

Poprawa jakości sztywnych złączy rurowych poprzez ich blokowanie

Prof. dr hab. inż. Ziemowit Suligowski

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

CHARAKTERYSTYCZNE OBCIĄŻENIA ZŁĄCZY RUROWYCH

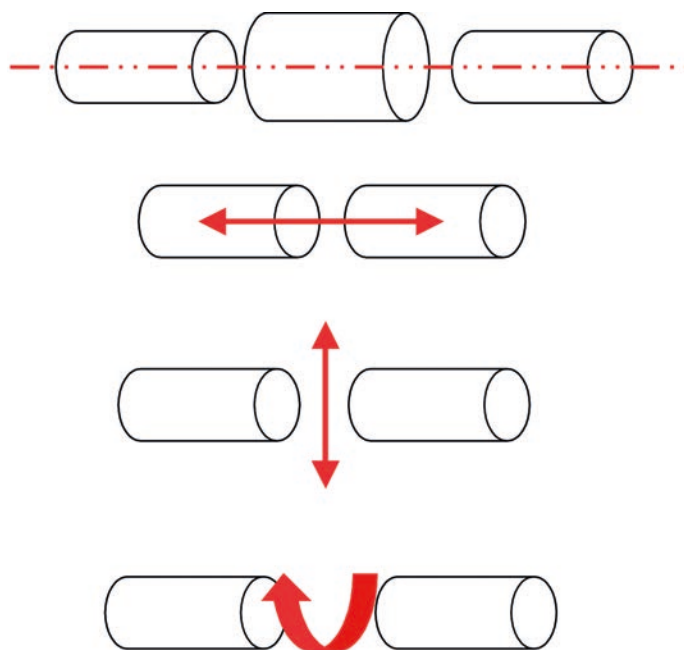
Do tradycyjnych podstawowych problemów stosowania złączy rurowych należy zapewnienie ich szczelności. Zasadnicze rozwiązania w tym zakresie były znane od połowy XIX w., jednak czasochłonność ich realizacji w powiązaniu z koniecznością użycia wysokiej jakości materiałów oraz wysoko wykwalifikowanej robocizny skutkowało poszukiwaniem akceptowalnych rozwiązań zastępczych. Równocześnie w początkowym okresie niemal wszystkie tradycyjne złącza nie tolerowały jakichkolwiek zmian, aczkolwiek dość wcześnie pojawiły się rzadko stosowane rozwiązania o pewnej tolerancji.

Ostatecznie wszystkie współczesne złącza rurowe spełniają warunek „szczelności”, co nie oznacza jednak, że są one w stanie przenosić wszelkie występujące obciążenia. Stąd w normach [2, 3] pojawiają się charakterystyczne kategorie „rur” i „złączy rurowych”. W szczególności wyróżnia się:

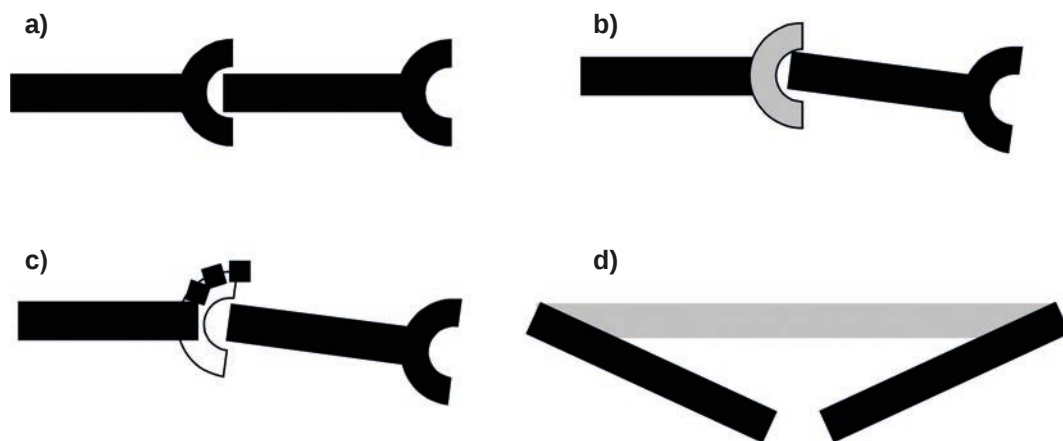
- rurę sztywną, której zdolność przenoszenia obciążenia jest ograniczona pęknięciem lub przekroczeniem dopuszczalnych naprężeń bez wyraźnej deformacji jej przekroju poprzecznego,
- rurę półsztywną, której zdolność do przenoszenia obciążenia jest ograniczona odkształceniem średnicy (przekroju) lub pęknięciem (zachowanie sztywności) w zależności od jej sztywności obwodowej; dopuszczalne ugięcie rury półsztywnej jest istotnie (o 1 rząd) mniejsze niż rury elastycznej; stan graniczny (odchylenie i/lub odkształcenie przekroju) pod obciążeniem równym granicznej wartości projektowej, bez załamania lub rozerwania (zachowanie elastyczne),
- złącze sztywne, które nie umożliwia przenoszenia znacznego odkształcenia kąтового – zarówno w trakcie montażu, jak i po jego zakończeniu,
- złącze elastyczne umożliwiające znaczne odchylenie kątowe zarówno w trakcie montażu, jak też po jego ukończeniu; może być ono zastosowane przy niewielkim odchyleniu od linii osiowej,
- złącze podatne, umożliwiające znaczne odkształcenie kątowe tylko w trakcie montażu, ale nie później.

