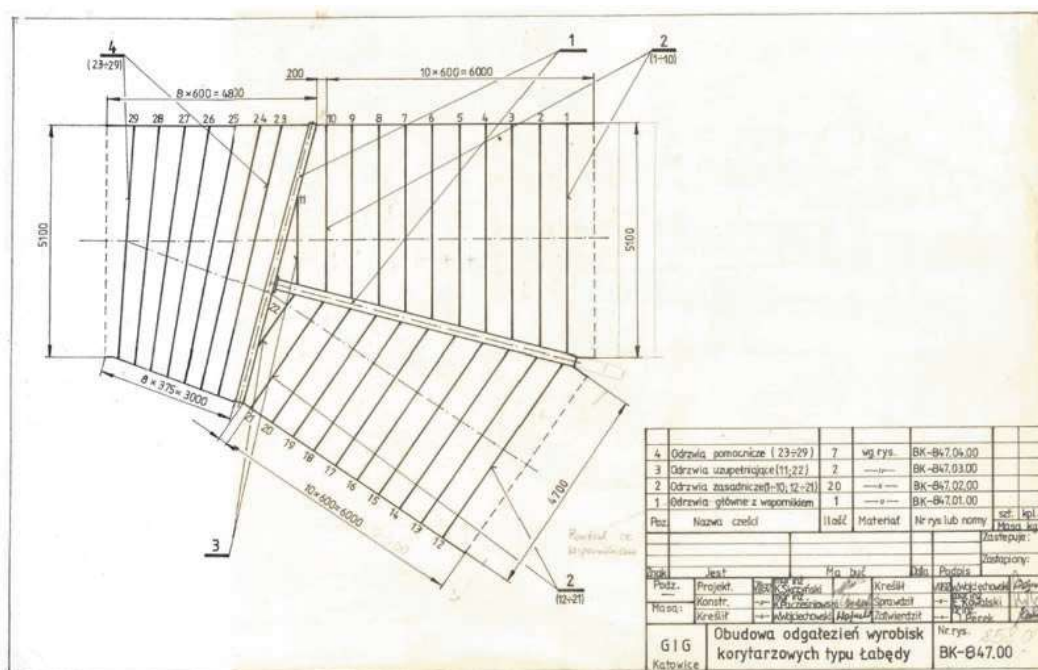
cioleci (Wojtusiak 1975). Główny Instytut Górniczy, Zakład Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych (GIG-BG) zajmuje się problematyką projektowania portalowych obudów odgałęzień i skrzyżowań od 25 lat. Pierwszy projekt, przedstawiony na rysunku 1, został opracowany w sierpniu 1992 roku. Od tego czasu do końca 2017 r. zaprojektowano 361 konstrukcji tego typu przeznaczonych do zabudowy w kopalniach w konkretnych wyrobiskach. Na rysunku 2 przedstawiono liczbę projektów wykonanych w poszczególnych latach.

Uwzględniając projekty próbne, projekty opracowane w celu uzyskania dopuszczenia Prezesa WUG, a później certyfikacji obudowy na znak B, modyfikacje i adaptacje konstrukcji do zmienionej, nowej lokalizacji, czy też same obliczenia wytrzymałościowe, szkieletowe obudowy połączeń wyrobisk były przedmiotem ponad 400 zadań projektowych realizowanych w GIG. Ponadto można szacować, że zaprojektowane w GIG portalowe obudowy połączeń wyrobisk korytarzowych stanowią co najmniej 2/3 wszystkich tego typu konstrukcji zastosowanych w polskim górnictwie węglowym (Rotkegel 2017).

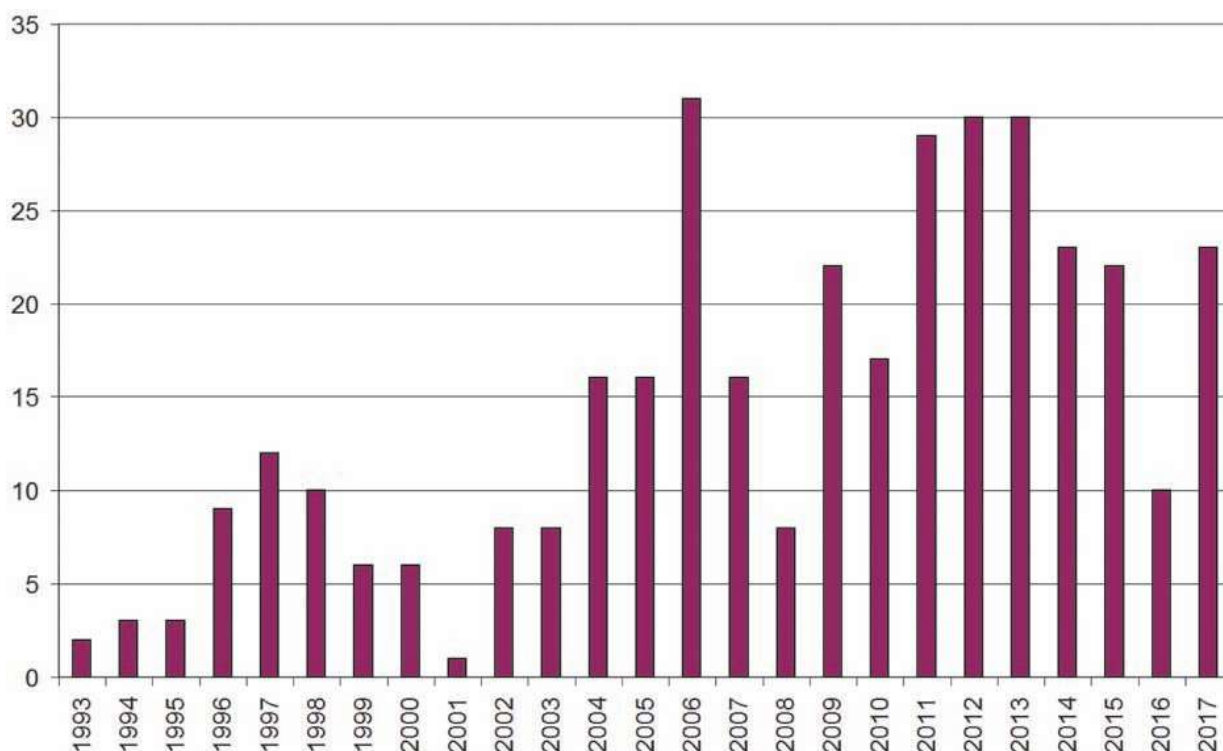
2. Przegląd projektów realizowanych w GIG w latach 1993-2017

