

KOLEJOWA OSNOWA GEODEZYJNA – PRZEPISY ORAZ PRAKTYKA POMIAROWA

Andrzej Uznański

Dr inż., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, e-mail: auznan@agh.edu.pl

Streszczenie. Nieustanny rozwój techniczny powoduje nienadążanie regulacji prawnych za możliwościami pomiarowymi. Z tego powodu kontrola, a w razie potrzeby aktualizacja istniejących przepisów powinna następować regularnie. Podstawową instrukcją geodezyjną dla obszarów kolejowych jest D-19 z 2000r. W zakresie osnów geodezyjnych na obszarach kolejowych najaktualniejszy jest standard techniczny Ig-7 PKP PLK S.A z 2012r. W pracy przedstawiono problematykę zakładania, pomiarów i obliczeń współrzędnych punktów kolejowej osnowy geodezyjnej. Odniesiono się do przepisów, głównie branżowych, pod kątem własnego doświadczenia w realizacji takich pomiarów, które nie zawsze pokrywa się z zapisami przepisów, a zostało pozytywnie zweryfikowanego przez wykonawców robót. Przedstawiono również możliwe problemy z prawidłową oceną jakości pomiarów na przykładzie przeprowadzonego pomiaru kontrolnego na odcinku modernizowanej linii kolejowej.

Słowa kluczowe: kolejowa osnowa geodezyjna, kolejowa osnowa specjalna, znaki regulacji osi toru, Ig-7

1. Wprowadzenie

Rozwój urządzeń i instrumentów, technik i technologii pomiarowych wymusza aktualizację przepisów regulujących realizację pomiarów geodezyjnych także na obszarach kolejowych, aby umożliwić formalne stosowanie ekonomicznych i aktualnych rozwiązań technologicznych. Należy przy tym zachować rozwagę, aby dopuszczone do stosowania rozwiązania techniczne i pomiarowe dawały wyniki również wystarczająco dokładne i niezawodne, gdyż dążenia wykonawcy będą zawsze zmierzały do realizacji pomiaru najtańszego, który często może nie spełniać wymogów jakościowych stawianych wynikiem pomiarów na obszarach kolejowych. Jednym z kroków w kierunku nowoczesnych rozwiązań w geodezji kolejowej było ustalenie wzorca znaku regulacji osi toru w wytycznych PKP PLK S.A. Ig-6 [3] wraz z uzgodnieniem dostaw słupów trakcji elektrycznej z fabrycznie wykonywanymi otworami do montażu nowych znaków regulacji osi toru bez uszkodzania warstwy antykorozyjnej słupów.

Podstawową instrukcją branżową dla pomiarów geodezyjnych na obszarach kolejowych jest instrukcja D-19 „O organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej” [5]. Nadal jednak trwają prace nad jej aktualizacją. Ma to być

opracowanie regulujące znacznie szerszy zakres zagadnień geodezyjnych, niż wersja poprzednia.

Liczne prace modernizacyjne, których podstawą jest osnowa geodezyjna, wpłynęły na konieczność pilnego opracowania standardu pomiarów dla wykonawców pomiarów geodezyjnych. W 2012 roku ukazał się więc standard techniczny Ig-7 [4], określający zasady i dokładności pomiarów geodezyjnych dla zakładania wielofunkcyjnych znaków regulacji osi toru. Standard dotyczy wyłącznie linii elektryfikowanych.

Pewną „nowością” w geodezji są pomiary satelitarne. Ich stosowanie do wyznaczania pozycji punktów w zastosowaniach cywilnych w Polsce miało początek w latach 90-tych ubiegłego wieku. Były to w zasadzie wyłącznie pomiary realizowane metodą statyczną. Od tego czasu nastąpił bardzo dynamiczny rozwój satelitarnych technik pomiarowych, głównie w czasie rzeczywistym. Jak do tej pory pomiary satelitarne doczekały się jedynie zaleceń sformułowanych przez GUGiK w 2011r. [2]. W standardzie technicznym Ig-7 sformułowano również wymagania stawiane pomiarom satelitarnym na obszarach kolejowych, choć w znacznie węższym zakresie niż w opracowaniu GUGiK, ale z odwołaniami do innych przepisów.

W pracy przedstawiono treść bazującą na doświadczeniu w wyznaczaniu współrzędnych punktów kolejowej osnowy geodezyjnej w zestawieniu z obowiązującymi przepisami, wymienionymi powyżej oraz z przykładem kontroli osnowy na 2,7 km odcinku modernizowanej linii kolejowej.