Nawet najlepsze posadowienie przewodu w podłożu gruntowym nie może być traktowane jako gwarancja stabilności jego położenia. Przede wszystkim podłoże ulega różnym zmianom zarówno na skutek procesów naturalnych, jak też sztucznych. Ostatecznie na przewody ułożone w podłożu gruntowym oddziałują bardzo różne obciążenia prowadzące do (rys. 1):

- przemieszczeń osiowych,
- skręcania,
- zginania.



Rys. 1. Obciążenia oddziałujące na złącze rurowe w podłożu gruntowym



Rys. 2. Typowa awaria złącza sztywnej rury sztywnej w warunkach znacznych przesunięć w podłożu
a) położenie początkowe, b) przesunięcie, c) skruszenie złącza (zniszczenie rury), d) przełamanie rury

Efektom może być rozszczelnienie złącza (wypadnięcie uszczelnienia), rozsuniecie rur, a w warunkach skrajnych zniszczenie poprzez skruszenie złącza lub połamanie samej rury na długości (rys. 2). To ostatnie jest niezwykle łatwe w sytuacji, gdy rura zaczyna pracować w schemacie belki.

Wprawdzie przez szereg lat wykorzystywano ten schemat, jednak chodziło tu o:

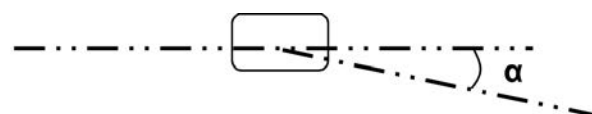
- czasowe podparcie konstrukcji pęczkami rur stalowych o małych średnicach (np. podwieszanie torowisk kolejowych na czas trwania remontu¹),
- specjalnie podpierane (podpory na palach) konstrukcje z rur stalowych spawanych, wykorzystywane przy przekraczaniu rzek, rowów, parowów itp.,
- przewody podwieszane na specjalnych zawiesiach, np. pod konstrukcjami mostowymi,
- przewody napowietrzne ze specjalnymi systemami podparć.

Jednak jednoznacznie chodziło tu o rury stalowe wykorzystujące przy tym specjalnie projektowane konstrukcje wspierające. Próby odstępstw kończyły się z reguły mniej lub bardziej spektakularnymi awariami.

O problematyczności lekceważenia posadowienia przekonano się przy okazji wprowadzania nowych materiałów po 1990 r., gdy tradycyjnie lekceważąc instrukcje producentów o postępowaniu z ich wyrobami, doprowadzono do serii awarii polegających na rozsypywaniu się rur laminatowych pod wpływem masy własnej. Efektem stały się do dziś aktualne w niektórych kręgach poglądy na temat ograniczeń ich stosowania.

