

Sprężanie ścian szczelinowych jako metoda zapewnienia tymczasowej stateczności



tekst: **GRZEGORZ PLUTA**, Keller Polska Sp. z o.o.

Wyzwania, jakie obecnie są stawiane wykonawcom ścian szczelinowych, skłaniają do poszukiwania oraz opracowania unikatowych i wyrafinowanych rozwiązań technicznych. Powyższa teza nie dotyczy jedynie geometrii, ilości zbrojenia przypadającego na metr kwadratowy obudowy i grubości ścian szczelinowych, ale również sposobów zapewnienia tymczasowej stateczności, które pozwolą zrealizować prace konstrukcyjne wewnątrz obrysu ścian szczelinowych w możliwie najkrótszym czasie. Jednym z kierunków znacznej optymalizacji rozwiązań projektowych jest technologia sprężania.

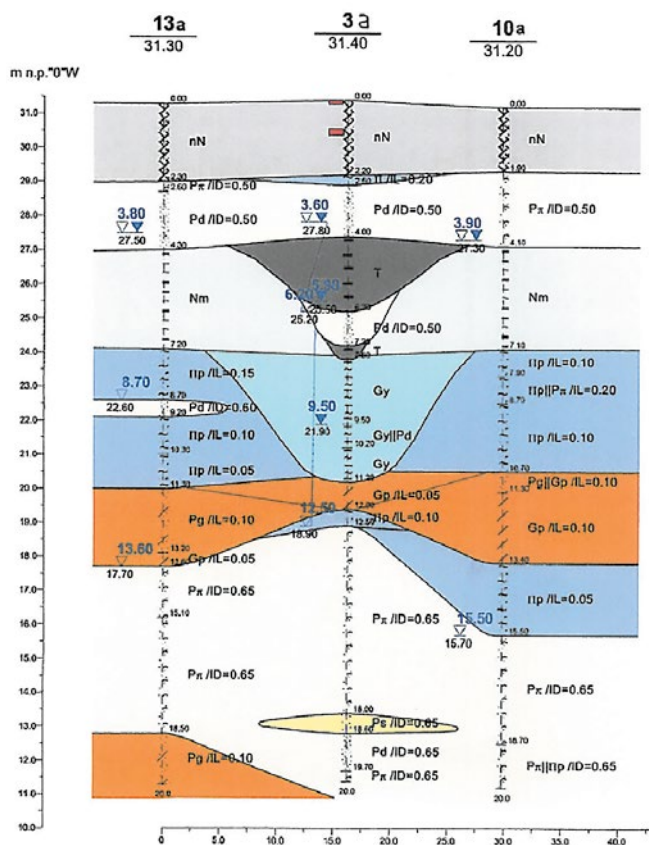
Na świecie technologia sprężania ścian szczelinowych ma już dość długą historię. W Polsce dopiero jej się uczymy. Przykładem pilotażowego zastosowania technologii sprężania było wykonanie obudowy wykopu w technologii ścian szczelinowych o grubości 80 cm, stanowiących w fazie budowlanej zabezpieczenie wykopu, a w fazie użytkowej pełniących funkcję konstrukcyjnych, zewnętrznych ścian trójkondygnacyjnego garażu podziemnego budynku. Wykop był realizowany metodą *top-down*, ściana szczelinowa była rozparta dwoma stropami rozporowymi, a na fragmencie, gdzie zastosowano sprężenie ścian szczelinowych, jednym stropem, tuż poniżej oczepu żelbetowego spinającego sekcje ściany szczelinowej. Stropy te w fazie eksploatacyjnej stanowią elementy konstrukcji podziemnej obiektu.

Realizacja tego zadania miała miejsce w Warszawie przy ul. Skierniewickiej 34 w ramach budowy jednego z etapów osiedla mieszkaniowego City Link. Pierwszy etap obejmował monolityczny budynek o powierzchni użytkowej przekraczającej 14 tys. m², na który składało się 12 kondygnacji nadziemnych i trójkondygnacyjny garaż podziemny. Wizualizację osiedla City Link w warszawskiej dzielnicy Wola przedstawia rycina 1.



