

KRZYSZTOF PACZEŚNIEWSKI  
PIOTR KALISZ

## Wybrane metody badań rur i studzienek kanalizacyjnych stosowanych na terenach górniczych

*Wskutek podziemnej eksploatacji złóż rury i studzienki, stanowiące podstawowe elementy sieci kanalizacyjnych, są poddawane oddziaływaniom deformacji przypowierzchniowej warstwy gruntu, w której są posadowione. Z tego powodu elementy służące do budowy sieci kanalizacyjnych na terenach górniczych muszą spełniać wymagania związane z występowaniem dodatkowych obciążeń i przemieszczeń. W artykule przedstawiono opracowane w Głównym Instytucie Górnictwa metody badań rur i studzienek kanalizacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem wielkogabarytowych elementów. Wyniki tych badań są wykorzystywane do oceny przydatności rur i studzienek kanalizacyjnych do ich stosowania na terenach górniczych.*

Słowa kluczowe: rury, studzienki kanalizacyjne, badania, tereny górnicze

### 1. WPROWADZENIE

Eksploatacja górnicza oddziałuje niekorzystnie na sieci kanalizacyjne. Sieci te są złożone z rurociągów zbudowanych z różnych rodzajów rur i połączeń. Kanalizacja sanitarna jest zazwyczaj złożona z rurociągów o grawitacyjnym przepływie, a także przepompowni ścieków oraz rurociągów tłocznych. Kanalizacja deszczowa pracuje na ogół w systemie grawitacyjnym, chociaż na terenach górniczych w powstających nieckach bezodpływowych są budowane przepompownie. Ważnymi obiektami sieci kanalizacyjnych są także studzienki.

Na terenach górniczych wszystkie wyżej wymienione obiekty sieci kanalizacyjnych są poddawane oddziaływaniom deformacji przypowierzchniowej warstwy gruntu, w której są posadowione. Z tego względu elementy służące do budowy obiektów sieci kanalizacyjnych muszą spełniać wymagania związane z występowaniem dodatkowych obciążeń i przemieszczeń tych obiektów. Celem artykułu jest przedstawienie wybranych badań służących sprawdzeniu przydatności produkowanych rur i studzienek, w szczególności wielkośrednicowych, do stosowania na terenach górniczych.

Do budowy przewodów kanalizacyjnych o przepływie grawitacyjnym są wykorzystywane różne rodzaje rur [1] o rozmaitych systemach łączenia z wykorzystaniem uszczelek elastomerowych. Należą do nich

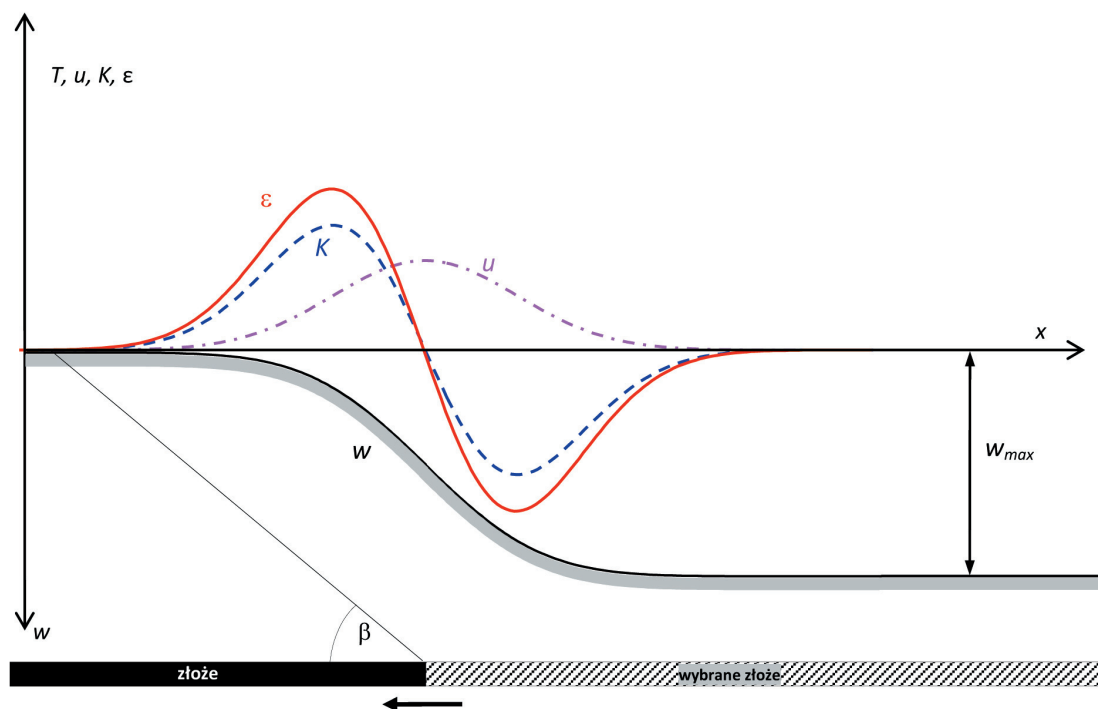
rury o połączeniach kielichowych i nasuwkowych, do układania w wykopach lub do budowy rurociągów metodami bezwykopowymi. Rury są wykonywane z różnych materiałów, takich jak: beton, żelbet, kamionka, polimerobeton oraz żeliwo, żywice poliestrowe wzmocnione włóknem szklanym (GRP) i tworzywa termoplastyczne, do których zaliczają się polichlorek winylu (PVC), polietylen (PE) i polipropylen (PP). Studzienki kanalizacyjne są wykonywane z prefabrykowanych elementów betonowych i żelbetowych, łączonych na uszczelkę elastomerową lub klej, elementów polimerobetonowych o połączeniach klejonych, elementów GRP o połączeniach łącznikowych oraz z tworzyw termoplastycznych o konstrukcji monolitycznej lub z modułów łączonych uszczelkami. Rury i studzienki kanalizacyjne w zależności od rodzaju współpracy z gruntem można podzielić na podatne oraz niepodatne [1–3].

