



STAN AWARYJNY ŻELBETOWYCH SŁUPÓW SPRĘŻONYCH

TOMASZ BATOR, *t.bator@tu.kielce.pl*
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Streszczenie: Słupy sprężone nie są elementami powszechnie stosowanymi w budownictwie, choć udział konstrukcji prefabrykowanych stale rośnie. W artykule przedstawiono opis uszkodzeń żelbetowych słupów sprężonych z otworami technologicznymi wraz z analizą przyczyn ich powstania oraz sposobem naprawy. Uszkodzenie słupów nastąpiło w części głowicowej słupa oraz nad otworem technologicznym. Przyczyną zarysowania słupów była zbyt mała ilość zbrojenia poprzecznego zdolnego do przeniesienia naprężeń rozciągających prostopadłych do osi słupa. Przedstawiono wyniki pomiarów powstałych rys wraz z morfologią. Wykonano analizę numeryczną słupa w oparciu o program MES i model tarczowy. Analiza numeryczna potwierdziła miejsca i zakres uszkodzeń, jakie wystąpiły w omawianych słupach. Zaproponowano naprawę słupów poprzez ich poprzeczne sprężenie prętami wysokiej wytrzymałości. Wykonana analiza słupa po naprawie wykazała, że poprzeczne sprężenie jest efektywnym sposobem naprawy słupów w części głowicowej. Zwrócono uwagę, że strefa zakotwienia cięgien oraz miejsca zmiany sztywności słupa wymaga szczególnej analizy.

Słowa kluczowe: słupy żelbetowe, słupy sprężone, konstrukcje sprężone, zarysowanie słupów, naprawa słupów.

1. Wstęp

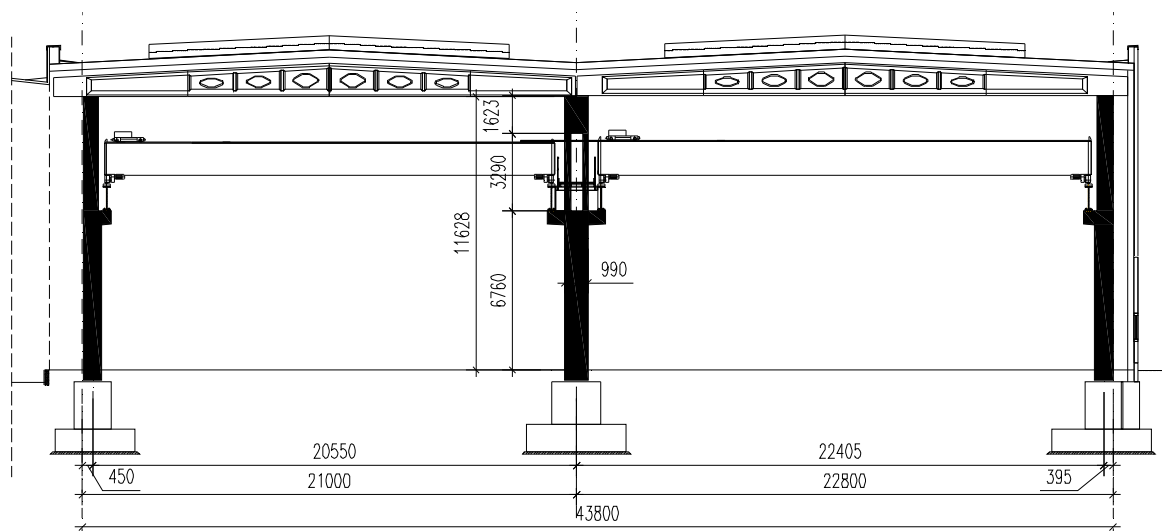
W ostatnich latach obserwuje się stały wzrost zastosowania konstrukcji z betonowych elementów prefabrykowanych, zbrojonych stalami zwykłymi jak i sprężającymi. Szczególnie duży rozwój można odnotować w przypadku elementów prefabrykowanych z betonu sprężonego, zwłaszcza przy realizacji konstrukcji hal produkcyjnych oraz magazynowych.

W artykule przedstawiono problem związany z wystąpieniem stanu awaryjnego słupów żelbetowych sprężonych, w których przewidziano wykonanie otworu przełazowego do obsługi suwnicy w hali produkcyjnej. O ile w dźwigarach dachowych stosowanie przekrojów sprężonych jest w pełni uzasadnione i często wykorzystywane, tak sprężanie słupów nie należy do najczęściej stosowanych rozwiązań. Wprowadzenie potężnych sił ściskających do i tak ściskanego elementu, jakim jest słup może wydawać się nierozważne. Jednak sens obliczeniowy projektowania słupów sprężonych może być wtedy uzasadniony, gdy są one mimośrodowo ściskane z dużym mimośrodem. Dotyczy to głównie przypadków słupów obciążonych suwnicami. Zastosowanie elementów sprężonych pozwala na ograniczenie wymiarów przekrojów poprzecznych, a także daje możliwość ujednolicenia i uproszczenia procesów produkcyjnych. Poniżej opisano powstanie uszkodzeń w słupach sprężonych, analizę przyczyn ich powstania oraz sposób naprawy.

