

WOJCIECH JANUSZ

**WYZNACZANIE TRAJEKTORII RUCHU SUWNICY
I ODCHYLEK TORU PODSUWNICOWEGO
ZE STANOWISK NAZIEMNYCH**

ZARYS TREŚCI. Przedstawiono metodę pomiaru przy użyciu dwóch tachymetrów elektronicznych ustawionych na posadzce hali i dwóch ram przytwierdzonych uchylnie do suwnicy nad obu szynami, i wspartych rolkami o wewnętrzne, boczne powierzchnie szyn. Pomiar polega na automatycznym wyznaczaniu tachymetrami współrzędnych par celowników i pryzmatu zwrotnego, przytwierdzonych do ram w miejscach widocznych z naziemnych stanowisk tachymetrów. Podano sposób obliczania współrzędnych punktów na osiach szyn pod obciążeniem suwnicą i poprzecznych przemieszczeń suwnicy względem osi OX i osi szyn.

Wprowadzenie

Niniejsza praca stanowi wynik kontynuacji badań, których pierwszy etap omówiony został w pracy [2]. Obie prace zostały wykonane w ramach projektu badawczego "Metodyka wykrywania geometrycznych przyczyn wadliwej pracy suwnic", zamówionego przez Komitet Badań Naukowych.

W końcowej części pracy [2], poświęconej wykrywaniu skoszeń i skrętów suwnicy, podkreśliłem, że z punktu widzenia potrzeb interpretacyjnych najkorzystniej byłoby wykonywać takie pomiary kompleksowo - równocześnie z pomiarami odchyłek szyn oraz poprzecznych przemieszczeń suwnicy względem szyn.

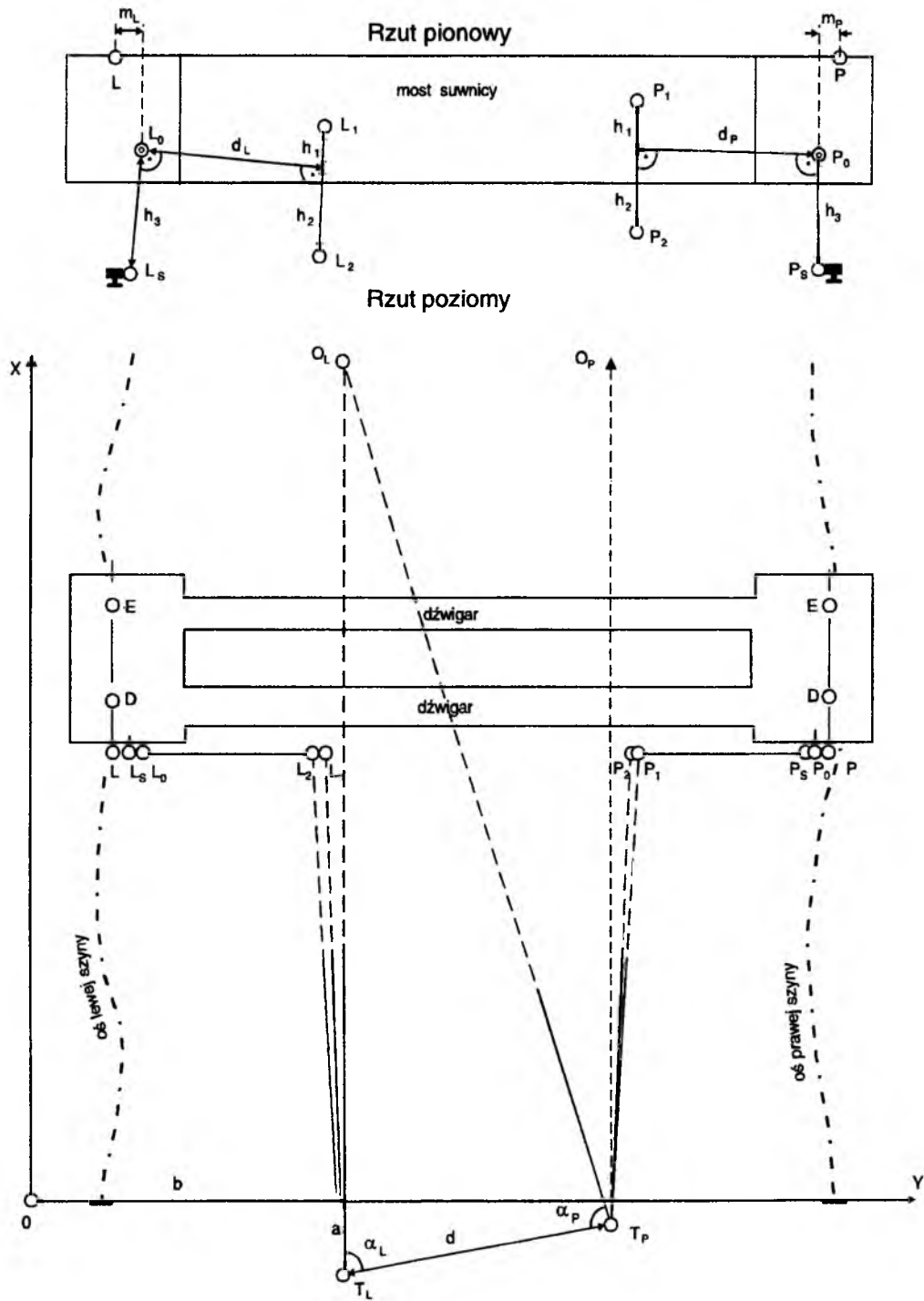
W trakcie prac nad metodą kompleksową, badałem różne możliwości, biorąc pod uwagę dodatkowy warunek, aby pomiary odbywały się w możliwie bezpieczny sposób. Warunek taki trzeba brać pod uwagę szczególnie wówczas, gdy pomiary odbywają się podczas ruchu suwnicy a nie w warunkach statycznych, osiąganych po odprowadzeniu suwnicy na koniec toru i unieruchomieniu jej. Zmniejszenie bezpieczeństwa pracy przy jeżdżącej suwnicy jest znaczne w przypadku, gdy czynności pomiarowe wykonywane

są na torze, ze stanowisk teodolitu lub lasera ustawionego na statywie, konsoli lub odbojnicy. Ruch suwnicy stanowi przy tym nie tylko zagrożenie bezpieczeństwa prac pomiarowych, ale może również niekorzystnie wpływać na wyniki pomiarów, bowiem jadąca suwnica powoduje deformacje konstrukcji podtorza i może wywoływać wyprowadzanie lunety teodolitu lub wiązki lasera ustawionego na podtorzu z kierunku odniesienia zadanego przez cel orientacyjny.

