Modernizacja łuków koszowych
z wykorzystaniem programu Mugo

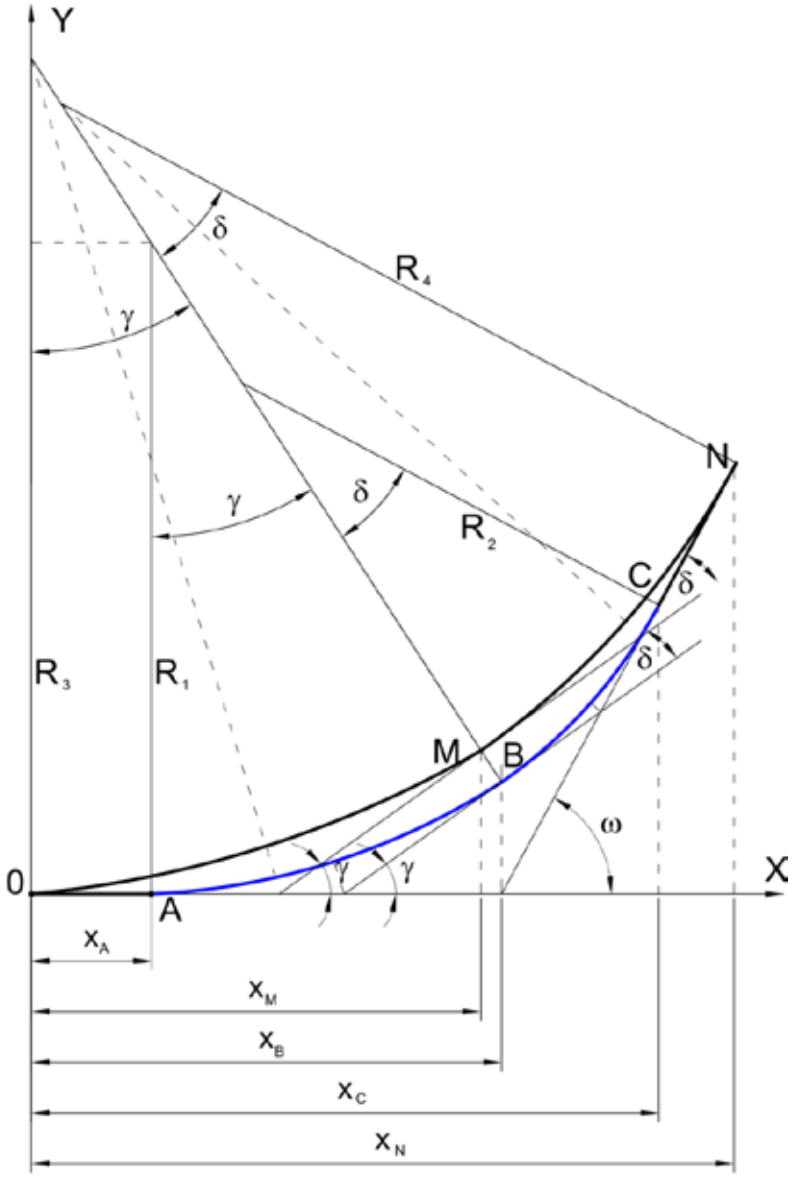
Maria Bałuch, Kamila Szwaczkiewicz

W artykule przedstawiono opracowywane obecnie algorytmy obliczeń, które będą wykonywane w programie komputerowym MUGO służącym do wyznaczania przesunięć toru i robót ziemnych. Program jest związany z modernizacją układów geometrycznych toru kolejowego. W pracy scharakteryzowano aktualny stan zaawansowania programu.