2. Charakterystyka konstrukcji hali

W ramach rozbudowy jednego z zakładów przemysłowych zaprojektowano halę dwunawową o konstrukcji mieszanej stalowo-żelbetowej. Ustrój nośny stanowią ramy złożone z prefabrykowanych słupów żelbetowych utwierdzonych w monolitycznych stopach fundamentowych. Rygle ram zaprojektowano, jako dźwigary sprężone o kształcie trapezowym, na ryglach zaś oparto stalowe płatwie kratowe.

Ramy zostały rozstawione co 12 m. Rozpiętości poszczególnych naw wynoszą: 20,55 m oraz 22,405 m i są dostosowane do możliwości lokalizacyjnych budynku jak również do wymagań technologii jaka ma być użyta w tym zakładzie. Wysokość hali do spodu dźwigara dachowego wynosi ok. 11,68 m. Na poziomie ok. 6,76 m znajduje się górny poziom wsporników pod oparcie belek podsuwnicowych. W hali przewidziano pracę suwnic o udźwigu 25 ton w każdej nawie. Na rys. 1 pokazano przekrój poprzeczny przez omawianą halę.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny przez halę

Słupy w osiach skrajnych wykonano, jako prostokątne, pełnościenne o przekroju 590×790 mm z jednostronnymi wspornikami pod belki podsuwnicowe. Słupy w osi środkowej wykonano przekroju 590×990 mm z dwustronnymi wspornikami pod belki podsuwnicowe oraz z otworem o wymiarach 500×3290 mm w celu zapewnienia przejścia chodnika obsługowego suwnic. Na rysunku 2 i 3 pokazano widok hali w trakcie montażu prefabrykatów.



Rys. 2. Widok hali w trakcie montażu konstrukcji



Rys. 3. Widok słupa w osi środkowej hali z otworem przełazowym dla chodnika obsługowego suwnicy

Do wykonania elementów prefabrykowanych słupów użyto betonu C50/60 ($f_{ck} = 60$ MPa) oraz stali sprężającej gatunku Y1860 S7 o wytrzymałości na rozciąganie $f_t = 1860$ MPa. Jako

zbrojenie na ścinanie przyjęto strzemiona ze stali Bst500WR ($f_{yk} = 500$ MPa), a pozostałe zbrojenie konstrukcyjne ze stali zwykłej wykonano z gatunku B500SP.

Zbrojenie słupów składa się z 24 strun rozmieszczonych symetrycznie w przekroju poprzecznym, blisko krawędzi zewnętrznej. Każda ze strun wykonana jest jako splot siedmio drutowy o średnicy 12,5 mm i przekroju poprzecznym 93 mm². Siła sprężająca dla pojedynczego cięgna została określona na 14,1 T (141 kN). Rozkład cięgien sprężających w przekroju poprzecznym oraz schemat zbrojenia górnej części słupa pokazano na rys. 5.

3. Opis uszkodzeń słupów sprężonych

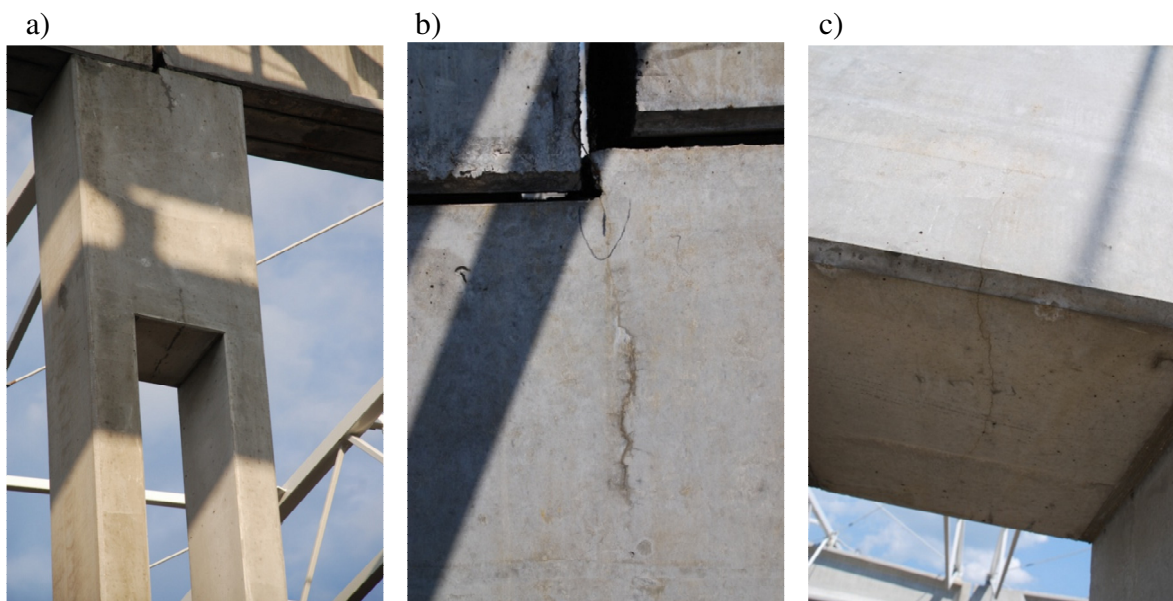
W trakcie inspekcji budowy związanej z montażem konstrukcji zauważono, że w słupach środkowych, w miejscu nad otworem przełazowym służącym do obsługi suwnicy wystąpiły rysy. W części górnej nad otworem wstąpiły rysy po obu stronach słupa. Także w samej części górnej, w miejscu skokowej zmiany przekroju związanym z oparciem belek dachowych na różnych poziomach wstąpiło zarysowanie. Rysy występowały każdym z dziesięciu słupów z otworem przełazowym, co zrodziło przypuszczenia, że zarysowanie może być objawem np. nieprawidłowej technologii wykonania elementów, złego doboru materiałów lub niewłaściwie zaprojektowanego zbrojenia. Widoczne zarysowania elementów sprężonych występujące już w fazie transportu i montażu zrodziły podejrzenia, czy elementy zostały prawidłowo zaprojektowane oraz wykonane w zakładzie prefabrykacji. Z uwagi na to, że wszelkie awarie elementów sprężonych mają charakter nagły i gwałtownie postępujący bez wstępnych objawów, jakie są typowe dla konstrukcji żelbetowych zdecydowano o przerwaniu montażu i przeanalizowaniu przyczyn powstania zarysowań jak również ich wpływu na bezpieczeństwo obiektu.

