

Zasady stosowania na terenach górniczych nawierzchni utwardzonych drobnowymiarowymi elementami, na przykładzie kostki brukowej

Dr hab. inż. Marian Kawulok, Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski

1. Wprowadzenie

Obecnie dość powszechne jest utwardzanie różnych placów i dróg wewnętrznych oraz obejść wokół budynków drobnowymiarowymi elementami, wykonywanymi z betonu, najczęściej z kostki brukowej. Typowymi przykładami tego rodzaju nawierzchni są chociażby tereny stacji paliwowych oraz powierzchnie parkingowe. Niewątpliwie sprzyja to rozwojowi produkcji tego rodzaju elementów. Nic nie wskazuje, by tendencje te w przyszłości uległy zahamowaniu [1].

Utwardzone nawierzchnie wykonywane na terenach górniczych, głównie w rejonach występowania intensywnych oddziaływań wynikających z poziomych odkształceń podłoża, powodujących jego zagęszczenie ($- \epsilon$), mogą ulegać nawet znacznym uszkodzeniom lub powodować uszkodzenia obiektów budowlanych, przylegających do tych nawierzchni. Dotychczas nie znalazło to jednak należytego odzwierciedlenia w odpowiednich wymaganiach dotyczących projektowania obiektów na terenach górniczych [2].

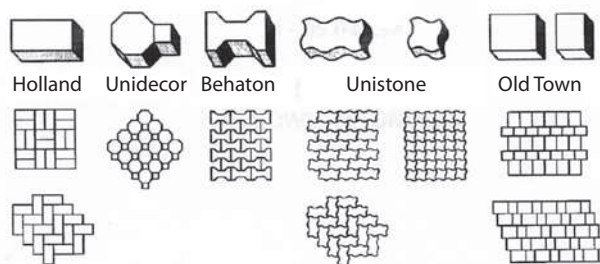
Problem uszkodzeń różnych nawierzchni na terenach górniczych był już sygnalizowany w literaturze. Zarówno w pracach zagranicznych [3, 4], jak i krajowych [5, 6, 7] omawiane były przede wszystkim uwarunkowania górnicze powodujące te uszkodzenia.

Uszkodzeń tych można uniknąć, a przynajmniej je znacznie ograniczyć poprzez dylatowanie nawierzchni na terenach górniczych. Na potrzebę opracowania odpowiednich uregulowań budowlanych, przydatnych w projektowaniu, wskazano w pracach podających przykłady dotychczasowych, negatywnych doświadczeń w tym zakresie [8] i [9].

W niniejszym artykule, na podstawie zaobserwowanych rodzajów uszkodzeń, zebranych w okresie ostatnich piętnastu lat, określono zasady stosowania utwardzonych nawierzchni na terenach górniczych, na przykładzie kostki brukowej [10, 11].

2. Nawierzchnie z kostki brukowej

Najczęściej spotykane kształty betonowej kostki brukowej i sposoby ich układania przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przykłady kształtów betonowej kostki brukowej [11]

Według [12] spoiny wypełnia się piaskiem, którego granulacja nie powinna być większa niż 2 mm, a ich szerokość powinna wynosić 2–3 mm w przypadku chodników oraz 3–5 mm w nawierzchniach drogowych. Piasek wmiata się w spoiny zgodnie z postępowaniem prac. Ostatnim etapem wykonania nawierzchni jest mechaniczne zagęszczenie piasku wypełniającego spoiny.

W przypadku układania kostek na podsypce cementowo-piaskowej i wypełnianiu spoin zaprawą cementowo-piaskową należy w nawierzchni przewidzieć wykonanie termicznych szczelin dylatacyjnych w odstępach nie większych od 8 m oraz w miejscach zmiany sztywności podłoża. Szerokość dylatacji powinna być nie mniejsza niż 8 mm, a ich wypełnienie powinny stanowić odpowiednie zalewy lub masy określone w [11].