Ryc. 1. Wizualizacja osiedla mieszkaniowego City Link w Warszawie, Ronson Development

Pod względem geomorfologicznym teren jest fragmentem zdegradowanej wysoczyzny polodowcowej – Wysoczyzny Warszawskiej. Rzędne powierzchni terenu wahają się w granicach 31,0–31,5 m nad poziomem zero Wisły. Od powierzchni terenu do głębokości od 0,5 do 4,1 m występują niebudowlane nasypy antropogeniczne. Pod warstwą nasypów znajdują się utwory czwartorzędowe plejstoceńskie w postaci torfów, mułów i gytii, lokalnie kredy jeziornej i łupków bitumicznych.



Ryc. 2. Profil geotechniczny, gdzie: p.p.f. – poziom posadowienia fundamentu wyrażony w m n.p. „0° W (metrach nad poziomem zero Wisły)

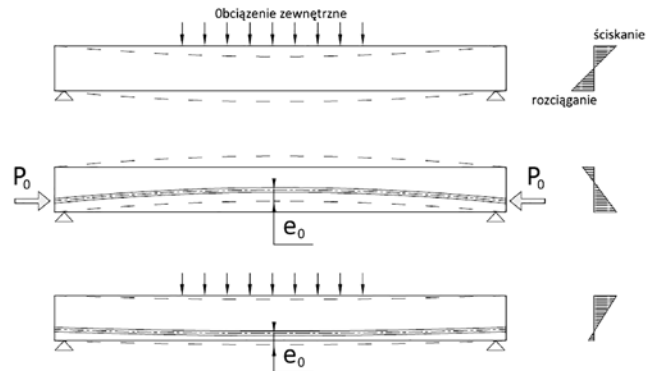
nych. Utwory te zalegają do głębokości od kilku do 18 m i są przewarstwione piaskami i mułkami jeziorno-rzeczny. Nad gruntami organicznymi, a bezpośrednio pod nasypami, występują piaski i mułki rzeczne zlodowacenia bałtyckiego, zalegające w podłożu badanego terenu do głębokości od 4,1 do 14,2 m. Czwartorzędowe utwory plejstoceńskie, stwierdzone pod wymienioną warstwą, wykształcone są głównie jako warstwy utworów zastoiskowych w postaci glin pylastej i pyłu, glin morenowych, gliny piaszczystej i piasku gliniastego oraz wodnolodowcowych piasków różnoziarnistych, żwirów i otoczków (ryc. 2).

Sprężanie ścian szczelinowych polega na wprowadzeniu do przekroju wstępnego stanu naprężenia, który jest skierowany przeciwnie do projektowanego stanu obciążenia (ryc. 3). Wprowadzenie naprężenia o takim zwrocie umożliwia redukcję, a nawet całkowicie eliminuje występowanie naprężeń rozciągających w betonie, dzięki czemu znacząco zmniejsza zarysowanie. Siłę sprężającą wprowadza się za pomocą cięgien, prętów sprężających lub taśm stalowych.

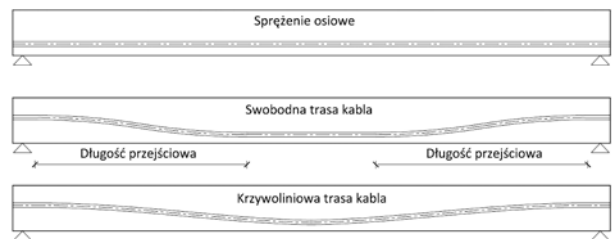
Przebieg cięgna kablowego można podzielić na trzy podstawowe typy (ryc. 4):

- sprężenie osiowe – wartość mimośrodów jest stała (nie licząc mimośrodu niezamierzonego). Sprężenie popularne dla belek oraz płyt;
- sprężenie kabla o swobodnym przebiegu – wartość mimośrodu jest zmienna, a trasa kabla ukształtowana jest dla określonych w dokumentacji projektowej zakresów odcinków prostych i łuków;
- sprężenie kabla o przebiegu krzywoliniowym, najczęściej parabolicznym na całej swojej długości. Mimośród jest zmienny w każdym punkcie trasy kabla.