Ze wstępnej analizy dokumentów producenta prefabrykatów wynikało, że zastosowane materiały oraz sposób wykonania był zgodny z projektem oraz z zakładową kontrolą jakości. Przystępując do weryfikacji rozwiązań projektowych zwrócono uwagę, na prawdopodobnie za małą ilość zbrojenia poprzecznego w postaci strzemion. Wątpliwości wzbudziło także zbrojenie strefy z otworem przełazowym, gdzie następuje gwałtowana zmiana sztywności przekroju słupa, a siły sprężające są przenoszone przez smukłe gałęzie przy otworze.

Na podstawie pracy [3] oraz [4] stwierdzono, że charakter uszkodzeń odpowiada zjawisku jakie występuje w przypadku rozszczepienia strefy zakotwienia elementów sprężonych. Ten rodzaj uszkodzenia związany jest z występowaniem znacznych sił poprzecznych od sprężenia w strefie zakotwienia. Charakterystyczny jest dla elementów, w których cięgna są wyraźnie podzielone dwie grupy, maksymalnie od siebie oddalone i zazwyczaj usytuowane blisko krawędzi elementu. W przypadku omawianego słupa występuje taka sytuacja, ponieważ przy każdej zewnętrznej krawędzi słupa umieszczono po 8 strun, a w odległości ok. 175 mm umieszczono kolejną grupę cięgien. Najczęściej uszkodzenie zapoczątkowane jest na czole elementu i postępuje w jego głąb. W przypadku omawianych słupów uszkodzenie oprócz strefy przyczółkowej wystąpiło również w miejscu zmiany sztywności przekroju związanym z wykonaniem w słupie podłużnego otworu blisko strefy zakotwienia.

Na rys. 4 pokazano uszkodzenie głowicy słupa i górnej części otworu przełazowego.

Dla przedmiotowych uszkodzonych słupów przeprowadzono pomiary rys określając ich szerokość rozwarcia oraz długość. Badanie przeprowadzono lupą pomiarową o dokładności pomiaru 0,01 mm oraz za pomocą przymiaru liniowego. Przed pomiarem miejsca pomiaru zwilżono wodą w celu lepszej lokalizacji występujących rys. Zbiorcze zestawienie pomierzonych zarysowań zamieszczono w tab. 1 i 2.



Rys. 4. Widok zarysowanych słupów sprężonych w części na otworem przełazowym suwnic: a) widok zarysowanej części nadsuwnicowej słupa, b) rysa w głowicy słupa, c) rysa nad otworem przełazowym

Tabela 1. Zbiorcze zestawienie obwiedni z pomiarów rozwartości rys i ich długości dla głowicy słupa

Strona słupa	Rozwarcie rys [mm]		Długość rys [mm]	
	min.	max.	min.	max.
Lewa	0,07	0,18	230	370
Prawa	0,08	0,11	170	410

