

Jarosław Kalinowski

METODYKA PRZELICZANIA DANYCH KSZTAŁTU PROFILU POWIERZCHNI NA NORMATYWNY PARAMETR RÓWNOŚCI WEDŁUG METODY ŁATY I KLINA

Wprowadzenie

Profil przekroju powierzchni jest krzywą płaską powstałą w wyniku przecięcia powierzchni płaszczyzną, przeważnie pionową. Odwzorowanie krzywej otrzymane w wyniku pomiarów ma formę cyfrową lub analogową. Forma analogowa może być przykładowo wykresem na taśmie papierowej, gdzie każdy punkt profilu wykreślony jest w układzie współrzędnych, gdzie na osi x określona jest odległość od początku profilu, a na osi y - wysokość. Forma cyfrowa przedstawia zbiór punktów dwuwymiarowych w postaci współrzędnych (x, y) . Formy analogowa i cyfrowa są sobie równoważne. Profil powierzchni przedstawia pełne makroodwzorowanie wycinka powierzchni.

Na podstawie danych odwzorowania profilu powierzchni można wyznaczyć wiele parametrów przydatnych do oceny jakości powierzchni. Przykładowymi wskaźnikami jednoparametrowymi są:

- maksymalny prześwit pomiędzy łatą a badaną powierzchnią,
- analogiczny parametr uzyskany za pomocą planografu,
- międzynarodowy wskaźnik równości IRI [1].

Parametry te pozwalają na bezpośrednie porównanie dwóch nawierzchni dla wybranej właściwości. Bezpośrednie porównanie profili powierzchni jest niemożliwe ze względu na dużą ilość i złożoność danych.

Podstawową normatywną metodą oceny równości nawierzchni jest metoda łaty i klina, która polega na położeniu łaty na badanej powierzchni i wyznaczeniu za pomocą klina maksymalnego prześwitu pomiędzy łatą a badaną powierzchnią [2]. Istnieje wiele wariantów tej metody, stosowanych w praktyce w różnych krajach [3]. Zaletą tej metody jest intuicyjność i wykorzystanie prostych, łatwo dostępnych instrumentów. Do wad należy zaliczyć uciążliwość i pracochłonność. Metoda wykorzystywana jest do oceny równości posadzek i nawierzchni drogowych.

Metodą zautomatyzowanych pomiarów opierających się na bazie metody łaty i klina jest wykorzystanie planografu. Planograf składa się z podłużnej ramy,

czternastu kół jezdnych zamocowanych sztywno tak, aby ich spody znajdowały się w jednej płaszczyźnie (częściowe odwzorowanie dolnej łąty) i koła pomiarowego w środku rozpiętości ramy z czujnikiem przemieszczenia, mierzącym odległość od płaszczyzny wyznaczonej przez koła jezdne do badanej powierzchni. Rozstaw skrajnych kół planografu wynosi 4000 mm, co odpowiada długości łąty do pomiaru równości podłużnej. Wykonywany jest pomiar przeswitu pomiędzy płaszczyzną kół jezdnych a badaną powierzchnią, ale tylko w środku rozpiętości. Ograniczenie ilości pomiarów do jednego miejsca uprościło pomiar i pozwoliło na jego zautomatyzowanie. Pomiar jest wykonywany w sposób ciągły, tzn. planograf przesuwany się na kołach jezdnych z prędkością od 3 do 5 km/h i co 50 mm dokonywany jest zapis przeswitu do bazy, z której wybierana jest największa wartość, będąca wynikiem pomiaru. Wyniki pomiaru przeswitu planografem są zbliżone do metody łąty i klina.

1. Metoda łąty i klina

Metodyka pomiaru równości powierzchni z użyciem łąty i klina opisana jest w normie BN-69/8931-04 „Pomiar równości nawierzchni planografem i łątą”. Na bazie tej metodyki zostały opracowane instrukcje szczegółowe wykonywania pomiarów przez różne instytucje [4-6].

