

Marian BELA

Jerzy SĘKOWSKI

BADANIA LABORATORYJNE RUR "PLASTIROLL" W ASPEKTCIE
ICH ZASTOSOWANIA DO PRZEPUSTÓW DROGOWYCH I KOLEJOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych związanych z określeniem zachowania się rur wiotkich ułożonych w gruncie. Przedmiotem badań były wiotkie przewody rurowe wykonane z tworzyw sztucznych, typu "Plastiroll". Zakres badania obejmował: określenie deformacji rur w funkcji obciążenia, czasu oraz przy wielokrotnym cyklu obciążenie - odciążenie (dla zmiennych średnic oraz sztywności rur).

1. WSTĘP

W budownictwie komunikacyjnym istotnym elementem konstrukcji tras drogowych i kolejowych są przepusty. Wykonywane są one najczęściej jako żelbetowe bądź betonowe. Coraz powszechniej jednakże te tradycyjne materiały konstrukcyjne wypierane są przez bardziej konkurencyjne w stosunku do nich tworzywa sztuczne. Od kilkudziesięciu lat produkcja tworzyw sztucznych, jako nowoczesnych materiałów syntetycznych, rozwija się niezwykle dynamicznie. Szereg cennych właściwości tworzyw sztucznych zapewnia im coraz wszechstronnejsze zastosowanie, między innymi w budownictwie komunikacyjnym [2].

Poszukiwania nowych materiałów, technologii ich wytwarzania i różnorodnych zastosowań muszą być poparte szerokimi badaniami ich właściwości i pracy w różnych warunkach eksploatacyjnych.

Od kilku lat w Kraju produkowane są, na licencji włoskiej, giętkie przewody rurowe z materiału konstrukcyjnego pod nazwą "Plastiroll". Na zlecenie Zakładu Tworzyw Sztucznych "ERG" w Czeladzi, Zakład Geotechniki Politechniki Śląskiej w Gliwicach miał przeprowadzić badania modelowe na kilku odcinkach rur z próbą oceny ich przydatności w zastosowaniu do przepustów drogowych i kolejowych. Z zaprogramowanych badań laboratoryjnych i polowych dotychczas zrealizowano, z przyczyn niezależnych, jedynie te pierwsze (1980 i 1981 r.), a ich wyniki przedstawiono w prezentowanej pracy.

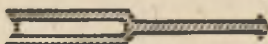
2. OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

2.1. Charakterystyka badanych rur

Rury "Plastiroll" wykonywana są, w oparciu o włoską licencję, metodą zwińnięcia taśmy profilowej, wytłaczanej z twardego PCW z pewnymi dodatkami. W Polsce wytwarza się już obecnie rury w znacznym asortymencie gabarytowym. Zaletami rur z plastirollu, obok znacznej odporności chemicznej, temperaturowej i dużej wytrzymałości, są: duża odkształcalność, a przede wszystkim łatwość zmiany średnicy i długości rury oraz profilu podłużnego. Konstrukcja rury zapewnia możliwość zmiany jej długości o 17-45% w zależności od średnicy, zaś zmiana średnicy poprzez skręcanie lub rozkręcanie zwojów może dojść do -35%.

Bardziej szczegółowe informacje na temat badanych rur zestawione są w normach zakładowych (ZN-78/MPCh-TS-7650 i 7651).

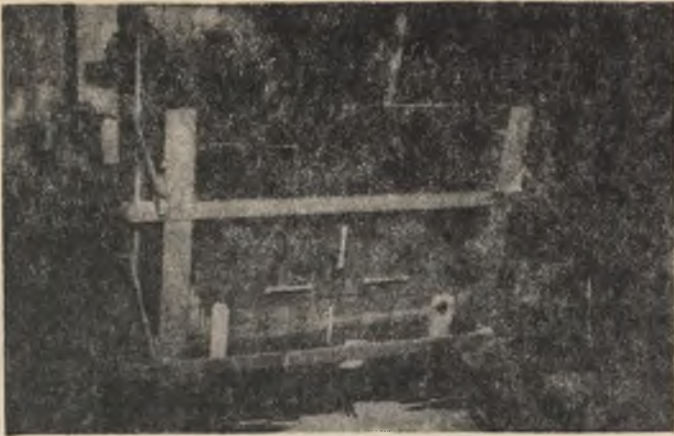
Do badań laboratoryjnych użyto sześciu odcinków rur z plastirollu o średnicach 200, 300 i 600 mm i długości 1,0 m (rys. 1).