Opis metody

Z wspomnianego wyżej powodu badałem, w drodze pomiarów eksperymentalnych, możliwość korzystania ze stanowisk naziemnych, usytuowanych po wewnętrznej stronie torowiska. Okazało się, że jest to możliwe przy użyciu dwóch tachymetrów elektronicznych ustawionych na stanowiskach naziemnych w punktach T_L , T_P (rys. 1) oraz przy użyciu dwóch przyrządów pomocniczych mocowanych do suwnicy. Przyrządy te wykonane są w postaci sztywnych, płaskich ram przymocowanych obrotowo do mostu suwnicy w punktach L_0 , P_0 w sposób umożliwiający ich obracanie się wokół osi poziomych, równoległych do szyn. Ramy (rys. 3) zaopatrzone są w rolki (7) wsparte o wewnętrzne, boczne powierzchnie szyn w punktach L_S , P_S . Do ram, w odległościach od szyn umożliwiających nacelowania ze stanowisk T_L , T_P (to jest poza obrysem szyn i elementów podtorza), przytwierdzone są celowniki L_1 , L_2 , P_1 , P_2 oraz pryzmaty zwrotne służące do pomiarów odległości dalmierzami elektrooptycznymi. Punkty L_0 , L_1 , L_2 , L_S i P_0 , P_1 , P_2 , P_S rozmieszczone są na ramach w stałych wzajemnych odległościach h_1 , h_2 , h_3 , d_L , d_P . Na górnych powierzchniach belek czołowych mostu suwnicy powinny być oznaczone punkty D,E znajdujące się nad projektowymi pozycjami osi toków kół, jak na rysunku 1, (również jak na rys. 2 w pracy [2]). Na przedłużeniach linii DE, w płaszczyźnie każdej ramy, znajdują się nie oznaczone punkty L, P, których współrzędne y podlegają wyznaczaniu przy ustawieniu suwnicy w kolejnych kontrolowanych przekrojach poprzecznych toru. W tym celu należy zmierzyć bezpośrednio odległości poziome m_L , m_P punktów L_0 , P_0 od osi przechodzących przez oznaczone punkty D,E.

W czasie wykonywania pomiarów suwnica z przymocowanymi ramami przemieszcza się wzdłuż toru i jest zatrzymywana we wszystkich interesujących nas przekrojach poprzecznych w celu wykonania pomiarów umożliwiających wyznaczenie współrzędnych punktów L, P mostu suwnicy i punktów L_S , P_S styku rolek z szynami. Wyznaczenia dokonywane są w prostokątnym układzie współrzędnych XYZ, którego oś X, wyznaczana przez kierunek orientacyjny T_L O_L tachymetru ustawionego na punkcie T_L , jest w przybliżeniu równoległa do lewej szyny. Osiąga się to przez oznaczenie punktów T_L , O_L w jednakowych odległościach poziomych od szyny, bądź od podstaw słupów



Rys. 1

nośnych podtorza (po sprawdzeniu, że projektowe mimośrodowo szyny względem osi podłużnej podstaw słupów są jednakowe).

Tachymetr elektroniczny ustawiony na stanowisku T_L powinien być tak zrejterowany, aby przy wycelowaniu lunetą na punkt O_L odczyt kręgu poziomego był równy zero. Do programu rejestracji należy wprowadzić współrzędne punktu T_L równe: $x = -a$, $y = b$, $z = 0$, gdzie: a - odległość od punktu T_L do początku toru, b - wartość stała większa od odległości między lewą szyną a osią $T_L O_L$ (tak, aby obliczane współrzędne y_L , y_{LS} były dodatnie).

Tachymetrem tym należy zmierzyć kąt poziomy α_L i odległość poziomą $d = T_L T_p$ oraz kąt pionowy β_L przy nacelowaniu na obiektyw tachimetru ustawionego w punkcie T_p i wycelowanego na obiektyw lunety tachimetru w punkcie T_L .

Tachymetrem ustawionym na punkcie T_p należy zmierzyć kąt α_p , a następnie, przy nacelowaniu jego lunetą na punkt orientacyjny O_L , doprowadzić odczyt kręgu poziomego do wartości $\mu = 180^\circ + \alpha_L + \alpha_p$.

Do programu rejestracji należy wprowadzić współrzędne punktu T_p równe $x = -a + d \sin(90^\circ - \alpha_L)$, $y = b + d \cos(90^\circ - \alpha_L)$, $z = d \sin \beta_L$.