3. Rodzaje uszkodzeń i deformacji nawierzchni

Dotychczasowe obserwacje wykazały, że w odniesieniu do utwardzonych nawierzchni na terenach górniczych można wyróżnić uszkodzenia:

- placów,
 - nawierzchni dróg,
 - krawężników w kierunku podłużnym,
 - budynków w poziomie przylegającej, utwardzonej nawierzchni,
- oraz poprzeczne deformacje krawężników dróg i placów, co najczęściej też jest związane z uszkodzeniem samej nawierzchni.



Rys. 2. Uszkodzenie nawierzchni terenu stacji benzynowej



Rys. 3. Wypiętrzenie całej płaszczyzny nawierzchni



Rys. 4. Poprzeczne i podłużne uszkodzenie nawierzchni drogi



Rys. 5. Uszkodzenia nawierzchni wykonanej z kostki typu Behaton w złożonym stanie odkształceń

Poniżej przedstawiono charakter zaobserwowanych uszkodzeń i deformacji oraz podano prawdopodobną genezę ich powstania.

A – Uszkodzenia placów

Uszkodzenia placów polegają na deformacji, spękaniach lub zniszczeniu nawierzchni, głównie w rejonach krawężników lub posadowień różnych elementów zabudowy (rys. 2) oraz na wypiętrzeniu całych płaszczyzn utwardzonych nawierzchni (rys. 3).

B – Uszkodzenia nawierzchni dróg

W przypadku odkształceń powodujących zagęszczenie gruntu, oddziaływujących praktycznie w kierunku zbliżonym do ortogonalnego względem osi drogi uszkodzenia polegają głównie na podłużnym i/lub poprzecznym wypiętrzeniu kostki, prowadzącym nawet do zniszczenia nawierzchni (rys. 4). W kierunku prostopadłym może dojść wtedy do poluzowania nawierzchni. Natomiast w złożonym stanie odkształceń podłoża, przy wzajemnym powiązaniu elementów nawierzchni, na skutek występujących

naprężeń rozciągających, mogą dodatkowo pojawiać się spęknięcia samej kostki betonowej (rys. 5).

C – Uszkodzenia krawężników

Uszkodzenia te występują zarówno w przypadku placów, jak i dróg, a polegają na wypiętrzeniu (rys. 6) lub nasunięciu i praktycznie zniszczeniu sąsiadujących krawężników (rys. 7). Przyczyną są tutaj odkształcenia gruntu (-ε), występujące w fazie jego zagęszczenia w kierunku długości krawężnika.

D – Przemieszczenia krawężników

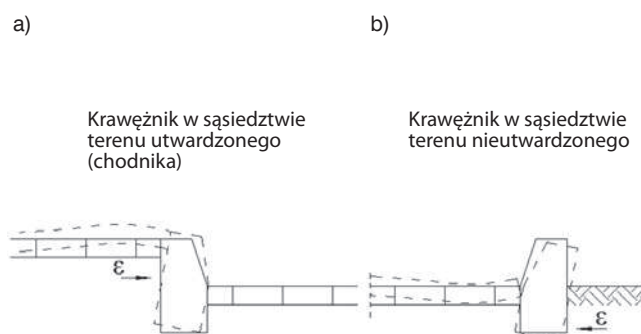
Napór gruntu na boczne powierzchnie krawężników, występujący w fazie jego zagęszczenia (-ε), może spowodować ich poprzeczne przemieszczenia. W ogólności można w tym względzie wyróżnić dwa przypadki przedstawione schematycznie na rysunku 8, które są uzależnione od rodzaju nawierzchni napierającej na krawężnik. W przypadku a), gdy nawierzchnia jest utwardzona (stanowi ją na przykład chodnik), następuje obrót góry krawężnika w stronę jezdni (rys. 9), natomiast



Rys. 6. Wypiętrzenie krawężników



Rys. 7. Nasunięcie i uszkodzenie (zniszczenie) krawężników



Rys. 8. Schemat poprzecznych przemieszczeń krawężnika: a) napór nawierzchni utwardzonej, b) napór nawierzchni nieutwardzonej (gruntu)



Rys. 9. Uszkodzenia rys. 8a

gdy nawierzchnia jest nieutwardzona b), przy dostatecznym zagłębieniu krawężnika w gruncie, następuje jego wepchnięcie dołem w stronę jezdni i powstanie szczeliny między krawężnikiem a górną powierzchnią jezdni (rys. 10). W obydwu przypadkach należy się także liczyć z uszkodzeniami jezdni na całej jej szerokości.