### 2. ODDZIAŁYWANIE EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA RURY I STUDZIENKI KANALIZACYJNE

Eksploatacja górnicza powoduje deformacje przypowierzchniowej warstwy gruntu, w której są posadowione przewody kanalizacyjne wraz ze studzienkami. Istotne znaczenie z uwagi na oddziaływanie tych deformacji mają głównie poziome przemieszczenia  $u$

i odkształcenia  $\varepsilon$  przypowierzchniowej warstwy gruntu, a dla rur wielkogabarytowych także krzywizny powierzchni  $K$  o promieniu  $R$ . Ważne są również nierównomierne obniżenia  $w$  i związane z nimi zmiany nachylenia terenu  $T$ , powodujące zmiany spadków przewodów.

Zmiany te należy uwzględnić na etapie projektowania i budowy sieci, biorąc pod uwagę prognozowane wartości obniżenia i nachylenia powierzchni terenu. Rozkład wskaźników deformacji przypowierzchniowej warstwy gruntu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat rozkładu wartości wskaźników ciągłych deformacji przypowierzchniowej warstwy gruntu w rejonie krawędzi eksploatacji [4]:  $w$  – obniżenia powierzchni terenu,  $u$  – poziome przemieszczenia,  $\varepsilon$  – poziome odkształcenia,  $K$  – krzywizny ( $K = 1/R$ ),  $\beta$  – kąt zasięgu wpływów głównych

Tereny górnicze o deformacjach ciągłych, w zależności od dopuszczalnych wartości wskaźników deformacji powierzchni, dzieli się na sześć kategorii (tab. 1).

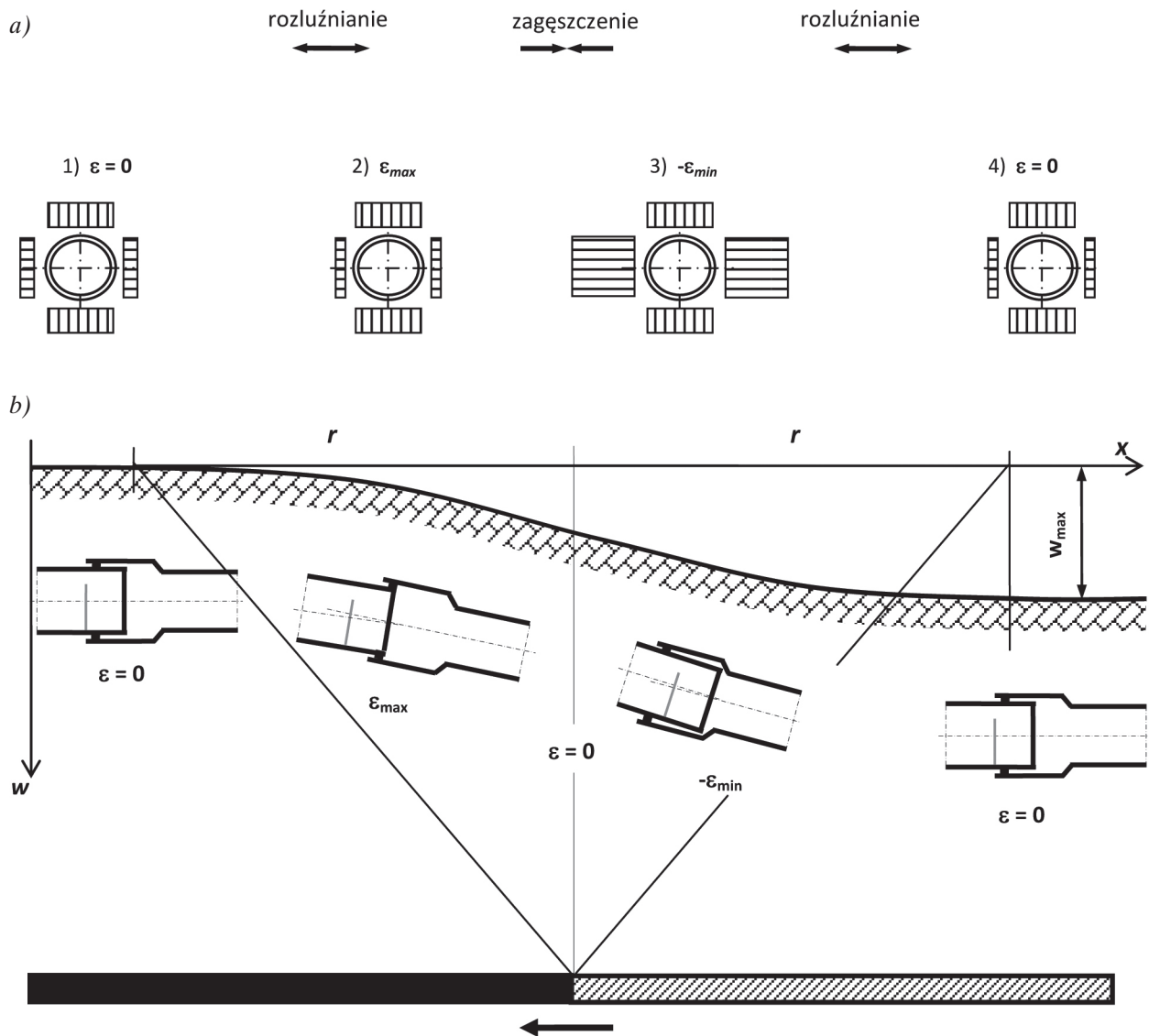
Wartości charakterystyczne i obliczeniowe wskaźników deformacji należy przyjmować z uwzględnieniem ich rozrzutu losowego, charakteryzowanego współczynnikami zmienności, oraz współczynników bezpieczeństwa [4–6].

