

Jaroslav ŠIMA

Uniwersytet Transportu i Komunikacji w Žilinie

POMIAR DEFORMACJI LINII KOLEJOWEJ WYWOŁANYCH WPLYWAMI EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono rezultaty wieloletnich pomiarów przemieszczeń obiektów kolejowych, podlegających wpływowi eksploatacji górniczej. Omówiono zastosowane metody pomiarowe, uzyskane dokładności, a także sposoby opracowania wyników. Zaproponowano również technologię wykonywania regulacji torów kolejowych.

MEASUREMENT OF RAILWAY STRUCTURE'S DEFORMATION CAUSED BY MINING SUBSIDENCE

Summary. Basic on the long term measurement of railway structures subjected to mining subsidence the author presents a technology of regulating railway track geometry. Methods of measurement were presented, together with accuracy's and a way of results presentation.

Badaniami wpływów eksploatacji górniczej na obiekty kolejowe Instytut Geodezji i Geotechniki Uniwersytetu Transportu i Komunikacji zajmuje się od roku 1976. Ogółem przeprowadzono 29 cykli pomiarowych, a w szczególności:

- 8 cykli w pobliżu stacji Postredni Sucha w latach 1976 – 1980,
- 17 cykli na odcinku od 326,6 do 329,4 km przy stacji Louky n. Olzą w latach 1980 – 1987,
- 4 cykle „Głowicy Bogumińskiej”, też na stacji Louky.

Celem tych badań było ustalenie bezwzględnych przemieszczeń obserwowanych punktów i na tej podstawie ocenienie stabilności budowli, stanu geometrycznego toru i opracowania projektów rektyfikacji.

Prognozowanie wartości obniżeń ustala się ze wzoru:

$$S = m \times a \times e \times z \quad (1)$$

gdzie: m – grubość pokładu,
 a – parametr wydobywania,
 e, z – parametry funkcji czasu.

Przebieg obniżeń z uwzględnieniem czynnika czasu wyrażony jest równaniem Martoša (1).

$$z = 1 - e^{-\frac{t^2 v}{2,88r}}$$

gdzie: v – dzienne wydobywanie,
 t – czas,
 r – objętość pokładu.

Szczegółową analizę dokładności przedstawiono w [2]. Z analizy tej wynikają następujące stwierdzenia:

- średnie błędy środkowego punktu w ciągu poligonowym wynoszą $m_y = \pm 19,3$ mm, a $m_x = \pm 9$ mm,
- dokładności osiągnięte metodą biegunową to $m_{yb} = \pm 19,4$ mm i $m_{xb} = \pm 10,3$ mm,
- błędy dla metody domiarów prostokątnych wynoszą $m_{yd} = \pm 20,7$ mm, $m_{xd} = \pm 10,3$ mm.

Średnie błędy wysokości wyznaczonych niwelacyjnie wynoszą $m_{NH} = \pm 8,9$ mm, a trigonometrycznie:

$$m_{HT} = m_{HN}^2 + m_{hp}^2 + (m_s \operatorname{ctg} z)^2 + \left(\frac{1}{s - \sin^2 z} m_z \right) = \pm 9,8 \text{ mm.}$$

gdzie: $m_{hp} = 3$ mm, $m_s = 5$ mm, $z = 105^\circ$, $m_z = 10$ mm

Z punktu widzenia zastosowania wyników pomiarów do przedstawiania przestrzennego kształtu toru ważna jest dokładność wzajemnego położenia sąsiednich punktów (dokładność względna). Określamy ją w każdym cyklu na punktach „stykowych”, wyznaczonych z sąsiednich punktów poligonowych. Na podstawie wyników z 18 cykli ustalono empirycznie wartości średnich błędów:

$$E(m_y) = 2,9 \text{ mm}, E(m_x) = 6,0 \text{ mm}, E(m_H) = 3,3 \text{ mm}$$

Sprawdzenie stałości punktów odniesienia w każdym cyklu dokonywano poprzez porównywanie wartości dłuższych boków i odpowiednich kątów. Różnice tych wartości nie przekraczały dokładności pomiarów, stąd wniosek, że wspomniane punkty spełniały warunek stałości.