Pomiar równości nawierzchni w przekroju podłużnym według normy wykonuje się planografem lub czterometrową łątą.

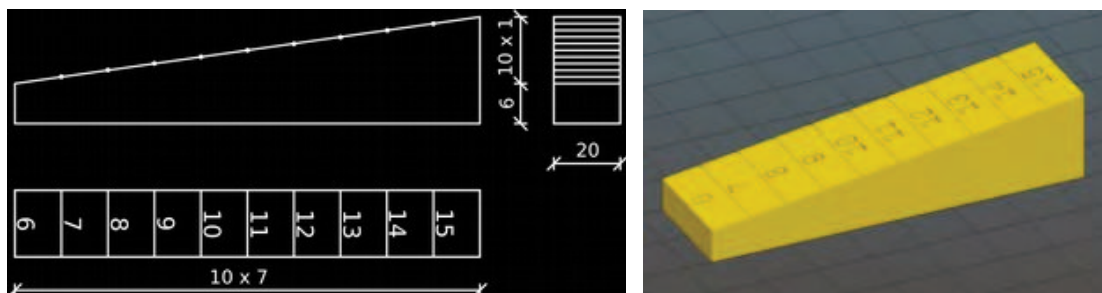
W przypadku pomiaru łątą do wykonania pomiarów potrzebne są następujące instrumenty: łąta, klin.

Łata pomiarowa do pomiaru równości podłużnej powinna cechować się następującymi właściwościami [7]:

- długość 400 cm,
- wykonana z metalu lub drewna,
- równa dolna płaszczyzna,
- szerokość stopki nie większa niż 6 cm,
- sztywność zapewniająca ugięcie mniejsze niż 5 mm przy podparciu łąty jedynie w skrajnych punktach.

Właściwości klina:

- materiał: metal lub twarde suche drewno;
- kształt: graniastosłup o podstawie trapezu i wysokości 20 mm. Wymiary trapezu to długości podstawy 70 mm i wysokości 6 i 16 mm przedstawione na rysunku 1. Dopuszcza się inne wysokości trapezu w przypadku wykonywania pomiaru wysokości o większych przeswitach, jednak z zachowaniem kąta wzniosu. Norma podaje przykład, że dla nawierzchni o przeswitach większych niż 15 mm należy skorzystać z klina o wysokościach trapezu 11 i 21 mm;
- na wznoszącej się ścianie klina naniesiona jest skala w postaci kresek i oznaczeń liczbowych co 1 mm wysokości, co za tym idzie - kreseczki skali umieszczone są w odległości 7 mm od siebie w rzucie poziomym.



Rys. 1. Parametry geometryczne klina wg normy BN-69/8931-04

Pomiar równości polega na mierzeniu maksymalnego prześwitu pomiędzy dolną krawędzią łąty a badaną powierzchnią. Wielkość zmierzonego prześwitu jest równa najmniejszej liczbie widocznej na klinie podłożonym pod łątę.

W czasie pomiaru równości podłużnej łąta powinna być ułożona równolegle do osi drogi w płaszczyźnie prostopadłej do badanej powierzchni. Pomiarów dokonuje się co 20 m na każdym pasie ruchu oraz we wszystkich miejscach budzących wątpliwości co do równości.

W dokumentach normatywnych zamieszczone są tabele wartości dopuszczalnych prześwitów dla podbudowy, nawierzchni, powierzchni posadzek przemysłowych [7-9]. Badaną powierzchnię uznaje się za zgodną z wymaganiami, jeżeli w żadnym punkcie zmierzony prześwit nie przekracza wartości dopuszczalnej.

Norma BN-69/8931-04 nie precyzuje kierunku, w którym badany jest prześwit pomiędzy dolną krawędzią łąty a badaną powierzchnią. Praktycznie można założyć, że jest to kierunek prostopadły do dolnej płaszczyzny łąty.