Zakres sprężenia obejmował dwie sekcje o łącznej długości 13,4 m, a celem sprężenia była redukcja liczby punktów podparcia ściany szczelinowej oraz zwiększenie długości przęsła. Długość otworu w stropie rozporowym wynosiła 16,35 m. Odkształcenia ścian szczelinowych monitorowane były za pomocą pomiarów inklinometrycznych oraz geodezyjnych w poziomie oczepu ściany szczelinowej. Zakres sprężenia i rozkład pionów inklinometrycznych przedstawia rycina 5. Zakres i dokładną formę sprężenia ustalono wspólnie z zamawiającym. Sprężone



Ryc. 3. Siły wewnętrzne w przekroju sprężonym ciągnym prostoliniowym na mimośrodku e_0



Ryc. 4. Typy przebiegu kabli sprężających

sekcje ścian szczelinowych posłużyły jako referencyjny fragment obudowy wykopu.

Sprężenie elementów konstrukcji można otrzymać, stosując jeden z dwóch poniższych systemów:

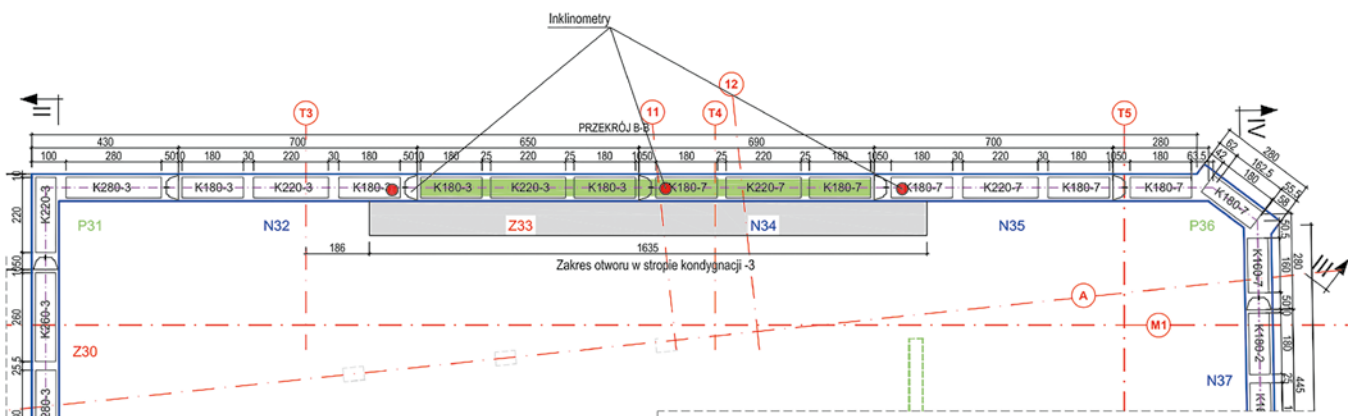
- system sprężenia bez przyczepności,
- system sprężenia z przyczepnością.

Stosowanie powyższych systemów umożliwia w trakcie budowy częściowe lub pełne sprężenie, możliwość doprężenia konstrukcji w taki sposób, aby kontrolować wartości sił wewnętrznych, tak aby naprężenia w przekrojach obliczeniowych nie przekraczały wartości dopuszczalnych, określonych w projekcie wykonawczym.

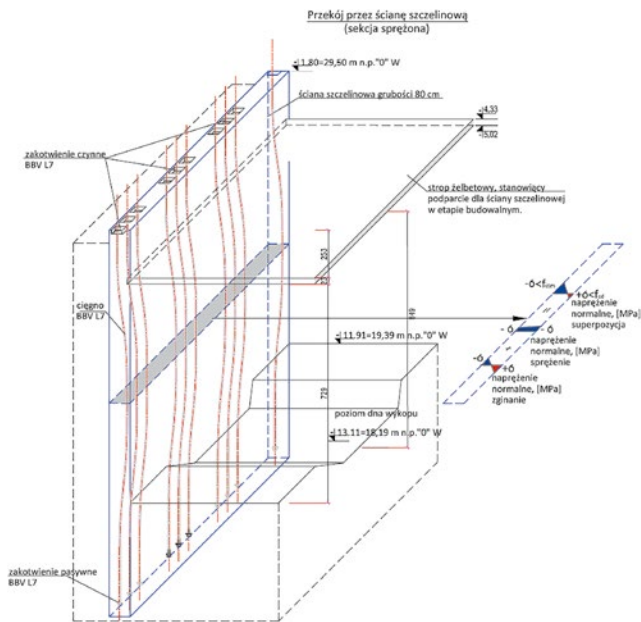
W wyniku przeprowadzonych analiz oraz z uwagi na specyfikę technologii podjęto decyzję o zastosowaniu sprężenia w postaci cięgien bez przyczepności w systemie BBV L7, które w połączeniu