E – Uszkodzenia budynków w poziomie utwardzonych nawierzchni

Zaobserwowano także uszkodzenia budynków w poziomie zbliżonym do terenu, powodowane naporem sztywnej nawierzchni z kostki betonowej na ściany budynków. Przykładowe uszkodzenie przedstawiono na rysunku 11.

4. Utwardzone nawierzchnie na podłożu podlegającym deformacjom górnicyzm

4.1. Zasady ogólne

W trakcie ujawniania się deformacji podłoża spowodowanych eksploatacją górnicyzm, gdy w terenie wykształca

się niecka osiadań [9], którą opisuje się parametrami obniżenia w , poziomego odkształcenia ϵ , krzywizny K i nachylenia T , na elementy nawierzchni niekorzystnie oddziałuje tylko poziome odkształcenie (ϵ).

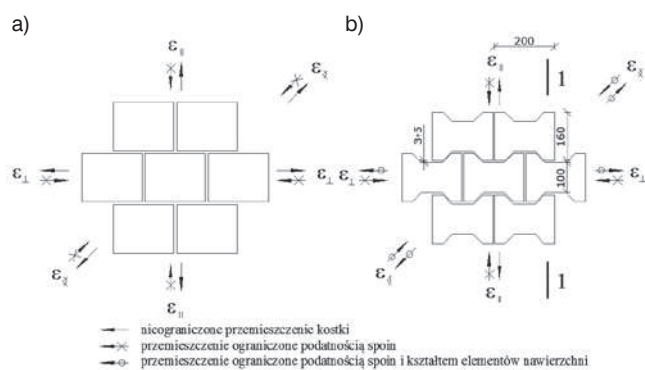
Na wypukłym obrzeżu niecki, gdy występuje rozluźnienie podłoża ($+\epsilon$), niepowiązane między sobą elementy utwardzenia mają pełną swobodę przemieszczeń, co w efekcie może powodować jedynie poszerzenie spoin i w efekcie poluzowanie nawierzchni. Natomiast w niecce wklęsłej, gdy mamy do czynienia z zagęszczeniem podłoża ($-\epsilon$), na skutek przemieszczenia elementów następuje najpierw skompensowanie podatności spoin, a później przemieszczenia te mogą powodować uszkodzenia nawierzchni. W przypadku nawierzchni, których elementy są wzajemnie powiązane, np. z kostki Behaton (rys. 1), niezależnie od rodzaju odkształceń podłoża, mogą pojawiać się uszkodzenia. Możliwe przemieszczenia elementów nawierzchni przedstawiono schematycznie na rysunku 12, przyjmując charakterystyczne kierunki oddziaływania odkształceń ϵ .



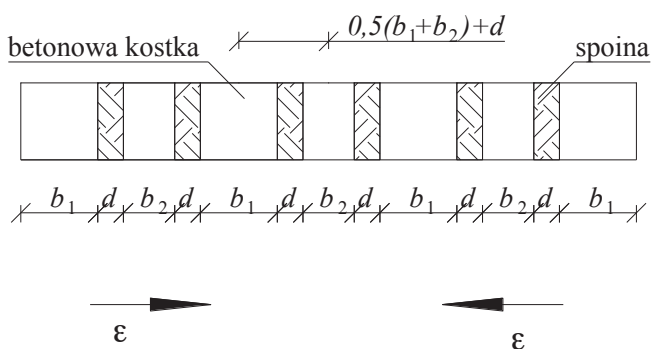
Rys. 10. Uszkodzenia rys. 8b



Rys. 11. Uszkodzenie cokołu budynku



Rys. 12. Przesunięcia elementów nawierzchni pod wpływem poziomych odkształceń terenu ϵ , przy wzajemnie niepowiązanych a) i powiązanych elementach b)



Rys. 13. Schemat oddziaływania poziomych odkształceń ϵ na nawierzchnię b_1, b_2 – wymiary poziome elementów nawierzchni, d – szerokość spoin

Z przedstawionych powyżej rozważań wynika, że w celu ustalenia zasad stosowania tego typu nawierzchni na terenach górniczych należy rozważyć przede wszystkim oddziaływanie odkształceń $-\epsilon$, powodujące zagęszczenie gruntu. Potwierdzają to zresztą przykłady uszkodzeń pokazanych w p. 3.