Początkowo projekty wykonane były głównie na zlecenie producentów obudów, dostarczających do kopalni gotowe

^{*)} Główny Instytut Górniczy, Katowice



Rys. 1. Rysunek zestawieniowy pierwszego projektu opracowanego w GIG (08.1992)
Fig. 1. Assembly drawing of the first project designed in GIG (August 1992)

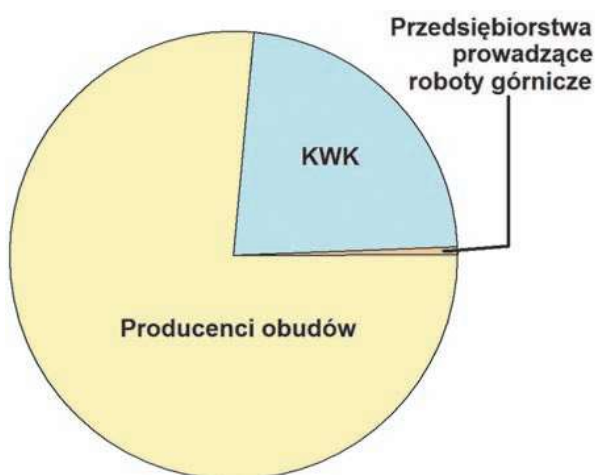


Rys. 2. Liczba projektów portalowych obudów połączeń wyrobisk wykonanych w GIG-BG w latach 1993–2017
Fig. 2. Number of portal support designs created at GIG-BG between 1993 and 2017

konstrukcje. W ostatnich latach projekty wykonywane były także dla kopalń, które same na drodze procedur przetargowych zlecały wykonawstwo konstrukcji w oparciu o posiadaną dokumentację techniczną. W przypadku konstrukcji typowych (Rotkegel 2013) nie ma większego znaczenia dla kogo wykonywana jest dokumentacja. Inaczej sprawa wygląda, gdy projektowana konstrukcja jest z różnych względów nietypowa (Rotkegel 2015). Wtedy korzystniej jest projektować obudowę na zlecenie kopalni, w porozumieniu i we współpracy z jej służbami. Projektant nie jest wtedy ograniczony wynikami

przetargu na dostawę obudowy, przez co ma większe możliwości dostosowania projektu do specyficznych wymagań i oczekiwań przyszłego użytkownika. Na rysunku 3 przedstawiono udział poszczególnych grup zlecniodawców projektów realizowanych w latach 1993-2017.

Zwiększenie liczby zastosowanych portalowych obudów odgałęzień i skrzyżowań (rys. 2) wynika przede wszystkim z występowania coraz trudniejszych warunków geologiczno-



Rys. 3. Zleceniodawcy projektów portalowych obudów połączeń wyrobisk wykonanych w GIG-BG w latach 1993–2017

Fig. 3. Clients commissioning portal support designs in GIG between 1993 and 2017

-górnictwa, związanych z coraz większą głębokością prowadzonej eksploatacji i występowaniem zaszczości eksploatacyjnych, powodujących zwiększenie obciążenia działającego na obudowę. Nie bez znaczenia jest też fakt wymaganych coraz większych gabarytów wyrobisk. Parametrem charakteryzującym wielkość odgałęzień i skrzyżowań zabezpieczonych w danym roku za pomocą obudowy portalowej jest wartość średnia szerokości łączących się wyrobisk (rys. 4). Jak widać, średnia wielkość (szerokość) połączeń na przestrzeni 25 lat zwiększyła się o około jeden metr. Należy tu zaznaczyć, że większa intensywność przyrostu wielkości łączonych wyrobisk przypada na ostatnią dekadę analizowanego okresu.