Montaż ram powinien być dokonany w taki sposób, aby odcinki L_1 , L_2 i P_1 , P_2 zajęły pozycje zbliżone do pionu, to jest, aby kąt $\varphi \cong 0$. W trakcie jazdy suwnicy, wskutek poprzecznych jej przemieszczeń ramy będą podlegały nieznacznym zmianom nachylenia. W każdym badanym przekroju odchylenia odcinków $L_1 L_2$ i $P_1 P_2$ od pionu wyrazimy za pośrednictwem różnic zarejestrowanych współrzędnych $\arcsin \varphi = \frac{y_1 - y_2}{h_1 + h_2}$, gdzie $(h_1 + h_2)$ - odległość między celownikami L_1 , L_2 i P_1 , P_2 . Zakładając, że suwnica w czasie jazdy podlega nieznacznym tylko skrętom poziomym i wymiary ram przy lewej i prawej szynie mogą się nieznacznie różnić, obliczamy współrzędne y punktów L, P z wzorów:

$$y_L = y_{1L} - \frac{h_{1L}}{h_{1L} + h_{2L}} (y_{1L} - y_{2L}) - d_L \sqrt{1 - \left(\frac{y_{1L} - y_{2L}}{h_{1L} + h_{2L}} \right)^2} - m_L \quad (1)$$

$$y_P = y_{1P} + \frac{h_{1P}}{h_{1P} + h_{2P}} (y_{1P} - y_{2P}) + d_P \sqrt{1 - \left(\frac{y_{1P} - y_{2P}}{h_{1P} + h_{2P}} \right)^2} + m_P \quad (2)$$

Kontrolę wyznaczenia współrzędnych y_L , y_P stanowi warunek

$$y_P - y_L = \text{const} = s \quad (3)$$

gdzie s - zmierzona odległość między punktami L i P.

Warunek ten może nie być spełniony w przypadku, gdy dźwigary mostu zmieniają długość wskutek ich deformacji oraz gdy następuje duży skręt poziomy suwnicy. Przy długości $s = 20$ m i skřęcie o wartości 1:200 różnica $[s - (y_P - y_L)] = 1$ mm.

Współrzędne y punktów L_S , P_S obliczamy z wzorów

$$y_{LS} = y_{1L} - \frac{h_{1L} + h_{3L}}{h_{1L} + h_{2L}} (y_{1L} - y_{2L}) - d_L \sqrt{1 - \left(\frac{y_{1L} - y_{2L}}{h_{1L} + h_{2L}} \right)^2} \quad (4)$$

$$y_{PS} = y_{1P} + \frac{h_{1P} + h_{3P}}{h_{1P} + h_{2P}} (y_{1P} - y_{2P}) + d_P \sqrt{1 - \left(\frac{y_{1P} - y_{2P}}{h_{1P} + h_{2P}} \right)^2} \quad (5)$$

Zbiór współrzędnych y_{LS} , y_{PS} może posłużyć do obliczenia współrzędnych osi szyn. W tym celu we wszystkich miejscach toru, w których suwnica była zatrzymywana dla wykonania pomiarów, należy zmierzyć bezpośrednio summiarką szerokość c główek szyn, a następnie obliczyć współrzędne

$$y_{LOS} = y_{LS} - \frac{c}{2}, \quad y_{POS} = y_{PS} + \frac{c}{2} \quad (6), (7)$$

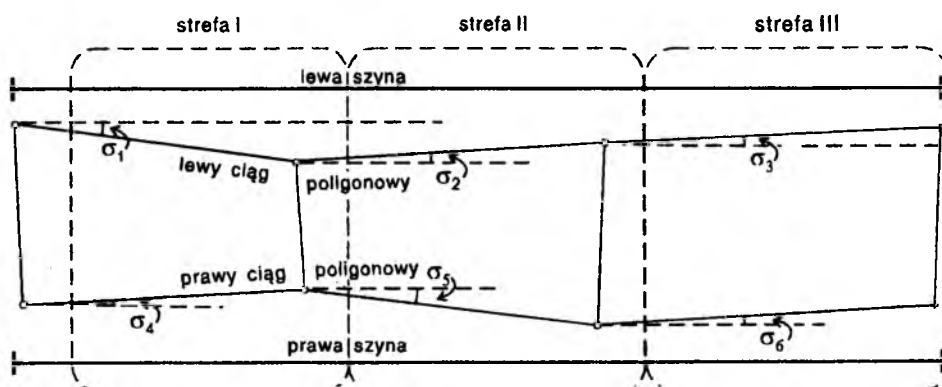
Na podstawie wykonanych pomiarów możemy obliczyć również współrzędne z_{L0} , z_{P0} . Pomijając różnice średnic kół na ich obwodzie możemy zbiór współrzędnych z_{L0} , z_{P0} traktować jako charakteryzujący różnice wysokości szyn. Współrzędne te obliczamy z wzorów

$$z_{L0} = z_{L1} - h_{1L} \sqrt{1 - \left(\frac{y_{1L} - y_{2L}}{h_{1L} + h_{2L}} \right)^2} + \frac{d_1}{h_{1L} + h_{2L}} (y_{1L} - y_{2L}) \quad (8)$$

$$z_{P0} = z_{P1} - h_{1P} \sqrt{1 - \left(\frac{y_{1P} - y_{2P}}{h_{1P} + h_{2P}} \right)^2} - \frac{d_2}{h_{1P} + h_{2P}} (y_{1P} - y_{2P}) \quad (9)$$

Wyznaczanie współrzędnych celowników L_1 , L_2 , P_1 , P_2 w powyższy sposób, zgodnie z rysunkiem 1, możliwe jest praktycznie podczas kontroli torów podsuwnicowych o długości do 200 m. Jeśli tor znajduje się w hali i zaczyna przy ścianie szczytowej, to przy usytuowaniu stanowisk T_L , T_P wewnątrz hali nie jest możliwe kontrolowanie początkowego odcinka toru o długości równej w przybliżeniu 1,5 wysokości szyn nad lunetami tachimetrów.

Wynika to z trudności wykonywania pomiarów przy stromych celowych i z zbyt dużego odchylenia kierunku celowania od kierunku prostopadłego do powierzchni pryzmatu zwrotnego. Wówczas ten brakujący, początkowy odcinek toru powinien być kontrolowany z przeciwnego końca toru (w ogóle dobrze jest wykonywać pomiar całego toru w obu kierunkach).