Zakres sprężenia ścian szczelinowych

Skala 1:100



Ryc. 5. Zakres sprężenia ścian szczelinowych – rzut



Ryc. 6. Schemat sprężonego fragmentu ściany szczelinowej

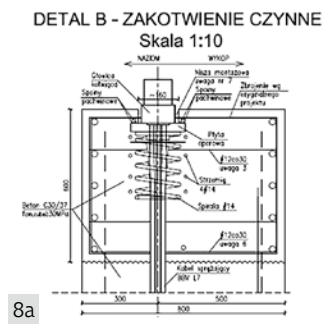
ze ścianą szczelinową utworzyły kablobeton. Rycina 6 przedstawia schemat sprężonej ściany szczelinowej.

Składowymi systemu były zakotwienie bierne, zakotwienie czynne oraz cięgno sprężające. Cięgna sprężające i zakotwienie bierne zostały zainstalowane w koszach zbrojeniowych na budowie bezpośrednio przed wbudowaniem (ryc. 7). Montaż zakotwienia biernego oraz cięgien w warunkach budowy stanowi nie lada wyzwanie (jakość połączeń spawanych, trasowanie), dlatego zaleca się, aby te prace były wykonane w zakładzie prefabrykacji koszy zgodnie z projektem sprężania.



Ryc. 7. Zakotwienie bierne oraz przebieg prac sprężających – widok od spodu kosza zbrojeniowego

Sporządzenie poprawnej dokumentacji projektowej jest kluczowym elementem warunkującym osiągnięcie końcowego sukcesu budowy. Ze względu na fakt, że przygotowanie produkcji sprężonej ściany szczelinowej składa się z wykonania szkieletu zbrojeniowego w zakładzie zbrojarskim, sprefabrykowania kabli sprężających w hali produkcyjnej firmy dostarczającej kable oraz montażu poszczególnych elementów na budowie lub w zakładzie prefabrykacji koszy, popełnienie błędu na jednym z etapów wskutek nie w pełni spójnego projektu ściany i sprężenia mogłoby doprowadzić do czasochłonnych zmian i znacznych opóźnień związanych z ich wprowadzeniem. Montaż czynnej głowicy kotwiącej odbył się na etapie realizacji technologicznego odczepu



Ryc. 8. Zakotwienie czynne: 8a. – schemat, 8b. – blachy oporowe i zbrojenie tuż przed betonowaniem

żelbetowego, a sprężenie cięgien nastąpiło po osiągnięciu przez beton odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie. Zakotwienie czynne zostało przedstawione na rycinie 8.

Zarejestrowane naprężenia w ścianie szczelinowej (zgodnie z projektem monitoringu stanowiącego składnik projektu wykonawczego), mimo znacznej rozpiętości obliczeniowej tzw. przęsła, pod działaniem obciążeń nie przekroczyły dopuszczalnych wartości odkształceń.

Na podstawie pilotażowego zastosowania widzimy znaczny potencjał dla technologii sprężania ścian szczelinowych. Jednak należy je traktować jako rozwiązanie specjalne, trudne pod względem projektowym i wykonawczym. Warunki, dla których dostrzegamy najszersze możliwości wdrożenia tej metody, to:

- wykop w gruntach nośnych o znacznej długości obliczeniowej przęsła (duże odległości pomiędzy punktami podparcia ściany szczelinowej),

- wykop w gruntach nośnych – schemat pracy wspornikowej.

Do najważniejszych korzyści wynikających ze stosowania sprężenia w wykonywaniu ścian szczelinowych należą:

- ograniczenie odkształceń / ugięcia obudów wykopów, stosowanie mniejszych przekrojów obudów, zmniejszenie ich zarysowań wraz z redukcją stopnia zbrojenia głównego przez zastosowanie sprężenia;
- zmniejszenie stopnia zbrojenia ułatwia rozptyw mieszanki betonowej w trakcie betonowania szczeliny, co ma kluczowe znaczenie i wpływa na jakość końcową oraz szczelność ściany szczelinowej;
- pocienienie grubości ściany szczelinowej redukujące ilość materiałów niezbędnych do wykonania ściany – następuje mniejsze zużycie betonu oraz stali zbrojeniowej;
- zredukowanie ilości prac ziemnych na budowie – ograniczenie gabarytu ściany redukuje ilość gruntu powstałego z wykopu wąskoprzestrzennego, który należy usunąć z placu budowy;
- redukcja liczby poziomów stałych lub tymczasowych rozpór oraz kotew gruntowych – brak konieczności wykonywania kotwienia ściany w środku przęsła wykopu, co jest szczególnie istotne, gdy z przeciwległej strony ściany występuje napięte zwierciadło wody gruntowej;
- zwiększenie tempa prowadzenia prac ziemnych na budowie – dzięki zmniejszeniu liczby poziomów rozparcia istnieje możliwość wykonania bezpośredniego wykopu dwukondygnacyjnego zamiast jednokondygnacyjnego.

Przeprowadzone analizy umożliwiają zestawienie bilansu ekonomicznego dotyczącego zamiany technologii wykonania wykopu – z monolitycznej na sprężoną. Wykonanie ściany szczelinowej w technologii betonu sprężonego umożliwia jednocześnie

ograniczenie lub całkowite odstąpienie od klasycznych metod podstropowych, przyspieszając tym samym proces wykonywania wykopu szerokoprzestrzennego bez etapowania robót z uwagi na konieczność wykonywania stropów pośrednich oraz prowadzenia trudnych i czasochłonnych prac ziemnych. W ostatecznym rachunku można wygospodarować zysk w postaci redukcji jednego poziomu rozparcia (oszczędność materiałów użytych do wykonania podpory pośredniej) oraz czasu niezbędnego na ich montaż (tab. 1).

Tab. 1. Bilans dla odcinka ściany o długości 1 m.b. i wysokości 20 m (redukcja liczby punktów podparcia)

Ściana szczelinowa	miano	Ściana sprężona	Ściana bez sprężenia	Zysk
Grubość ściany	[m]	0,8	0,8	–
Objętość betonu	[m ³]	16	16	–
Objętość zawiesziny	[m ³]	16	16	–
Objętość urobku	[m ³]	16	16	–
Liczba punktów podparcia	[poziom]	1	2	1

Zastosowanie sprężenia ma także na celu zredukowanie ilości materiałów niezbędnych do wykonania obudowy wykopu, zwiększenie tempa realizacji prac na budowie oraz poprawienie parametrów użytkowych ścian szczelinowych, takich jak ogra-

Tab. 2. Bilans dla odcinka ściany o długości 1 m.b. i wysokości 20 m (redukcja grubości)

Ściana szczelinowa	miano	Ściana sprężona	Ściana bez sprężenia	Zysk
Grubość ściany	[m]	0,8	1,2	0,4
Objętość betonu	[m ³]	16	24	8
Objętość zawiesziny	[m ³]	16	24	8
Objętość urobku	[m ³]	16	24	8
Liczba punktów podparcia	[poziom]	1	1	–

niczenie szerokości rozwarcia rysy oraz ograniczenie wartości naprężeń rozciągających (tab. 2).

Sprężenie kablobetonowe należy traktować jako rozwiązanie specjalne umożliwiające wznoszenie wykopów w bardzo złożonych warunkach gruntowych. W sytuacji coraz większych wyzwań współczesnej inżynierii i rozwoju całego budownictwa kubaturowego, przemysłowego oraz infrastrukturalnego zastosowanie sprężenia jest tym bardziej efektywne, im realizacja wykopu z różnych powodów musi się odbywać przy zredukowanej do minimalnej liczbie podpór tymczasowych oraz stałych lub w przypadku gdy konieczne jest uzyskanie komory podziemnej o znacząco długim prześle.

www.keller.com.pl



Czytaj więcej

**CZYTAJ RÓWNIEŻ
W NASZYM NOWYM
WEB KIOSKU**
*wzbogaconym
o interaktywności*



www.nbi.publww.com



FILMY



GALERIE ZDJĘĆ



AKTYWNE LINKI