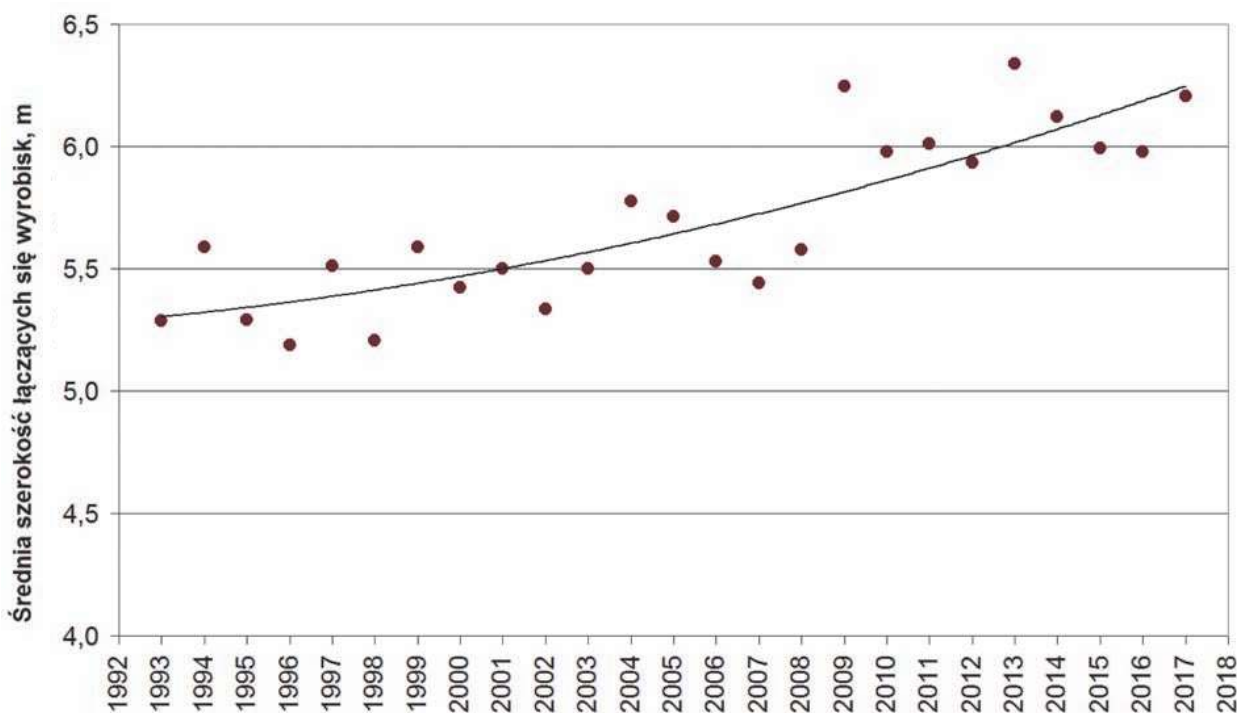
Na przestrzeni lat obudowy portalowo-szkieletowe podlegały ewolucji. Zmieniały się nie tylko gabaryty połączeń,

przekroje belek, stosowane materiały i zarysy odrzwi, ale także postać konstrukcji zasadniczej – rami, szkieletu. Wkład w tym zakresie wnieśli ośrodki badawcze, instytuty (m.in. BUDOKOP, GIG), a także producenci obudów (Huta Łabędy, „Heintzmann-Silesia”, „PPG ROW-JAS”) i kopalnie (m.in. „Bogdanka”, „Marcel”, „Janina”). Próbę usystematyzowania schematów obudów połączeń wyrobisk korytarzowych ze szczególnym uwzględnieniem konstrukcji portalowo-szkieletowych realizowanych w GIG przedstawiono na rysunkach 5 i 6.

Jak wynika z powyższego wykresu dominującą jest obudowa odgałęzień wyrobisk korytarzowych oparta na konstrukcji portalowo-wspornikowej (185 projektów). Dość często jest także stosowana obudowa skrzyżowań – na bazie dwóch krzyżujących się portali (64 projekty) lub dwóch wsporników połączonych z belką przystropową (52 projekty). Z uwagi na ich liczbę można przyjąć, że oprócz przypadków szczególnych są to rozwiązania typowe (Rotkegel 2013). Zarysy tych obudów przedstawiono na rysunku 7. Pozostałe rozwiązania w liczbie 60 stanowią 16,6% ogólnej liczby wykonanych projektów i mogą być uważane za nietypowe (Rotkegel 2015, 2016).