Rys.2

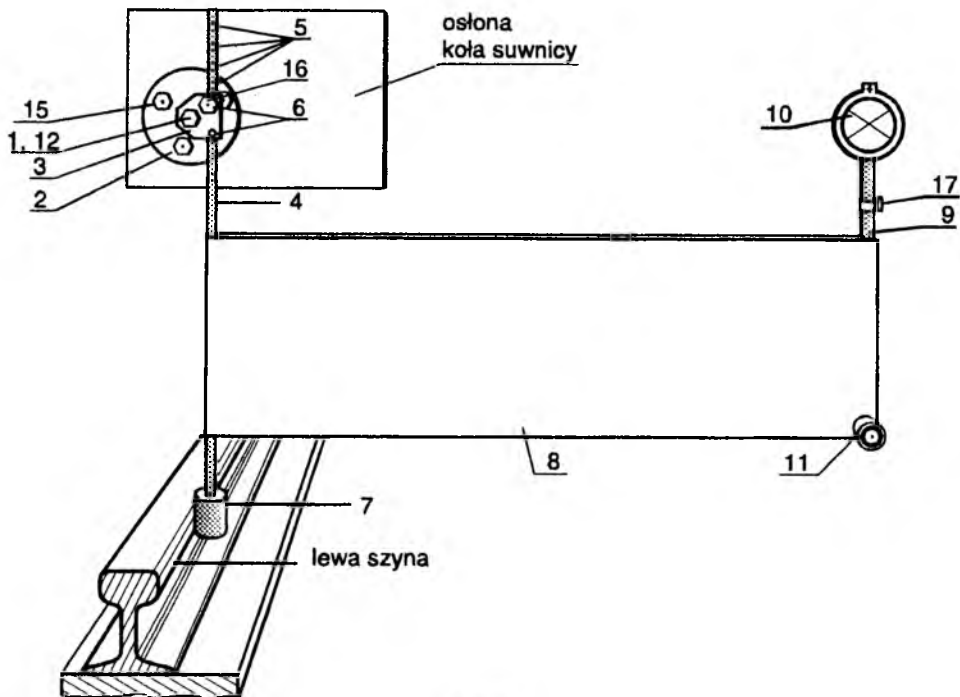
W przypadku torów o większej długości (praktycznie w dużych zakładach zdarzają się hale o długościach rzędu 500 m), należy stosować zamiast osnowy zadanej przez punkty T_L , T_P , O_L dwa w przybliżeniu równoległe ciągi poligonowe z oznaczonymi punktami, o długościach boków do 150 m. [1], których współrzędne należy obliczyć w jednym układzie współrzędnych. Wówczas zgodnie z rysunkiem 2 jako punkty T_L , T_P do pomiaru fragmentów toru w kolejnych strefach I, II, III przyjmujemy kolejne pary punktów obu ciągów, znajdujące się w przybliżeniu w tych samych przekrojach poprzecznych toru. Obydwa tachymetry ustawione na tych punktach powinny być tak zrejterowane, aby kierunek zerowy odpowiadał wycelowaniom wzdłuż kierunku orientacyjnego, zadanego przez początkowy i końcowy punkt lewego ciągu. W tym celu należy obliczyć kąty σ między kierunkami kolejnych boków ciągów a kierunkiem orientacyjnym i nastawiać je przy rejteracji podczas celowania wzdłuż tych boków. Do programów rejestracji trzeba też wprowadzać, w tym przypadku, wyrównane współrzędne punktów poligonowych, na których ustawiane są tachymetry.

Konstrukcja ram i ich umocowanie do suwnicy

Komplet stanowią dwie ramy będące swymi odbiciami zwierciadlanymi, umocowane do suwnicy, nad lewą i prawą szyną.

Rama (rys. 3) składa się z osi ustawczej (1) połączonej trwale z płytą ustawczą (2), głowicy (3), nogi (4) zakończonej u dołu rolką (7) oraz

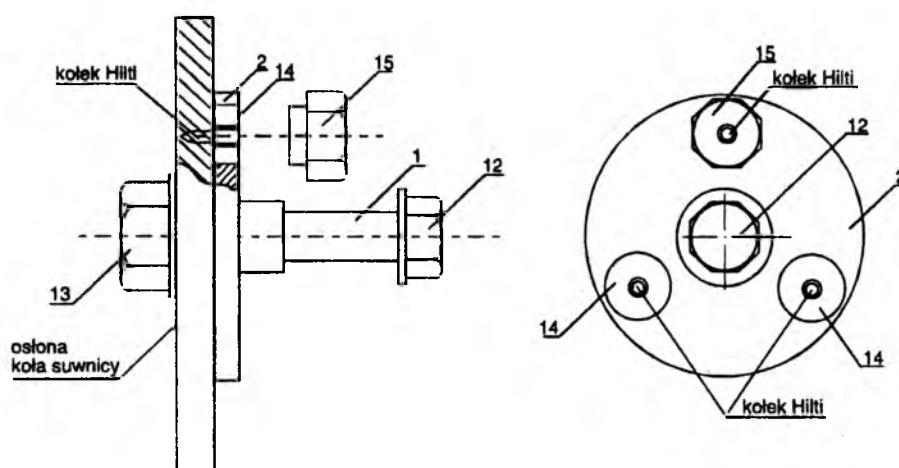
wysięgnika (8) z przytwierdzonym trwale bolcem (9), na którym montuje się pryzmat zwrotny (10), będący jednocześnie celownikiem (punktem $L_1(P_1)$) wg. rysunku 1). Na wysięgniku (8) znajduje się celownik (11) będący punktem $L_2(P_2)$ z rysunku 1.



Rys. 3

Płytę ustawczą (2) przytwierdza się do płaskiej, pionowo i prostopadle do szyn ustawionej osłony koła suwnicy poniżej zderzaka w punkcie $L_0(P_0)$ wg rys. 1, nad wewnętrzną krawędzią główki szyny, na wysokości, która może być zróżnicowana w zależności od gabarytów osłony w granicach 50 - 80 cm. Zróżnicowanie wysokości mocowania jest możliwe dzięki temu, że w nodze (4) wykonane są otwory mocujące (5) rozmieszczone co 25mm, zaś w główicy (3) wykonane są dwa otwory mocujące (6) w odległości wzajemnej 37.5mm. Przy takim rozmieszczeniu otworów istnieje możliwość regulowania odległości rolki (7) od osi (1) skokowo, co 12.5 mm. Połączenie nogi (4) z główicą (3) następuje przy użyciu śruby (16) przełożonej przez wybrane otwory (5), (6) i dokręcenie jej do oporu.