ZŁĄCZE ELASTYCZNE, ZŁĄCZE PODATNE

Wbrew dość powszechnym poglądom pojęcie „elastyczności” nie jest tożsame z pojęciem „podatności” w ujęciu normowym [2, 3], aczkolwiek w niektórych przypadkach trudno mówić o jednoznacznych granicach. Przykładowo popularne złącze TYTON może być zaliczone do normowej kategorii „podatny-”



Rys. 3. Odstępstwo od współosiowości w kielichu
(α – wartość tolerowana kąta odchylenia)

ch”², jednak występowały sytuacje ekstremalne, gdy zachowywało się ono jak wysokiej klasy „elastyczne”. Można to wiązać z podwyższoną jakością wyrobu konkretnego producenta w stosunku do standardowej, gdy przy formalnej tolerancji (dla danej średnicy) odchylenia od współosiowości w złączu (rys. 3) $\alpha = 2^\circ$, w praktyce w sytuacji awaryjnej odnotowano $\alpha > 10^\circ$.

Złącza elastyczne w rozumieniu normowym są uzyskiwane poprzez zgrzewanie, względnie skręcanie tak, aby mogły przeciwstawić się charakterystycznym obciążeniom (rys. 1). Oczywiście część z obciążeń w ograniczony sposób mogą przenosić również złącza formalnie „sztywne”, jednak nie odnosi się to do tzw. tradycyjnych polskich rozwiązań, a więc znacznej części istniejących sieci.

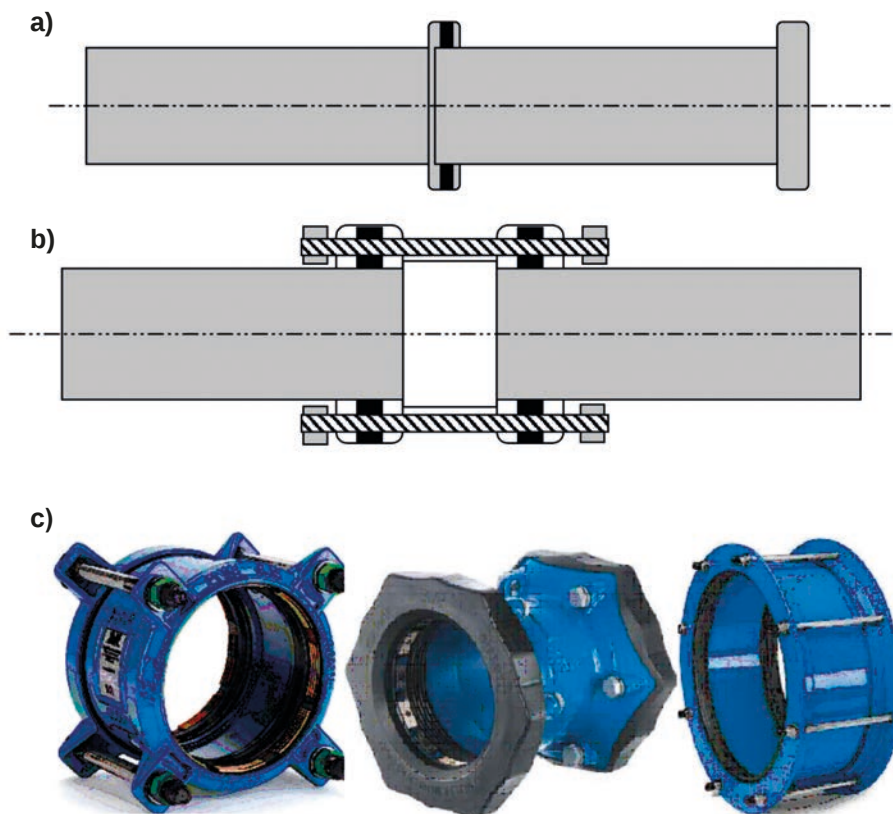
Trzeba podkreślić, że złącze i rura charakteryzujące się „elastycznością” nie może być traktowane jako dopuszczenie dowolności warunków ich stosowania³. Tolerancje trzeba traktować jako jakieś zabezpieczenie przed wtórnymi zmianami (praktycznie nieuniknionymi) w podłożu, swoistą rezerwę bezpieczeństwa. Pewnym paradoksem jest to, że właśnie w przypadku rur o stosunkowo najwyższej jakości (żeliwo sferoidalne, kamionka) są stosowane połączenia „sztywne” podatne na wszelkie zmiany w podłożu.