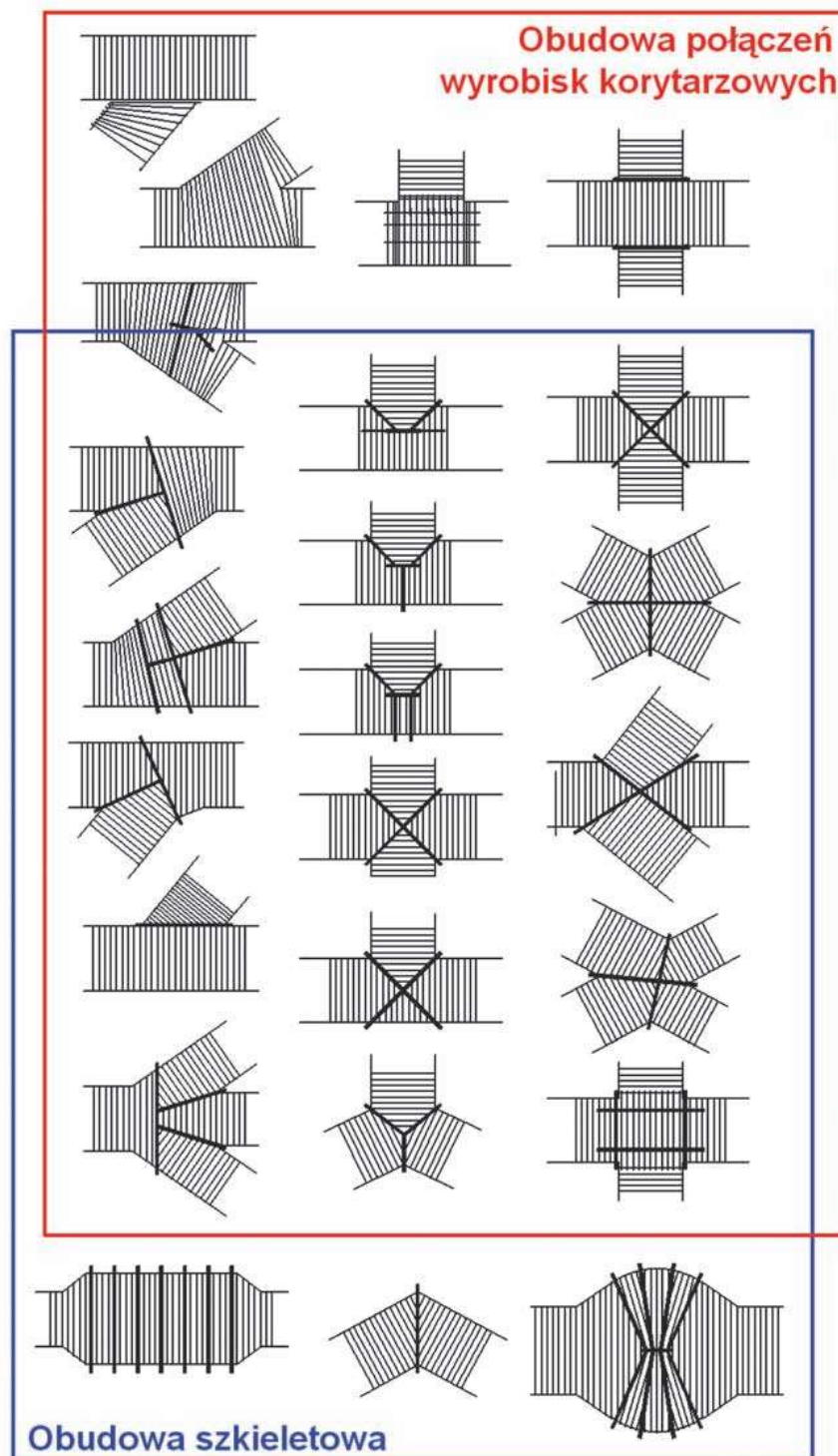
3. Wybrane przykłady portalowo-szkieletowej obudowy połączeń wyrobisk korytarzowych

Ciekawym przykładem portalowo-szkieletowej obudowy skrzyżowania wyrobisk może być konstrukcja zaprojektowana w 2013 roku dla kopalni „Bielszowice” przeznaczona do zabezpieczenia połączenia przekopu południowo-równoległego na poziomie 1000 m z przecinką transportową 2. Układ geometryczny skrzyżowania – wielkogabarytowe wyrobiska w formacie ŁPP12 i ŁPP13, przecinające się pod stosunkowo ostrym kątem (41°) – skutkuje znacznym zasięgiem obudowy. Sumaryczna rozpiętość wsporników mierzona w świetle jest bliska 19 m, a masa zasadniczych elementów obudowy (konstrukcji zasadniczej i odrzwi bez strzemion i rozpór) wynosi 36



Rys. 4. Wielkość - rozmiar wyrobisk zabezpieczanych obudowami portalowymi projektowanymi w GIG-BG w latach 1993–2017

Fig. 4. Dimensions – size of workings supported by portal supports designed at GIG between 1993 and 2017



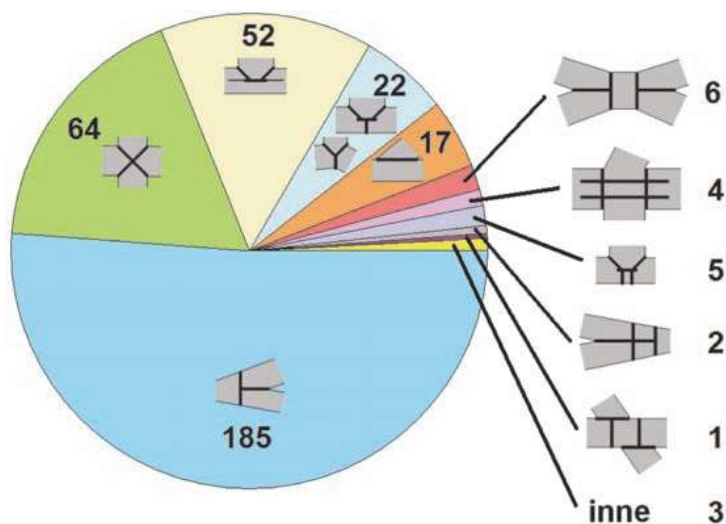
Rys. 5. Rozwiązania i zastosowania obudowy szkieletowej (niebieska ramka) na tle obudowy połączeń wyrobisk korytarzowych (czerwona ramka) (Rotkegel 2017) (na granicy ramki niebieskiej rozwiązanie pośrednie)

