

Jerzy SĘKOWSKI

## GRUNTY ANTROPOGENICZNE JAKO PODŁOŻE OBIEKTÓW BUDOWLANYCH W ŚWIETLE DOŚWIADCZEŃ PRAKTYCZNYCH

**Streszczenie.** W pracy podano przykłady wykorzystania gruntów antropogenicznych jako podłoża pod obiekty kubaturowe. W przytoczonych przykładach zwrócono uwagę na bezpośredni wpływ jakości nasypu na stan i bezpieczeństwo posadowionych na nim obiektów. Kolejne przykłady dotyczą: obiektu uszkodzonego, zagrożonego i bezpiecznie użytkowanego kilkanaście lat.

### 1. WPROWADZENIE

Wobec ciągle zmniejszających się wolnych terenów pod zabudowę, jak również wzrostu kosztów związanych z "uzdatnianiem" terenów częściowo lub całkowicie nieprzydatnych do działalności budowlanej, niezwykle atrakcyjnym zagadnieniem staje się wykorzystanie jako materiału budowlanego tak zwanych gruntów antropogenicznych (PN-86/B-02480). Dotyczy to w szczególności odpadów górnictwa węgla kamiennego, odpadów hutniczych i elektrowniowych. Pierwsze z nich stanowią około 50% odpadów w ogóle, chociażby już z tego względu powinny stać się przedmiotem powszechnego zainteresowania. Należy podkreślić, że z coraz większym skutkiem odpady te wykorzystywane są obecnie między innymi w budownictwie, przemyśle materiałów budowlanych i górnictwie. W budownictwie znane są liczne przykłady wykorzystania odpadów górniczych do budowy nasypów i obwałowań, natomiast mniej liczne są przykłady wykorzystania wspomnianych odpadów jako podłoża pod obiekty kubaturowe. Wynika to najprawdopodobniej z niedostatecznego jeszcze rozpoznania w zakresie właściwości i zachowania się w czasie samego materiału. Wspomniana już norma PN-86/B-02480, potwierdzając niejako ten wniosek, każe w przypadku gruntów antropogenicznych dokonywać indywidualnej oceny ich przydatności budowlanej. Wykorzystanie gruntów antropogenicznych dla celów budowlanych powinno być zatem poprzedzone dokładnym rozpoznaniem ich właściwości fizyko-mechanicznych i chemicznych, określeniem stopnia i zakresu przydatności, a także, o ile to możliwe, technologii wykonywania nasypu budowlanego.

W prezentowanym artykule przedstawiono trzy przykłady wykorzystania gruntów antropogenicznych jako podłoża pod obiekty kubaturowe. W pierwszym błędy w posadowieniu obiektu doprowadziły do bezpośredniego zagrożenia stałości jego układu konstrukcyjnego. Przykład drugi dotyczy niewielkiego pawilonu handlowego. Niekorzystne warunki posadowienia obiektu stwarzają potencjalne zagrożenie dla jego konstrukcji. Przykład trzeci dotyczy obiektu posadowionego na nasypie budowlanym wykonanym w całości z przepalonych odpadów kopalnianych w sposób kontrolowany. Wieloletnie użytkowanie obiektu potwierdza słuszność przyjętego rozwiązania.

## 2. PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA GRUNTÓW ANTROPOGENICZNYCH JAKO PODŁOŻA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

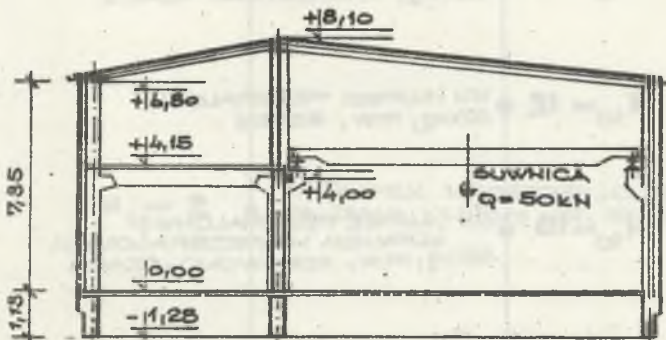
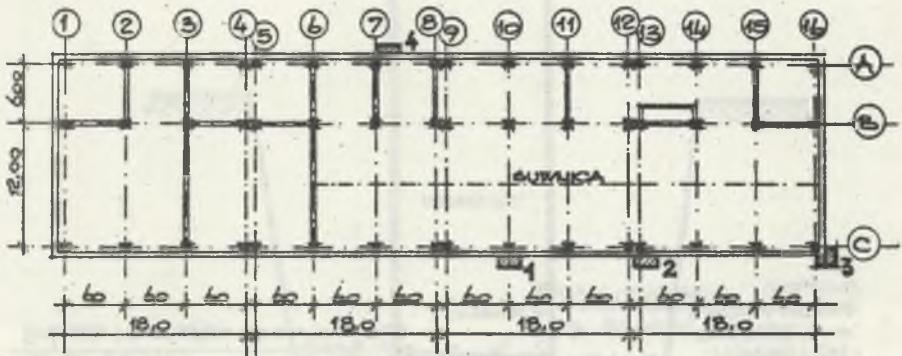
### Przykład 1