W określonych warunkach można dopuścić rezygnację z przygotowania podłoża, jednak wymaga to:

² Zgodnie z normą [3] najmniejsze tolerowane odchylenie katowe w złączu podatnym powinno wahać się w przypadku rur do DN1000 od $1^\circ 43'$ do $0^\circ 34'$, a dla większych średnic określa się je jako równe: $0^\circ 34' \times (1000/DN)$. Formalne definicje złączy elastycznych w klasie A są takie same, natomiast w klasie B tolerowane muszą być większe odchylenia – odpowiednio: od $3^\circ 26'$ do $1^\circ 09'$ oraz $1^\circ 09' \times (1000/D)$. „Elastyczność” polega na tolerowaniu odchyleń również po ukończeniu montażu.

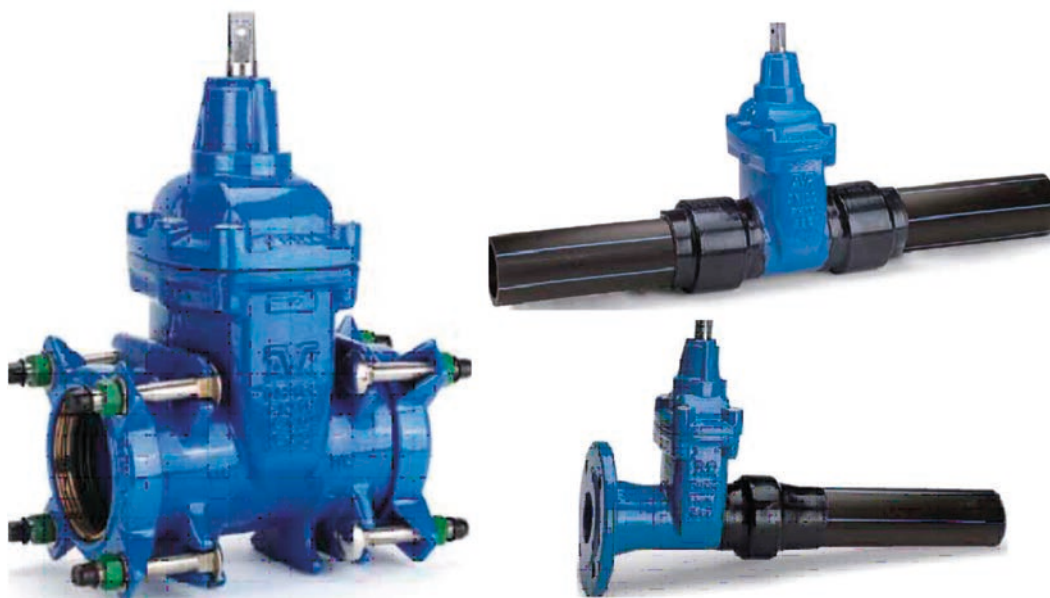
³ Bardzo charakterystyczna jest sytuacja, gdy nowy, jeszcze „zielony”, producent wyrobu o podwyższonych parametrach wytrzymałościowych lekceważy problemy ich posadowienia, a równocześnie doświadczony (w tym twórca rozwiązania) wprawdzie podkreśla zalety, ale równocześnie wymaga zachowania odpowiednich ograniczeń.

¹ W późniejszym okresie zaczęto stosować również rury z cementów włókniстых.



Rys. 4. Ogólna zasada blokowania złącza

a) tradycyjne sztywne złącze na wcisk z uszczelką, b) zablokowanie poprzez skręcenie, c) przykłady połączeń blokowanych; wykorzystano materiały firmy AVK



Rys. 5. Przykłady rozwiązań zasuw o podwyższonej jakości połączeń z rurociągiem; wykorzystano materiały firmy AVK

- szczegółowego zbadania podłoża,
- wykonania prognozy osiadań,
- dostosowania konstrukcyjnego rury do tych warunków.

Konsekwencje mogą być bardzo poważne. Przykładowo, w przypadku jednego z rurociągów możliwe ciśnienie niewiele przekraczało 100 kPa, natomiast ze względu na dodatkowe naprężenia zaprojektowano rurę (PEHD) na ciśnienie 1600 kPa.