2. Numeryczne wyznaczenie największego prześwitu pomiędzy łątą pomiarową a analizowanym profilem powierzchni

Wykorzystanie cyfrowego profilu powierzchni do wyznaczenia parametru maksymalnego prześwitu pomiędzy łątą a powierzchnią w formie analogowej wymagałoby narysowania profilu w odpowiedniej skali, przyłożenia liniału odwzorowującego łątę w odpowiedniej skali i zmierzenia maksymalnego prześwitu pomiędzy liniałem a łamaną profilu. Metoda ta, chociaż możliwa do zrealizowania, jest pracochłonna i mało dokładna. Znalezienie maksymalnego prześwitu w sposób graficzny jest proste. Metoda wyznaczenia maksymalnego prześwitu oparta na metodzie geometrii analitycznej jest bardzo złożona.

Potrzebnymi danymi do wyznaczenia maksymalnego prześwitu powierzchni jest znajomość profilu powierzchni i długość łąty.

Profil powierzchni jest reprezentowany przez wektor uporządkowanych rosnąco względem odciętej punktów, które opisują łamaną składającą się z odcinków.

Dane współrzędnych punktów profilu powierzchni można uzyskać w wyniku wielu pomiarów różnymi metodami, np.: metodą geodezyjną, z użyciem profiłowgrafu, urządzenia do wyznaczenia profilu RK-3.

Metoda wyznaczania maksymalnego prześwitu pomiędzy łatą a powierzchnią polega na cyklicznym kładzeniu łaty na łamanej, począwszy od początku łamanej do końca łamanej co założoną odległość, i wyznaczeniu prześwitu pomiędzy odcinkiem definiującym łatę a najdalszym punktem łamanej na kierunku prostopadłym do odcinka definiującego łatę. Na początku obliczeń zakłada się, iż prześwit wynosi zero i w kolejnych iteracjach zapamiętuje się wartość obliczoną w bieżącym położeniu łaty, o ile jest większa od już zapamiętanej.

Pierwsze położenie łaty zdefiniowane jest w ten sposób, iż rzut początku łaty pokrywa się ze współrzędną x początku łamanej, a łata leży na łamanej. Końcowe położenie łaty zdefiniowane jest w ten sposób, iż rzut końca łaty pokrywa się z rzutem pionowym końca łaty lub jest od niego oddalony o odległość mniejszą od założonej odległości iteracyjnego przesunięcia łaty.

Zadanie można podzielić na dwa podstawowe etapy:

- ułożenie łaty na łamanej/profilu,
- obliczenie odległości maksymalnie oddalonego punktu profilu pod łatą do łaty.

2.1. Ułożenie łaty na łamanej, począwszy od punktu o odciętej x_p

W przypadku położenia odcinka na łamanej to odcinek będzie miał punkty wspólne z łamaną w jej wierzchołkach lub w przypadku początku lub końca łaty z punktami odcinka łamanej.

Środek łaty może stykać się z punktami łamanej, niebędącymi wierzchołkami, w przypadku gdy odcinek łamanej pokrywa się lub częściowo pokrywa się z odcinkiem łaty, lecz zachowany jest jednoczesny warunek styku łaty z wierzchołkami łamanej.

Dla potrzeb zadania, aby ustawić jednoznacznie położenie łaty (odcinek), wystarczy podać położenie dwóch punktów, które definiują prostą, na której będzie ustawiony odcinek łaty, i odcięta początku łaty.

Zadanie ogranicza się do wybrania wierzchołków łamanej z zakresu odciętych łaty i odcinków początkowego i końcowego łamanej dla odciętej początkowej i końcowej łaty tak, aby żaden z punktów łamanej nie znajdował się nad łatą, z tym że w każdej połowie łaty musi występować punkt styku z łamaną.