Aby przytwierdzić płytę ustawczą (2) do blachy osłonowej koła suwnicy, należy ją odłączyć od ramy przez wykręcenie śruby (12) a następnie wykonać w blasze osłonowej, w punkcie $L_0(P_0)$ otwór o średnicy 14 mm i przykręcić płytę (2) do blachy osłonowej przy użyciu śruby (13) (rys. 4).



Rys. 4

Następnie należy płytę przymocować dodatkowo przy użyciu trzech kołków gwintowanych firmy Hilti o symbolu EM 8, wstrzelonych przez otwory (14) w płycie (2) i przy użyciu nakrętek (15). Połączenie przy użyciu kołków gwintowanych i nakrętek (15) należy wykonywać w sposób omówiony w pracy [3].

Po przymocowaniu płyty (2) do suwnicy należy na oś (1) nałożyć głowicę (3) i połączyć ją śrubą (12) przy poziomym usytuowaniu nogi (4). Następnie, obracając ostrożnie głowicę i przesuwając nogę w otworze głowicy, należy doprowadzić do styku rolki (7) z boczną powierzchnią główki szyny, w przybliżeniu na połowie wysokości powierzchni tocznej rolki. Połączenie nogi z głowicą powinno nastąpić przy użyciu śruby przełożonej przez współosiowo usytuowane, najbliższe otwory (5), (6), przy najmniejszym możliwym przesunięciu nogi w głowicy w stosunku do osiągniętej pozycji. Ostrożne wykonywanie tych czynności ma na celu uniknięcie zetknięcia się nogi lub rolki z trolejami, bowiem mogłoby to grozić porażeniem prądem.

Po połączeniu nogi z głowicą należy sprawdzić, na jakiej wysokości nad najbardziej wystającą śrubą łączącą szynę z belką nośną znajduje się dolna powierzchnia rolki. Odległość ta nie powinna być mniejsza od 3 cm tak, aby zagwarantowany był swobodny przejazd bez zakleszczenia ramy.

Następnie należy nałożyć przyzmat zwrotny z celownikiem (10) na bolec (9), ustawić tarczę celownika równoległe do powierzchni wspornika (8) i przykręcić celownik śrubą (17).

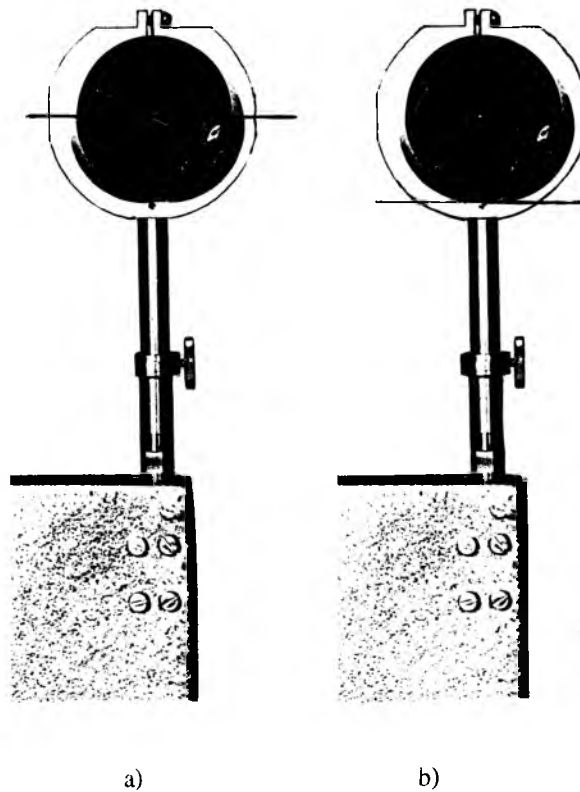
Po zmontowaniu obydwu ram należy sprawdzić poprawność dokręcenia śrub (12), (13), (16) i (17) i nakrętek (15), bowiem przy zbyt słabym ich dokręceniu może nastąpić samoczynne poluzowanie, wynikające ze wstrząsów podczas jazdy suwnicy.

Procedura pomiarów

Po dokonaniu prac przygotowawczych, tj. przymocowaniu ram, ustawieniu tachymetrów na punktach T_L, T_p i celownika orientacyjnego na punkcie O_L , i wykonaniu wszystkich pomiarów jednorazowych ($m_L, m_p, h_{1L}, h_{2L}, h_{3L}, d_L, h_{1P}, h_{2P}, h_{3P}, d_p, d, \alpha_L, \alpha_p, \beta_L$), oraz spoziomowaniu i zrejterowaniu tachymetrów według wcześniejszych wskazań, można przystąpić do zasadniczych pomiarów. Po ustawieniu suwnicy w takiej pozycji, że ramy wg rys. 1 znajdują się w interesującym nas pierwszym przekroju toru podsuwnicowego x , celujemy środkiem krzyża kresek tachymetru w punkcie T_L na punkt L_1 , zaś środkiem krzyża tachymetru w punkcie T_p na punkt P_1 i wyzwalamy rejestrację odczytów obydwóch tachymetrów. W rezultacie zarejestrowane zostają współrzędne x, y, z punktów L_1, P_1 . Następnie celujemy pionowymi kreskami lunet obu tachymetrów, odpowiednio na punkty L_2 i P_2 i wyzwalamy rejestrację, otrzymując interesujące nas współrzędne y tych punktów, oraz współrzędne x, z rzutów punktów L_2, P_2 na poziomie punktów L_1, P_1 .