Rys. 1. Rury "Plastiroll" o różnej średnicy oraz profil taśmy

2.2. Skrzynia

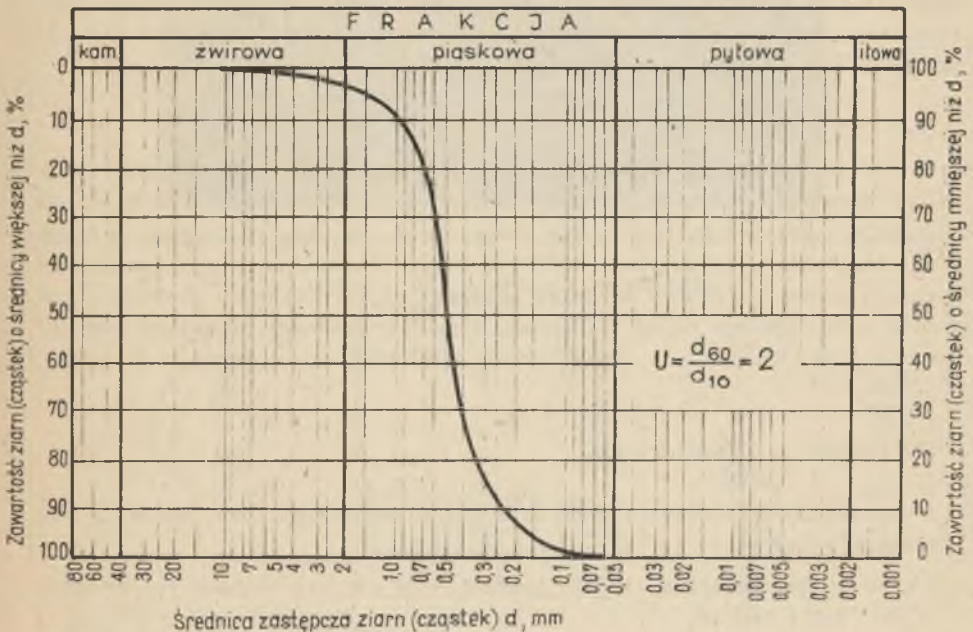
Badania rur realizowano w specjalnie skonstruowanej skrzyni, której szkielet wykonany był z walcowanych profilów stalowych, a ścianki stanowiły płyty ze szkła organicznego o grubości 20 mm (rys. 2).



Rys. 2. Ogólny widok skrzyni

2.3. Zasyпка

Jako zasyпки użyto piasku średniego, równoziarnistego o składzie granulometrycznym przedstawionym na rysunku 3. Podstawowe cechy fizykomechaniczne piasku zestawiono w tabl. 1.



Rys. 3. Skład granulometryczny materiału zasyпки

Tablica 1

Podstawowe cechy fizykomechaniczne piasku zasypki

Rodzaj gruntu	Gęstość właści- wa szkie- letu ρ_s [g/cm ³]	Wil- got- ność w [%]	Wilgot- ność opty- malna w_{opt} [%]	Maksymalna gęstość objętościo- wa szkie- letu ρ_{ds} [g/cm ³]	Wskaźnik porowatości		Kąt tarcia we- wnętrz- nego ϕ_u [°]
					maksy- malnej e_{max}	mini- malnej e_{min}	
Piasek średni równoziar- nisty $U = 2$	2,65	3,0	14,5	1,72	0,74	0,54	31°30'

Wszystkie badania deformacji kształtu poprzecznego rur wykonano przy identycznym sposobie układania i zagęszczania gruntu. Piasek ubijano ubijakiem ręcznym, sprawdzając każdorazowo jego stan zagęszczenia. Stopień zagęszczenia określano sondowaniem dynamicznym sondą lekką SL oraz metodą dołka próbnego. Piasek uzyskiwał każdorazowo zbliżone zagęszczenie, odpowiadające $I_D \approx 0,33$ ($N_{10} = 10$). Można więc uznać, że podłoże gruntowe zbudowane z piasku średniego, dla wszystkich przeprowadzonych badań deformacji rur, miało zbliżone parametry fizykomechaniczne. Dla innego podłoża, tzn. innego stanu zagęszczenia piasków lub innego rodzaju gruntu, np. spoistego, wyniki badań będą ilościowo inne.