Algorytm wyznaczenia położenia łaty na łamanej

- a) znajdź punkt łamanej o współrzędnej x , który będzie początkowym położeniem początku łaty A,
- b) znajdź przecięcie łamanej okręgiem o środku w punkcie A o długości łaty. Punkt ten będzie położeniem końca łaty B,
- c) ułóż łatę, opierając jej początek i koniec na punktach A i B,
- d) w układzie lokalnym łaty znajdź dla lewej połowy łaty punkt najbardziej wystający wierzchołek łamanej ponad łatą C. Jeżeli wierzchołków o tej samej rzędnej

- maksymalnej jest więcej niż jeden, to wybieramy wierzchołek najbliższy początkowi łaty, czyli o najmniejszej odciętej,
- e) w układzie lokalnym łaty znajdź dla prawej połowy łaty punkt najbardziej wystający - wierzchołek łamanej ponad łatę D. Jeżeli wierzchołków o tej samej rzędnej maksymalnej jest więcej niż jeden, to wybierz wierzchołek najbliższy końcowi łaty, czyli o największej odciętej,
 - f) ustaw łatę na punktach C i D tak, aby rzędna początku łaty była równa x_p ,
 - g) jeżeli początek łaty ma rzędna mniejszą niż rzędna punktu A, to ustaw łatę na punktach A i D tak, aby rzędna początku łaty była równa x_p ,
 - h) jeżeli punkt łamanej o odciętej końca łaty ma rzędna większą niż rzędna końca łaty (koniec łaty jest pod łamaną), to przejdź do punktu „i”; w przeciwnym wypadku łata jest ustawiona poprawnie i przejdź do punktu „l”,
 - i) utwórz punkt E o odciętej końca łaty i rzędnej równej rzędnej łamanej dla odciętej końca łaty,
 - j) ustaw łatę na prostej przechodzącej przez punkty B i E tak, aby rzędna początku łaty była równa x_p ,
 - k) jeżeli wartość bezwzględna różnicy pomiędzy rzędna końca łaty a rzędna łamanej w odciętej końca łaty jest mniejsza od dopuszczalnego założonego błędu ϵ_p , to łata jest ustawiona poprawnie; w przeciwnym razie przejdź do punktu „i”,
 - l) sprawdź, czy żaden z wierzchołków nie wystaje ponad łatę. Jeżeli nie wystaje, to idź do „m”, w przeciwnym wypadku idź do punktu „d”,
 - m) koniec. Łata jest ustawiona.

2.2. Wyznaczenie wartości maksymalnej prześwitu pomiędzy łatą a profilem

Metoda polega na wyznaczeniu maksymalnych odległości łamanej profilu od odcinka łaty. Obliczeń należy dokonywać w kierunku prostopadłym do kierunku łaty. Łata jest ułożona na łamanej profilu, więc wszystkie jej punkty są ułożone pod łatą lub stykają się z nią. W układzie lokalnym łaty wszystkie punkty profilu mają rzędne mniejsze lub równe zero. Ponieważ model profilu jest łamaną składającą się z odcinków, to w części środkowej wystarczy uwzględnić przy wybieraniu punktów wierzchołki łamanej. Na początku i końcu łaty uwzględnia się punkty końca i początku łaty rzutowane w kierunku prostopadłym do łaty na odcinki łamanej. Dodatkowym problemem jest konieczność uwzględnienia sytuacji, gdy łata jest ustawiona na początku profilu i ułożona z kątem ujemnym (zgodnie z ruchem wskazówek zegara) względem osi globalnej X. Prosta rzutowania początku łaty, jeżeli punkt początku łaty nie jest jednocześnie punktem profilu (początek łaty nie leży na profilu), wychodzi wtedy przed profil i nie ma z nim przecięcia. W takim wypadku graniczną wartością prześwitu jest długość odcinka rzutowania z łaty na punkt początku profilu. Analogiczny problem występuje dla końca profilu.