Dr hab. inż. Maria Bałuch, prof. IK
Instytut Kolejnictwa

Mgr inż.
Kamila Szwaczkiewicz
Katedra Transportu Szynowego,
Politechnika Gdańska

Jednym z kryteriów oceny wariantów modernizowanych układów geometrycznych toru są przesunięcia toru projektowanego względem istniejącego. W dotychczasowej praktyce studiów wykonalności modernizacji linii kolejowej ocenę tę przeprowadza się na podstawie przemieszczenia projektowanego układu jedynie w dwóch punktach, tj. w środku nowej krzywej przejściowej oraz maksymalnego przesunięcia w punkcie środkowym łuku. Takie ograniczenie nie jest wystarczające do dokładnego oszacowania koniecznego zakresu robót. Niedostatek ten stał się genezą opracowania programu MUGO (akronim od Modernizacja Układów Geometrycznych tOru) umożliwiającego wyznaczanie przemieszczeń toru na całej długości projektowanego układu – co pozwala z dużą dokładnością określić zakres zadań modernizacyjnych. W pierwszym etapie prac nad programem została opracowana opcja dotycząca projektowania zmian układu geometrycznego toru polegających na wydłużeniu krzywych przejściowych i zwiększeniu promienia łuku [1,2,3]. Obecnie trwają prace nad algorytmami obliczeń odnoszących się do łuków koszowych. Jeden z takich algorytmów przedstawiono w niniejszym artykule.



***1**. Powiązanie pomiarów geometrycznych z obserwacjami*

Rozpatrywane przypadki

Opisywany algorytm dotyczy istniejącego łuku koszowego złożonego z dwóch łuków kołowych o promieniach *R1*, *R2* bez krzy-

wych przejściowych. Taki układ geometryczny jest często przyczyną ograniczenia prędkości z powodu dużych wartości przyrostu przyspieszenia, a w przypadku małych promieni łuków – również przekroczenia dopuszczalnej wartości przyspieszenia. Zwiększenie prędkości można uzyskać poprzez zaprojektowanie w miejsce tego układu łuku kołowego z symetrycznymi przejściowymi lub łuku parabolicznego.

W opracowanym algorytmie uwzględniono również przypadek, który może znaleźć zastosowanie w projektowaniu zmian układów torów tramwajowych, tj. zastąpienie istniejącego łuku koszowego innym łukiem koszowym.

Przy założeniu, że początek układu współrzędnych pokrywa się z początkiem nowo zaprojektowanego układu, do obliczeń przemieszczeń projektowanego układu względem układu istniejącego wykorzystuje się modele opracowane w pracy [2] i zastosowane w pierwszej opcji systemu MUGO [3], tj. modele:

- *LM* - przesunięcia projektowanej krzywej przejściowej względem osi odciętych (odcinka prostego toru),
- *RM* - przesunięcia projektowanego łuku o promieniu R względem osi odciętych,
- *LM-R* - przesunięcia projektowanej krzywej przejściowej względem istniejącego łuku,
- *RM-R* - przesunięcia projektowanego łuku względem łuku istniejącego.

W stosunku do poprzedniej opcji zmienią się natomiast strefy obliczeń odnoszących się do poszczególnych modeli.

Przypadek łuku kołowego z symetrycznymi krzywymi przejściowymi

Projektowany układ łuku kołowego o promieniu R z symetrycznymi krzywymi przejściowymi w postaci paraboli 3. stopnia o długości L, który ma zastąpić istniejący łuk koszowy ABC, w przyjętym układzie współrzędnych XY przedstawiono na rysunku **1**.