Sposób nacelowań na punkty L_1, P_1 powinien być zróżnicowany w zależności od tego, czy dysponujemy tachymetrami elektronicznymi, czy też teodolitami elektronicznymi z nasadkami dalmierycznymi. Tachymetrem elektronicznym należy celować na środek pryzmatu zwrotnego (rys. 5a), zaś teodolitem z nasadką dalmieryczą na dolną krawędź pryzmatu zwrotnego (rys. 5b).

Badania eksperymentalne związane z opracowaniem niniejszej metody zostały dokonane przy użyciu 2 teodolitów elektronicznych T 1600 z nasadkami dalmierycznymi DI 1600 i rejestratorami GRE 4 firmy Leica.



Rys. 5

Przemieszczamy suwnicę do kolejnych pozycji, przy których ramy zajmą położenie w interesujących nas przekrojach i za każdym razem wykonujemy nacelowanie środkami krzyży na punkty L_1, P_1 oraz pionowymi kreskami na punkty L_2, P_2 , rejestrując współrzędne odpowiadające tym nacelowaniom.

W pomiarach powinny brać udział cztery osoby. Pierwsza z nich (może to być suwnicowy) dba o to aby suwnica była zatrzymywana we wszystkich interesujących przekrojach poprzecznych toru i sygnalizuje momenty zatrzymań drugiej osobie - sekretarzowi, który zajmuje się wyzwaniem rejestracji wskazań tachimetrów. Sekretarz dysponuje synchronicznym wyzwaczem rejestracji obu tachimetrów, opracowanym i wykonanym przez J. Wasilewskiego [4].

Przy tachimetrach pracuje dwóch obserwatorów. Na sygnał sekretarza, iż suwnica zatrzymała się w przekroju toru, w którym należy wykonać pomiar, obaj obserwatorzy nacelowują odpowiednio na punkty L_1, P_1 i sygnalizują sekretarzowi iż wykonali tę czynność. Wówczas sekretarz wyzwala rejestrację, której zakończenie jest samoczynnie sygnalizowane dźwiękowo. Wówczas obserwatorzy nacelowują kreskami pionowymi odpowiednio na punkty L_2, P_2 i sygnalizują dokonanie tego sekretarzowi, który ponownie wyzwala rejestrację, po czym daje znak suwnicowemu, aby przejechał suwnicą do kolejnego, interesującego przekroju toru, w którym wykonuje się kolejny cykl opisanych czynności.

Taka organizacja prac sprzyja koncentracji uwagi każdego wykonawcy na kilku powtarzalnych czynnościach, dzięki czemu można uniknąć nieporozumień. Zwłaszcza dysponowanie synchronicznym wyzwaczem rejestracji chroni przed wykonaniem rejestracji w niewłaściwych momentach, bądź zapomnieniem o niej przez obserwatorów.

Zbiór zarejestrowanych współrzędnych x, y, z punktów L_1, P_1 i współrzędnych y punktów L_2, P_2 służy do obliczenia interesujących nas współrzędnych y punktów L, P suwnicy, współrzędnych z punktów L_0, P_0 i współrzędnych y punktów L_s, P_s we wszystkich kontrolowanych przekrojach poprzecznych toru.

Wykorzystanie wyników pomiarów

Pomiary wykonane omówioną metodą umożliwiają zobrazowanie kształtu toru i trajektorii ruchu suwnicy pod jej obciążeniem w warunkach statycznych, to jest dyskretnie, w miejscach zatrzymywania suwnicy. Możliwe jest wykonanie na podstawie wyników pomiarów następujących wykresów, przydatnych do zidentyfikowania miejsc toru, w których występują nadmierne odchyłki i wykrycia przyczyn tego stanu.

Wykresy trajektorii ruchu skrajów suwnicy (nakładka A)

Są to wykresy współrzędnych y_L, y_P utworzone w układzie współrzędnych xy względem dwu osi równoległych do osi OX o współrzędnych y_{Lprz}, y_{Pprz} , nieznacznie różniących się od uzyskanych z pomiarów współrzędnych y_L, y_P . Korzystne jest przyjąć

$$y_{Lprz} = \frac{[y_L]}{n}$$

gdzie n - liczba kontrolowanych przekroji poprzecznych toru, oraz

$$y_{Pprz} = y_{Lprz} + s_{proj}$$

gdzie s_{proj} - projektowany rozstaw szyn. Na wykresach tych odległości x są wyrażone w skali 1:200 - 1:500, w zależności od długości toru. Od osi y_{Lprz} odkłada się wartości $y_L - y_{Lprz}$ (y_L z wzoru (1)), zaś od osi y_{Pprz} odkłada się wartości $y_P - y_{Pprz}$ (y_P z wzoru (2)), w skali 1:1 lub 1:2. Przykładem nakładki A jest rys.6.

Wykresy położenia szyn pod obciążeniem (nakładka B)

Są to wykresy współrzędnych y_{LOS}, y_{POS} utworzone w układzie współrzędnych xy względem dwu osi równoległych do osi OX o współrzędnych y_{Lprz}, y_{Pprz} , identycznych jak w nakładce A. Na wykresach tych odległości x są wyrażone w tej samej skali co na nakładce A, zaś od osi y_{Lprz} odkłada się wartości $y_{LOS} - y_{Lprz}$ i od osi y_{Pprz} odkłada się wartości $y_{POS} - y_{Pprz}$ (y_{LOS} z wzoru (6), y_{POS} z wzoru (7)). Wartości te odkłada się w skali 1:1 lub 1:2 jak na nakładce A. Przykładem nakładki B jest rysunek 7.

Nałożenie nakładki B na nakładkę A unaocznia poprzeczne odchyłki położenia suwnicy względem każdej z szyn. Dla większej przejrzystości można na podstawie tych wykresów utworzyć:

Wykresy odchyłek położenia suwnicy względem szyn

W tym celu należy od dwu linii prostych usytuowanych wzdłuż osi OX , symbolizujących lewą i prawą szynę, odłożyć odpowiednio zdjęte z nakładek A, B odległości punktów wykresów.