2. Jakość wyników pomiarów geodezyjnych

Oczywistą funkcją uregulowań prawnych jest niedopuszczenie do stosowania rozwiązań pomiarowo-obliczeniowych niepozwalających na uzyskiwanie wyników dokładnych i pewnych (niezawodnych). Mają one być pomocną wskazówką dla wykonawców robót geodezyjnych w kwestii wymagań dla efektów ich pracy tak, aby spełniały specyficzne wymagania branżowe.

Problematyka jakości wyników pomiarów geodezyjnych wiąże się z pojęciami precyzji, dokładności oraz niezawodności. Precyzja samego pomiaru i jego wyników jest parametrem, który geodeta może kontrolować bezpośrednio w trakcie powtarzanych pomiarów. Miarą precyzji jest odchylenie standardowe, mówiące o rozproszeniu wyników pomiarów wokół średniej z nich. Jest ono parametrem jakości najczęściej obliczanym przez instrumenty geodezyjne. Bardzo często nie jest to jednak parametr niezawodny. Jest to szczególnie częste w przypadku pomiarów satelitarnych w czasie rzeczywistym, ale nie tylko. Przykładem są wyniki pomiaru kontrolnego osnowy odcinka linii kolejowej zamieszczone w kolejnym punkcie.

Istotnym parametrem jakości wyników pomiarów jest ich dokładność, czyli bliskość wokół wartości prawdziwej. Wartość prawdziwa nigdy nie jest znana i jest to podstawowy problem w ocenie jakości wyników pomiarów. W opisanym poni-

żej przykładzie (kolejny rozdział) dokładność określano wykonując pomiary instrumentami praktycznie najdokładniejszymi ze stosowanych w geodezji.

Parametrem, który zawsze idzie w parze z dokładnością wyników pomiarów, a nie zawsze z ich precyzją, jest niezawodność [1]. Pojęcie niezawodności związane jest z możliwością wykrywania błędów grubych i implikuje możliwość poprawnej oceny dokładności wyników pomiarów. Niezawodność może być określona jako zdolność do wykrycia obserwacji obciążonych błędem grubym lub systematycznym oraz estymacji wpływu nie wykrytych błędów grubych i systematycznych na estymowane wielkości. Podane określenie niezawodności ujmuje dwa aspekty tego pojęcia, odnoszące się odpowiednio do niezawodności wewnętrznej i niezawodności zewnętrznej.

Niezawodność wewnętrzna jest określona przez minimalny wykrywany błąd gruby i/lub systematyczny. Duża wartość minimalnego wykrywanego błędu wskazuje na małą możliwość kontroli obserwacji lub współrzędnych, dlatego im większa wartość minimalnego wykrywanego błędu, tym mniejsza niezawodność sieci.

Niezawodność zewnętrzna jest miarą zaburzenia (wielkości błędu), które może zostać wprowadzone do wyrównanych współrzędnych punktów w wyniku niewykrytych błędów grubych lub systematycznych. Jest ona wyrażana przez parametr BNR (Bias to Noise Ratio). Parametr BNR może być interpretowany jako stosunek między niezawodnością i precyzją.

Analizę funkcjonowania teorii niezawodności W.Baardy [1] na prostym do interpretacji przykładzie zaprezentowano w [8].

Pojęcia precyzji, dokładności i niezawodności dotyczą wszelkiego rodzaju pomiarów geodezyjnych. Jednakże ze względu na specyfikę różnego typu pomiarów geodezyjnych będą one miały zróżnicowane znaczenie w zakresie możliwości prawidłowej oceny jakości wyników. Z tego powodu pomiary geodezyjne osnów kolejowych możemy podzielić na:

- A. naziemne
 - a) niwelacyjne,
 - b) tachymetryczne,
- B. satelitarne
 - a) opracowywane w post-processingu (praktycznie pomiary statyczne),
 - b) opracowywane w czasie rzeczywistym (RTK GPS oraz RTN).

Najmniej problemów z jakością wyników pomiarów dostarczają pomiary niwelacyjne. Wystarczy sprzęt odpowiedniej klasy i dbałość o dostosowanie długości celowych do warunków pomiaru. Pomiary tachymetryczne są bardziej wymagające, co wiąże się między innymi z częstą koniecznością lokalizacji stanowisk blisko toru na liniach eksploatowanych, trudną topografią terenu, a w przypadku dni słonecznych z bardzo silną wibracją powietrza. Największe trudności z oceną jakości wyników pomiarów występują w przypadku pomiarów satelitarnych, szczególnie realizowanych w czasie rzeczywistym.