Obiekt zlokalizowany został na terenie Kopalni Węgla Kamiennego "Gliwice". Wybudowany w latach 1969-71 (powierzchnia zabudowy  $1403 \text{ m}^2$ , kubatura  $10737 \text{ m}^3$ ) przeznaczony jest dla celów produkcyjnych. Dwukondygnacyjny, niepodpiwniczony obiekt wykonano metodą technologii mieszanej. Posadowiono go za pośrednictwem żelbetowego rusztu fundamentowego, dodatkowo usztywnionego ściągam. Konstrukcję obiektu charakteryzuje poprzeczny układ elementów, nośnych. Są nimi ramy jedno- i dwukondygnacyjne, dwuprzęsłowe, rozstawione co  $6,0 \text{ m}$ . W jednej z naw na prefabrykowanych teowych belkach podsuwnicowych zamontowana została typowa suwnica o udźwigu  $Q = 50 \text{ kN}$ . Na rysunku 1 pokazano rzut przyziemia i przekrój poprzeczny opisanego obiektu. Jego szczegółowy opis zawiera opracowanie [3].

W okresie 15-letniej eksploatacji obiektu niektóre jego fragmenty uległy widocznym uszkodzeniom [3]. Stwierdzono między innymi wychylenie z pionu słupa narożnego C-16, co spowodowało powstanie  $20 \text{ mm}$  rys między wezłowiem belki strunobetonowej (wykonano z nich stropodach w nawie B-C) a słupami C-16 i B-16 oraz pęknięcie ściany szczytowej 16 (B-16). Pęknięcie to przebiega od kalenicy ( $35 \text{ mm}$ ) pionowo aż do powierzchni terenu ( $2 \text{ mm}$ ).

Z zachowanej fragmentarycznej dokumentacji geotechnicznej wynika, że wierzchnią warstwę podłoża budują nasypy o miąższości do  $7,0 \text{ m}$ . Nasypy zalegają na utworach morenowych, wykształconych w postaci glin i ilów. Wspomniane nasypy są pozostałością hałdy kopalnianej. Po jej częściowej likwidacji na terenie tym zlokalizowano plac składowy, na którym wybudowano między innymi

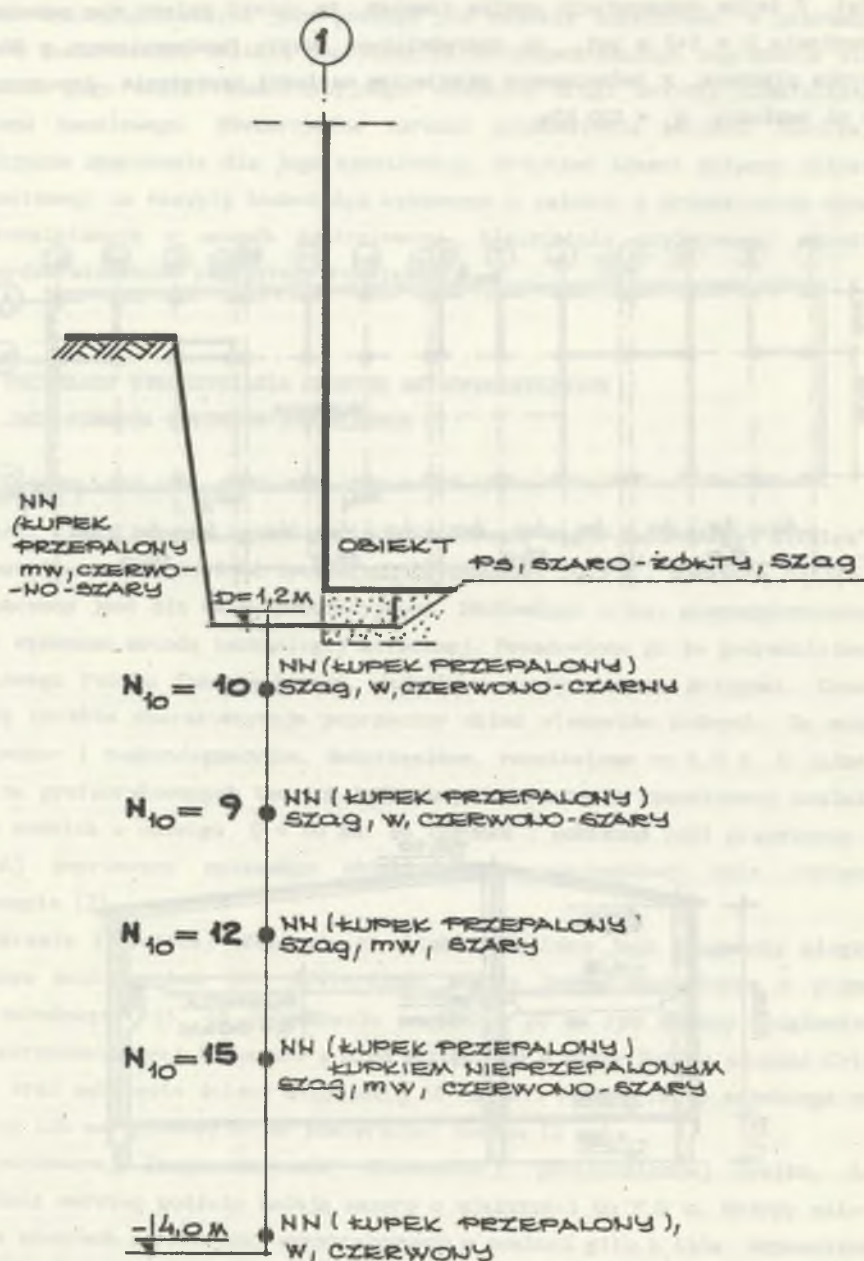
opisany powyżej obiekt. Wiek nasypu w chwili budowy obiektu oceniano na około 20 lat. Z tejże dokumentacji wynika również, że obiekt zaleca się posadzić na poziomie  $D = 1+2$  m ppt., za pośrednictwem rusztu fundamentowego z 50 cm podsypką piaskową, z jednoczesnym przyjęciem wartości naprężenia dopuszczalnego na poziomie  $q_d = 120$  kPa.