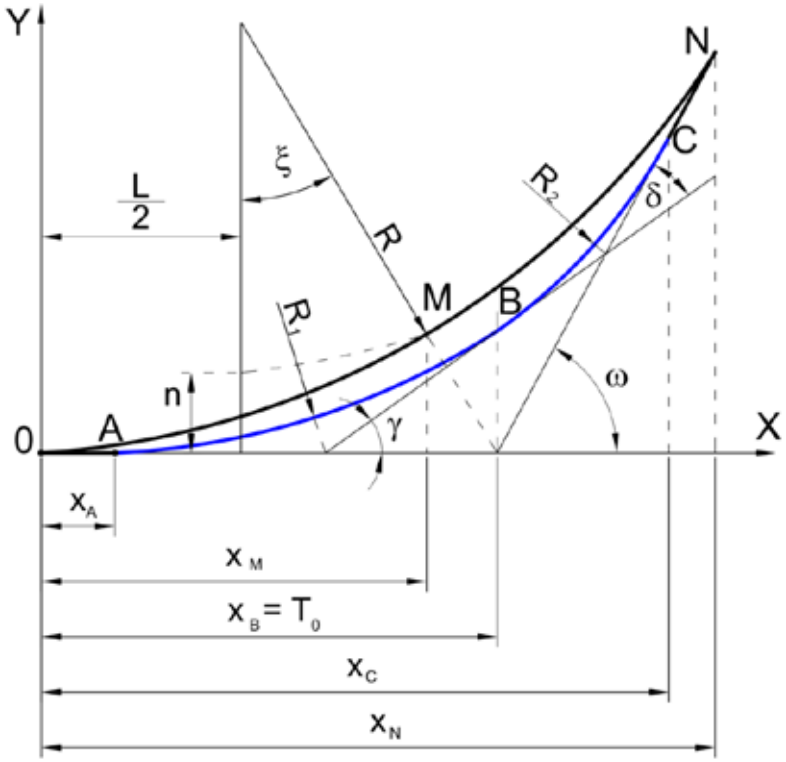
W punkcie B następuje zmiana promienia łuku koszowego. Odciętą punktu B, a jednocześnie długość stycznej głównej projektowanego układu $T0$, określa zależność

$$xB=T0=\frac{L}{2}+\left(R+\frac{L^2}{24R}\right)tan\frac{\omega}{2}\ , \qquad (1)$$

gdzie ω jest kątem zwrotu trasy.
Kąt zwrotu γ pierwszej części kołowej (AB) łuku koszowego można wyznaczyć na podstawie jej długości $lR1$

$$\gamma=\frac{l_{R1}}{R_1}\ . \qquad (2)$$

Tak więc odcięta punktu A, tj. początku istniejącego łuku koszowego wynosi



***2**. Schemat łuku koszowego i projektowanego parabolicznego*

$$x_A = x_B - R_1 \sin\gamma\ . \qquad (3)$$

Wartość tej odciętej wyznacza koniec przedziału, w którym przemieszczenia będą obliczane według modelu LM.

W następnej strefie, ograniczonej odciętymi $(x_A, x_K\rangle$, będą wyznaczane przemieszczenia projektowanej krzywej przejściowej względem istniejącego łuku o promieniu R_1, zgodnie z modelem LM-R, przy czym wartość odciętej x_K jest równa długości projektowanej krzywej przejściowej

$$x_K = L\ . \qquad (4)$$

Odciętą punktu M, czyli końca kołowej części projektowanego łuku, można wyznaczyć z równania

$$x_M=\frac{L}{2}+R\cos(\omega-\xi)\ , \qquad (5)$$

gdzie

$$\xi=\arcsin\left(\frac{L}{2R}\right)\ . \qquad (6)$$

W strefie odciętych z przedziału $(x_A, x_K\rangle$ przemieszczenia będą wyznaczane zgodnie z modelem RM-R, przy czym w przedziale $xK < x \le xB$ w obliczeniach będzie uwzględniany promień pierwszej części łuku koszowego R_1, a w przedziale $xB < x \le xM$ – promień drugiej części łuku koszowego R_2.
Górną granicę następnej strefy wyznacza odcięta punktu C, w którym kończy się istniejący łuk koszowy

$$x_c = x_B + t_2\,(\cos\gamma + \cos\omega)\ , \qquad (7)$$

gdzie t_2 jest styczną do drugiej części łuku koszowego opisaną zależnością

$$t_2 = R_2\,tan\frac{\delta}{2}\ , \qquad (8)$$

przy czym

$$\delta = \omega - \gamma$$

W strefie o odciętych z przedziału $(x_M, x_C\rangle$ będą wyznaczane przemieszczenia projektowanej krzywej przejściowej względem istniejącego łuku o promieniu R_2, według modelu LM-R.
Ostatnia strefa obejmuje odcięte w przedziale $(x_C, x_N\rangle$, przy czym wartość odciętej x_N wynosi