W przypadku rurociągów układanych w wykopach oddziaływanie poziomych przemieszczeń i odkształceń przypowierzchniowej warstwy gruntu na kierunku podłużnym do osi przewodu powoduje wystąpienie sił podłużnych lub wzajemnych przemieszczeń rur, a krzywizny terenu powodują ich wzajemne odchylenia kątowe (rys. 2).

Tabela 1

Kategorie terenów górniczych [4, 5]

Kategoria terenu górniczego	Wartości wskaźników deformacji		
	Nachylenie $T$ [mm/m]	Promień krzywizny $R$ [km]	Odkształcenie poziome $\varepsilon$ [mm/m]
0	$T \leq 0,5$	$40 \leq  R $	$ \varepsilon  \leq 0,3$
I	$0,5 < T \leq 2,5$	$20 \leq  R  < 40$	$0,3 <  \varepsilon  \leq 1,5$
II	$2,5 < T \leq 5$	$12 \leq  R  < 20$	$1,5 <  \varepsilon  \leq 3$
III	$5 < T \leq 10$	$6 \leq  R  < 12$	$3 <  \varepsilon  \leq 6$
IV	$10 < T \leq 15$	$4 \leq  R  < 6$	$6 <  \varepsilon  \leq 9$
V	$T > 15$	$ R  < 4$	$ \varepsilon  > 9$



Rys. 2. Oddziaływanie eksploatacji górniczej na rurociąg złożony z rur kielichowych z dylatacjami w łączach:  
 a) zmiany poprzecznych obciążeń rur w poszczególnych fazach oddziaływania poziomych odkształceń gruntu;  
 b) przemieszczenia i odchylenia kątowe rur w poszczególnych fazach oddziaływania poziomych odkształceń gruntu i krzywizn powierzchni