4.2. Przesunięcia elementów nawierzchni

Schemat oddziaływania $-\epsilon$ na nawierzchnię wykonaną z elementów o dwóch różnych wymiarach poziomych b_1, b_2 (np. w przekroju 1–1, rys. 12) w kierunku zgodnym z ruchami terenu, przyjmując szerokość spoin d , przedstawiono na rysunku 13.

Bezpośrednio po wykonaniu nawierzchni, na skutek jej mechanicznego zagęszczenia, piasek w spoinach jest częściowo zagęszczony w kierunku poziomym. Pełne jego zagęszczenie w tym kierunku może dopiero nastąpić po wystąpieniu poziomych odkształceń o charakterze ściskania ($-\epsilon$).

Przy założeniu stałej wartości poziomych odkształceń terenu ($-\epsilon$) i pełnej zgodności poziomych przesunięć elementów utwardzenia za deformującym się podłożem, każda ze spoin ulegać będzie zwężeniu o wartość Δd , określoną wzorem:

$$\Delta d = \epsilon [0,5 \times (b_1 + b_2) + d] \leq \chi d \quad (1)$$

gdzie χ oznacza współczynnik komprymacji piasku w spoinach.

W stanie pełnej komprymacji następuje maksymalne zaciśnięcie wszystkich spoin, a nawierzchnia od tego momentu pracuje jako sztywna tarcza w swojej płaszczyźnie. Przy spełnieniu warunku (1) nawierzchnia nie ulegnie zatem uszkodzeniu.

Wobec braku jakichkolwiek danych dotyczących możliwej komprymacji piasku w spoinach, do dalszej analizy przyjęto wstępnie $\chi \cong 0,3$. Przyjmując wyjściowe szerokości spoin według [11], oznacza to, że spoina o szerokości 3 mm, po wystąpieniu uszkodzeń nawierzchni ma szerokość 2 mm, a spoina 5 mm szerokość ok. 3,5 mm.

Takie zwężenie spoin można uznać za prawdopodobne, szczególnie przy ograniczeniu uziarnienia piasku do 1 mm, czyli spełnieniu warunku wskaźnika równoziarnistości $U < 6$ [13].

Także obserwacje nawierzchni przed i po wystąpieniu ich uszkodzeń nie dają podstaw do dokładniejszej oceny wartości χ , bo wyjściowe szerokości spoin są zazwyczaj zróżnicowane. Jeżeli jednak początkowo piasek w spoinie, na skutek mechanicznego zagęszczenia po wykonaniu nawierzchni, jest w kierunku poziomym zagęszczony, czyli według [13] można mu przypisać stopień I_D w granicach 65%–85%, to po wystąpieniu uszkodzeń nawierzchni staje się maksymalnie zagęszczony, czyli $I_D = 100\%$. W pewnym stopniu optuje to także za uzasadnieniem przyjęcia $\chi \cong 0,3$.

W projektowaniu należy uwzględnić wartości obliczeniowe odkształceń poziomych czyli $\varepsilon_d = \gamma_f \varepsilon$, gdzie: $\gamma_f = 1,3$ – częściowy współczynnik bezpieczeństwa, ε – prognozowane odkształcenia poziome [2].

Ponadto wskazane byłoby uwzględnienie możliwych niedokładności wykonania betonowych kostek, których długość i szerokość może się różnić o $\pm 3\text{mm}$ [10], oraz niedokładności ich ułożenia. Z drugiej strony wzajemnie napierające na siebie elementy utwardzenia mają pewną wytrzymałość, co powoduje, że uszkodzenie nawierzchni nie następuje zaraz po ich zetknięciu. Te dwa czynniki się wzajemnie redukują, w nieokreślonym bliżej stopniu, więc przyjęto ich nie rozpatrywać w dalszych analizach.