Wyniki pomiarów przedstawiono w postaci graficznej i graficzno-analitycznej. Graficzną interpretacją wyników są profile podłużne poszczególnych torów w skali $1:20/1000$, które przedstawiają obraz przemieszczeń pionowych trasy. Przesunięcia poprzeczne pokazano w skali naturalnej (1:1) na podkładzie mapowym 1:500.

Efektom graficzno-numerycznego opracowania wyników pomiarów jest analityczny projekt rekonstrukcji toru, sporządzony za pomocą komputera EC 1045. Graficzno-analityczny obraz terenu umożliwia zaprojektowanie nowego (poprawnego) przebiegu linii kolejowej. Zmierzone w terenie odległości i wysokości główek szyn w odniesieniu do punktów umieszczonych na słupach trakcyjnych mogą być wykorzystywane przy odkładaniu poprawek regulacyjnych.

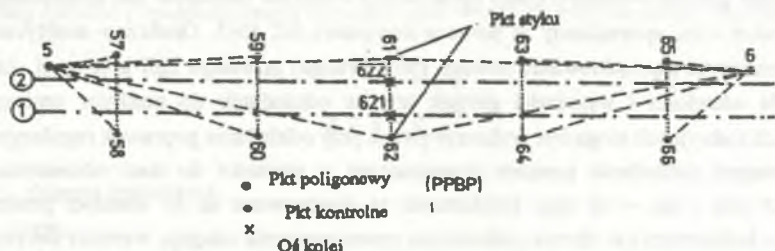
Wymagana dokładność pomiaru przemieszczeń w stosunku do sieci odniesienia wynosi $m_{px} = 25$ mm i $m_H = 10$ mm. Dokładności te dostosowane są do wartości przemieszczeń obiektów kolejowych (w okresie półrocznym przemieszczenia osiągają wartości decymetrowe). Punkty odniesienia dla pomiarów poziomych znajdują się na obszarze obiektu lub w jego sąsiedztwie. Podczas wieloletnich pomiarów stwierdzono zmiany współrzędnych poziomych rzędu (dm). Warunek stałości spełniały punkty usytuowane nad filarami ochronnymi i w miejscach przełomów tektonicznych.

Punkty nawiązania pomiarów wysokościowych znajdowały się poza obszarem wpływów górnicych. Poziomą sieć kontrolną tworzą ciągi poligonizacji precyzyjnej i punkty wyznaczone metodą wzięcia w przód z punktów odniesienia. Przeciętna odległość punktów odniesienia (wzdłuż linii kolejowej) wynosi 350 m. Pomiar wysokościowy wykonuje się metodą niwelacji geometrycznej. Punkty stabilizowano za pomocą stalowych trzpieni o długości 1,2 m z naciętym w głowicy krzyżykiem. Podczas rekonstrukcji trasy punkty sieci często ulegały uszkodzeniu lub zniszczeniu, co wiązało się z koniecznością założenia nowych znaków, w przybliżeniu, w tych samych miejscach.

Punkty kontrolne na trasie stabilizowano także na słupach trakcyjnych, za pomocą tzw. wymuszonego centrowania. W tym przypadku znakiem jest 40 mm walec metalowy z bolcem do pomiaru kierunków. Znak przed pomiarem wkręca się do otworu o znormalizowanym gwincie w słupie trakcyjnym.