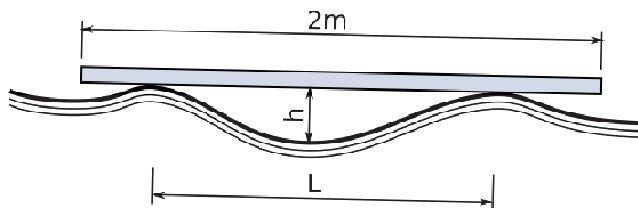
Algorytm wyznaczenia położenia wartości maksymalnej prześwitu pomiędzy łątą a profilem

- a) jeżeli w układzie globalnym odcięta początku łąty jest mniejsza niż odcięta początku łamanej, to wygeneruj błąd i zakończ program. Sytuacja taka nie powinna się zdarzyć, bo łąta ustawiona jest poza zakresem,
- b) wyszukaj numer odcinka początkowego łamanej/profilu nrp w układzie lokalnym łąty, tzn. numer, który wskazuje odcinek łąty o wierzchołkach $P_{nrp} - P_{nrp+1}$, taki iż $x_{l\ nrp} \leq 0 \leq x_{l\ nrp+1}$. Jeżeli nie można wyszukać takiego odcinka, to przejdź do punktu „c”,
- c) jeżeli prosta rzutująca początku łąty nie przecina się z łamaną na skutek ujemnego kąta nachylenia łąty i jednocześnie odcięta początku łąty jest większa od odciętej początku łamanej, to ustaw nrp na pierwszy odcinek łamanej i zapamiętaj w logp, że jest to przypadek szczególny dla początku,
- d) jeżeli w układzie globalnym odcięta końca łąty jest większa niż odcięta końca łamanej, to wygeneruj błąd i zakończ program. Sytuacja taka nie powinna się zdarzyć, bo łąta ustawiona jest poza zakresem,
- e) wyszukaj numer odcinka końcowego łamanej/profilu nrk w układzie lokalnym łąty, tzn. numer, który wskazuje odcinek łąty o wierzchołkach $P_{nrk} - P_{nrk+1}$, taki iż $x_{l\ nrk} \leq \text{długość_łąty} \leq x_{l\ nrk+1}$. Jeżeli znalezienie odcinka o podanych właściwościach jest niemożliwe, to przejdź do punktu „f”,
- f) jeżeli prosta rzutująca końca łąty nie przecina się z łamaną na skutek dodatniego kąta nachylenia łąty, to ustaw nrk na ostatni odcinek łamanej i zapamiętaj w logk, że jest to przypadek szczególny dla końca łąty,
- g) jeżeli w punkcie „c” ustawiono logp, to jako prześwitMax przyjmij długość odcinka rzutowania z łąty na łamaną, tzn. rzędną w układzie lokalnym łąty początku łamanej,
- h) za prześwitMax przyjmij w układzie lokalnym łąty rzędną pierwszego odcinka łamanej dla odciętej równej zero obliczoną przez aproksymację,
- i) dla wszystkich wierzchołków odcinków pośrednich sprawdź ich rzędne w układzie lokalnym łąty i jeżeli jest mniejsza od prześwitMax, to zapamiętaj w prześwitMax,
- j) jeżeli w punkcie „f” ustawiono logk, to oblicz długość odcinka rzutowania z łąty na łamaną, tzn. rzędną w układzie lokalnym łąty końca łamanej. Jeżeli obliczona wartość jest mniejsza od prześwitMax, to zapisz ją do prześwitMax,
- k) oblicz w układzie lokalnym łąty rzędną nrk odcinka łamanej dla odciętej równej długość_łąty obliczoną przez aproksymację. Jeżeli wartość ta jest mniejsza od prześwitMax, to zapisz ją do prześwitMax,
- l) zwróć wartość -prześwitMax,
- m) koniec.