W przypadku pomiarów tachymetrycznych kolejowych osnów geodezyjnych celowa instrumentu przebiega zazwyczaj w prawie jednorodnej atmosferze na całej, wynoszącej do kilkuset metrów długości. Wpływ warunków pomiaru na jego

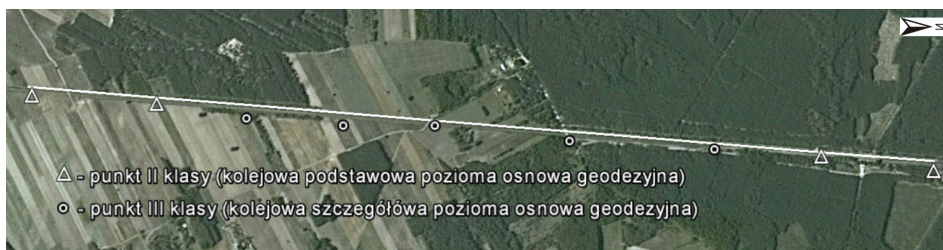
wynik uwzględniany jest poprzez współczynnik refrakcji oraz poprawkę atmosferyczną obliczaną w trakcie pomiaru na podstawie temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza. W przypadku pomiarów satelitarnych „celowa” ma długość rzędu 20 km i przebiega przez niejednorodne warstwy: szybkozmienną związaną z cyklem aktywności słonecznej, aktywną elektrycznie jonosferę oraz tworząca warunki pogodowe troposferę. Między innymi z tego powodu oraz z powodu zakłóceń sygnałów satelitarnych powodowanych przez przeszkody terenowe, znacznie trudniej jest ocenić jakość pomiaru satelitarnego.

3. Analiza wyników pomiaru kontrolnego

W poniższym przykładzie pomiarów kontrolnych wykonanych na odcinku jednej z modernizowanych linii kolejowych, przedstawione zostaną możliwe do otrzymania rozbieżności wyników pomiarów. Przykład zamieszczono, gdyż bardzo dobrze obrazuje problematykę jakości pomiarów geodezyjnych z akcentem na trudności z poprawną jej oceną.

Charakterystyka obiektu (rys. 1)

Z obszernego operatu do kontroli wybrano ośnowę geodezyjną prostoliniowego odcinka linii kolejowej o długości ok. 2,7 km, który od strony północnej przebiega przez las, a w części południowej odcinka las występuje tylko od zachodu. Część środkowa jest generalnie wolna od przesłoneń horyzontu.



Rys. 1. Obiekt pomiaru kontrolnego

Nomenklatura operatu dzieliła punkty na klasy:

- I klasa - punkty osnowy GPS (dwuznakowe punkty kolumnowe z wymuszonym centrowaniem i reperem) zlokalizowane na stacjach kolejowych parami lub trójkami, których współrzędne zostały wyznaczone z satelitarnych sesji statycznych z dokładnością I klasy podstawowej osnowy poziomej,
- II klasa - pary punktów osnowy GPS w odległościach co około 2,0 – 2,5 km, których współrzędne zostały wyznaczone z satelitarnych sesji statycznych z dokładnością osnowy poziomej II klasy,
- III klasa - punkty osnowy zagęszczającej założone wzdłuż szlaku co 300 - 400 metrów.

Kontrolowany odcinek znajdował się między dwoma parami punktów II klasy, a w jego obrębie znajdowały się 4 punkty III klasy.

Cbarakterystyka pomiaru kontrolowanego (pierwotnego)

Współrzędne sytuacyjne wszystkich punktów wyznaczone zostały na podstawie postprocessingu i wyrównania obserwacji satelitarnych zrealizowanych metodą statyczną. Pomiar osnowy poziomej GPS I klasy został wykonany w nawiązaniu do najbliższych stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS oraz położonych najbliższej linii kolejowej punktów sieci POLREF. Do pomiaru wykorzystano dwuczęstotliwościowe satelitarne odbiorniki geodezyjne. Dla punktów osnowy GPS I klasy pomiar został wykonany w dwóch 40-minutowych sesjach (taki zapis umieszczono także w później opracowanym standardzie Ig-7). Dla punktów osnowy GPS II klasy pomiar został wykonany w jednej 30-minutowej sesji, a dla punktów III klasy sesja trwała 20 minut. Rejestrowano sygnały z satelitów znajdujących się min. 10^0 nad horyzontem anteny satelitarnej w interwałach 15-sekundowych. Zamieszczone w operacie pomiarowym wyniki wyrównania obserwacji satelitarnych wskazują na przeciętne błędy współrzędnych sytuacyjnych wszystkich punktów na poziomie 1 mm, natomiast wysokości elipsoidalnych na poziomie 2 mm. Poprawność powyższych wyników potwierdzano w operacie wartością statystyki testu Chi-kwadrat.