Po uwzględnieniu współczynnika γ_f wzór (1) przekształcono do wyrażenia (2), mogącego mieć zastosowanie w projektowaniu, a podającego bezwzględne wartości prognozowanych – zagęszczających (ujemnych)

odkształceń poziomych terenu ε_{komp} [‰], przy których nie ma potrzeby dylatowania nawierzchni.

$$\varepsilon_{komp} \leq 1500\chi \frac{d}{b_1 + b_2} \quad (2)$$

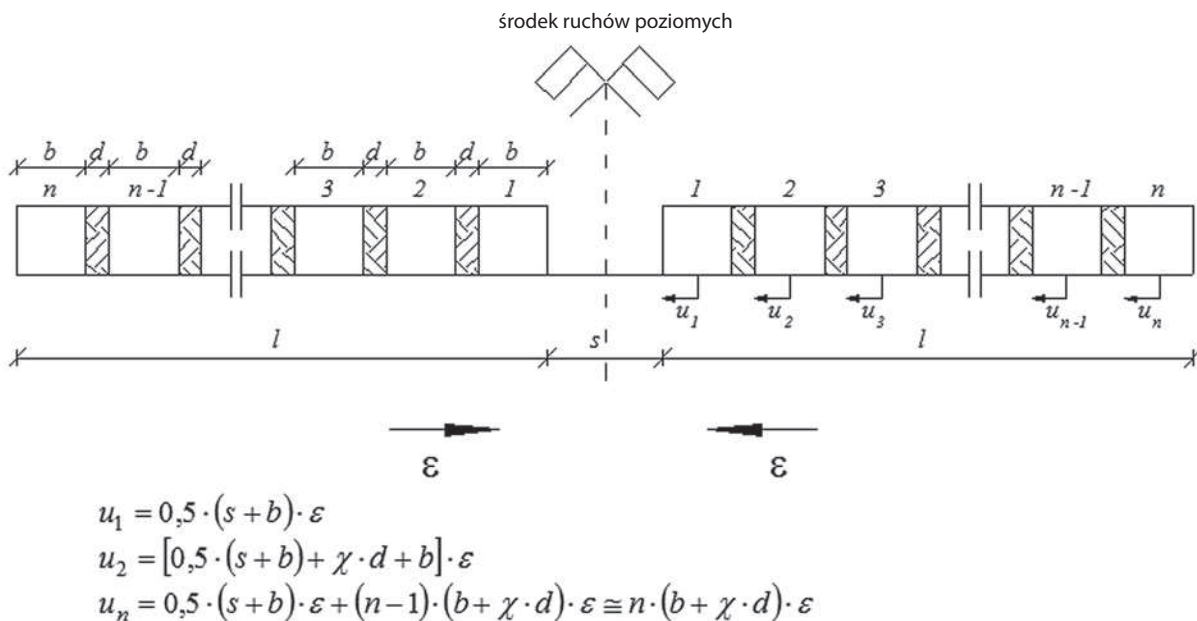
Przyjmując $\chi = 0,3$, otrzymuje się $\varepsilon_{komp} \leq 450 \frac{d}{b_1 + b_2}$,

gdzie: d – szerokość spoin między elementami nawierzchni,

b_1, b_2 – wymiary elementów w rzucie poziomym w kierunku równoległym do działania ε .