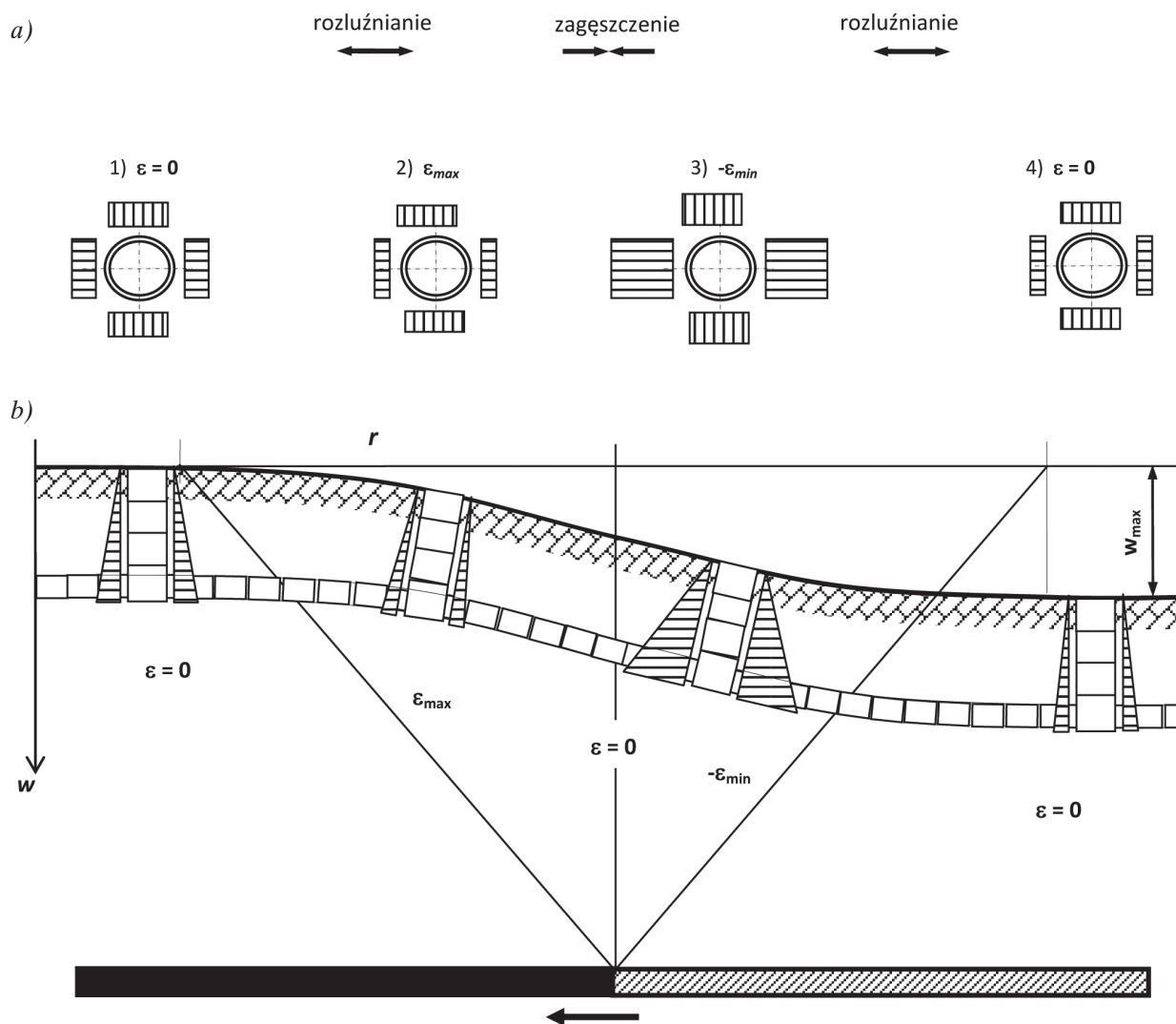
Rury stosowane na terenach górniczych powinny posiadać odpowiednie dylatacje w łączach w celu ich ochrony przed uszkodzeniem (faza 1, rys. 2b). W strefie zlokalizowanej na zewnątrz pola eksploatacyjnego wskutek poziomego rozciągania gruntu następuje rozsuwanie rur (faza 2, rys. 2b). W strefie nad polem eksploatacyjnym wskutek poziomego ściskania gruntu następuje zsuwanie rur (faza 3, rys. 2b), co przy braku dylatacji powoduje podłużne siły ścisające. Po przejściu fali poziomych odkształceń, w odległości większej niż  $r$  od krawędzi eksploatacji, przy  $\epsilon = 0$ , bosy koniec wraca do położenia początkowego (faza 4, rys. 2b). Dlatego w przypadku rur o połączeniach nasuwkowych (łącznikowych) i kielichowych wymagane jest, aby dylatacje posiadały szerokość dobraną do

kategorii terenu górniczego. Wymuszone deformacjami gruntu rozsuwanie rur nie może powodować rozszczelnienia połączeń, a wymuszone zsuwanie rur nie może powodować uszkodzenia rur i ich połączeń. Uszkodzenia mogą powstawać przy zbyt małej szczelinie dylatacyjnej lub jej braku. W związku z tym konieczne jest sprawdzenie zdolności kompensacyjnych połączeń rur. Dotyczy to zarówno połączeń standardowych, jak i wydłużonych, stosowanych na terenach górniczych.

W przypadku przewodów kanalizacyjnych budowanych metodami bezwykopowymi rury przeciskowe po zakończeniu montażu są ułożone na styk (faza 1, rys. 3b). Oddziaływanie eksploatacji górniczej na kierunku podłużnym przewodu w strefie poziomego roz-

ciągania przypowierzchniowej warstwy gruntu powoduje rozsuwanie rur (faza 2, rys. 3b), a w strefie poziomego ściskania ze względu na brak początkowej dylatacji w złączach są indukowane podłużne siły ścisające (faza 3, rys. 3b). Rury przeciskowe posiadają jednak dużą wytrzymałość podłużną na ściskanie, wynikającą z ich przystosowania do technologii budowy rurociągów metodami bezwykopowymi. W końcowym etapie oddziaływania przemieszczającej się krawędzi eksploatacji górniczej, po poziomym ściskaniu,

następuje ponowne rozciąganie gruntu do wartości odkształceń  $\varepsilon \approx 0$  przy odległości większej od promienia zasięgu wpływów  $r$  (rys. 3). Wtedy następuje rozsuniecie rur przeciskowych i w ich połączeniach wytwarzają się szczeliny dylatacyjne (faza 4, rys. 3b). W związku z oddziaływaniem kolejnych eksploatacji na terenach górniczych, gdzie występują wpływy wielokrotnej eksploatacji, rury przeciskowe powinny spełniać takie same wymagania, jak rury układane w wykopach.