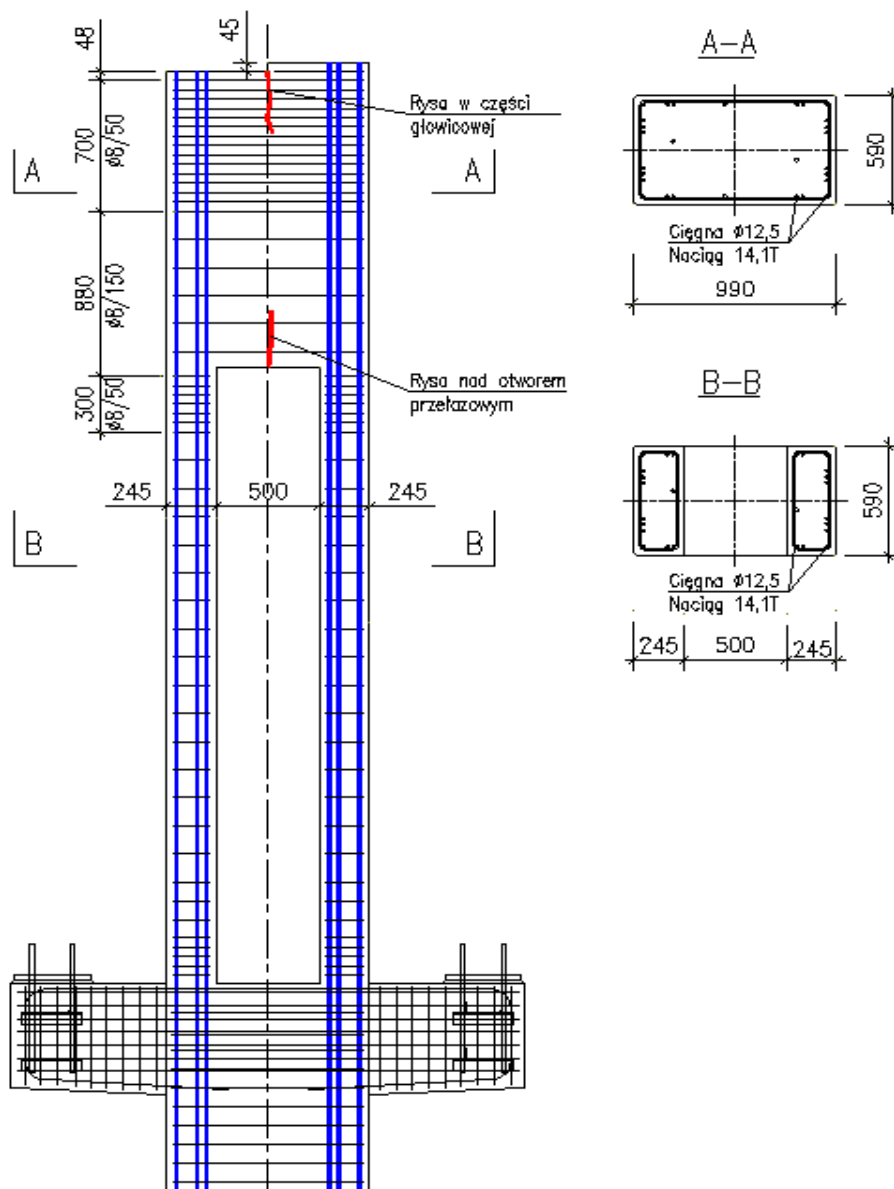
Tabela 2. Zbiorcze zestawienie obwiedni z pomiarów rozwartości rys i ich długości dla góry otworu przełazowego

Strona słupa	Rozwarcie rys [mm]		Długość rys [mm]	
	min.	max.	min.	max.
Lewa	0,10	0,28	215	390
Prawa	0,06	0,30	175	360

Wynika z wykonanych pomiarów, że rysy w części głowicowej mają rozwartość od 0,07 do 0,18 mm oraz maksymalną długość 410 mm. W części przyczółowej zaobserwowano także dla sześciu z dziesięciu słupów występowanie rys włoskowatych oraz rys o charakterze skurczowym. Rysy w części głowicowej mają szerokość rozwarcia od 0,06 do 0,30 mm oraz maksymalną długość 390 mm. W przypadku dwóch słupów stwierdzono występowanie także rys włoskowatych oraz rys skurczowych w rejonie uszkodzenia.

Dokonano także oględzin skrajnych słupów pełnościennych w hali ze szczególnym zwróceniem uwagi na strefę przyczółową zakotwienia cięgien. Nie stwierdzono rys świadczących o uszkodzeniach typu rozszczepienie strefy zakotwienia ani o innych opisanych w literaturze [3]. Jedynie zaobserwowano rysy włosowate przy czole elementu, mające raczej charakter rys skurczowych. Przez okres kilku miesięcy od montażu słupów nie pojawiły się nowe rysy lub inne uszkodzenia. Także w słupach w strefie przy wspornikach pod belki podsuwnicowe nie zaobserwowano rys mogących świadczyć o uszkodzeniu słupów w tych miejscach.

Na rysunku 5 pokazano schematycznie układ cięgien sprężających oraz strzemion wraz z przekrojami poprzecznymi w części górnej uszkodzonych słupów.



Rys. 5. Układ zbrojenia w części głowicowej słupa. Kolorem niebieskim zaznaczono trasę cięgien sprężających, kolorem czerwonym powstałe uszkodzenia słupów