Fig. 5. Portal support solutions and applications (blue frame) compared to gallery working junction support (red frame) [Rotkegel 2017] (indirect solution pictured at the border of the blue frame)

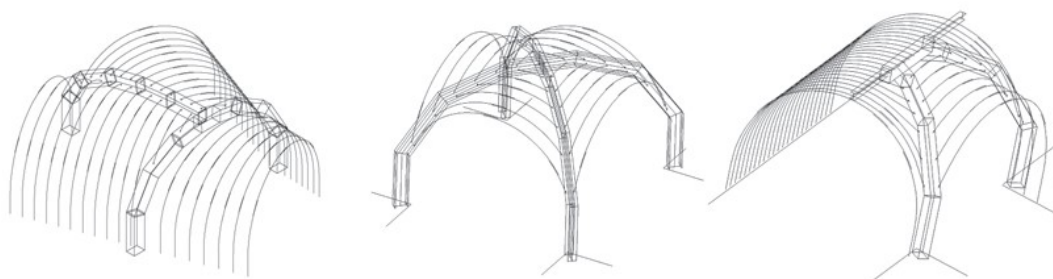
Mg. Konstrukcję zasadniczą stanowią skręcane śrubami belki o przekroju dwuteownika HEB550 w liczbie 17 sztuk, posadzone na spągu przez 4 segmenty upodatniające. Konstrukcja zasadnicza uzupełniona jest indywidualnie projektowanymi 68 odrzwiami z kształtownika V36, budowanymi w rozstawie 500 mm (rys. 8).

Dzięki zastosowaniu dwóch bliźniaczych wsporników usytuowanych w jednej płaszczyźnie i naprzeciw siebie,

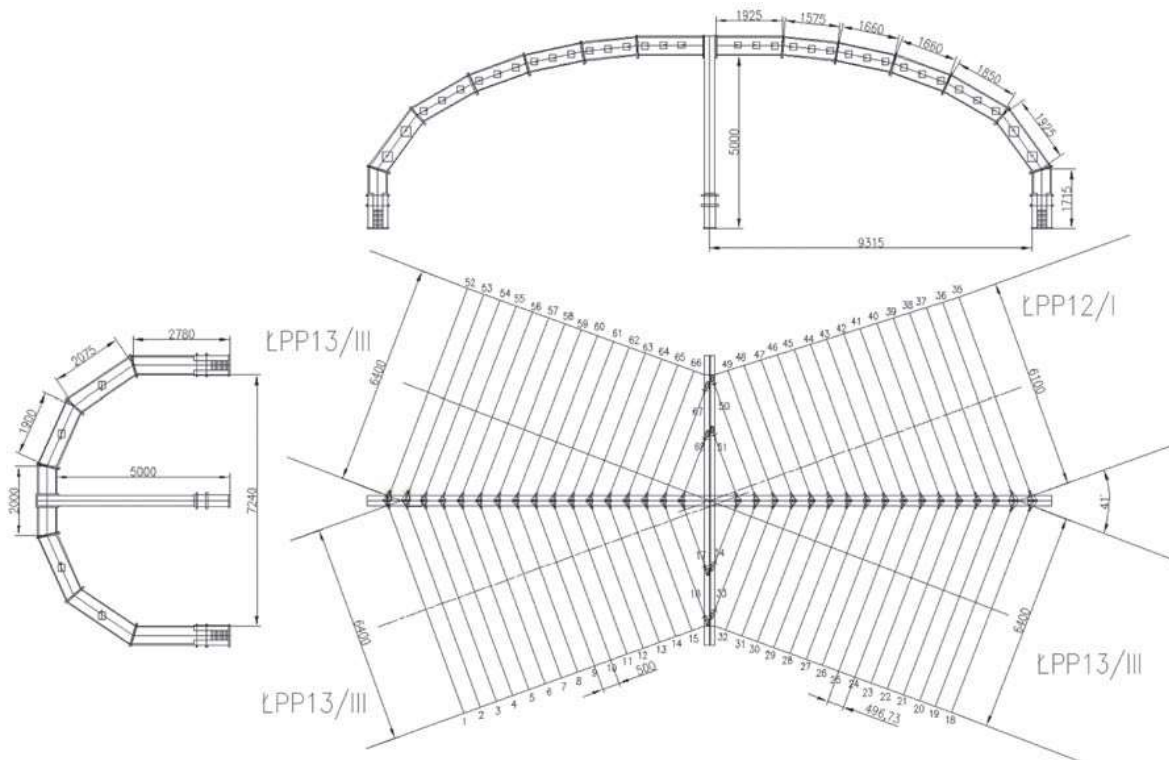
uzyskuje się korzystny rozkład sił w elementach konstrukcji zasadniczej, co istotnie wpływa na stateczność obudowy i rozkład naprężeń zredukowanych w poszczególnych elementach. Umożliwia to przeniesienie znacznego obciążenia, jakim górotwór działa na obudowę, wynikającego z warunków geologiczno-górnictwa, a dodatkowo również ze znacznych gabarytów skrzyżowania. Na rysunku 9 przedstawiono rozkład naprężeń zredukowanych w elementach konstrukcji zasadni-