Wysokości punktów zostały wyznaczone metodą niwelacji geometrycznej w nawiązaniu do punktów podstawowej osnowy wysokościowej I i II klasy.

Cbarakterystyka pomiaru kontrolnego (aktualnego)

Współrzędne punktów II klasy wyznaczone zostały z satelitarnych obserwacji statycznych wykonanych w dwóch sesjach trwających od 4 do 5,5 godziny. Rejestrowano sygnały z satelitów znajdujących się min. 10^0 nad horyzontem anteny satelitarnej w interwałach 10-sekundowych. Obliczone błędy współrzędnych sytuacyjnych tych punktów były na poziomie 1 mm, natomiast wysokości elipsoidalnych w przedziale 2,0 – 3,5 mm. Współrzędne punktów II klasy wyznaczono z obserwacji tachymetrycznych. Pomiar tachymetryczny wykonano precyzyjnym instrumentem TCA2003 o odchyleniu standardowym pomiaru odległości $1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ oraz odchyleniu standardowym pomiaru kierunku $0,5''$. Centrowanie pryzmatów dalmierznych przeprowadzono za pomocą precyzyjnych pionowników optycznych. Korzystano ze statywów drewnianych GST-20. Pomiar realizowane były w min. 3 seriach z wyrównaniem pomierzonych kierunków na stanowisku pomiarowym.

Kontrola wyników

Wyniki pomiaru pierwotnego i aktualnego umożliwiły różne zestawienia porównawcze, m.in:

- współrzędnych punktów II klasy z pomiarów satelitarnych (tab. 1),

- współrzędnych punktów III klasy z pomiarów satelitarnych pomiaru kontrolowanego i z precyzyjnych pomiarów tachymetrycznych pomiaru kontrolnego (tab.1),
- błędów współrzędnych punktów III klasy w wyniku wyrównania obserwacji w oparciu o współrzędne punktów II klasy z pomiaru kontrolowanego i kontrolnego (tab. 2).

Różnice współrzędnych i położenia sytuacyjnego punktów II klasy z pomiaru pierwotnego i aktualnego zestawiono w tabeli 1. Wartości z tej tabeli wskazują na istotny wpływ na współrzędne punktów III klasy nawiązania do współrzędnych punktów II klasy. W tabeli 2 ten wpływ ujawnia się w 5-krotnej różnicy wartości błędów położenia sytuacyjnego punktów po wyrównaniu.

Tabela 1. Różnice współrzędnych x , y oraz położenia sytuacyjnego punktów II i III klasy między pomiarem kontrolnym (aktualnym) i kontrolowanym (pierwotnym)

<i>Pkt II klasy</i>	dx [mm]	dy [mm]	dp [mm]	<i>Pkt III klasy</i>	dx [mm]	dy [mm]	dp [mm]
01	-1	-14	14	001	33	6	33
02	-27	-14	31	002	13	26	29
03	1	-25	25	003	-2	22	22
04	9	-25	27	004	-4	23	24

Tabela 2. Wartości błędów współrzędnych punktów III klasy

<i>Pkt III klasy</i>	<i>Pomiar: kontrolowany (pierwotny)</i>			<i>kontrolny (aktualny)</i>			mp^p / mp^a
	dx [mm]	dy [mm]	mp^p [mm]	dx [mm]	Dy [mm]	mp^a [mm]	
001	12	34	36	2.1	6.8	7,1	5.1
002	16	47	49	2.8	9.2	8,7	5.6
003	15	39	42	2.6	7.8	7,2	5.8
004	12	23	26	2.0	4.7	5,1	5.1

Ze względu na brak wizury między jedną z par punktów II klasy konieczne było zlokalizowanie stanowiska instrumentu na punkcie, którego współrzędne obliczono z wcięcia wstecz na dwa punkty II klasy. Długości celowych na punkty II klasy w tej konstrukcji geometrycznej były rzędu 244 m i 127 m. Przyjęto dwa warianty obliczeń: w pierwszym współrzędne punktów nawiązania pochodziły z pomiaru kontrolowanego, a w drugim z pomiaru kontrolnego. Wartości błędu położenia sytuacyjnego stanowiska instrumentu wyniosły w przypadku korzystania ze współrzędnych punktów II klasy z pomiaru kontrolowanego 29,2 mm i 2,2 mm z pomiaru kontrolnego.

4. Kolejowa osnowa geodezyjna

Kształt kolejowej osnowy geodezyjnej wypracowany w praktyce, został formalnie określony przepisami branżowymi w 2012 r. w postaci zapisów standardu technicznego Ig-7 [4]. Standard techniczny Ig-7 wprowadza formalnie poję-

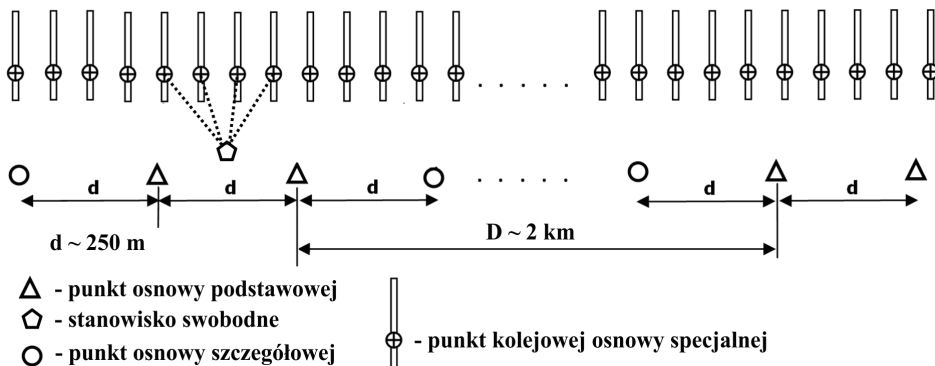
cia kolejowej podstawowej poziomej osnowy geodezyjnej, kolejowej szczegółowej poziomej osnowy geodezyjnej oraz kolejowej wysokościowej osnowy geodezyjnej. W przykładzie zamieszczonym w poprzednim punkcie wykonawca podzielił osnowę na trzy klasy, jednakże kształt osnowy jest w obydwu przypadkach identyczny przy różnym nazewnictwie.

Z kolei w załączniku 1A instrukcji D-19 [5] zdefiniowano znak kolejowej osnowy specjalnej (znak regulacji osi toru). Rodzaj znaku zmienił się wraz z wprowadzeniem wytycznych Ig-6 [3]. Natomiast standard Ig-7 zaliczył znaki KOS do punktów poziomej osnowy szczegółowej. W paragrafie dotyczącym osnowy wysokościowej standard Ig-7 nie precyzuje, które punkty ją tworzą, jednakże pojawia się zalecenie wskazujące na znaki KOS jako końcowe dla odcinków niwelacyjnych.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat poglądowy kolejowej osnowy geodezyjnej oraz jej wykorzystanie do pomiarów realizacyjnych poprzez swobodne stanowisko wcięte wstecz do 4 znaków regulacji.

Ze względu na zamieszczony w poprzednim punkcie przykład pomiaru z podziałem punktów osnowy kolejowej na trzy klasy wypada nadmienić, że punkty I oraz II klasy wg Ig-7 należy zaliczyć do punktów poziomej osnowy podstawowej. Natomiast punkty III klasy z tego przykładu stanowią poziomą osnowę szczegółową.

Głównym zadaniem punktów kolejowej podstawowej poziomej osnowy geodezyjnej jest przeniesienie na obszary kolejowe aktualnie obowiązującego geodezyjnego układu odniesienia zdefiniowanego w [7]. Punkty te w praktyce służą również do wyznaczania współrzędnych znaków regulacji osi toru na słupach trakcyjnych. Dodatkowo, znaki regulacji osi toru stanowią trwale stabilizowaną, możliwą do dokładnego odtworzenia w przypadku zniszczenia, poziomą osnowę szczegółową. Z tego powodu trwała stabilizacja punktów ziemnych poziomej osnowy szczegółowej wydaje się być zbyt cenna dla dalszej obsługi geodezyjnej na terenie kolejowym.



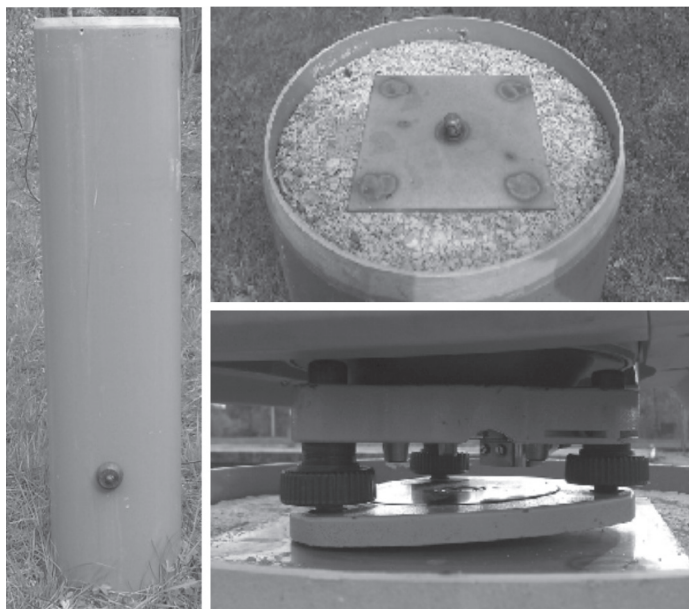
Rys. 2. Kolejowa osnowa geodezyjna

W przypadku punktów poziomej osnowy podstawowej standard Ig-7 wymaga jednopoziomowej trwałej stabilizacji prefabrykowanymi znakami geodezyjnymi.

mi z głowicą metalową zapewniająca dokładność centrowania z błędem średnim mniejszym od ± 1 mm. W przypadku punktów poziomej osnowy szczegółowej standard trwałą stabilizację zaleca. Jest rzeczą oczywistą, że korzystne jest dysponowanie punktami stabilizowanymi trwale. Jednak wzięwszy pod uwagę realia modernizacji linii kolejowych (wymiana podtorza), trwałą stabilizacja punktów zazwyczaj będzie tylko kosztem.

Bardzo dobrym i sprawdzonym rozwiązaniem jest stabilizacja stalowymi prętami żebrowanymi z centrem. Z doświadczenia wynika, że punkty poziomej osnowy szczegółowej mogą być punktami straconymi, markowanymi tylko na czas pomiaru. Należy też zdawać sobie sprawę, że często także punkty poziomej osnowy podstawowej zostaną zniszczone w procesie modernizacji linii kolejowej. Z uwag praktycznych można także wskazać, że prace modernizacyjne są prowadzone całorocznie. Trwała stabilizacja punktu w okresie zimowym może być zajęciem dla wytrwałych. Natomiast jego zniszczenie może nastąpić w krótkim czasie po wykonaniu pomiarów.

Z praktyki można jeszcze zwrócić uwagę na zdarzającą się złą jakość wykonania geodezyjnych dwuznakowych punktów kolumnowych (fot. 1) oraz ich nieprawidłowe posadawianie. Nieprostokątne zamocowanie śruby z gwintem do wymuszonego centrowania w stosunku do metalowej płyty uniemożliwia stabilne ustawienie instrumentu pomiarowego. Niektóre punkty bywają osadzone zbyt płytko, co skutkuje albo przechyleniem się kolumny punktu, albo problemami z obsługą instrumentu ze względu na zbyt wysoką kolumnę.



Fot. 1. Dwuznakowy geodezyjny punkt kolumnowy z wymuszonym centrowaniem i reperem

5. Pomiary w kolejowej osnowie geodezyjnej

Standard Ig-7 dopuszcza wyznaczanie współrzędnych punktów osnowy podstawowej wyłącznie z obserwacji satelitarnych wykonanych przynajmniej trzema, minimum dwuczęstotliwościowymi odbiornikami satelitarnymi w dwóch niezależnych sesjach trwających co najmniej 40 minut każda.

Na pewno przydatnym dla adresatów standardu byłoby zdefiniowanie w nim niezależności satelitarnych sesji pomiarowych. Istotne i słuszne jest wskazanie minimalnej liczby odbiorników oraz zgodnie z [6] wymogu, aby w jednej sesji odbiorniki satelitarne rejestrowały obserwacje na obydwu punktach tworzących parę punktów osnowy podstawowej. Uniemożliwi to projektowanie sieci o najsłabszej konstrukcji geometrycznej. Najczęściej w przypadku terenów zalesionych lub zabudowanych, korzystne może być zastosowanie odbiornika GNSS w miejsce dwuczęstotliwościowego odbiornika GPS, gdyż ten zabieg może zwiększyć liczbę satelitów, z których odbiornik odbierze sygnał. Standard techniczny Ig-7 wymaga minimum czterech satelitów przez cały czas trwania sesji pomiarowej. Nie mniej należy zdawać sobie sprawę, że ten plus miałby kompensować minus w postaci silnych przesłoneń horyzontu. Nie zawsze to się uda i często szalę jakości wyników przeważą minusy warunków topograficznych pomiaru. Standard Ig-7 w zakresie lokalizacji punktów kolejowej podstawowej osnowy geodezyjnej wskazuje na konieczność dostosowania się do uwag zawartych w załączniku 1 (rozdz. 6, ust. 10) do Rozporządzenia [6], wg którego:

„Przy ustalaniu lokalizacji punktów przewidzianych do pomiaru metodą satelitarną należy uwzględnić następujące warunki:

- 1) należy **uniknąć** zakryć horyzontu i przeszkód terenowych mogących powodować odbicia sygnałów satelitarnych, w szczególności: **budowli, drzew, krzewów, samochodów,**
- 2) **punkty nie powinny być projektowane w bezpośrednim sąsiedztwie** aktywnych elementów infrastruktury technicznej emitujących fale elektromagnetyczne, w szczególności: **nadajników radiowych, linii energetycznych, trakcji kolejowej lub tramwajowej,”**

Można by uznać, że te zapisy wykluczają stosowanie pomiarów satelitarnych na wielu obszarach kolejowych, w tym większości linii zelektryfikowanych.

W standardzie określono wymagania dokładnościowe dla punktów poziomej osnowy podstawowej w postaci średniego błędu położenia poziomego punktu o wartości nieprzekraczającej ± 1 cm względem podstawowej bazowej osnowy poziomej zdefiniowanej w [6]. Podstawowe bazowe osnowy - geodezyjną, grawimetryczną i magnetyczną stanowią punkty wyznaczone w sieciach o najwyższej dokładności, rozmieszczone równomiernie na obszarze całego kraju, realizujące na tym obszarze układy odniesienia [6]. W praktyce standard Ig-7 zobowiązuje do nawiązania pomiarów do co najmniej trzech stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS. Domyślnie wypada przyjąć, że chodzi o stacje najbliższe obszarowi pomiarów.

Doświadczenie wskazuje, że zdefiniowany w Ig-7 czas trwania satelitarnej sesji statycznej może być często niewystarczający do osiągnięcia dokładności na poziomie 1 cm względem osnowy bazowej. O ile wektory między punktami osnowy będą krótkie, to wektory nawiązujące do stacji referencyjnych systemu ASG-EU-POS mogą mieć długość kilkudziesięciu kilometrów (nawet 70 – 80 km) zwłaszcza, że zapisano wymóg nawiązania do minimum trzech stacji referencyjnych. Oczywiście jest to czas minimalny, ale przykład z poprzedniego punktu pokazuje, że teoretycznie będzie można uznać taki pomiar za spełniający wymogi jakości wyników i uznać czas jego trwania za wystarczający. Jako element samokontroli standard Ig-7 wymaga wykonania pomiaru w dwóch niezależnych sesjach (zgodnie z m.in. [6]), nie określając dopuszczalnych różnic między ich wynikami.

Ze stosowanych w praktyce pojedynczych sesji statycznych trwających min. 4 godziny zawsze otrzymywano wyniki dobrej jakości. Zamieszczony przykład pomiaru kontrolnego wykazał, że było to możliwe nawet przy lokalizacji punktów w terenie zalesionym przy dobrym zaplanowaniu sesji statycznej. Pierwszą kontrolą jakości czterogodzinnych sesji statycznych były każdorazowe pomiary kontrolne odległości w parze punktów precyzyjnym tachymetrem TCA2003. Różnice pomierzonych odległości były najczęściej rzędu (poniżej) 1 mm. Wykonano również w odstępie 15 miesięcy pomiary z ponownym niezależnym wyznaczeniem współrzędnych jednego z punktów osnowy podstawowej w nawiązaniu do stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS. W tym przypadku różnice współrzędnych sytuacyjnych z obu pomiarów były na poziomie 1 mm. Najlepszą kontrolę zapewniają w praktyce wykonawcy korzystający z osnow, wg których dokładność położenia stanowiska swobodnego instrumentu kształtowała się zazwyczaj na poziomie 1 – 2 mm.

Dyskusyjnym może być stwierdzenie lepszej dokładności wyników i opłacalności realizacji dla wykonawcy: dwie niezależne sesje minimum 40-minutowe z ponownym rozstawianiem sprzętu na punktach, czy jedna sesja trwająca 4 godziny.

Wyznaczanie współrzędnych punktów kolejowej podstawowej osnowy geodezyjnej wymaga wykonania pomiarów satelitarnych metodą statyczną. Standard nie bierze w tym względzie pod uwagę warunków topograficznych uniemożliwiających lub zbyt silnie zakłócających pomiary satelitarne, a w związku z tym nie formułuje zasad wyznaczania na obszarach kolejowych współrzędnych punktów kolejowej podstawowej osnowy geodezyjnej z pomiarów naziemnych. W niektórych sytuacjach będzie to konieczne, aby nie obniżyć dokładności wyznaczonych współrzędnych.

Wg standardu Ig-7 punkty kolejowej szczegółowej poziomej osnowy geodezyjnej powinny charakteryzować się błędem położenia do 1,5 cm względem punktów kolejowej podstawowej osnowy geodezyjnej. Do wyznaczania współrzędnych tych punktów osnowy geodezyjnej standard Ig-7 wskazuje na konieczność wykonywania pomiarów nazywanych klasycznymi, czyli naziemnych. Wprawdzie pomiar statyczny w celu wyznaczenia współrzędnych punktów osnowy szczegółowej może być mniej ekonomiczny, jednakże przy wymogu dokładności położenia punktów osnowy szczegółowej na poziomie 1,5 cm względem punktów osnowy podstawowej

wej trudno mieć zastrzeżenia do satelitarnej techniki pomiarowej przy tak krótkich wektorach i sesjach statycznych.

Można wspomnieć, że aktualnie korzystanie z punktów sieci POLREF nie jest praktycznie korzystne dokładnościowo ani opłacalne ekonomicznie. Na pewno pożyteczne byłoby określenie w standardzie Ig-7 wymagań w zakresie opracowania obserwacji satelitarnych.

6. Podsumowanie

Standard techniczny Ig-7 jest najnowszą pozycją branżową regulującą wykonywanie pomiarów geodezyjnych. W związku z licznymi pracami modernizacyjnymi dotyczy tematyki bardzo aktualnej i jest pomocną wskazówką dla wykonawców robót geodezyjnych na obszarach kolejowych. W opracowaniu skupiono się nad analizą zapisów standardu technicznego Ig-7 oraz jego odwołaniami do kilku rozporządzeń.

Wypracowana technologia pomiarów kolejowych osnów geodezyjnych nie zawsze jest zgodna z zapisami standardu Ig-7. Została jednakże pozytywnie zweryfikowana przez wykonawców. Warto w tym miejscu zauważyć, że ostatni paragraf standardu dopuszcza odstępstwa od zawartych w nim zapisów.

Można odnieść wrażenie, że branżowy standard techniczny Ig-7 stawia wymagania organizacji i realizacji pomiarów kolejowych osnów geodezyjnych ze zbyt małym uwzględnieniem specyfiki branżowej, odwołując się do zapisów rozporządzeń. Natomiast szersze potraktowanie niektórych zagadnień byłoby pożyteczne dla wykonawców robót geodezyjnych na obszarach kolejowych.

Zamieszczony przykład pomiaru kontrolnego zwraca uwagę na trudności w poprawnym oszacowaniu jakości wyników pomiarów satelitarnych i pozwala na wyciągnięcie szeregu wniosków. Jednym z nich jest dobra jakość wyników pomiaru kontrolnego zrealizowanego wg wypracowanej technologii pomiarowej, a zweryfikowanego przez precyzyjne pomiary tachymetryczne i niwelacyjne. Wykazały one, że wyniki pomiaru kontrolnego były dla każdego z punktów kontrolowanych 5-krotnie dokładniejsze niż wyniki pomiaru kontrolowanego.

Z pewnością nadal warto pracować nad standaryzacją pomiarów geodezyjnych na obszarach kolejowych tak, aby dotyczyła ona szerszego zakresu zagadnień, obejmowała je bardziej szczegółowo i wszechstronnie (zwłaszcza dla satelitarnych technik pomiarowych i opracowań kameralnych) oraz była dostosowana do realiów wykonawstwa geodezyjnego na specyficznych terenach kolejowych.

Bibliografia

- [1] Baarda W., Statistical concepts in geodesy. Publication on Geodesy, New Series, Netherlands Geodetic Commission, vol. 2, No 4, Delft, 1967.
- [2] GUGiK, Zalecenia Techniczne. Pomiary satelitarne GNSS oparte na systemie stacji referencyjnych ASG-EUPOS. Warszawa 2011.
- [3] PKP PLK S.A., Wytyczne dla osadzania znaków regulacji osi toru na konstrukcjach wsporczych (słupach) sieci trakcyjnej Ig-6. Załącznik do zarządzenia Nr 24/2011 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 18 lipca 2011 r.
- [4] PKP PLK S.A., Standard techniczny określający zasady i dokładności pomiarów geodezyjnych dla zakładania wielofunkcyjnych znaków regulacji osi toru Ig-7. Załącznik do zarządzenia Nr 27/2012 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 19 listopada 2012 r.
- [5] PKP S.A., Instrukcja o organizacji i wykonaniu pomiarów w geodezji kolejowej D-19. Załącznik do Zarządzenia Nr 144 Zarządu PKP z dn. 23 października 2000 r.
- [6] Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dn. 14.02.2012r. w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych (Dz. U. 2012 poz. 352).
- [7] Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 15.10.2012r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. 2012 poz. 1247).
- [8] Uznański A., Quality Control of geodetic network at Leica Geo Office. Geomatics and Environmental Engineering vol. 2, no. 1, 2008, AGH University of Science and Technology Press, Cracow 2008.