2.3. Wyznaczenie maksymalnej głębokości koleiny

Parametr ten wyznaczany jest przy badaniu równości poprzecznej. Do pomiaru stosowana jest łąta o długości 2 m. Głębokością koleiny jest maksymalna odle-

głość pomiędzy łatą a badaną powierzchnią pomiędzy punktami podparcia łaty na badanej powierzchni jak na rysunku 2. Nie bierze się pod uwagę odcinków końców łaty, jeżeli są podparte wspornikowo. Szerokość koleiny L określona jako odległość pomiędzy punktami podparcia łaty musi być większa lub równa 0,8 m.



Rys. 2. Sposób pomiaru głębokości koleiny h w przekroju poprzecznym drogi według metody dwumetrowej łaty i klina [6]

Algorytm wyznaczenia głębokości koleiny

- jeżeli w układzie globalnym odcięta początku łaty jest mniejsza niż odcięta początku łamanej, to wygeneruj błąd i zakończ program. Sytuacja taka nie może się zdarzyć, bo łata ustawiona jest poza zakresem (łata wystaje przed zdefiniowaną łamaną),
- wyszukaj numer odcinka początkowego łamanej/profilu nrp w układzie lokalnym łaty, tzn. numer, który wskazuje odcinek łaty o wierzchołkach $P_{nrp} - P_{nrp+1}$, taki iż $x_{l_{nrp}} \leq 0 \leq x_{l_{nrp+1}}$. Jeżeli nie można wyszukać takiego odcinka, to przejdź do punktu „c”,
- jeżeli prosta rzutująca początku łaty nie przecina się z łamaną na skutek ujemnego kąta nachylenia łaty i jednocześnie odcięta początku łaty jest większa od odciętej początku łamanej, to ustaw nrp na pierwszy odcinek łamanej i zapamiętaj w logk, że jest to przypadek szczególny dla początku,
- jeżeli w układzie globalnym odcięta końca łaty jest większa niż odcięta końca łamanej, to wygeneruj błąd i zakończ program. Sytuacja taka nie powinna się zdarzyć, bo łata ustawiona jest poza zakresem (koniec łaty wystaje za zdefiniowaną łamaną),
- wyszukaj numer odcinka końcowego łamanej/profilu nrk w układzie lokalnym łaty, tzn. numer, który wskazuje odcinek łaty o wierzchołkach $P_{nrk} - P_{nrk+1}$, taki iż $x_{l_{nrk}} \leq \text{długość_łaty} \leq x_{l_{nrk+1}}$. Jeżeli znalezienie odcinka o podanych właściwościach jest niemożliwe, to przejdź do punktu „f”,
- jeżeli prosta rzutująca końca łaty nie przecina się z łamaną na skutek dodatniego kąta nachylenia łaty, to ustaw nrk na ostatni odcinek łamanej i zapamiętaj w logk, że jest to przypadek szczególny dla końca łaty,
- znajdź początkowy punkt łaty, którym styka się z powierzchnią, i zapamiętaj w Pp. Będzie to początek łaty lub pierwszy z wierzchołków łamanej, której wartość bezwzględna rzędnej w układzie lokalnym łaty będzie mniejsza lub równa założonej dokładności eps,
- znajdź końcowy punkt łaty, którym styka się z powierzchnią, i zapamiętaj w Pk. Będzie to koniec łaty lub pierwszy od końca łaty w stronę początku wierzchołek

- łamanej, którego wartość bezwzględna rzędnej w układzie lokalnym łąty będzie mniejsza lub równa założonej dokładności ϵ ,
- i) na punktach Pp i Pk połącz łątę o długości równej odległości pomiędzy punktami Pp i Pk, tzn. punkt Pp będzie początkiem łąty, a punkt Pk będzie końcem łąty,
 - j) dla tak wygenerowanej łąty i łamanej wykonaj procedurę wyznaczenia położenia wartości maksymalnej prześwitu pomiędzy łątą a profilem,
 - k) koniec.