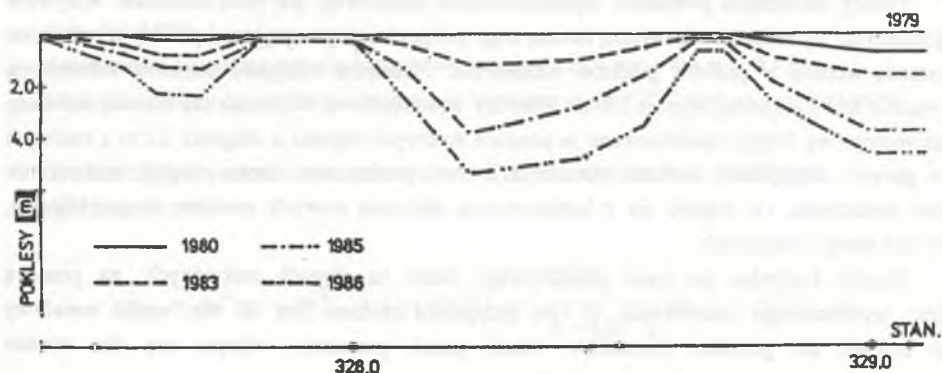
Obserwację wykonywano cyklicznie — rocznie dwa etapy, wiosna — jesień, metodą biegunową w połączeniu z metodą domiarów prostokątnych. Odległości mierzono dwukrotnie dalmierzem ELDI 2 firmy OPTON, a kąty w jednej serii teodolitem Theo 010A. Względna dokładność pomiaru można ustalić porównując różnice współrzędnych punktów stykowych (wspólnych) wyznaczonych z dwóch sąsiednich stanowisk (rys. 1). Wysokość punktów na słupach trakcyjnych mierzono metodą niwelacji trygonometrycznej, a pozostałe — metodą niwelacji geometrycznej.

Współrzędne płaskie badanych punktów obliczono przy założeniu stałości trzech punktów odniesienia, z których dwa usytuowano nad filarami ochronnymi kopalni CSM PÓLNOĆ i CSM POŁUDNIE (w skipach wieży), a trzeci to wieża kościoła na przelomie tektonicznym. Współrzędne punktów, odpowiadające kolejnym cyklom pomiarowym, wyznaczano w lokalnym układzie, w którym oś X jest równoległa do osi toru nr 1. W takim układzie różnice współrzędnych Y odpowiadają przesunięciom poprzecznym, a różnice współrzędnych X przemieszczeniom podłużnym toru. Przedstawiony sposób obliczeń stosowano konsekwentnie w każdym cyklu.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów kontrolnych

Fig. 1. Checkpoints placement



Rys.2. Kształtowanie się niecki obniżen w latach 1979 – 1986

Fig 2. Depression process in 1979 – 1986

Tory kolejowe i obiekty podlegają odkształceniom o charakterze ciągłym, ale pojawiły się też „skokowe” deformacje. Z tego powodu okres pomiędzy zakończeniem pomiarów a terminem rozpoczęcia regulacji torów należy skrócić do minimum. W 18 cyklu pomiarowym zastosowano tachimetr elektroniczny Elta 3 Optona, z urządzeniem rejestrującym REC 500. W następnych

cyklach przewiduje się modyfikację technologii pomiarowej i oprzyrządowania – zastosowanie tachimetru podniesie wówczas efektywność prac terenowych i obliczeniowych.

LITERATURA

1. Matouš J. : Deformace povrchu poddolovaného území na líniové stavby. In: Vplyvy banskej činnosti na železničné stavby. CSVTS, Žilina 1985, s. 8.
2. Šima J., Bitterer L.: Geodetické meranie posunov železničnej trate účinkami podrúbania v km 326,9 až 329,4 pri žst. Louky nad Olšou. Správa z 10. a 11. etapového merania, Žilina 1985.

Recenzent: Doc. dr inž. Stefan Mercik

Abstract

The institute of Geodesy and Geotechnics of the University of Transport and Communication in Žilina (Slovakia) has been carrying at researches on the influences of mining exploitation on railway objects for many years. The main purposes of these researches are following:

- determining absolute displacements of the investigated points and basic on this the evaluation of building stability.
- registration of the geometrical state of a railway and elaboration of the rectification projects.

Horizontal displacements were determined according to the points situated above the protection pillars of the chosen objects whereas vertical displacements were determined according to the bench marks situated outside the mining subsidence area. Controlling the stability of horizontal network points in every cycle was done by comparing the values of longer sides and the adequate angles. The horizontal network for determining horizontal displacement is created by precise polygonal traverses and points determined by the intersection method. The vertical surveying was done by the precise geometrical and trigonometrical leveling. The whole surveying was done periodically – twice a year, in spring and autumn, and so far 29 cycles of measurements have been done.