$$x_N = T_0(1+\cos\omega)\ . \qquad (9)$$

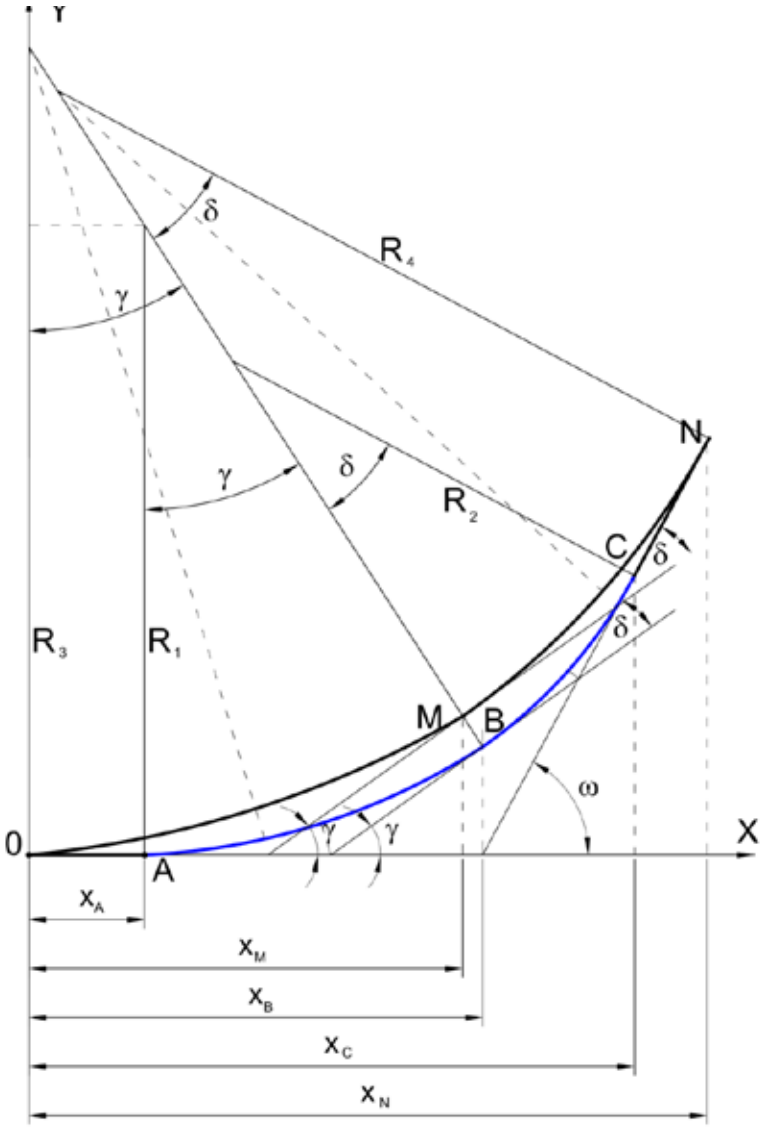
W strefie tej na podstawie modelu LM będą wyznaczane przesunięcia projektowane krzywej przejściowej względem prostego odcinka toru.

Przypadek łuku parabolicznego

W tym przypadku projektowany układ jest łukiem parabolicznym składającym się z dwóch krzywych przejściowych w postaci paraboli 3. stopnia o długości L i promieniu R. Początki projektowanych krzywych znajdują się w punktach 0 i N, a ich koniec – w punkcie M (rys.**2**).

Długość stycznej głównej projektowanego układu T_0, a zarazem odciętą punktu B, wyznacza zależność

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



***3**. Schemat istniejącego i projektowanego łuku koszowego*

$$xB=T_0=\frac{L}{2}+\left(R+\frac{L^2}{24R}\right)\tan\xi \quad , \qquad 10)$$

gdzie kąt ξ jest określony zależnością (6). Górną granicę pierwszej strefy obliczeń, tj, odciętą x_A, wyznacza się z równania (3), a do wyznaczenia przemieszczeń projektowanego układu w tej strefie należy zastosować model LM.