2.4. Ogólny algorytm wyznaczenia maksymalnej wartości prześwitu na zadanym odcinku profilu

Warunki normowe mówią, iż badania maksymalnego prześwitu pomiędzy łątą i klinem wykonuje się co 20 metrów i we wszystkich miejscach budzących wątpliwości co do równości nawierzchni. Druga część zalecenia zdaje się na subiektywną ocenę człowieka. Celem pomiarów jest znalezienie wartości największego prześwitu na badanym odcinku. Ustalenie takich warunków było spowodowane chęcią ograniczenia ilości pomiarów ze względu na ich pracochłonność. W przypadku danych numerycznych geometrii profilu obliczenia maksymalnego prześwitu dla kolejnych częściowo pokrywających się położzeń łąty pozwalają na znalezienie maksymalnej wartości dla badanego odcinka, eliminując czynniki subiektywne. Badania numeryczne nie wymagają udziału człowieka w obliczeniach, więc możliwe jest zwiększenie rozdzielczości badania kosztem jedynie czasu pracy komputera. W przypadku analizy komputerowej profilu odległości ułożenia łąty można zmniejszyć do długości łąty lub mniejszych wartości w celu zagwarantowania znalezienia wartości maksymalnych prześwitu lub bardzo zbliżonych do maksymalnych. W przypadku komputerowego wyznaczania prześwitu łąty łątę można układać, przesuwając na przykład co jeden centymetr, uzyskując gwarancję znalezienia wartości maksymalnej na całej długości.

Algorytm wyznaczenia maksymalnej wartości prześwitu lub głębokości kolein na zadanym odcinku profilu

- a) ustaw wartość prześwitu na wartość minus jeden (wartość fizycznie niemożliwa),
- b) ustal aktualną wartość położenia łąty na zero,
- c) ustaw łątę według wartości aktualnego położenia,
- d) jeżeli koniec łąty jest poza końcem odcinka, to zakończ obliczenia, przechodząc do punktu „h”,
- e) oblicz największą wartość prześwitu. Jeżeli wartość obliczona jest większa od aktualnie zapamiętanej, to zapamiętaj wartość aktualnie obliczoną,
- f) do aktualnego położenia łąty dodaj wartość założonego przesunięcia dx ,
- g) przejdź do punktu „c”,
- h) zwróć aktualną wartość prześwitu,
- i) koniec.

Jeżeli wynikiem jest wartość mniejsza od zera, to znaczy, że nie udało się ustawić prawidłowo łąty na łamanej, w przeciwnym wypadku wynikiem jest maksymalna wartość prześwitu.

Podsumowanie

Przedstawione algorytmy obliczania prześwitu pomiędzy łątą a łamaną odwzorowującą profil powierzchni i głębokości kolein pozwalają na stworzenie oprogramowania do automatycznego przeliczania danych opisujących geometrię profilu na wartości normowe prześwitu charakteryzujące równość nawierzchni. Geometria profilu stanowiącego przecięcie badanej powierzchni przez płaszczyznę równoległą do wektora grawitacji lub prostopadłej do badanej powierzchni zapisana w postaci łamanej składającej się z uporządkowanych według odciętej punktów dwuwymiarowych zawiera dane charakteryzujące pełne własności geometryczne tej powierzchni dla śladu, w którym był wykonywany pomiar. Z inżynierskiego punktu widzenia ocena danych opiera się na porównaniu wskaźników o małej ilości wymiarów, najlepiej jednowymiarowych ze zdefiniowanymi granicznymi wartościami normowymi. Z profilu powierzchni można wyznaczyć takie wskaźniki, jak np. IRI czy prześwit pomiędzy łątą i badaną powierzchnią. Sposób wyznaczania tych wskaźników jest określony w odpowiednich normach. Posiadając wiedzę o profilu w postaci współrzędnych profilu w przypadku wskaźników opartych na metodzie łąty i klina, najbliższą analogią wyznaczenia prześwitu jest utworzenie graficznego odwzorowania profilu w postaci wykresu w odpowiednio dobranej skali, zapewniającej wymaganą dokładność, i dokonanie pomiaru odległości pomiędzy odcinkiem o długości łąty w skali a łamaną. Metoda ta jest jednak bardzo pracochłonna, kosztowna i ma ograniczoną dokładność. Bezblędne rozwiązanie problemu ręcznie za pomocą wzorów geometrii analitycznej ze względu na swoją pracochłonność i złożoność jest trudne dla kilku punktów, a dla kilkudziesięciu praktycznie niemożliwe. Dzięki wykorzystaniu techniki komputerowej zadanie to można rozwiązać w bardzo krótkim czasie, uzyskując maksymalną dokładność. Należy jednak pamiętać, że rzeczywista dokładność prześwitu zależy od dokładności pomiaru profilu powierzchni, który stanowi dane wejściowe do obliczeń. Obecnie stosuje się coraz bardziej wyszukane metody pomiarowe określające kształt powierzchni. Możliwość obliczania na podstawie kształtu powierzchni parametrów podstawowych równości pozwala na łatwe klasyfikowanie powierzchni. Parametr maksymalnego prześwitu w przypadku równości podłużnej dla nawierzchni drogowych wypierany jest przez wskaźnik IRI [10]. Stosowany jest w dalszym ciągu w przypadku równości poprzecznej pasów drogowych, równości posadzek przemysłowych. Wykorzystanie numerycznego obliczania maksymalnego prześwitu rozszerza możliwości urządzeń pomiarowych do pomiaru profilu.