Rys. 3. Oddziaływanie eksploatacji górniczej na rurociąg wykonany metodą przeciskową oraz na studzienki kanalizacyjne: a) zmiany poziomych obciążeń studzienek kanalizacyjnych w poszczególnych fazach oddziaływania poziomych odkształceń gruntu; b) przemieszczenia i odchylenia kątowe rur i elementów studzienek kanalizacyjnych w poszczególnych fazach oddziaływania poziomych odkształceń gruntu i krzywizn powierzchni

Na kierunku poprzecznym do osi podłużnej przewodu kanalizacyjnego oddziaływania deformacji przypowierzchniowej warstwy gruntu powodują zmiany poziomych obciążeń rur (rys. 2a). Pierwotnie obciążenia przekroju poprzecznego rury są nierównomierne, obciążenie pionowe w gruntach niespoistych jest

około dwóch razy większe od poziomego parcia (faza 1, rys. 2a). W strefie poziomego rozciągania następuje zmniejszenie parcia do parcia w czynnym stanie granicznym gruntu (faza 2, rys. 2a), a w strefie ściskania następuje kilkukrotne zwiększenie parcia gruntu na rurę (faza 3, rys. 2a). Zwiększenie parcia gruntu

powoduje zwiększenie momentów zginających oraz obwodowych sił ściskających, działających na ścianki rur. Obciążenie pionowe natomiast ulega tylko niewielkim zmianom wskutek zmian gęstości gruntu przy zmianie odkształcenia. Po przejściu pełnego cyklu poziomego odkształcania grunt wraca do czynnego stanu granicznego (faza 4, rys. 2a). Ze względu na duże zmiany obciążeń przekrojów rur i ich nierównomierność na terenach górniczych wymagana jest zatem odpowiednia wytrzymałość rur na zgniatanie, a dla rur z tworzyw sztucznych odpowiednia sztywność obwodowa.

Podobnie jak w przypadku rur posadowionych na terenach górniczych, zaburzeniu ulega pierwotny stan poziomych obciążeń studzienek kanalizacyjnych, które są równomierne (faza 1, rys. 3a) w odróżnieniu od pierwotnych obciążeń rur. Poziome rozciąganie gruntu powoduje zmniejszenie poziomych obciążeń (czynny stan graniczny) i ich niewielką nierównomierność. Najbardziej niekorzystny stan obciążeń pojawia się w strefie poziomego ściskania gruntu (faza 3, rys. 3a), gdyż występuje wtedy największe parcie gruntu oraz jego największa nierównomierność. Wywołuje to największe poziome siły ściskające i momenty zginające, działające na ścianki studzienek kanalizacyjnych podczas oddziaływania eksploatacji górniczej. Po przejściu pełnego cyklu poziomego odkształcania grunt wraca do czynnego stanu granicznego (faza 4, rys. 3a). Ponadto deformacje przypowierzchniowej warstwy gruntu mogą powodować deformacje konstrukcji studzienek, wzajemne przemieszczenia i odchylenia ich elementów (faza 2 i 3, rys. 3b), łączonych na uszczelki (np. podstaw i kręgów betonowych). W tych warunkach złącza studzienek powinny zachować szczelność. Dlatego konieczne jest sprawdzenie szczelności złączy przy odchyleniu kątowym elementów studzienek łączonych na uszczelkę, gdyż nie zawsze spełniają one wymagania do stosowania na terenach górniczych.

Program badań elementów systemów rur i studzienek przeznaczonych do budowy sieci kanalizacyjnych na terenach górniczych powinien uwzględniać specyfikę ich konstrukcji i w szczególności obejmować badania:

- maksymalnego zakresu kompensacji złączy rur przy zachowaniu ich szczelności,
- szczelności studzienek przy odchyleniu kątowym betonowych i żelbetonowych elementów składowych łączonych na uszczelkę,
- sztywności obwodowej lub wytrzymałości na zgniatanie rur i elementów studzienek.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań oraz analizy oddziaływania eksploatacji górniczej na elementy systemów kanalizacyjnych ocenia się ich przydatność do stosowania na terenach górniczych.

### 3. WYBRANE BADANIA RUR I STUDZIENEK KANALIZACYJNYCH

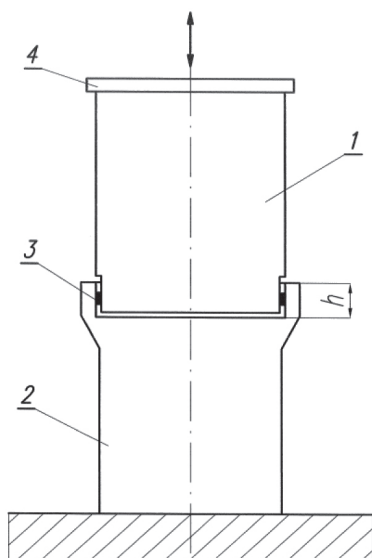
W Głównym Instytucie Górnictwa w celu oceny produkowanych systemów rur i studzienek kanalizacyjnych, do stosowania na terenach górniczych, opracowano następujące badania:

- szczelności połączeń rur przeciskowych i rur do układania w wykopach, w tym wielkogabarytowych,
- szczelności studzienek,
- sztywności obwodowej i wytrzymałości na zgniatanie rur i elementów studzienek.