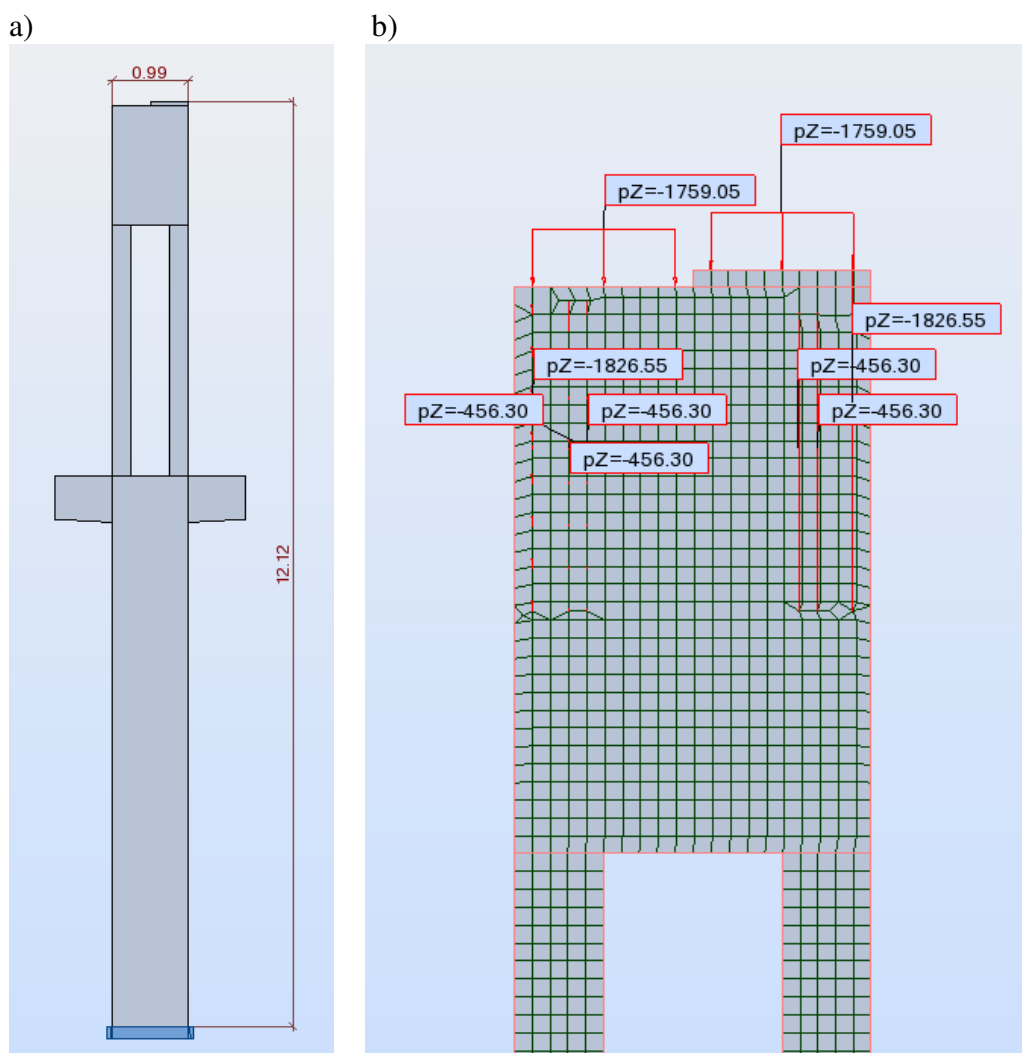
4. Analiza obliczeniowa słupa

Zalecenia normowe [1] wskazują na konieczność zbrojenia strefy podporowej na siłę o wartości minimum 20% całkowitej siły sprężającej w elemencie. Dla omawianego przekroju słupa minimalna ilość zbrojenia poprzecznego winna wynosić $A_s = 16,11 \text{ cm}^2$. Zbrojenie to wg [1] powinno być rozłożone na długości nie większej niż wysokość obliczanego przekroju, choć zapis ten odwołuje się pośrednio do konieczności przeprowadzenia analizy sprężystej rozkładu naprężeń w elemencie. Natomiast w pracy [3] pojawia się zalecenie by zbrojenie strefy przyczolowej było rozłożone na odcinku nie większym niż $0,3 l_p$, gdzie l_p jest długością strefy zaburzeń zakotwienia. Dla przedmiotowego słupa zbrojenie strzemionami przewidzianymi do przeniesienia sił rozszczepiających powinno być umieszczone na odcinku max 48 cm, zakładając, że obliczona wg [1] wartość l_p wynosi 120 cm.

W pracach [5, 6] przedstawiono aspekty obliczeniowe strefy zakotwienia elementów sprężonych wraz z omówieniem obliczania naprężeń oraz zarysowań w tych strefach. Na podstawie zawartych w tych pracach zaleceń do analizy strefy zakotwienia można posłużyć się modelem tarczowym. Sprawdzenie tej strefy polega na określeniu czy naprężenia prostopadłe do osi elementu nie przekraczają wytrzymałości charakterystycznej betonu na rozciąganie. Takie sprawdzenie jest także zgodne z postanowieniami normy [1, 2] w tym zakresie.