Wykres ten można też utworzyć przez odłożenie od dwu linii prostych, usytuowanych wzdłuż osi OX odpowiednio obliczonych różnic $y_L - y_{LOS}, y_P - y_{POS}$ w tych samych przekrojach poprzecznych toru, jak to pokazuje przykładowo rysunek 8, na podstawie danych z rysunków 6, 7.

Wykresy położenia szyn bez obciążenia (nakładka C)

W dotychczasowej praktyce, do celów rektyfikacji torów podsuwnicowych wykonuje się pomiary odchyłek szyn w warunkach braku obciążenia toru suwnicą, to jest po odprowadzeniu suwnicy poza fragment toru objęty pomiarami. Istnieje bogata literatura na temat sposobów wykonania tych pomiarów i o niezbędnym do nich zestawie instrumentów i przyrządów pomocniczych. W naszym przypadku, w celu uzyskania wyników umożliwiających dokonanie porównań z wynikami uzyskanymi opisaną wyżej metodą należy pomiary toru bez obciążenia wykonać metodą opisaną w pracy [1], przyjmując jako punkty osnowy naziemnej T_L , T_P , O_L lub odpowiednie punkty ciągów poligonowych przy pomiarze torów dłuższych. Na podstawie wyników takich pomiarów należy utworzyć wykresy w identycznych skalach i odniesione do tych samych osi y_{Lprz} , y_{Pprz} jak w nakładce B. Przykładem takich wykresów jest rysunek 9. Nałożenie nakładki C na nakładkę B unaocznia deformacje poziome toru pod wpływem statycznego obciążenia suwnicą. Dla większej przejrzystości można utworzyć wykres poprzecznych przemieszczeń szyn pod obciążeniem suwnicą, pokazany przykładowo na rysunku 10.

Wykres skrętów dźwigara suwnicy

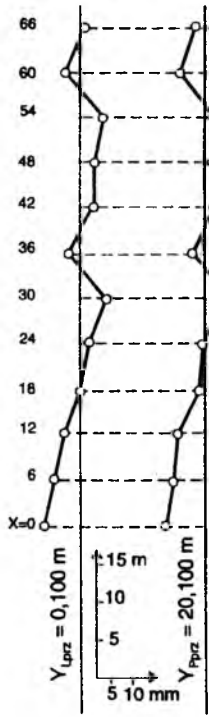
Podczas jazdy suwnicy jej dźwigary mogą podlegać skrętom poziomym, które wyrażają się w postaci odchylenia kątownego η od prostopadłości do kierunku osi OX układu współrzędnych. W czasie pomiarów omówioną metodą rejestrowane są współrzędne x_{1L} , x_{1P} , y_{1L} , y_{1P} . Różnice tych współrzędnych umożliwiają obliczanie skrętów η

$$\text{arc tg} \eta = \frac{x_{1P} - x_{1L}}{y_{1P} - y_{1L}} \cong \eta \quad (10)$$

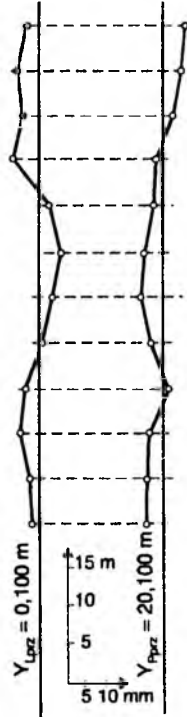
Wartości kąta η korzystnie jest wyrażać w mm/m. Na rysunku 11 pokazano graficznie i wyrażono liczbowo wyznaczane skręty poziome η dźwigara w miejscach zatrzymywania suwnicy i wykonywania pomiarów współrzędnych punktów L_1 , L_2 , P_1 , P_2 .

Wykres skoszeń mostu suwnicy

Sposób wyznaczenia skoszeń mostu suwnicy za pośrednictwem rejestrowania wyprzedzeń W podany został w [2]. Wyprzedzenie można również mierzyć przy użyciu teodolitu ustawionego na jednej belce czołowej (w miejscu nadajnika laserowego wg rys.3 w pracy [2]) oraz łąty przymocowanej do drugiej belki czołowej w miejsce ekranu.



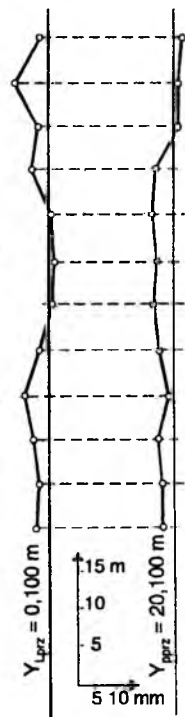
Rys. 6. Wykresy trajektorii ruchu skrajów suwnicy (nakładka A)



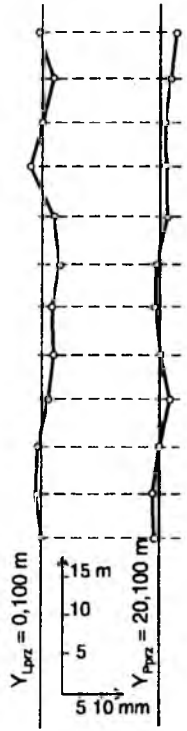
Rys. 7. Wykresy położenia szyn pod obciążeniem (nakładka B)



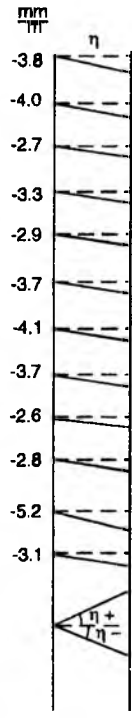
Rys. 8. Wykresy odchyłek położenia suwnicy
względem lewej i prawej szyny