Rys. 1. Rzut przyziemia (a) i przekrój poprzeczny (b) budynku warsztatów mechanicznych

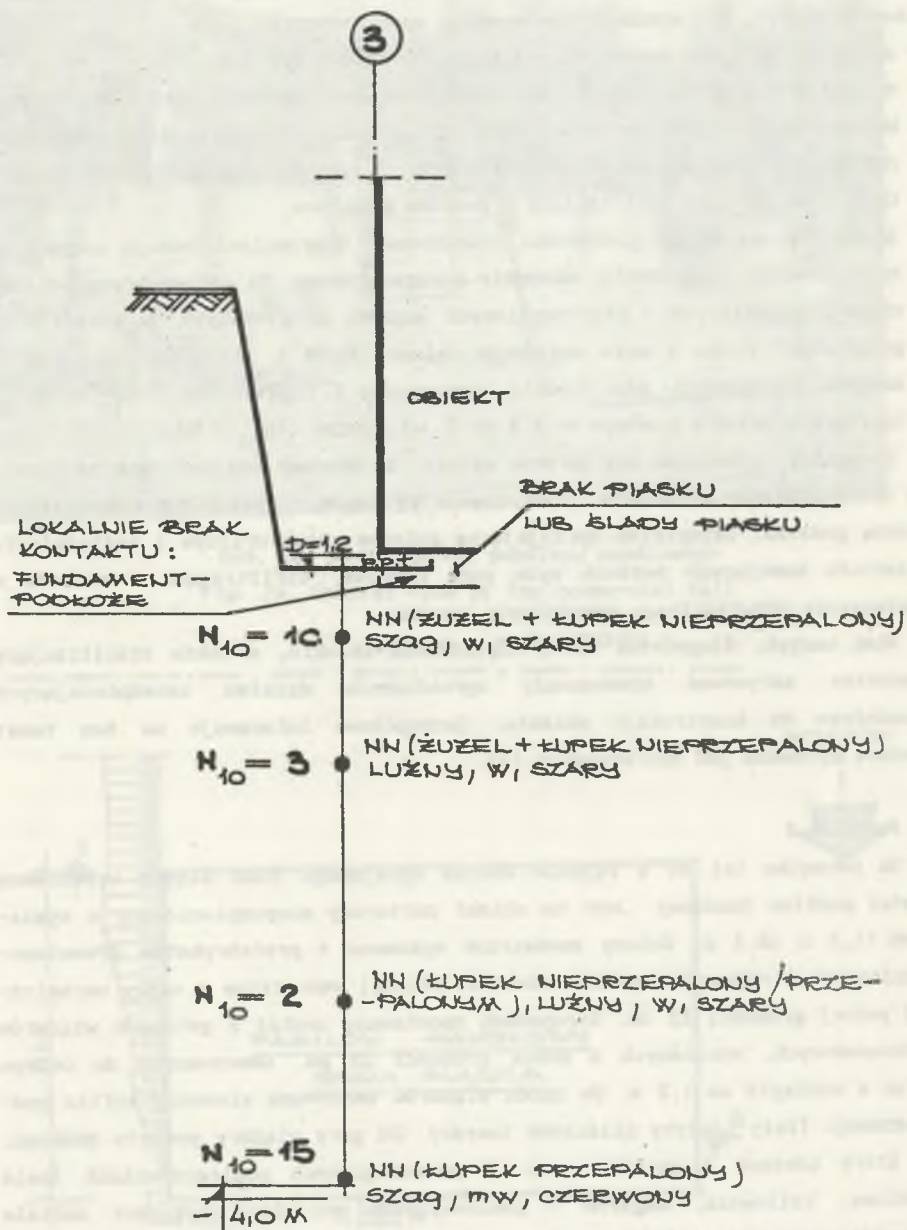
Fig. 1. Plan of the ground floor (a) and cross-section (b) of the workshop facilities