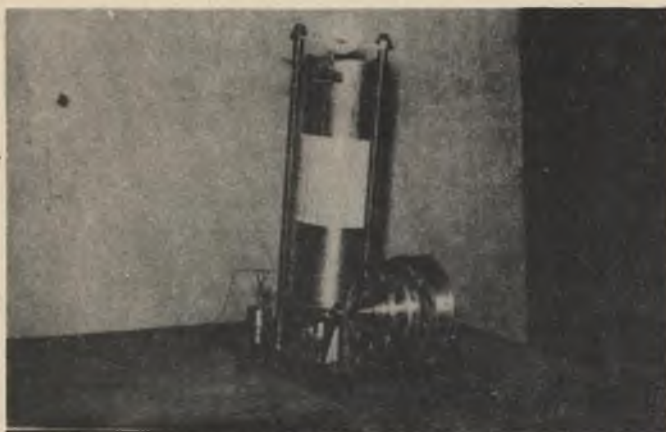
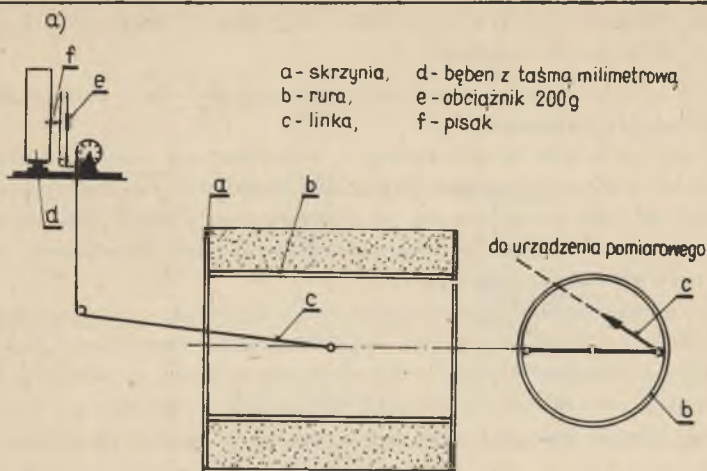
2.4. Metodyka pomiaru

W trakcie badań określano odkształcenia rury w trzech jej przekrojach: dwu skrajnych i środkowym. W przekrojach skrajnych odkształcenia mierzono za pomocą podziałek milimetrowych naklejonych na płyty czołowe skrzyni (rys. 2). Pomiaru odkształceń średnicy rury dokonywano przy pomocy specjalnych urządzeń. Zmiany średnicy poziomej rejestrowano na bębnie urządzenia samopiszącego (rys. 4). Zmiany średnicy pionowej określone były optycznie (rys. 5).

3. PROGRAM I PRZEBIEG BADAŃ

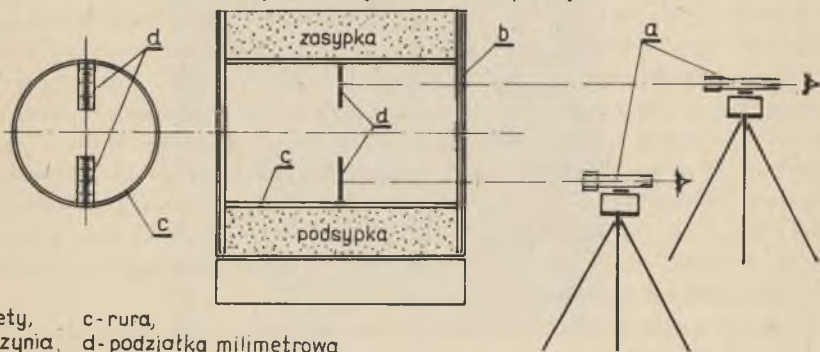
Program badań laboratoryjnych ustalono w ten sposób, aby określić następujące zależności:

- przebieg deformacji przekroju poprzecznego rur dla różnych jej średnic (200, 300 i 600 mm),
- przebieg deformacji przekroju poprzecznego rur dla różnej sztywności (rura zsunięta lub rozsunięta),



Rys. 4. Urządzenie do pomiaru zmiany średnicy poziomej w przekroju środkowym rury

a) schemat, b) urządzenie samopiszzące



Rys. 5. Schemat urządzenia do pomiaru zmiany średnicy pionowej w przekroju środkowym rury

- c) przebieg deformacji przy obciążeniu i odciążeniu wielokrotnym,
 d) przebieg deformacji w czasie.