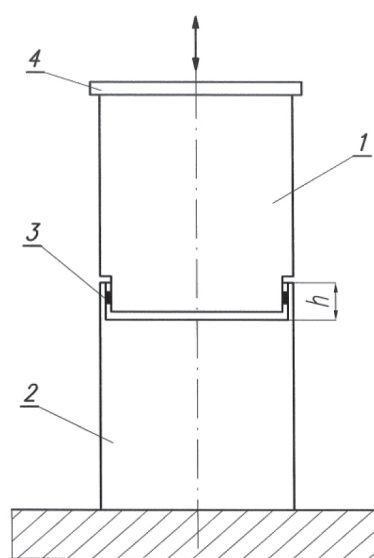
#### 3.1. Badanie szczelności połączeń rur kanalizacyjnych

W połączeniach rur kanalizacyjnych badanie szczelności [7], przy określonym ciśnieniu wody wewnątrz rur, polega na osiowym przemieszczaniu rury (1) względem rury (2) (wsuwanie i wysuwanie na drodze  $h$ ), która jest ułożona na podłożu (rys. 4–7). Rury te (rys. 4 i 5) są połączone ze sobą za pomocą systemu uszczelnienia (3). Rury (1) i (2) z jednej strony zaślepione za pomocą specjalnie wykonanych pokryw są w stanie wytrzymać ciśnienie panujące wewnątrz rur podczas badania.

Podczas badania rury są rozsuwane względem siebie z reguły w wyniku działania ciśnienia wody, a ściskane za pomocą siłownika hydraulicznego zakończonego płytą dociskową (4). W przypadku gdy ta metoda jest nieskuteczna, to zsuwanie i rozsuwanie rur jest wykonywane za pomocą siłownika hydraulicznego, połączonego z rurą (1) za pomocą specjalnego uchwytu (krzyżaka) i dodatkowych pasów. Takie połączenie pozwala na korygowanie odchylenia kąтового rur względem siebie podczas ich zsuwania lub rozsuwania lub przeciwnie – pozwala zadawać określone odchylenie kątowe rur, jeżeli wymaga tego badanie. Prędkość zsuwania lub rozsuwania rur jest tak regulowana, aby ciśnienie wody wewnątrz połączenia utrzymywało się na ustalonym poziomie. Jest to zadanie bardzo trudne do wykonania, ponieważ w połączeniu rur, np. o średnicy 1,4 m i wysokości połączenia około 2 m, znajduje się ponad 3000 litrów wody, a masa całego połączenia to ponad 4 tony.



Rys. 4. Sposób badania szczelności połączenia rur kielichowych



Rys. 5. Sposób badania szczelności połączenia rur przeciskowych



Rys. 6. Kielichowe połączenie rur żelbetowych DN 1000 w stanowisku badawczym



Rys. 7. Połączenie rur przeciskowych GRP DN 1300 w stanowisku badawczym

W czasie trwania wszystkich etapów badania obserwuje się dokładnie złącze rur pod kątem jego szczelności (występowania przecieków).

### 3.2. Badanie szczelności studzienek kanalizacyjnych

Badanie szczelności studzienek kanalizacyjnych polega na sprawdzeniu szczelności pomiędzy kręgami studzienki przy zadanym wewnętrznym ciśnieniu i odchyleniu kątowym. W tym celu do badania przygotowuje się ułożone kolejno: podstawę studzienki, co najmniej jeden krąg oraz pokrywę lub zwężkę

z włazem kanałowym. Bardzo ważnym etapem przygotowania studzienki do badania jest uszczelnienie w podstawie otworów dla rur przyłączeniowych lub kształtek oraz włazu. W tym celu przygotowuje się specjalne korki i blaszane pokrywy z uszczelką, które są przykręcane do pokrywy lub włazu. Przed nałożeniem kręgu na podstawę studzienki wkłada się między te elementy najczęściej drewnianą podkładkę o odpowiedniej grubości, co pozwala wywołać odchylenie kątowe między tymi elementami. Po nałożeniu na krąg pokrywy lub zwężki z włazem kanałowym zabezpiecza się całość przed rozsuwaniem za pomocą ściągów pasowych lub w inny sposób (rys. 8). Tak przygotowaną studzienkę kanalizacyjną wypełnia się wodą

o wymaganym ciśnieniu 50 kPa. Ciśnienie należy utrzymać przez 15 minut. Połączenia między elementami studzienki nie powinny wykazywać żadnego przecieku.