Rys. 6. Liczba projektów poszczególnych typów konstrukcji szkieletowych zaprojektowanych w GIG w latach 1993-2017
 Fig. 6. Number of individual frame construction type designs created at GIG between 1993 and 2017



Rys. 7. Typowe konstrukcje portalowo-szkieletowej obudowy odgałęzień i rozwidleń oraz skrzyżowań czterostronnych i trójstronnych
 Fig. 7. Standard constructions of portal-frame support of working junctions



Rys. 8. Schemat i najważniejsze wymiary obudowy skrzyżowania przekopu południowo-równoległego, poziom 1000 m z przecinką transportową 2
 Fig. 8. Drawing and the most important dimensions of portal support of crossing gallery, at the level of 1000 m with transport entry no. 2

czej oraz wykonaną obudowę w trakcie montażu próbnego u producenta. W analizach wytrzymałościowych (rys. 9a), mając na uwadze optymalizację konstrukcji, uwzględniono parametry mechaniczne stali zgodne z analizą wytopową dwuteowników przewidzianych do zastosowania.

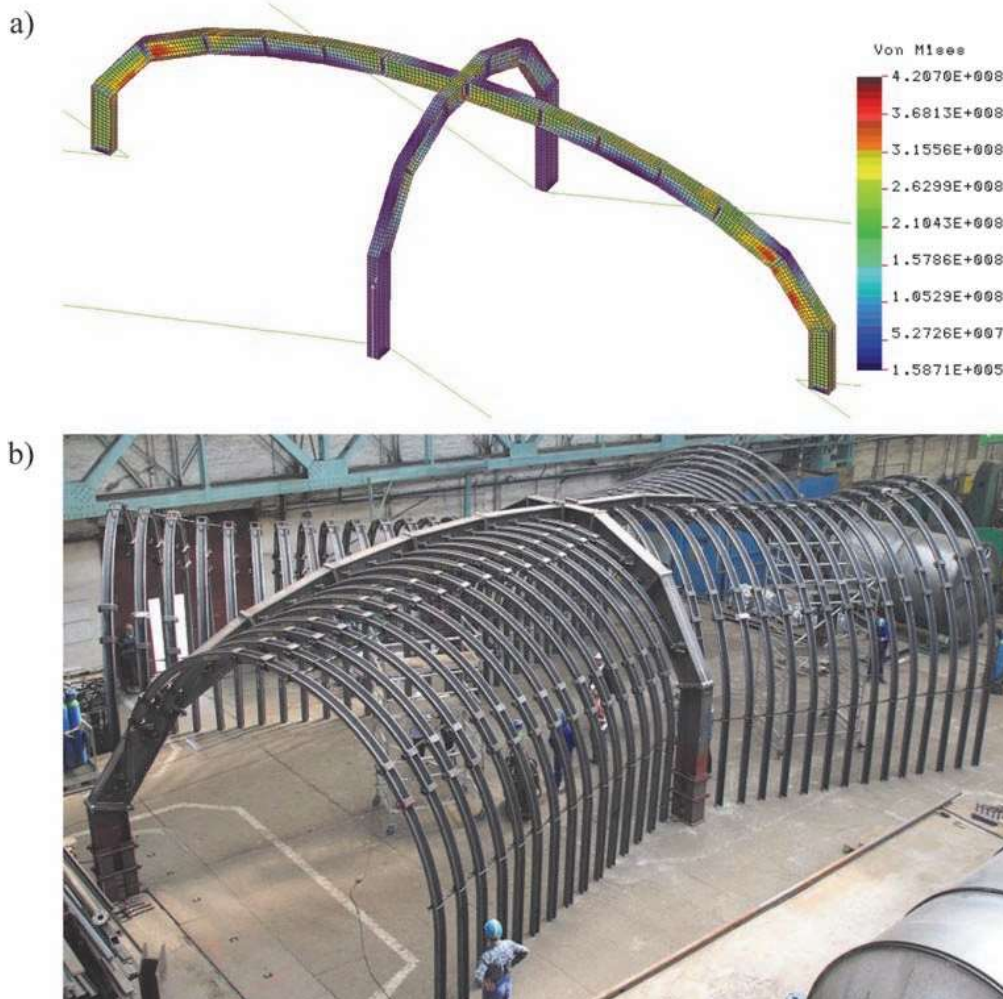
Innym ciekawym przykładem portalowo-szkieletowej obudowy odgałęzienia wyrobisk korytarzowych jest konstrukcja zaprojektowana w 2017 roku, przeznaczona do zabezpieczenia połączenia przekopu technologicznego z pętlą szybu VI w KWK „Budryk” (rys. 10). Wyrobiska w miejscu ich połączenia zaprojektowano w formie ŁP14, z czego wynikają znaczne gabaryty odgałęzienia. Konstrukcję zasadniczą zaprojektowano z 16 belek łączonych doczołowo, wykonanych ze spawanego profilu skrzynkowego o przekroju 650x400 mm. Przyjęto posadowienie na spągu poprzez specjalne segmenty upodatniające. Przestrzenną ramę uzupełniają 75 odrzwi wykonanych z kształtownika V36. Całkowita masa głównych elementów obudowy (konstrukcji zasadniczej i odrzwi bez rozpór) wynosi 66,5 Mg. Tak duża masa wynika z gabarytów obudowy odgałęzienia oraz zastosowanych ciężkich przekrojów związanych ze znacznymi wartościami obciążenia działającego na obudowę.