Niezmiennymi w czasie badań były materiał zasypki oraz sposób układania rury i realizacji obciążeń.

Badane rury układano na wyrównanej i zagęszczonej warstwie podsypki, grubości 20 cm z wyprofilowanym łożyskiem. Końce rur uszczelniano folią celuloidową. Następnie zasypywano je piaskiem, warstwami grubości 10-15 cm, zagęszczając każdą warstwę ubijakami. Każdą rurę zasypywano do wysokości $h_0 = 20$ cm ponad jej wierzch.

Obciążenie realizowano podnośnikiem hydraulicznym o nośności około 0,1 MN, opartym od góry o sztywną belkę dwuteową. Obciążenie przykładano poprzez płytę stalową o wymiarach 92 x 60 cm, ułożoną na materiale zasypki. Przykładano je etapami, a pomiaru dokonywano dynamometrem pierścieniowym. Schemat układu obciążającego oraz jego widok ogólny przedstawiono na rys. 6.

Wielkość przyłożonego obciążenia przedstawiono jako równowarty ciężar zasypki

$$h^* = h_0 + \frac{Q}{\gamma}$$

gdzie:

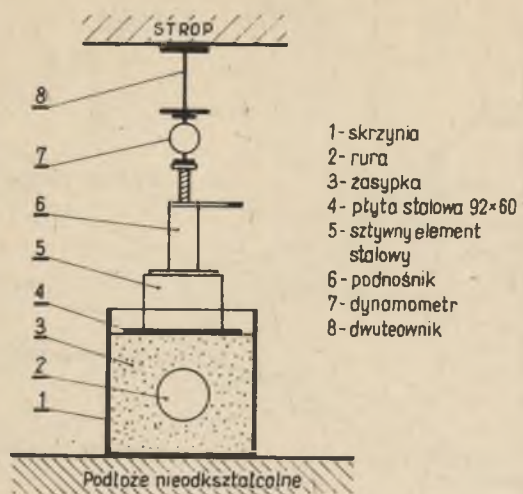
- h^* - wysokość zastępcza zasypki obrazująca całkowitą wartość obciążenia,
 h_0 - wysokość rzeczywista zasypki przed obciążeniem,
 Q - sumaryczne obciążenie zewnętrzne,
 γ - ciężar objętościowy piasku,
 F - powierzchnia nacisku obciążenia.

4. WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

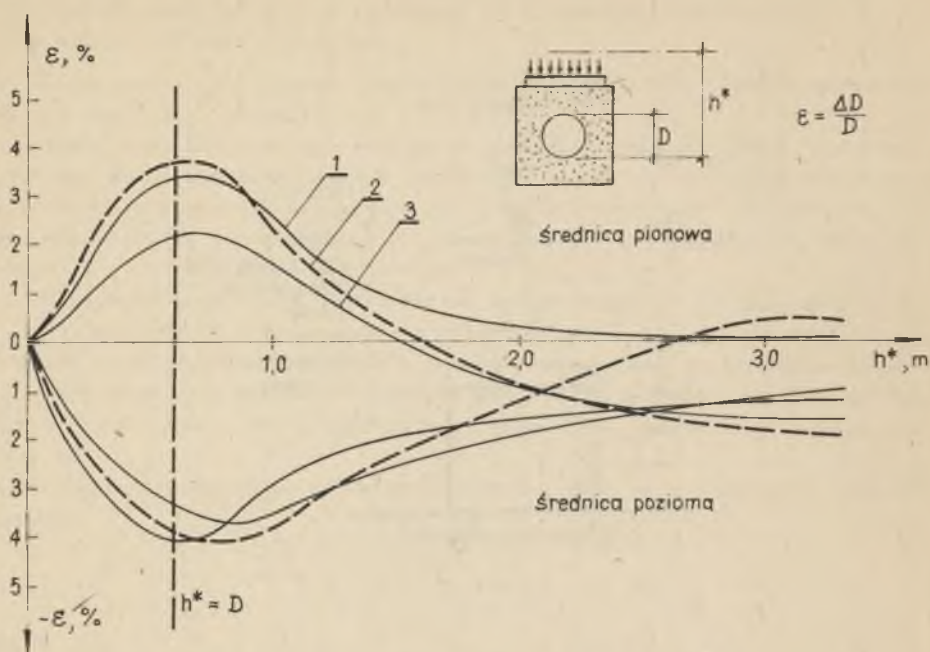
Komplet wyników pomiarów deformacji poszczególnych rur przedstawiono w opracowaniu [1]. Na rysunkach 7 i 8 pokazano przykładowo przebieg odkształceń rury o średnicy 600 mm, zaś na rys. 9 rury o średnicy 300 mm.