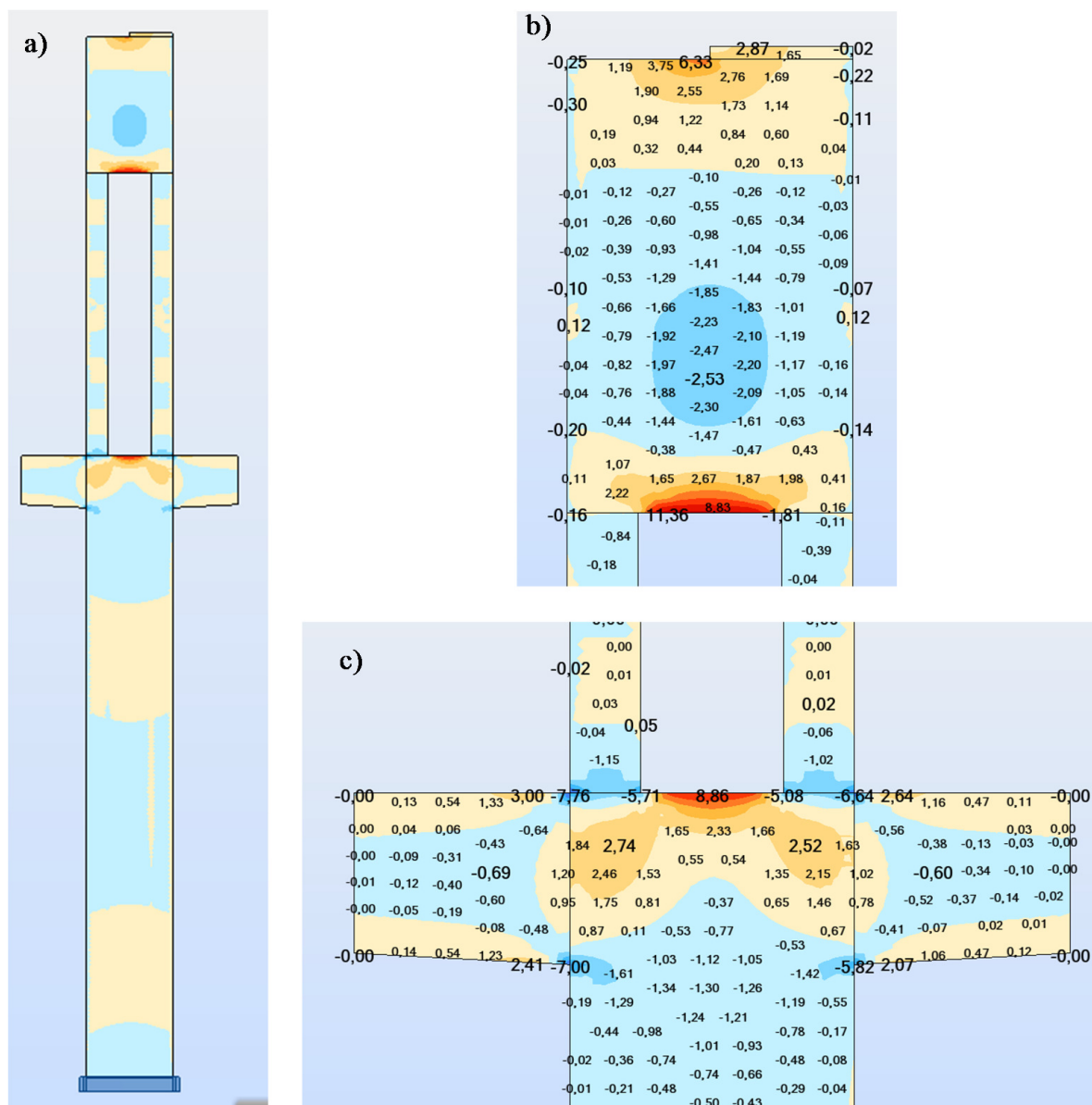
W przypadku analizowanych w artykule zarysowanych słupów do określenia rozkładu naprężeń posłużono metodą MES, analizując konstrukcję w płaskim stanie naprężenia. Przyjęto w modelu elementy skończone powierzchniowe, nadając im grubości 59 cm, a więc tyle ile wynosi grubość słupa. W modelu słupa zostały uwzględnione obciążenia siłami od sprężenia, ciężarem własnym oraz obciążeniem od konstrukcji dachu i belek podsuwnicowych. Dla prostych przypadków obciążenia zostały wygenerowane ich kombinacje. Na rys. 6 pokazano model słupa oraz obciążenia w strefie głowicowej. Przeprowadzono obliczenia przy użyciu powszechnie używanego oprogramowania MES.

Wyniki naprężeń σ_x (prostopadłe do osi elementu) zostały pokazane na rys. 7 dla przypadku obciążenia ciężarem własnym oraz siłami od sprężenia, czyli w stanie, w jakim zaobserwowano zarysowanie słupów. Wykonano także obliczenia dla stanu eksploatacyjnego słupów w zakresie maksymalnych obciążeń działających na przedmiotowe elementy.



Rys. 6. Model obliczeniowy słupa: a) model tarczowy słupa, b) obciążenia w strefie głowicowej słupa

Na rys. 7 pokazano mapę naprężeń σ_x dla całego słupa oraz szczegółowy rozkład naprężeń w rejonie nad i pod otworem przełazowym. Z uwagi na to, że zarysowanie słupów nastąpiło w fazie montażu, bez obciążeń zewnętrznych przeanalizowano rozkład naprężeń dla kombinacji ciężaru własnego i siły sprężającej. Obliczenia programem MES wykazały występowanie największych naprężeń rozciągających nad otworem technologicznym, pod otworem technologicznym oraz w strefie głowicy słupa.



Rys. 7. Rozkład naprężeń σ_x od obciążeń ciężarem własnym i sprężeniem: a) widok całego słupa, b) strefa nad otworem oraz głowica słupa, c) strefa pod otworem

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że maksymalne naprężenia rozciągające prostopadłe do osi elementu występują w strefie nad otworem przełazowym i osiągają wartość $\sigma_x = 11,36$ MPa. Wartość wypadkowej siły rozciągającej prostopadłej do osi słupa, jaka występuje nad otworem wynosi 562 kN. Obliczone pole powierzchni zbrojenia poprzecznego potrzebne do przeniesienia tej siły wynosi $A_s = 13,38$ cm². W zaprojektowanym słupie przewidziano w tej strefie zbrojenie poprzeczne o przekroju $A_s = 5,52$ cm². Z powodu zbyt

małej ilości zbrojenia przeznaczonego do przeniesienia naprężeń rozciągających prostopadłych do osi elementu słup uległ zarysowaniu.

Kolejnym miejscem podlegającym weryfikacji pod kątem naprężeń rozciągających była dolna krawędź otworu technologicznego. W tym miejscu maksymalne naprężenia rozciągające osiągają wartość $\sigma_x = 8,86$ MPa. Wartość wypadkowej siły od sprężania, jaka występuje nad otworem wynosi 438 kN. Obliczone pole powierzchni zbrojenia poprzecznego potrzebne do przeniesienia tej siły wynosi $A_s = 10,44$ cm². Zbrojenie prostopadłe do kierunku tych naprężeń wykonano w tym miejscu z 4 prętów $\phi 25$ co daje przekrój $A_s = 19,84$ cm² co jest wartością większą niż minimalne potrzebne obliczeniowo zbrojenie. Oględziny słupa potwierdzają, że w tym miejscu nie występuje zarysowanie.