Literatura

- [1] ASTM E1926-08 Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements.
- [2] Rolla S., Nowoczesne nawierzchnie betonowe, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1983.
- [3] Rajczyk J., Kowalska K., Sposoby oceny równości nawierzchni betonowych, Magazyn Autostrady 2005, 12.
- [4] Ogólne Specyfikacje Techniczne: Badanie równości podłużnej oraz poprzecznej warstw nawierzchni drogowych, GDDKiA 2013.
- [5] GDDP, System oceny nawierzchni SOSN Wytyczne Stosowania - Załącznik B. Zasady pomiaru i oceny stanu równości podłużnej nawierzchni bitumicznych w systemie oceny stanu nawierzchni SOSN, Warszawa 2002.
- [6] GDDP, System oceny nawierzchni SOSN Wytyczne Stosowania - Załącznik C. Zasady pomiaru i oceny stanu kolein nawierzchni bitumicznych w systemie oceny stanu nawierzchni SOSN, Warszawa 2002.
- [7] BN-68/8931-04, Drogi samochodowe. Pomiar równości nawierzchni planografem i łątą.
- [8] PN-62/B-10144, Posadzki z betonu i zaprawy cementowej. Wymagania i badania techniczne przy odbiorze.
- [9] PN-EN 13036-7:2003 Drogi samochodowe i lotniskowe - Metody badań - Część 7: Pomiar nierówności nawierzchni: badanie liniałem mierniczym.
- [10] Załącznik do zarządzenia Nr 34 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad. Diagnostyka stanu nawierzchni i jej elementów - wytyczne stosowania, Warszawa, marzec 2015.

Streszczenie

W artykule zaprezentowano algorytmy przeliczania danych numerycznych profilu powierzchni zapisanego w postaci punktów 2D wg metodyki pomiarów równości za pomocą normatywnej metody łąty i klina. Dzięki wykorzystaniu techniki komputerowej zadanie to można rozwiązać w bardzo krótkim czasie, uzyskując maksymalną dokładność.

Słowa kluczowe: równość, metoda łąty i klina, analiza numeryczna

Methodology for data conversion of surface roughness of profile to the normative evenness parameter according to the patches and wedge method

Abstract

This paper presents numerical data conversion algorithms of surface profile stored in the form of 2D points according to the methodology of measurements of evenness with the normative patches and wedge method. Through the use of computer technology this task can be solved in a very short time with the maximum accuracy.

Keywords: evenness, patches and wedge method, numerical analysis