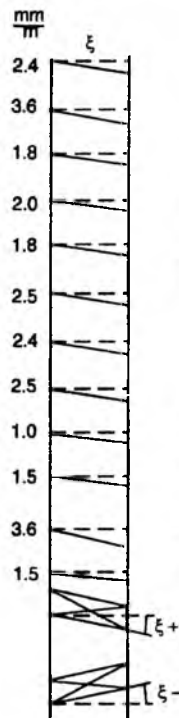
Rys. 9. Wykresy położenia szyn bez obciążenia (nakładka C)



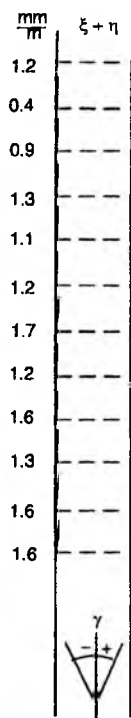
Rys. 10. Wykresy poprzecznych przemieszczeń szyn pod obciążeniem



Rys. 11. Wykresy skrętów dźwigara suwnicy



Rys. 12. Wykresy skoszeń mostu suwnicy



Rys. 13. Wykresy skrętów belek czołowych mostu

Kątowa wartość skoszenia ξ , to jest różnicy kąta między belką czołową a dźwigarem i kąta 90° , może być obliczona z wzoru

$$\text{arc tg} \xi = \frac{W}{l} \cong \xi \quad (11)$$

gdzie l - odległość nadajnika (teodolitu) od ekranu (łaty). Wartość kąta ξ korzystnie jest wyrażać w mm/m. Na rysunku 12 pokazano graficznie i wyrażono liczbowo skoszenie ξ mostu suwnicy.

Wykres skrętów belek czołowych mostu

Dysponując wartościami skrętów η dźwigara i skoszeń ξ mostu suwnicy możemy obliczyć skręty γ belek czołowych względem kierunku osi OX układu współrzędnych z wzoru

$$\gamma = -(\xi + \eta) \quad (12)$$

Na rysunku 13 pokazano graficznie i wyrażono liczbowo skręty γ belek czołowych.

Znając odległości \overline{ED} między osiami kół ustawionych na jednej szynie możemy obliczać różnice $\Delta = \gamma \cdot \overline{ED}$, które mają istotne znaczenie przy ocenie poprawności ustawienia osi toków kół względem każdej szyny.

Wykresy niwelet szyn

Współrzędne z_{L_0}, z_{P_0} wyznaczone z wzorów (8), (9), przy założeniu braku bicia promieniowego i wyrobień powierzchni toczonej kół suwnicy, mogą służyć do wykonania wykresów niwelet szyn. Wykresy można wykonać odkładając od dwu prostych symbolizujących poziom średni $z_{prz} = \frac{[z_{L_0} + z_{P_0}]}{2 \cdot n}$, gdzie n - liczba przekroji poprzecznych toru, w których zatrzymywano suwnicę i mierzono współrzędne z_{L_0}, z_{P_0} , różnice $z_{L_0} - z_{prz}, z_{P_0} - z_{prz}$ w skali 1:1 lub 1:2. Wykresy niwelet obu szyn można uznać za wyrażone w tym samym układzie, w granicach błędów spowodowanych różnicami średnic kół.

LITERATURA

- [1] Janusz W., Ostrowski R., Zykubek St.: *Metoda kompleksowego wyznaczania odchyłek szyn toru podsuwnicowego i elementów konstrukcji podtorza od właściwych położenia*. Biuletyn Informacyjny BOINTE Geod. i Kartogr. 1975 nr 5
- [2] Janusz W.: *Wykrywanie skoszeń i skrętów mostu suwnicy w warunkach dynamicznych*. Prace IGiK 1993 T.40 nr 1(88)
- [3] Janusz J.: *Metoda wyznaczania przemieszczeń punktów z wykorzystaniem odbić zwierciadlanych*. Cz. II. Prace IGiK 1994 T. 41 nr 89
- [4] Wasilewski J.: *Synchroniczny wyzwalacz rejestracji*. Maszynopis nie opublikowany

Wojciech Janusz

DETERMINATION OF GANTRY TRAJECTORY AND DEVIATIONS OF GANTRY TRACK THROUGH MEASUREMENTS FROM GROUND STATIONS

S u m m a r y

Method of determining Y coordinates of rails and two points of gantry, which should be above axes of rails, has been described in the article. These coordinates are determined at the established track cross-sections with known X coordinates, while gantry is stopped. The process of determination is, as follows:

1. Two electronic tacheometers placed close to rails on ground stations are used for measuring coordinates of pairs of viewfinders and reversible prisms, fixed to special frames, which are attached rotatively to the gantry and leaned by rollers against the inside rail flanks.

2. Differences in coordinates of viewfinders and interesting points of rails and gantry are calculated as a function of the measured viewfinder's coordinates and frame size. The following types of tables and resultant graphs were presented: position of non-weighted rails, position of rails weighted with gantry, trajectories of gantry edges, twists and bevels of the gantry.

Translation: Zbigniew Bochenek

Войцех Януш

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ КРАНА И ОТКЛОНЕНИЙ ПОДКРАНОВОГО ПУТИ С НАЗЕМНЫХ ПОСТОВ

Резюме

Описан метод определения координат Y оси рельсов и координат Y двух пунктов крана, которые должны находиться над осями рельсов. Определение этих координат, в установленных поперечных сечениях путей с координатами X, происходит во время задержки крана. Определение происходит косвенным способом:

1. двумя электронными тахеометрами, установленными на наземных постах вблизи рельсов, измеряются координаты пар визиров и возвратных призм, прикреплённых к специальным рамам, которые закреплены вращательно к крану и опираются движущимися роликами на внутреннюю боковую поверхность рельсов.

2. вычисляются разницы координат визиров и интересующих нас точек крана и рельсов в функции измеренных координат визиров и размеров рам.

Рассмотрены и иллюстрированы на примерах виды результативных сводок и графиков, определяющих: позиции рельсов без нагрузки, позиции рельсов с нагрузкой краном, траекторию движения обочин крана, изгибы крана и перекосы крана.

Перевод: Róża Tolstikowa