W części głowicowej słupa maksymalne naprężenie rozciągające wynosi $\sigma_x = 6,33$ MPa co odpowiada sile rozciągającej 314 kN. Potrzebne pole zbrojenia poprzecznego wynosi $A_s = 7,45$ cm². Analizując rozkład naprężeń rozciągających można stwierdzić, że naprężenia o wartości przekraczającej wytrzymałość betonu na rozciąganie ($f_{ctk} = 2,90$ MPa) występują w strefie tuż przy krawędzi, a ich zasięg wynosi ok. 20 cm. Wg projektu na odcinku 20 cm od czoła słupa zastosowano 5 prętów $\phi 8$ o łącznym przekroju $A_s = 5,03$ cm². Taka ilość zbrojenia jest mniejsza niż wymaga obliczeniowo do przeniesienia naprężeń rozciągających wobec czego w tym miejscu nastąpiło zarysowanie słupa.

W dalszej części analiz numerycznych przeprowadzono obliczenia dla kombinacji obliczeniowych w fazie eksploatacji słupów tj. z uwzględnieniem obciążeń od dachu, obciążeń klimatycznych oraz użytkowych od zamontowanych suwnic. Poniżej zestawiono maksymalne naprężenia rozciągające, wypadkową siłę rozciągającą oraz niezbędne pole przekroju zbrojenia poprzecznego do przeniesienia tych naprężeń.

- Nad otworem technologicznym $\sigma_x = 14,19$ MPa; $N = 702$ kN; $A_s = 16,72$ cm²
- Pod otworem technologicznym $\sigma_x = 14,77$ MPa; $N = 731$ kN; $A_s = 17,04$ cm²
- Czoło głowicy słupa $\sigma_x = 7,08$ MPa; $N = 350$ kN; $A_s = 8,34$ cm²

Stwierdzono, że przyjęte zbrojenie poprzeczne dla przeniesienia siły rozciągającej prostopadłej do osi elementu jest wystarczające jedynie w dolnej części otworu technologicznego. Zbrojenie występujące przy głowicy słupa oraz w górnej części otworu technologicznego będzie za małe do przeniesienia naprężeń rozciągających występujących w sprężonym słupie.

5. Sposób naprawy słupa

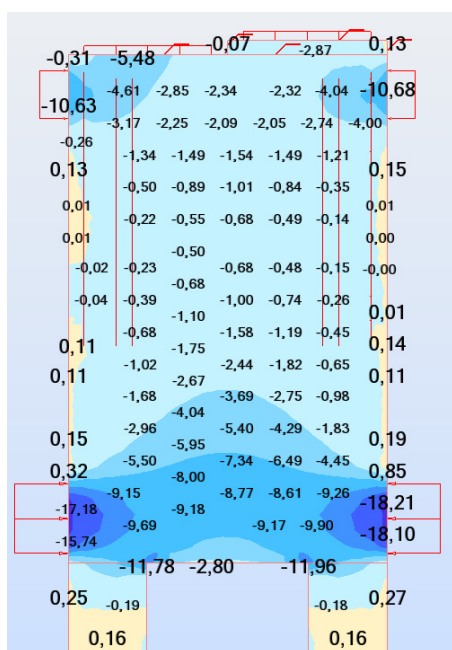
Celem naprawy słupów było przywrócenie ich nośności w strefach przeciążonych i zarysowanych oraz zapewnienie trwałości elementów w całym okresie eksploatacji. Jako sposób naprawy zaproponowano wykonanie sprężenia poprzecznego słupów poprzez pręty o wysokiej wytrzymałości. Z przeprowadzonych wstępnych analiz wynika, że słup powinien być sprężony w części głowicowej, w dwóch poziomach, tak by ograniczyć naprężenia rozciągające w głowicy słupa i nad otworem technologicznym. Zestaw prętów sprężających dobrano w następujący sposób:

- w części nad otworem technologicznym zastosowano pręt SAS 1050 o średnicy $\phi 47$ o wytrzymałości na rozciąganie 1650 kN z podkładką stalową o wymiarach 50×260×260 oraz nakrętką z kolistą powierzchnią docisku,
- w części głowicowej słupa zastosowano pręt SAS 1050 o średnicy $\phi 36$ o wytrzymałości na rozciąganie 960 kN z podkładką stalową o wymiarach 45×200×200 oraz nakrętką z kolistą powierzchnią docisku.