Rys. 1c. Profile analityczne otworów badawczych

Fig. 1c. Analytical profiles of the testing boreholes



Rys. 1c. Profile analityczne otworów badawczych

Fig. 1c. Analytical profiles of the testing boreholes

Z przeprowadzonego dodatkowego rozpoznania geotechnicznego (lokalizację punktów badawczych pokazano na rys. 1a, a profile analityczne dwóch wybranych otworów na rys. 1c) wynikają następujące spostrzeżenia:

- obiekt posadowiony został na poziomie  $D = 1,2 + 1,3$  m ppt.,
- nastąpiło częściowe wypłukanie piasku spod ław fundamentowych. Stwierdzono bowiem, że lokalnie przemieścił się on w głębsze warstwy podłoża, charakteryzujące się nieznacznym zagęszczeniem, a czynnikiem sprzyjającym była tutaj woda opadowa infiltrująca w podłoże gruntowe,
- podłoże gruntowe do głębokości rozpoznanej wierceniami budują nasypy, o zróżnicowanym uziarnieniu, składzie i zagęszczeniu. Są one zbudowane zasadniczo z przepalonych i nieprzepalonych odpadów kopalnianych, z niewielkimi przerostami żużla i mułu węglowego (otwory nr 2 i 3). Stan zagęszczenia nasypów określonych jako średnio zagęszczony i zagęszczony ( $N_{10} > 5$ ), a lokalnie w rejonie otworów nr 2 i nr 3 jako luźny ( $N_{10} < 5$ ).

Z analizy zachowania się obiektu wynika, że powodem zaistniałych zarysowań są nierównomierne osiadania, spowodowane wyraźnie zróżnicowaną odkształcalnością podłoża. Czynnikiem sprzyjającym zmianom strukturalnym i rozluźnianiu materiału budującego podłoże była woda opadowa, infiltrująca w podłoże w następstwie niewłaściwego odwodnienia terenu.

Wiek nasypu, długoletni okres użytkowania obiektu, a także stabilizujący charakter zarysowań spowodowały ograniczenie działań zabezpieczających zasadniczo do konstrukcji obiektu. Szczegółowe informacje na ten temat zawiera cytowane już opracowanie [3].