Prezentowana konstrukcja jest jedną z pierwszych portalowo-szkieletowych obudów z portalem usytuowanym w dwóch pionowych, przecinających się płaszczyznach, stano-

wiącym dwa półportale. Z przeprowadzonych w poprzednich latach analiz (Rotkegel 2010, Rotkegel i in. 2010) wynika, że konstrukcje takie zachowują stateczność w zdecydowanie większym zakresie obciążenia. „Załamany” portal skuteczniej przenosi poziomą składową obciążenia, jaką oddziałuje na niego wspornik. Jest to szczególnie istotne w warunkach znacznego obciążenia górotworem oraz dużych rozpiętości konstrukcji. W prezentowanym przypadku obudowy dla dalszej poprawy stateczności konstrukcji zastosowano przykotwienie ramy ukośnymi kotwiami (Rotkegel, Daniłowicz 2006, Rotkegel, Daniłowicz 2007) oraz zabudowę podciągów dodatkowo poprawiającymi stateczność konstrukcji. Elementy te zaznaczono na rysunku 10.

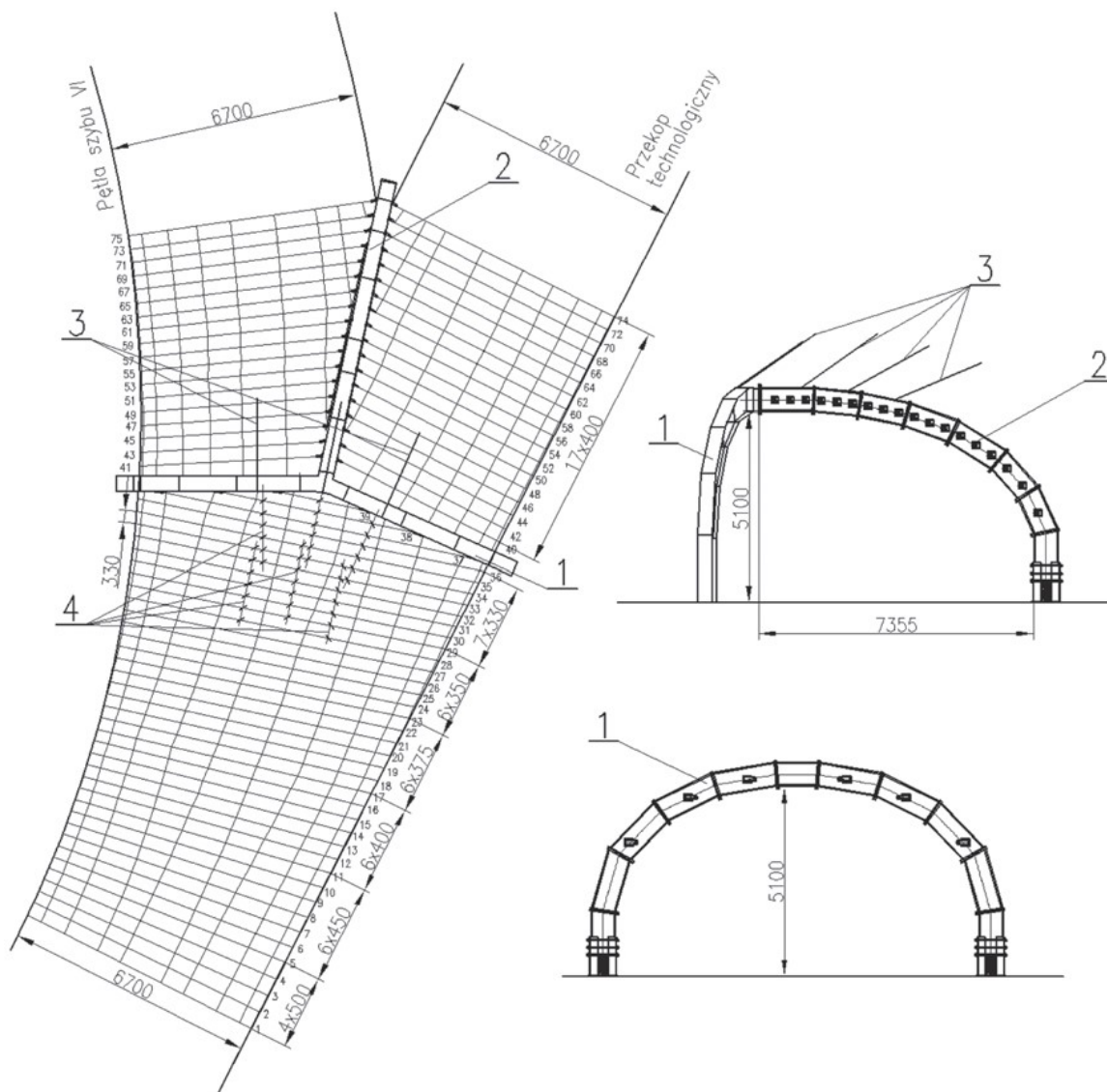
4. Podsumowanie

Portalowo-szkieletowa obudowa połączeń wyrobisk korytarzowych jest z powodzeniem projektowana w Głównym Instytucie Górnictwa od 25 lat. W tym czasie powstało ponad 360 oryginalnych projektów obudów przeznaczonych do zabudowy w konkretnych warunkach geologiczno-górnictwowych. Każdorazowo, projektowane konstrukcje spełniały założenia i wymagania poszczególnych kopalń i uwzględniały szczególne warunki geologiczno-górnictwowe. Przedstawione przykłady



Rys. 9. Portalowo-szkieletowa obudowa skrzyżowania przekopu południowo-równoległego, poziom 1000 m z przecinką transportową 2. a) rozkład naprężeń zredukowanych w konstrukcji zasadniczej, b) obudowa w trakcie próbnego montażu u producenta

Fig. 9. Portal-frame support of crossing gallery, at level of 1000 m with transport entry no. 2. a) reduced stress distribution in the basic construction, b) the support during trial assembly at the manufacturer's



Rys. 10. Schemat obudowy odgałęzienia przekopu technologicznego z pętlą szybu VI, 1 – portal, 2 – wspornik, 3 – ukośnie zabudowane kotwie stabilizujące obudowę, 4 – podciąg stabilizujący obudowę

Fig. 10. Portal-frame support of gallery branch with shaft no. VI loop 1 – portal, 2 – bracket, 3 – diagonally-inserted bolts stabilising the support, 4 – horseheads stabilising the support