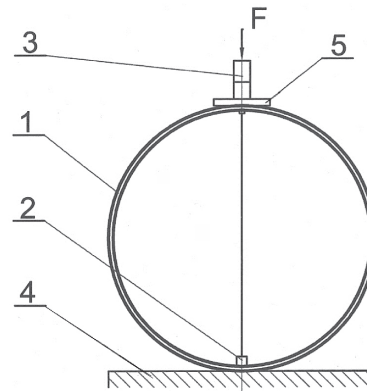
Rys. 8. Studzienka betonowa podczas badania

### 3.3. Badanie sztywności obwodowej i wytrzymałości na zgniatanie

#### 3.3.1. Badanie sztywności obwodowej rur z tworzyw termoplastycznych

Badanie (rys. 9) polega na ściskaniu odcinka rury (1) przez dwie równoległe, sztywne płyty (4 i 5), z określoną prędkością, aż do momentu gdy odkształcenie pionowe rury osiągnie wartość 3% jej początkowej średnicy wewnętrznej  $d$ . Wyposażenie stanowiska

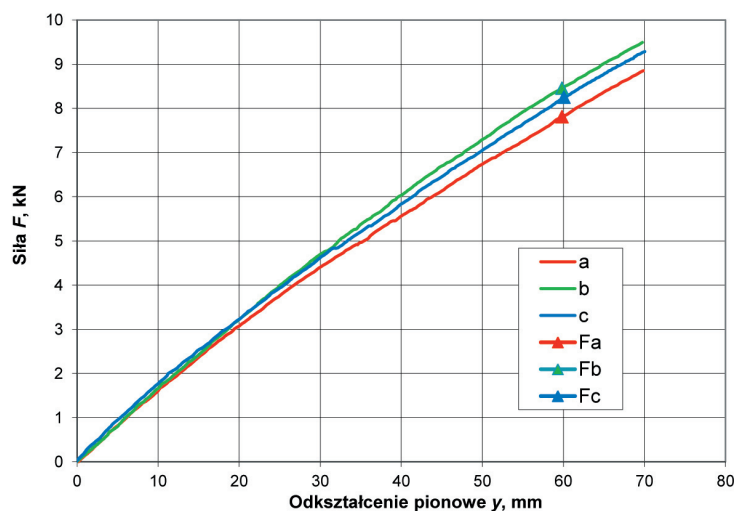
znajdującego się w Głównym Instytucie Górnictwa pozwala na badanie rur o średnicy wewnętrznej  $d$  do 3,5 m. Zgodnie z wymaganiami normy [8] dla zakresu średnic od 1,2 m do 3,5 m długość próbki wynosi 1000 mm, a prędkość jej obciążania równa jest  $0,03 \times d \pm 5\%$  mm na minutę. Podczas badania jest rejestrowana wartość siły oraz wielkość ugięcia rury, które jest mierzone we wnętrzu badanej rury. Czujniki siły (3) i odkształcenia (2) są podłączone do cyfrowego wzmacniacza, a dane pomiarowe archiwizowane są na dysku komputera.



Rys. 9. Schemat stanowiska do badania sztywności obwodowej

Do oznaczania sztywności obwodowej opracowano program komputerowy, którego algorytmy są oparte na wzorach zamieszczonych w normie [8], a raport jest zgodny z wymaganiami przedstawionymi w punkcie 10 tej normy.

Na rysunku 10 przedstawiono przykładowe wykresy siła/odkształcenie dla rury o średnicy wewnętrznej 2000 mm, a rysunek 11 pokazuje rurę o średnicy wewnętrznej 1500 mm przygotowaną do badania.



Rys. 10. Przykładowe wykresy siła/odkształcenie dla rury o średnicy 2000 mm dla trzech próbek (a, b, c);  $F_a$ ,  $F_b$ ,  $F_c$  – wartość siły  $F$  przy wymaganym przez normę odkształceniu pionowemu



Rys. 11. Rura DN 1500 w stanowisku badawczym

### 3.3.2. Badanie wytrzymałości rur i kręgów betonowych na zgniatanie

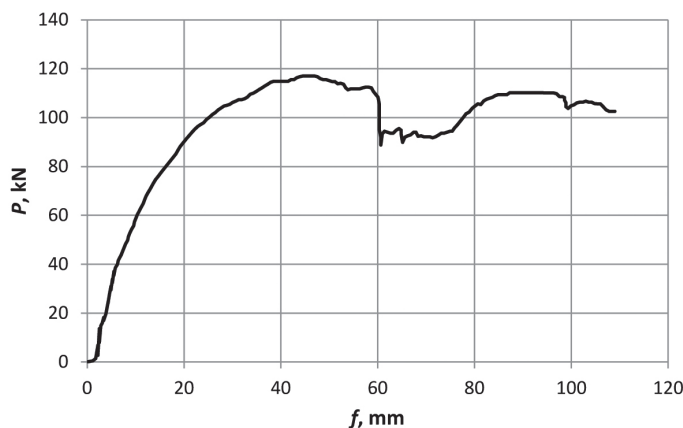
Badanie wytrzymałości rur i kręgów betonowych na zgniatanie (norma PN-EN 1916 [9] lub PN-EN 1917 [10]) polega, podobnie jak w przypadku oznaczania sztywności obwodowej (rys. 9), na ścisaniu odcinka rury (1) przez dwie równoległe, sztywne płyty (4 i 5), z określoną prędkością. Dolna płyta ma zamocowaną podporę w kształcie litery V o odpowiednim kącie rozwarcia. Badanie uznaje się za zakończone, gdy uzyska się obciążenie próbne lub rura ulegnie zniszczeniu (pęknięciu). Obciążenie próbne jest to obciążenie określone w odniesieniu do minimalnego obciążenia zgnia-