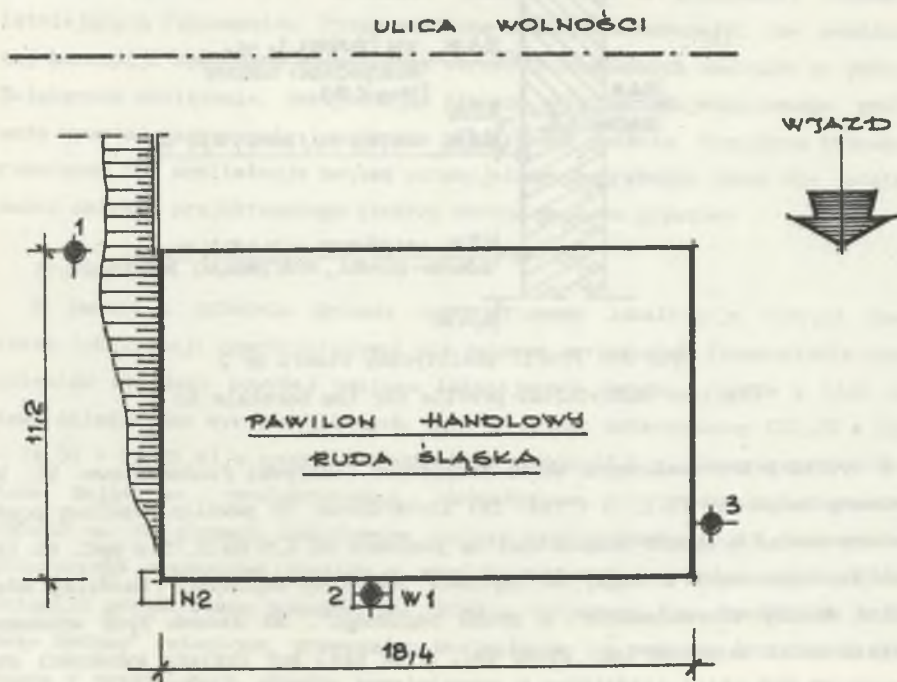
#### Przykład 2

Na początku lat 60 w rejonie dworca kolejowego Ruda Śląska wybudowany został pawilon handlowy. Jest to obiekt parterowy niepodpiwniczony o wymiarach  $11,2 \times 18,4$  m. Ściany zewnętrzne wykonano z prefabrykatów drewnianotrzciniowych (trójwarstwowych), natomiast ścianki wewnętrzne z cegły ceramicznej pełnej grubości 12 cm. Stropodach zmontowany został z gotowych wiązarów jednospadowych, wykonanych z desek grubości 25 mm, umocowanych do oczepu ścian w odstępach co 1,2 m. Do spodu wiązarów umocowano elementy sufitu podwieszanego (łaty i płyty pilśniowe twarde). Od góry wiązary poszyto deskami, na które ułożono 3 warstwy papy. W poszczególnych pomieszczeniach (sala handlowa, kotłownia, magazyn i pomieszczenia socjalne) wykonana została jednolita posadzka lastrykowa. Sam obiekt o stosunkowo starannym wykończeniu charakteryzuje względnie dobry stan techniczny (brak widocznych uszkodzeń konstrukcji). Ogólny widok pawilonu przedstawia rys. 2a.

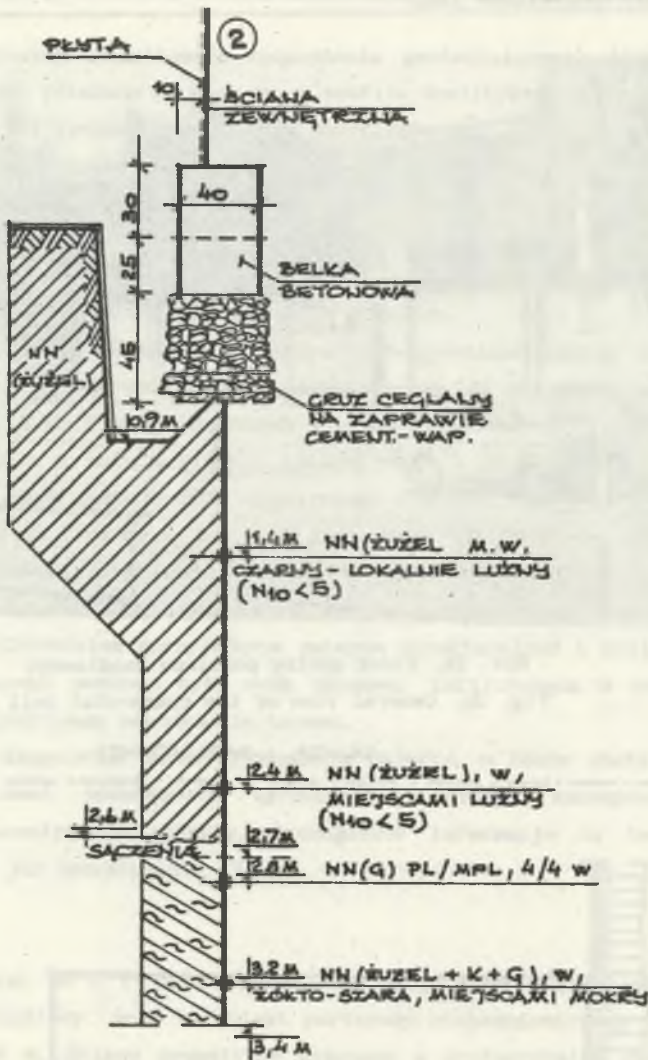




Rys. 2a. Widok ogólny pawilonu handlowego  
 Fig. 2a. General view of the commercial hall



Rys. 2b. Pawilon handlowy. Szkic sytuacyjny  
 Fig. 2b. Plan of boreholes for the commercial hall



Rys. 2c. Profil analityczny otworu nr 2

Fig. 2c. Analytical profile for the borehole No 2

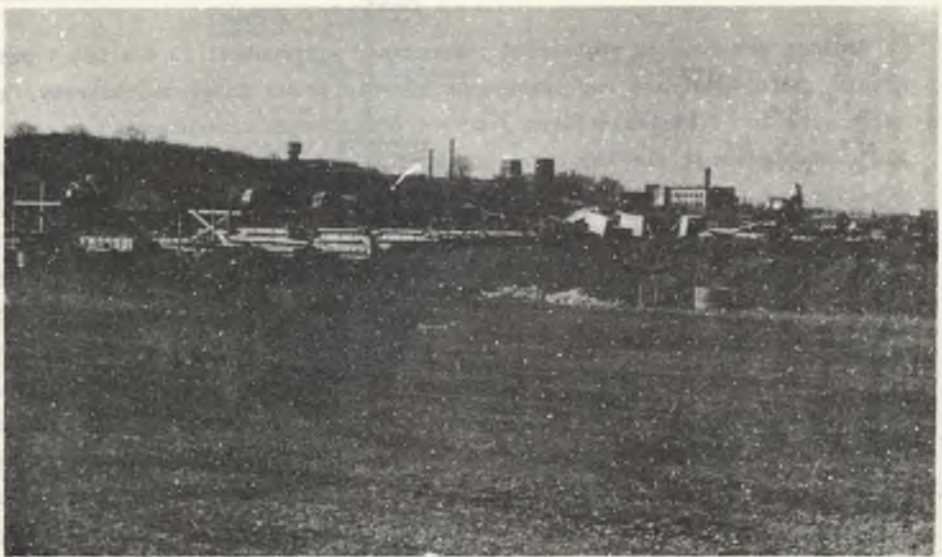
W wyniku przeprowadzonych badań terenowych (odkrytki fundamentowe: W1, W2 i otwory badawcze: 1, 2, 3 - rys. 2b) stwierdzono, że pawilon handlowy posadowiony został w sposób bezpośredni na poziomie od 0,6 do 0,75 m ppt. na ławach fundamentowych z cegły na zaprawie cementowo-wapiennej. Bardziej adekwatne byłoby sformułowanie "z gruzu ceglanego". Na ławach tych wykonana została belka betonowa (ok. 25x40 cm), a na niej mur ceglany wysokości ok. 30 cm, stanowiący oparcie dla zewnętrznych ścian pawilonu. W wykonanych odkrywkach stwierdzono zróżnicowany poziom posadowienia ław, zróżnicowaną ich geometrię, a nawet konstrukcję.



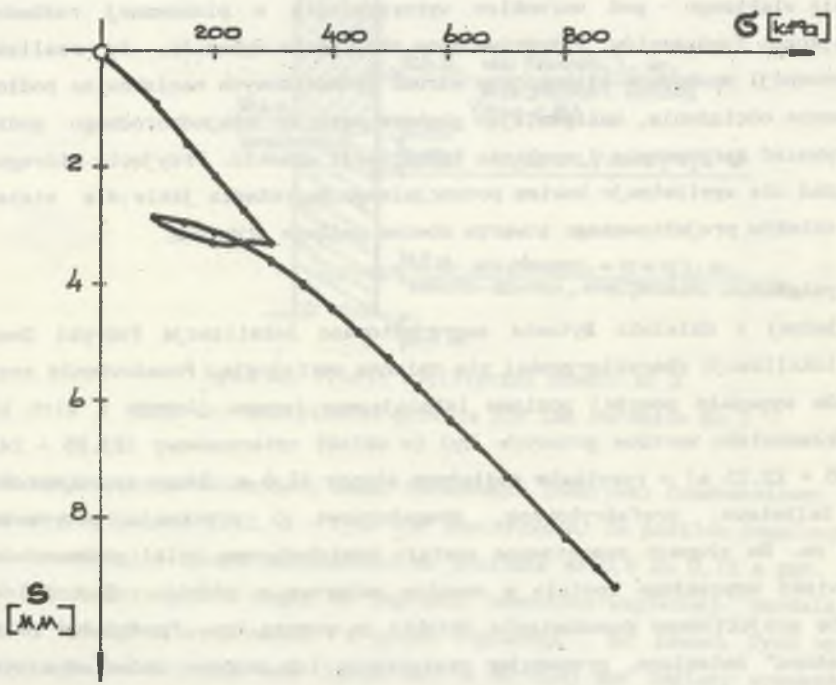
Podłoże gruntowe do głębokości rozpoznanej wierceniami (3,4 m ppt.) budują grunty antropogeniczne reprezentowane głównie przez żużel paleniskowy, gruz ceglany, glinę i kamienie. Grunty te o zróżnicowanym uziarnieniu i zagęszczeniu charakteryzują się lokalnymi pustkami (wybrany profil analityczny przedstawiono na rys. 2c). Taki stan rzeczy wynikał najprawdopodobniej z technologii wykonywania nasypu, a ściślej z jej braku. Według uzyskanych informacji nasyp ten powstał przez zasypywanie zbiornika przeciwpożarowego z czasów II wojny światowej. Nieprawidłowe ukształtowanie terenu przylegającego do obiektu oraz niedrożna lub zniszczona instalacja deszczowa sprzyjają infiltracji wody opadowej w zróżnicowane pod względem składu, uziarnienia i zagęszczenia podłoże gruntowe. Warunki posadowienia istniejącego pawilonu handlowego należy zatem ocenić jako niekorzystne. W dotychczasowym okresie użytkowania obiektu nie stwierdzono widocznych jego uszkodzeń i zarysowań. Wynika to najprawdopodobniej z faktu, że obciążenia przekazywane na podłoże są niewielkie i równomierne ( $q_{\max} = 70 \text{ kPa}$ ), a łąwy fundamentowe stosunkowo sztywne [4]. Zamiarem inwestora, na zlecenie którego opracowano orzeczenie [4], było znaczące rozbudowanie pawilonu istniejącego lub wybudowanie nowego, znacznie większego - pod warunkiem wykorzystania w planowanej rozbudowie istniejących fundamentów. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że realizacja tej koncepcji spowoduje kilkukrotny wzrost jednostkowych nacisków na podłoże. Zwiększone obciążenie, uaktywniając głębsze warstwy niejednorodnego podłoża może wywołać zarysowanie i spękania konstrukcji obiektu. Przyjęcie któregoś z rozwiązań nie wyeliminuje bowiem potencjalnego zagrożenia jakie dla stateczności obiektu projektowanego stwarza obecne podłoże gruntowe.

### Przykład 3

W jednej z dzielnic Bytomia zaprojektowano lokalizację Fabryki Domów. Teren lokalizacji charakteryzował się zmienną morfologią. Posadowienie części obiektów wypadło powyżej poziomu istniejącego terenu. Jednym z nich było tzw. składowisko wyrobów gotowych. Był to obiekt czteronawowy (23,25 + 24,00 + 24,00 + 23,25 m) o rozstawie podłużnym słupów 12,0 m. Słupy zaprojektowano jako żelbetowe, prefabrykowane, dwugaździowe o przekroju poprzecznym 105x60 cm. Na słupach zamontowane zostały kablobetonowe belki podsuwnicowe. Składowisko wyposażone zostało w suwnice motorowe o udźwigu  $Q = 125 \text{ kN}$ . Wstępnie projektowane posadowienie obiektu za pomocą tzw. "podkładów z chudego betonu" zmieniono, proponując zastąpienie ich nasypem budowlanym wykonanym z przepalonych odpadów kopalnianych z pobliskiej hałdy KWK "Rozbark". Formowanie nasypu (jego maksymalna miąższość wynosiła do około 7,0 m) prowadzono zgodnie z ustaloną technologią. Sprowadzała się ona do starannego za-

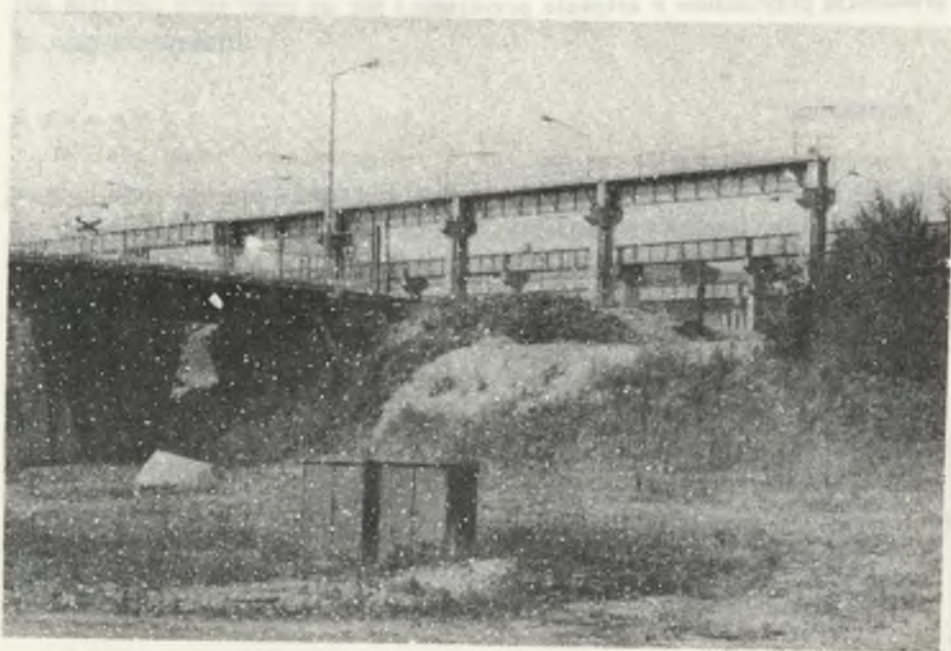


Rys. 3a. Ogólny widok nasypu budowlanego  
Fig. 3a. General view of the loadbearing fill



Rys. 3b. Wykres zależności obciążenie-osiadanie. Stanowisko nr 3  
Fig. 3b. Load-settlement relation plot for the stand No 3

gęszczenia walcami statycznymi i wibracyjnymi każdej z warstw nasypu, grubości 20-30 cm. W efekcie otrzymano nasyp budowlany, którego powierzchnia wynosiła około 2 ha. Jego ogólny widok przedstawia rysunek 3a. W celu oceny przydatności geotechnicznej wykonanego nasypu budowlanego przeprowadzone zostały badania zmierzające do określenia jego nośności i odkształcalności (próbne obciążenia płytą sztywną) oraz stanu zagęszczenia. Na rys. 3b przedstawiono wykres zależności obciążenie-osiadanie dla jednego z próbnych obciążeń. Dla pełnego zakresu zrealizowanych obciążeń ( $q = 0 + 880 \text{ kPa}$ ) obserwowano niemal liniowy przyrost osiadań. Oznacza to, że nośność graniczna podłoża jest większa od wartości 880 kPa ( $q_{gr} > 880 \text{ kPa}$ ). Średnia wartość modułu odkształcenia  $E_0$  dla liniowego przedziału zależności  $\sigma - s$  wyniosła 62,3 MPa. Stan zagęszczenia nasypu budowlanego charakteryzował się bardzo wysokimi wartościami wskaźnika zagęszczenia  $I_S (I_S \in < 0,98 + 1,15 >)$ . Wobec bardzo korzystnych parametrów geotechnicznych uznano, że wykonany nasyp budowlany stanowić będzie dostatecznie dobre podłoże pod projektowany obiekt budowlany, zalecając jednocześnie bezpośrednie jego posadowienie. Szczegółowy opis materiału budującego nasyp, technologię jego budowy oraz wyniki badań terenowych zawiera praca [1].



Rys. 3c. Fragment konstrukcji hali

Fig. 3c. Part of the hall structure



W roku 1979 wykonano fundamenty stopowe oraz część naziemną obiektu. Fragment składowiska wyrobów gotowych przedstawiono na rys. 3c. Wieloletnie użytkowanie obiektu, jakkolwiek nie tak intensywne jak przewidywano, co wynikało ze zmiany profilu zakładu, wskazuje na to, że nasyp budowlany w całości wykonany z gruntów antropogenicznych spełnia właściwie swoją funkcję.

### 3. PODSUMOWANIE

Grunty antropogeniczne pomimo pewnej specyfiki (np. [2]) i nie w pełni jeszcze rozpoznanych właściwości mogą być z powodzeniem wykorzystywane w działalności budowlanej, stanowiąc między innymi materiał do formowania różnego rodzaju nasypów budowlanych - w tym pod obiekty kubaturowe. Zagadnieniem podstawowym w tym przypadku pozostaje właściwie dobrany materiał oraz technologia formowania nasypu. Dla oceny nośności i odkształcalności nasypów należałoby szerzej wykorzystywać próbne obciążenia. Rzetelne i kompleksowe rozwiązanie każdego przypadku sprzyja poszerzaniu pozytywnych doświadczeń w zagospodarowaniu gruntów antropogenicznych, o czym z pewnością przekonują przytoczone w artykule przykłady.

### LITERATURA

- [1] Bela M., Sękowski J., Soczawa A.: Próbne obciążenia podłoża zbudowanego z przepalonych łupków kopalnianych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Budownictwo, nr 53, ss. 5-20, Gliwice 1980.
- [2] Pieczyrak J.: Ocena geotechniczna odpadów górnictwa węgla kamiennego. OTG, nr 79/1987, ss. 43-48.
- [3] Ekspertyza techniczna nr 20/ZR/86 budynku warsztatu mechanicznego, zlokalizowanego na terenie KWK "Gliwice". Praca wykonana w Zespole Rzeczoznawców PZITB w Gliwicach (część konstrukcyjna - Zimny M., część geotechniczna - Sękowski J.), 1987.
- [4] Ekspertyza techniczno-budowlana dotycząca pawilonu handlowego w Rudzie Śląskiej. (część konstrukcyjna - Czajkowski L., część geotechniczna - Sękowski J.), 1988.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Maciej Gryczmański

ОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ИЗ АНТРОПОГЕНИЧЕСКИХ ГРУНТОВ  
В СТЕТЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ОПЫТОВ

Р е з ю м е

В декладе приведено примеры использования антропогенических грунтов как осхования кубатурных объектов. Указано связь качества (насыни) с састаянием безопасносту строительных объектов. Приведенные примеру относиться к объектам: поврежденного, находящегося под угрозой и безопасно работающего через несколько лет.

ANTROPOGENEOUS GROUNDS AS SUBSOIL  
FOR BUILDING STRUCTURES ON THE LIGHT  
OF CASE EXPERIMENTS

S u m m a r y

In this paper some examples of the use of antropogeneous grounds ass subsoil for large buildings are given. In these examples the direct influencee of the quality embankment has on the condition and safety of the buildingg which are erected on it. Examples of or damaged, threatened, and buildingaa well-functioning for many years are quoted.