Konieczność przenoszenia dodatkowych obciążeń od osiadania⁴ spowodowała konieczność ponad dziesięciokrotnego zwiększenia wytrzymałości rur. Tu znowu pewien problem – szanujący się producent na pewno pomoże dobrać wyrób o właściwych parametrach, temu „pokątnemu”⁵ to i tak wszystko jedno... W opi-

⁴ Wprawdzie teoretycznie wydłużalność rur PE jest bardzo duża, jednak zupełnie inaczej przedstawia się zagadnienie zachowań złączy rurowych w warunkach skurczu termicznego czy też nierównomiernych osiadań.

⁵ Niestety, w tej kategorii mogą mieścić się również niektórzy wytwórcy o dużym doświadczeniu i wydaloby się znacznej renomie.

sanej sytuacji polecany projektant zaproponował użycie rur z laminatu – podatnych przy takim posadowieniu na uszkodzenia mechaniczne o złączach nieprzystosowanych do przenoszenia obciążeń rozciągających.

Poprawa wytrzymałości złącza polega na jego wzmocnieniu, ograniczającemu możliwość przesunięć i pozwalającemu przenosić obciążenia skręcające. Wykorzystywane są w tym celu różne połączenia skręcane śrubami (rys. 4), w tym, w znacznym stopniu zbliżone do koncepcji tradycyjnego złącza Gibault [1]. Wprawdzie złącze to było przez szereg lat wykorzystywane ogólnie biorąc z nienajlepszym skutkiem, jednak podstawowym problemem była tu korozja śrub. Obecnie w połączeniach stosowane są elementy metalowe odporne na korozję. Produkowana jest również armatura o analogicznych złączach, względnie z montowanymi fabrycznie wydłużonymi końcówkami PE pozwalająca na bezpieczniejszy i skuteczniejszy montaż.

Współcześnie jest dostępny szeroki asortyment połączeń blokowanych, ich odmiany, np. w postaci specjalnych opasek, mogą być stosowane również na przewodach o ponad dwumetrowych średnicach. Nie jest problemem dostępność armatury, ale świadomość znaczenia jej stosowania.

PODSUMOWANIE

Elementy sieci uzbrojenia terenu pozostające pod ziemią reprezentują dużą część majątku komunalnego, o wartości porównywalnej z tym, co jest nad ziemią. Majątek ten jest jednak niezbywalny, a zachowanie jego sprawności wymaga: znajomości elementów składowych, oceny ich stanu technicznego oraz odpowiednich nakładów. Trzeba zerwać ze złą tradycją traktowania istniejących elementów jako dobra trwałego przekształcanego w sposób dowolny.

Kwestia jakości powinna być zawsze traktowana jako priorytet przy uwzględnieniu, że znaczna część tych sieci jest już wyeksploatowana, wymaga co najmniej szczegółowego przeglądu i diagnozy potrzeb w zakresie napraw. Istotnym problemem jest to, że warunki posadowienia sieci w podłożu gruntowym często zmieniają się w miarę upływu czasu, a na wpływ tych zmian są szczególnie podatne złącza rurowe. Wynika stąd potrzeba tworzenia pewnego „zapasu bezpieczeństwa” poprzez poprawę jakości połączeń, przy czym wbrew tradycyjnym ocenom problemem nie jest wodoszczelność połączeń.

Kierowanie się kryterium minimalizacji ceny w fazie inwestycji nie pozwala obiektywnie ocenić zasadności polityki w zakresie jakości. Na obiektywną ocenę pozwala dopiero analiza wychodząca z kryterium długości cyklu przeżycia (*LCC – Life Cycle Cost*). Oczywiście z zakupem markowych wyrobów o sprawdzonej jakości wiążą się wyższe koszty nabycia, jednak jak wykazuje przykład białostocki zwracają się one stosunkowo szybko. Restrykcyjna polityka w zakresie materiałowym (w tym blokowanie złączy na przewodach z żeliwa sferoidalnego i eliminacja PVC z wodociągów) pozwoliły w krótkim czasie ograniczyć liczbę awarii, wartość strat doprowadzić do minimum (poniżej 7%), a w ostatecznym efekcie uzyskać jedną z najniższych cen wody i ścieków w Polsce [4].

LITERATURA

1. Gabryszewski T.: Wodociągi. Arkady, Warszawa 1983.
2. PN-EN 476: Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji deszczowej i sanitarnej.
3. PN-EN805: Zaopatrzenie w wodę. Wymagania dotyczące systemów zewnętrznych i ich części składowych.
4. www.cenywody.pl