Przeprowadzone badania wykazały, że obciążane rury typu "Plastiroll" deformują się jak rury wiotkie. Odkształcenia są stosunkowo duże, zmieniają się ilościowo poziomej i pionowej, dla założonego zakresu obciążeń, dochodzą do 6-6,5%. Wyniki pomiarów w dwu skrajnych przekrojach rury, jakkolwiek jakościowo odpowiadają wynikom pomiarów przekroju środkowego, różnią się ilościowo. Jest to wynikiem zaburzeń brzegowych, wywołanych tarciem o ściany skrzyni. Uzyskane wyniki badań są w zasadzie zgodne z wynikami badań wykonanych w podobnych warunkach, np. [3].

Sztywność poprzeczna rury ma znaczący wpływ na ich odkształcalność. Wykonane badania dla dwóch różnych stanów gęstości zwojów plastirollu, tzn.



Rys. 6. Urządzenie obciążające, schemat i widok

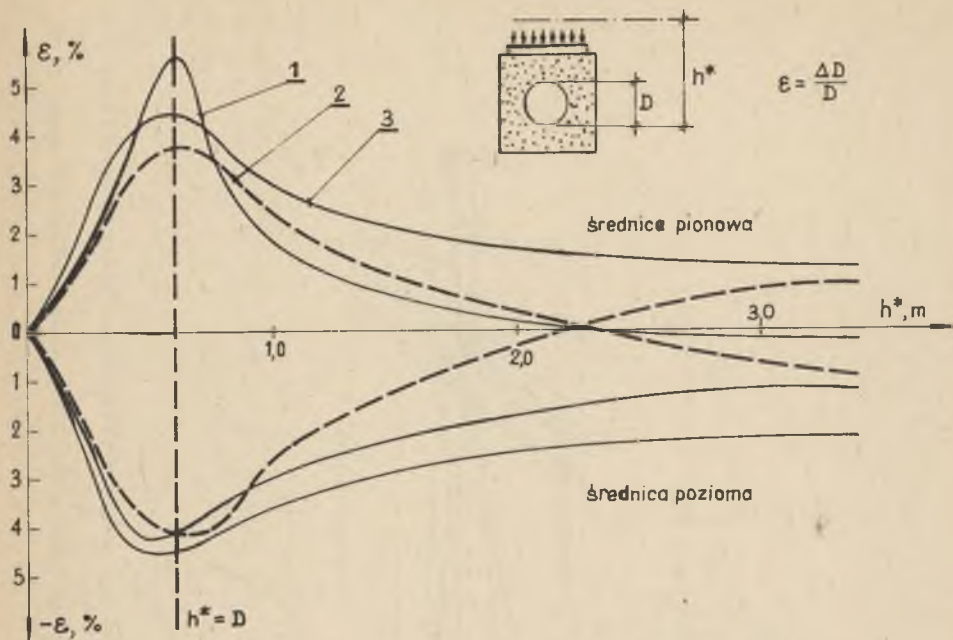


Rys. 7. Odkształcenia średnic pionowych i poziomych rury w jej trzech charakterystycznych przekrojach, w funkcji obciążenia
1,3 - wyniki pomiarów w skrajnych przekrojach rury, 2 - wyniki pomiarów w przekroju środkowym (rura nr 5, $D = 600$ mm, zsunięta)

rozsuniętych i zsuniętych wykazały, że różnice odkształceń dochodzą do średnio 25%.