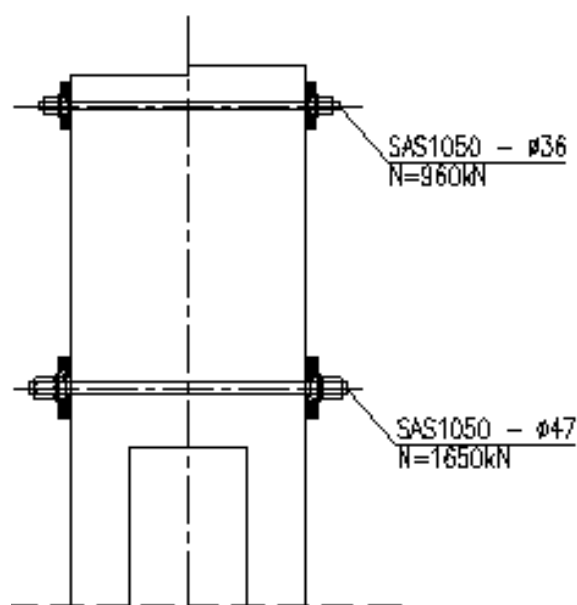
Poniżej na rys. 8 przedstawiono wyniki analizy numerycznej strefy głowicowej słupa oraz schemat wzmocnienia. W wyniku obliczeń można stwierdzić, że maksymalne naprężenie

rozciągające osiąga wartość $\sigma_x = 0,13$ MPa i nie przekracza wytrzymałości betonu na rozciąganie $f_{ctk} = 2,90$ MPa. Cała strefa głowicowa słupa została doprężona w celu wyeliminowania naprężeń rozciągających większych niż wytrzymałość betonu na rozciąganie. Do sprężania użyto systemowych prętów o wysokiej wytrzymałości wraz z podkładkami i nakrętkami gwarantującymi przeniesienie siły sprężającej na beton oraz ograniczenie naprężeń od docisku do betonu. Sprężenie przeprowadzono w sposób kontrolujący siłę w pręcie wraz z pomiarem jego wydłużenia. Miejsca rys zostały poddane iniekcji ciśnieniowej tak by zamknąć miejsca zarysowane i zapewnić wymaganą trwałość elementów. Schemat wykonania naprawy pokazano na rys. 9.

W celu sprawdzenia poprawności wykonania naprawy oraz jej efektów dokonywane były cykliczne kontrole naprawionych zarysowanych słupów poprzez obserwacje i pomiar rys. W okresie prawie roku od naprawy słupów, przy pełnym obciążeniu konstrukcji nie stwierdzono powstawania zarysowań słupów oraz pojawiania się nowych spękań we wzmacnianych rejonach konstrukcji. Potwierdziło to skuteczność zaproponowanego sposobu naprawy uszkodzonych słupów.



Rys. 8. Rozkład naprężeń σ_x od obciążeń w stadium eksploatacji oraz od sprężenia poprzecznego słupa w wyniku naprawy



Rys. 9. Schemat naprawy słupa poprzez poprzeczne sprężenie głowicy słupa

6. Podsumowanie

Projektowanie elementów sprężonych wymaga przeprowadzenia szeregu analiz obliczeniowych szczególnie w strefie zakotwienia cięgien. W elementach sprężonych, w których ciągną są w dwóch wzajemnie oddalonych od siebie grupach może wystąpić zjawisko rozszczepienia strefy zakotwienia. Dla elementów sprężonych z otworami technologicznymi zaleca się wykonywać szczegółową analizę obszaru zakotwienia cięgien oraz rejonu przy otworach. Dobrym odwzorowaniem pracy takiego elementu sprężonego może być analiza sprężysta przy zastosowaniu powszechnie dostępnych programów obliczeniowych MES i użyciu elementu skończonego typu tarczowego. Rozkład zbrojenia poprzecznego powinien odpowiadać rozkładowi naprężeń rozciągających w elemencie i powinno być zweryfikowane na podstawie

przyjętych modeli obliczeniowych. Dla elementów o nietypowym ukształtowaniu geometrycznym dobór zbrojenia na podstawie ogólnych wzorów zawartych w normach może być niewystarczający i powodować w konsekwencji uszkodzenie elementów.

Literatura

1. Norma PN-B-03264:2002. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
2. Norma PN-EN-1992-1-1. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
3. Ajdukiewicz A., Mames J. Konstrukcje z betonu sprężonego, Polski Cement, Kraków 2004.
4. Madaj A., Wołowicki W. Mosty betonowe. Wymiarowanie i konstruowanie. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002.
5. Owerko P., Salamak M. Strefa zakotwień kabli sprężających – problemy technologiczne i projektowe. Konferencja Konstrukcje Sprężone KS2012, Kraków 2012.
6. Knauff M., Knyziak P. Stany graniczne naprężeń i zarysowania w belkach sprężonych wg PN-EN 1992-1-1 w porównaniu ze starszymi polskimi przepisami, Czasopismo Techniczne nr 3-B/2012, Kraków 2012.

FAILURE CONDITION OF PRESTRESSED CONCRETE COLUMNS

Abstract: Prestressed columns are not elements commonly used in the construction industry, although the share of prefabricated constantly growing. The article describes damage to reinforced concrete columns with holes prestressed technology together with an analysis of their origin and method of repair. Damage to the columns was in the head portion of the pole and the hole technology. The cause scratching posts was too small amount of transverse reinforcement able to transfer the tensile stress perpendicular to the axis of the column. Presents the results of measurements of the resulting figure with morphology. Column numerical analysis was performed based on FEM software and disk model. Numerical analysis confirmed the location and extent of the damage occurring in these columns. Proposed repair columns through their transverse compression of high-strength rods. The analysis of the repair of the column showed that the transversal prestressing is an effective way to repair the poles of the head portion. It was noted that the tendon anchorage zone and change the stiffness of the column space requires special analysis.

Keywords: Reinforced concrete columns, prestressed concrete columns, prestressed structures, column crack, column repair.