tającego  $F_n$ , odpowiadającego wielkości nominalnej i klasie wytrzymałości rury lub kręgu, zgodnie z zapisami normy PN-EN 1916 lub PN-EN 1917. Wyposażenie stanowiska znajdującego się w Głównym Instytucie Górniczym pozwala na badanie rur o średnicy wewnętrznej  $d$  do 4,0 m. Podczas badania jest rejestrowana wartość siły i ugięcia rury, przy czym pomiar ugięcia odpowiada wielkości wysuwu siłownika maszyny wytrzymałościowej. Czujnik siły i wysuwu siłownika są podłączone do cyfrowego wzmacniacza, a dane pomiarowe są archiwizowane na dysku komputera. Krąg betonowy podczas próby zgniatania przedstawiono na rysunku 12, a przykładowy wykres zgniatania na rysunku 13.



Rys. 12. Krąg żelbetowy o średnicy 1500 mm podczas próby zgniatania





Rys. 13. Przykładowy wykres zgniatania kręgu żelbetowego

#### 4. PODSUMOWANIE

Eksploatacja górnicza powoduje deformacje przypowierzchniowej warstwy gruntu, które oddziałują na przewody kanalizacyjne, wywołując dodatkowe obciążenia oraz przemieszczenia rur i elementów studzienek. Istotne znaczenie z uwagi na oddziaływania tych deformacji mają głównie poziome przemieszczenia  $u$  i odkształcenia  $\epsilon$ , a w przypadku rur wielkogabarytowych także krzywizny powierzchni  $K$ . Istotne są również zmiany nachylenia terenu, które należy uwzględniać na etapie projektowania i budowy kanalizacji.

Ze względu na oddziaływania deformacji przypowierzchniowej warstwy gruntu badania elementów systemów kanalizacyjnych przeznaczonych do budowy sieci na terenach górniczych powinny w szczególności obejmować:

- badanie szczelności połączeń rur z określeniem maksymalnego zakresu kompensacji ich wzajemnych przemieszczeń, uwzględniając możliwe odchylenia kątowe rur,
- badanie szczelności studzienek z odchyleniem kątowym elementów łączonych na uszczelkę,
- badanie sztywności obwodowej podatnych rur przewodowych i rur trzonowych studzienek wykonanych z tworzywa sztucznego,
- badanie wytrzymałości na zgniatanie niepodatnych rur i elementów studzienek.

W Głównym Instytucie Górnictwa opracowano metody realizujące powyższe badania ze szczególnym uwzględnieniem wielkogabarytowych elementów produkowanych systemów kanalizacyjnych. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań oraz analizy od-

działywania deformacji gruntu na elementy systemów kanalizacyjnych ocenia się ich przydatność i warunki stosowania na terenach górniczych.

Artykuł powstał w wyniku realizacji pracy statutowej nr 11207096-182 Głównego Instytutu Górnictwa.

#### Literatura

- [1] Madryas C., Kolonko A., Wysocki L.: *Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
- [2] Kulickowski A.: *Projektowanie konstrukcji przewodów kanalizacyjnych*. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2003.
- [3] Kulickowski A.: *Rury kanalizacyjne Tom II Projektowanie konstrukcji*. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2004.
- [4] Instrukcja nr 12: *Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2000.
- [5] Kwiatek J.: *Obiekty budowlane na terenach górniczych*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2007.
- [6] Instrukcja nr 364/2007: *Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych*. ITB, Warszawa 2007.
- [7] *Metodyka badania szczelności złącza rozbieranego w rurociągach budowlanych na terenach górniczych – MBSZR-1*. Główny Instytut Górnictwa, Zakład Badań Urządzeń Mechanicznych, Katowice 2004.
- [8] PN-EN ISO 9969:2016 – *Rury z tworzywa termoplastycznego – oznaczanie sztywności obwodowej*.
- [9] PN-EN 1916:2005 – *Rury i kształtki z betonu niezbrojonego, betonu zbrojonego włóknem stalowym i żelbetowe*.
- [10] PN-EN 1917:2004 – *Studzienki włączowe i niewłączowe z betonu niezbrojonego, betonu zbrojonego włóknem stalowym i żelbetowe*.

dr inż. KRZYSZTOF PACZEŃSKI

dr inż. PIOTR KALISZ

Główny Instytut Górnictwa

pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice

{kpaczesniowski, pkalisz}@gig.eu