W trakcie procesu zasypywania rur, tzn. układania i zagęszczania piasku od poziomu $0,0$ do $h^* = D + h_0$, obserwowano zwiększenie średnicy pionowej oraz zmniejszenie poziomej. Rura przybierała kształt elipsy o osi wydłużonej pionowej. Odkształcenia przekroju poprzecznego rur o zwojach zsuniętych i rozsuniętych były różne, większe dla rur o mniejszej sztywności poprzecznej. Badania wykazały, że względne odkształcenia rur są jednakowe, a więc praktycznie niezależne od średnicy. Średnie wartości względnych odkształceń wynoszą $\varepsilon_0 = 3,48\%$ dla rur o zwojach zsuniętych oraz $\varepsilon_0 = 4,63\%$ dla rur o zwojach rozsuniętych. Wynika stąd, że wstępne odkształcenie średnicy rury ε_0 zależy jedynie od rodzaju i technologii wykonania zasypki do wysokości $h^* = D$, nie zależy zaś od średnicy rury. Wniosek ten należałoby oczywiście zweryfikować dla innych gruntów zasypki.

Obciążenie podłoża ponad rurami powoduje początkowo prostowanie elipsy przekroju, a później tworzenie elipsy odwrotnej, tzn. o wydłużonej średnicy poziomej. Stwierdzono charakterystyczną zależność pomiędzy wielko-



Rys. 8. Odkształcenia średnic pionowych i poziomych rury w jej trzech charakterystycznych przekrojach, w funkcji obciążenia

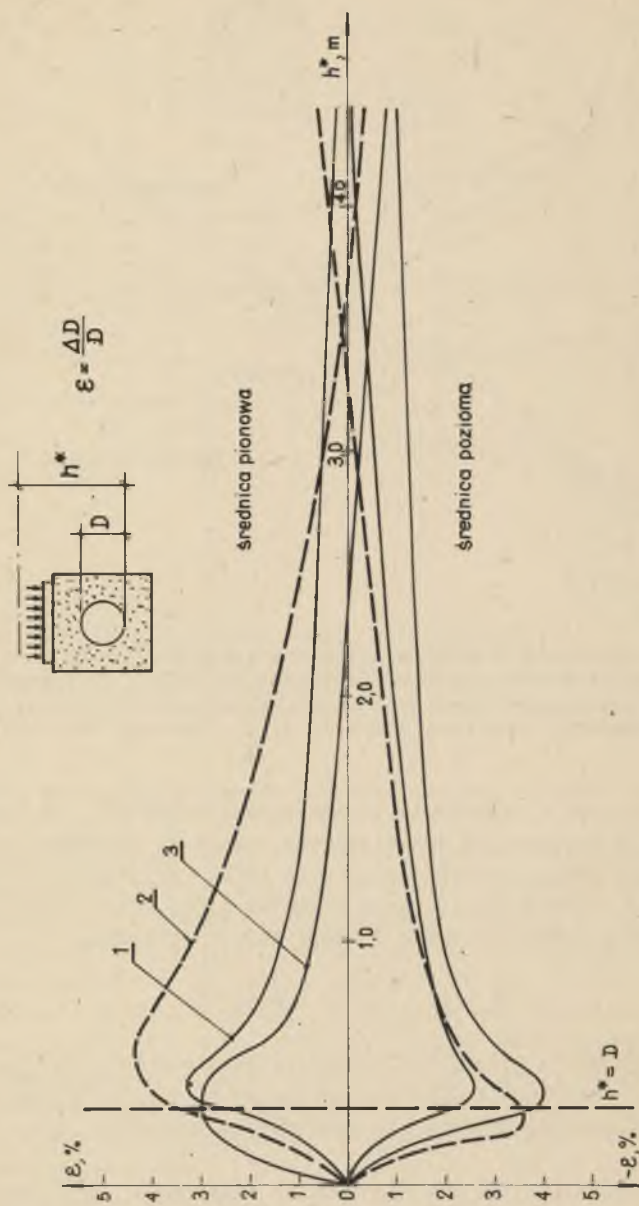
1,3 - wyniki pomiarów w skrajnych przekrojach rury, 2 - wyniki pomiarów w przekroju środkowym (rura nr 6, $D = 600$ mm, rozsunięta)

ścię średnicy rury a wysokość nadkładu obciążenia h^* . Im większa średnica rury, tym większe jej odkształcenie. Jeśli za podstawę weźmiemy moment ponownego powrotu przekroju rury do koła, to zależność pomiędzy obciążeniem h^* a średnicą D jest krzywoliniowa. Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają na opisanie tej funkcji zależnością typu