Drugą strefę obliczeń, w której według modelu LM-R będą wyznaczane przemieszczenia pierwszej krzywej przejściowej względem łuku o promieniu R_1, określa przedział $(x_A, x_M\rangle$, przy czym wartość odciętej x_M wynosi

$$x_M=\frac{L}{2}+R\cos\xi\approx L \qquad (11)$$

Ten sam model obliczeń zostanie zastosowany w kolejnej strefie, ograniczonej odciętymi $(x_M, x_B\rangle$, przy czym będą to obliczenia przemieszczeń drugiej krzywej przejściowej względem łuku o promieniu R_1.

Przemieszczenia drugiej krzywej przejściowej względem łuku o promieniu R_2 (również na podstawie modelu LM-R) będą wyznaczane w strefie o odciętych $(x_B, x_C\rangle$. Wartość odciętej x_C określa równanie (7).

W ostatniej strefie, o odciętych w przedziale $(x_C, x_N\rangle$, przemieszczenia projektowanego układu wyznaczane są według modelu LM. Górna granica tej strefy, tj. odcięta x_N, jest opisana zależnością (9).

Przypadek łuku koszowego

Przypadek ten dotyczy zastąpienia istniejącego łuku koszowego ABC o promieniach R_1 i R_2 nowym łukiem koszowym $0MN$ o promieniach R_3 i R_4. Występuje tu pięć stref obliczeń, ograniczonych przedziałami o odciętych (rys.**3**):

1) $(0, x_A\rangle$, w którym wyznaczane są przemieszczenia projektowanego łuku o promieniu R_3 względem prostego odcinka toru (model RM),
2) $(x_A, x_M\rangle$, w którym wyznaczane są przemieszczenia projektowanego łuku o promieniu R_3 względem istniejącego łuku o promieniu R_1 (model RM-R),
3) $(x_M, x_B\rangle$, w którym wyznaczane są przemieszczenia projektowanego łuku o promieniu R_4 względem istniejącego łuku o promieniu R_1 (model RM-R),
4) $(x_B, x_C\rangle$, w którym wyznaczane są przemieszczenia projektowanego łuku o promieniu R_4 względem istniejącego łuku o promieniu R_2 (model RM-R),
5) $(x_C, x_N\rangle$, w którym wyznaczane są przemieszczenia projektowanego łuku o promieniu R_4 względem prostego odcinka toru.

Odcięte x_A, x_B, x_M opisują zależności

$$x_A = (R_3 - R_1)\tan\gamma\,, \qquad (12)$$
$$x_B = x_A + R_1\sin\gamma\,, \qquad (13)$$
$$x_M = R_3\sin\gamma\,. \qquad (14)$$

Natomiast odcięte punktów C i N opisane są zależnościami (7) i (9).

Podsumowanie

Znajomość zbioru punktów przesunięć na całej długości projektowanego układu umożliwia dokładniejszą ocenę zakresu niezbędnych robót ziemnych i potrzeb ewentualnych zmian granic władania, co wpływa na czas wykonania zadań modernizacyjnych i ich koszty. Wyniki tych obliczeń pozwalają również na dokładne ustalenie koniecznego zakresu usunięcia przeszkód, jak np. wycięcia słupów trakcyjnych.

Program MUGO stanie się dla projektantów narzędziem, które nie tylko przyspieszy prace projektowe, ale wpłynie również na ich jakość dzięki możliwości tworzenia dużej liczby wariantów, spośród których można będzie wybrać rozwiązania suboptymalne. ◀

Materiały źródłowe:

[1] Bałuch H., Bałuch M.: Układy geometryczne toru i ich deformacje. KOW, Warszawa 2010
[2] Bałuch M.: The assessment of changes of track geometrical layout in the process of feasibility studies of railways modernization. Archives of Civil Engineering 2006, No. 4
[3] Szwaczkiewicz K.: Komputerowe wspomaganie zmian modernizowanych układów geometrycznych toru. IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym INFRASZYN 2011". Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2011

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl