



Płyty sprężone

wieżowca

Warsaw Spire

- nowa iglica

Warszawy

tekst i zdjęcia: **FREYSSINET POLSKA Sp. z o.o.**

Warsaw Spire, jak sama nazwa wskazuje, musi być wysoka, skoro w tłumaczeniu na język polski to Iglica Warszawy czy też Warszawska Iglica. Mowa o jednym z największych biurowców wznoszonych obecnie w stolicy i jednej z największych konstrukcji budowlanych w naszym kraju w kategorii *lightweight engineering* (lekkiej konstrukcji). Osiągnie wysokość 220 m wraz z iglicą i będzie to drugi, po Pałacu Kultury i Nauki (236 m), najwyższy budynek Warszawy o przeznaczeniu biurowym.

Warsaw Spire to kompleks trzech budynków: A – wieży (220 m) oraz dwóch bliźniaczych budynków B i C (ok. 55 m) sąsiadujących z nią. To także pięć kondygnacji podziemnych (tzw. działek X), łączących kompleks w jednolitą konstrukcję. Wszystkie budynki z wyjątkiem wieży i budynku C opierają się na fundamentach sprężonych. Szkielet całego kompleksu zbudowany jest ze sprężonych płyt kablobetonowych. Jest to układ płytowo-słupowy, zwieńczony trzonem szachtu windowego. Płyty o grubości 23–40 cm w zależności od obciążeń przewidzianych na danym poziomie podzielono podczas wznoszenia średnio na dwie działki robocze. Taki podział pozwala firmie Freyssinet Polska Sp. z o.o. – jako podwykonawcy – na wbudowanie systemowych zakotwień, kabli sprężających oraz sprężenie jednej kondygnacji w niespełna tydzień.

System wykorzystany na budowie do sprężenia kabli sprężających nazywany jest bezprzyczepnościowym (*unbonded*). To siedmiodrutowy splot stali o wysokiej wytrzymałości (1860 MPa), otoczony smarem w osłonce HDPE (*high-density polyethylene*). Właśnie smar i osłonka z polietylenu o dużej gęstości zapewniają tę bezprzyczepność. Siła sprężająca (223 kN) wprowadzana jest w kabel jednosplotowy (*monostrand*) przez naciąg siedmiodrutowego splotu za pomocą pompy hydraulicznej oraz siłownika jednosplotowego (prasą jednosplotową typ SC-2), a następnie zakotwieniu go za pomocą szczęk kotwiących w prowadnicy żeliwnej zwanych systemowo zakotwieniem 1F15.

Zakotwienie od strony naciągu to zakotwienie czynne, od strony nienaciąganej – bierne. Sprężenie od kabla przekazywane jest na beton przez docisk za pomocą prowadnic żeliwnych w kształcie płytki oporowej. Trasa kabla biegnie w postaci funkcji parabolicznej, na końcach elementu – w miejscach, gdzie znajdują się zakotwienia – zwykle zlokalizowana jest w połowie jego wysokości, nad podporami jako funkcja z ujemnym zwrotem, a w środku rozpiętości – z dodatnim. Tak ułożone kable z określonym mimośrodem po sprężeniu mają zniwelować pierwotną obwiednię momentów gnących, a tym samym zwiększyć nośność elementu pod zadaniem obciążeniem oraz zmniejszyć ugięcie przy dużej rozpiętości z jednoczesnym zachowaniem małej grubości stropu.

Należy również wspomnieć o zbrojeniu stref poszczególnych zakotwień wbetonowanych w strop sprężony. Wymagania dotyczące zbrojenia stref zakotwień wynikają z pojawiających się tuż za zakotwieniami lokalnych naprężeń rozciągających, rozrywających beton. Zbrojenie chroniące od siły docisku bloku kotwiącego zazwyczaj redystrybuowane jest za pomocą specjalnie ukształtowanych prowadnic żeliwnych, co pozwala na przeniesienie określonych naprężeń ściskających przez beton bez wykonywania dodatkowego zbrojenia na ściskanie.

Ważnym aspektem na budowie nie tylko Warsaw Spire jest oczywiście czas. Szybkość wznoszenia budynku, jak to zostało powiedziane wcześniej, wynosi jedną kondygnację na tydzień. Zasadą takiego tempa jest właśnie zastosowanie technologii kablobetonu. Sprężanie konstrukcji stropu odbywa się w dwóch etapach, siła sprężająca 30% po osiągnięciu ok. 50% docelowej wytrzymałości na ściskanie betonu – co zazwyczaj zajmuje trzy dni – działa już na tyle skutecznie, że można częściowo rozszalować drogie systemy szalunków i przejść na kolejną kondygnację. Sprężenie na 100% siły sprężającej pozwala na całkowite rozszalowanie stropów i odbywa się to już po ok. siedmiu dniach. Jednak należy pamiętać, że projektant nie przewiduje w swoich analizach i modelach projektowych stropów sprężonych faz betonowania kolejnych kondygnacji, a także ich ciężaru, stąd należy przemyśleć poprawne podparcie stropów stemplami w odpowiednich rozstawach na kondygnacjach poniżej. Gdyby analiza obejmowała takie obciążenia, strop byłby nieekonomicznie zaprojektowany, biura Warsaw Spire, jak i inne budynki, są projektowane na obciążenia normowe. Dobrym porównaniem byłaby tu druga budowa w technologii zwykłych stropów żelbetowych, tam z kolei stropy nie nadają się do przenoszenia takich samych obciążeń jak stropy sprężone, które osiągają swoją całkowitą nośność już po niecałym tygodniu od betonowania. Widzimy tutaj, jak ważne jest wnikliwe przemyślenie etapowania i harmonogramu wznoszenia konstrukcji.

Firma Freyssinet jako lider wśród firm wykonujących sprężanie konstrukcji musi zmagać się także z innymi trudnościami, jakie stawiają przed projektantami konstrukcji, a także wykonawcami coraz to bardziej nowoczesne projekty architektoniczne. Przykładem takiej konstrukcji może być budynek Cosmopolitan przy ul. Twardej w Warszawie, który na pewnej wysokości zaprojektowany został jako wspornik. Oprócz zastosowania stropów sprężonych wykorzystano tam również podwieszenie konstrukcji, takie samo jak w najbardziej wymagających podwieszonych konstrukcjach mostowych. Cały budynek podzielono na trzy sekcje po 11 pięter. Każdą z sekcji podtrzymuje para want składająca się w dwóch pierwszych sekcjach z 79 i w trzeciej 109 splotów każda. Jest to jedyny taki w Polsce wieżowiec z zastosowaniem mostowych systemów podwieszenia typu HD. Było to wielkie wyzwanie dla projektantów oraz dla nas jako budowniczych. Stropy wieżowca zostały zaprojektowane podobnie jak w wieżowcu Warsaw Spire, z jednym tylko wyjątkiem – w stropie budynku przy ul. Twardej zostały wbudowane systemy redukujące ciężar własny konstrukcji, tj. system Cobiax.

Podsumowując, sprężanie konstrukcji daje bardzo wiele możliwości, beton przez zastosowanie sprężania staje się materiałem idealnym, w którym przy odpowiednim zaprojektowaniu możemy pozbyć się naprężeń rozciągających i osiągnąć tzw. sprężenie pełne. Koszty materiałów – betonu, stali miękkiej, drogich systemów szalunkowych – i roboczogodziny zmniejszają się, a technologia umożliwia przyjęcie w harmonogramie stałych okresów realizacji – do tygodnia na jedną kondygnację, a jak wiemy, czas to pieniądz. Zastosowanie naszych systemów pozwala nie tylko na utrzymanie tak wysokiego tempa pracy, ale również na zmierzenie się z ambitnymi projektami architektonicznymi.