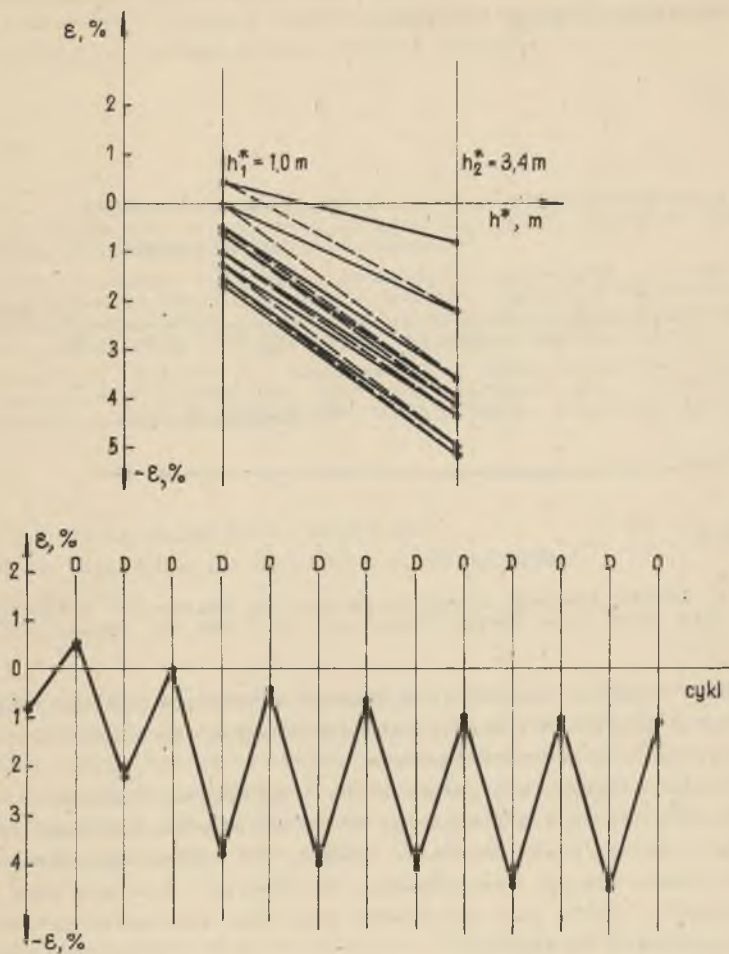
$$\delta = h^* \cdot D = A = \text{constans.}$$

W celu określenia wpływu wielokrotności obciążenia i odciążenia wykonano badania w zakresie zmiany obciążenia od $h_1^* = h_0 + \frac{0,2 \text{ kN}}{F \cdot \eta}$ do $h_2^* = \frac{Q_0}{F \cdot \eta}$. Na rysunku 10 przedstawiono graficznie wyniki pomiarów dla rury nr 6 ($d = 600$ mm).

Wielokrotność obciążeń powoduje dalszą deformację średnicy przekroju rury. Zmiany te są znaczące i dla 20 cykli obciążeń stwierdzano ponad 50% zmianę w stosunku do odkształceń pierwotnych (tzn. dla pierwszego cyklu obciążeń). Obserwowano zanikanie przyrostu deformacji, jednak dla wykonanych 20 cykli obciążeń nie uzyskano pełnej stabilizacji.

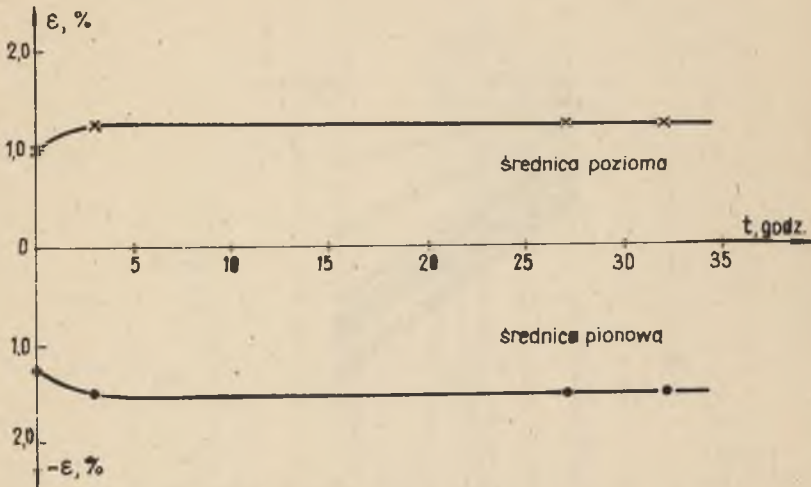


Rys. 9. Odkształcenia średnic pionowych i poziomych rury w jej trzech przekrojach charakterystycznych, w funkcji obciążenia
 1.3 - wyniki pomiarów w skrajnych przekrojach rury, 2 - wyniki pomiarów w przekroju środkowym (rura nr 3, $D = 300$ mm, zsunięta)