upoważniają do stwierdzenia, że obudowa tego typu może być zastosowana w najbardziej niekorzystnych warunkach geologiczno-górnictwa przy jednoczesnym, znacznym stopniu skomplikowania geometrii samego połączenia.

Literatura

- Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych: Katalog typowych połączeń wyrobisk korytarzowych w obudowie łukami korytkowymi z rozjazdami o skosie 1:5. Wydanie II. Katowice 1974.
- ROTKEGEL M. 2010 - Influence of the shape of portal support of working junctions on its stress state. Conference of the School-of-Underground-Mining. Ukraine, Dniepropietrows'k/Yalta 2010. New Techniques and Technologies in Mining. Pages: 207-212 Taylor and Francis Group.
- ROTKEGEL M. 2013 - Typowe rozwiązania konstrukcyjne portalowej obudowy połączeń wyrobisk korytarzowych. „Przegląd Górniczy” nr 6.
- ROTKEGEL M. 2015 - Wybrane przykłady nietypowych konstrukcji portalowej obudowy odgałęzień i skrzyżowań. „Przegląd Górniczy” nr 5, s. 86-95.
- ROTKEGEL M. 2016 - Obudowy szkieletowe stosowane w wyrobiskach korytarzowych i komorowych. „Przegląd Górniczy” nr 4, s. 48-55.
- ROTKEGEL M. 2017 - Metoda projektowania portalowo-szkieletowej obudowy połączeń wyrobisk korytarzowych. Główny Instytut Górnictwa. Katowice, s. 176.
- ROTKEGEL M., BOCK S., WITEK M. 2010 - Analiza wybranych sposobów pełnego wykorzystania parametrów nośnościowych portalowej obudowy odgałęzienia. Prace Naukowe GIG nr 881, Katowice.
- ROTKEGEL M., DANIŁOWICZ R. 2006 - Zastosowanie kotwi do stabilizacji obudowy odgałęzienia. Kwartalnik Prace Naukowe GIG nr 2, s.81-90.
- ROTKEGEL M., DANIŁOWICZ R. 2007 - Wybrane sposoby zapewnienia właściwej stabilizacji szkieletowej obudowy odgałęzienia wyrobisk. „Budownictwo Górnicze i Tunelowe” nr 1, s. 31-37.
- STAŁĘGA S. 2001 - Podstawy teoretyczno-badawcze projektowania szkieletowych konstrukcji obudowy skrzyżowań i odgałęzień wyrobisk udostępniających. Prace Naukowe GIG nr 845. Katowice.
- WOJTUSIAK A. 1975 - Żebrowa stalowa obudowa połączeń wyrobisk korytarzowych. Konferencja naukowo-techniczna nt. Budownictwo górnicze. Mysłowice. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Budownictwa Górniczego BUDOKOP.

Artykuł wpłynął do redakcji – styczeń - 2018
Artykuł akceptowano do druku 24.01.2018