Rys. 10. Odkształcenia pionowej średnicy rury w jej przekroju środkowym dla obciążenia cyklicznego (rura nr 6, D = 600 mm, rozsunięta)

Badania zmienności odkształceń w czasie (dla $Q = \text{constans}$) wykazały, że są one nieznaczne (rys. 11). Praktycznie po 2 dobach obciążenia następowała pełna stabilizacja kształtu.



Rys. 11. Zmiana pionowej średnicy rury w jej przekroju środkowym w funkcji czasu ($Q = \text{const}$) (rura nr 6, $D = 600$ mm, rezsunięta)

Należy tu jednak wyjaśnić, że badania wykonano w podłożu szybko konsolidującym - piasku. W przypadku podłoża zbudowanego z gruntów spoiowych, przebieg zjawiska może być odmienny.

Po każdym badaniu rura poddawana była oględzinom i pomiarom mającym na celu określenie wielkości odkształceń trwałych oraz jej stanu technicznego. Odkształcenia miały charakter trwały, po przeprowadzonych badaniach rury utrzymały kształt zdeformowany, po okresie 7 miesięcy rury nie zmieniły kształtu. Każdy stan deformacji jest więc dla następnych etapów stanem początkowym, wyjściowym.

5. WNIOSKI I ZAKOŃCZENIE

Wykonane badanie laboratoryjne niezależnie od szeregu wniosków szczegółowych zawartych w punkcie 4 pracy przekonują, że zachowanie się rur wiotkich wykonanych z tworzyw sztucznych (nawet różnymi technologiami) w przypadku ułożenia ich w gruncie niespoistym, jest podobne. Związane to jest z podobną zależnością ich właściwej pracy od staranności ułożenia w gruncie, trwałością odkształceń, przebiegiem odkształceń w czasie oraz wpływem sztywności na charakter deformacji.

Badania sugerują możliwość zastosowań rur typu "Plastiroll" w budownictwie komunikacyjnym. Jednakże w celu pełnego poznania pracy rur oraz ustalenia warunków i wymagań technicznych przy ich układaniu, niezbędne są dalsze badania, a w szczególności badania terenowe.

LITERATURA

- [1] Bela M., Sękowski J.: Badania modelowe rur "Plastiroll" w zastosowaniu do przepustów drogowych i kolejowych. Cz. I, listopad 1981. Biblioteka Zakładu Geotechniki (maszynpis).
- [2] Burek H., Lewiński T.: Rozwój produkcji i zastosowań tworzyw sztucznych w budownictwie inżynieryjno-lądowym. Sympozjum Naukowo-Techniczne nt.: "Konsolidacja i stabilizacja gruntów za pomocą tworzyw sztucznych", październik 1980. Katowice, Materiały konferencyjne.
- [3] Czarnecki A., Kolonko A., Kuszyński J.: Wpływ warunków ułożenia na prace rurociągów podatnych. Konferencja Krajowa nt.: "Infrastruktura podziemna miast", listopad 1981. Kudowa Zdrój, Materiały konferencyjne.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРУБ "ПЛАСТИРОЛЛ"
В АСПЕКТЕ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Р е з ю м е

В статье представлены результаты лабораторных исследований связанных с определением поведения гибких труб проложенных в грунте. Предметом исследований явились гибкие трубчатые прохода изготовленные из пластмассы типа "Пластиролл". Исследования охватывали: определение деформации труб как функции нагрузки, времени и для многократного цикла нагрузка - разгрузка (для изменяющихся диаметров и жесткости труб).

LABORATORY EXPERIMENTS UPON "PLASTIROLL" PIPES AND THEIR USE
FOR HIGHWAY AND RAILROAD CULVERTS

S u m m a r y

The article presents the results of laboratory experiments connected with determination of performance of elastic pipes placed in the ground. Elastic pipe conduits fabricated from artificial material, "Plastiroll" type, were the subject of the investigation. The scope of experiments embraced determination of pipe deformations as a function of loading, time and by repeated cycles of loading - unloading (for changing diameters and rigidity of pipes).