Po przekroczeniu wartości ε_{komp} w nawierzchni należy kształtować dylatacje. Oznacza to, że dla kostki brukowej typu Behaton, która w kierunku ε ma wymiary: $b_1 = 100\text{ mm}$ i $b_2 = 160\text{ mm}$ (rys. 12 b), przy szerokości spoin 5 mm, dylatacje należy wykonywać dla $\varepsilon > |-8,65|\text{‰}$, a przy szerokości spoin 3 mm już dla $\varepsilon > |-5,19|\text{‰}$, czyli praktycznie w obu przypadkach w obszarach IV kategorii terenów górniczych, gdy poziome odkształcenia powodujące zagęszczenie podłoża wynoszą $\varepsilon > |-6|\text{‰}$. Stwierdzenie to potwierdzają pokazane na rysunkach 2–9 uszkodzenia, które wystąpiły w warunkach sumowania się zagęszczających odkształceń gruntu od kolejnych, nakładających się eksploatacji górniczych, co przykładowo przedstawiono w [7]. We wszystkich tych przypadkach występowały poziome odkształcenia zagęszczające ($-\varepsilon$), zdecydowanie przekraczające IV kategorię terenów górniczych.

W nawierzchni podzielonej dylatacjami o szerokości s na odcinki o długości l (rys. 14), następuje najpierw komprymacja piasku w spoinach aż do osiągnięcia ε_{komp} .



Rys. 14. Przemieszczenia poziome u elementów zdylatowanej nawierzchni

W czasie tego procesu szerokość dylatacji zmniejszy się tylko o wartość $2u$, co praktycznie jest bez większego znaczenia. Należy jednak mieć na uwadze, że jednocześnie nawierzchnia uzyskuje sztywność tarczową w swojej płaszczyźnie.

Przy dalszym wzroście zagęszczających odkształceń poziomych ($-\varepsilon$), z warunku, by zawsze zachodziła zależność $s \geq 0$, wymaganą szerokość dylatacji można praktycznie obliczyć według wzoru:

$$s \geq 1,3 l (\varepsilon - \varepsilon_{komp}) \quad (3)$$

gdzie: ε – bezwzględna wartość prognozowanych odkształceń poziomych, powodujących zagęszczenie podłoża ($-\varepsilon$),
 ε_{komp} – jak we wzorze (2).

Uwaga: 1) W przypadku różnych długości zdylatowanych odcinków nawierzchni należy w (3) uwzględnić średnią wartość l , sąsiadujących ze sobą odcinków.
 2) Podane w [8] szerokości dylatacji zostały określone przy pominięciu podatności nawierzchni w swojej płaszczyźnie.

5. Dylatowanie nawierzchni utwardzonych kostką brukową

W nawierzchniach utwardzonych kostką brukową, projektowanych na terenach górniczych o wartości prognozowanych odkształceń poziomych, powodujących zagęszczenie podłoża $|\varepsilon| > 6\%$, należy projektować dylatacje na podanych niżej zasadach.

Nawierzchnie dróg

W nawierzchniach dróg należy wykonywać dylatacje poprzeczne o szerokości szczeliny s [mm], określonej według (3).

W zakresie kształtowania dylatacji zaleca się:

- 1) niezależnie od wyników obliczeń przyjmować szerokość dylatacji $s > 3$ cm,
- 2) rozstaw dylatacji nie powinien być większy niż 12 m; w przypadku układania kostek betonowych na podsypce cementowo-piaskowej i wypełnianiu spoin zaprawą cementowo-piaskową, co jednak nie należy stosować na terenach górniczych, rozstaw dylatacji powinien być ograniczony do 8 m, co wynika z kryterium termicznego.

Place

W utwardzonych placach należy wydzielić niedylatowane powierzchnie o maksymalnej długości boków nie przekraczających 12 m. Szerokość dylatacji s [mm] między poszczególnymi powierzchniami należy określać także według (3), z zachowaniem minimalnej wartości wynoszącej:

- 3 cm, gdy na place dopuszczalny jest wjazd pojazdów,



Rys. 15. Zalecane kształty krawężników na terenach górniczych [12]

- 2 cm, gdy na placach odbywa się tylko ruch pieszy, oraz ograniczeń wynikających z wymagań termicznych podanych powyżej.

Krawężniki

W celu uniknięcia uszkodzeń krawężników zaleca się je wykonywać z elementów o długości zgodnej z elementami nawierzchni, co przykładowo pokazano na rysunku 15 [12]. Wtedy przerwy dylatacyjne wzdłuż długości krawężników należy wykonywać analogicznie jak w nawierzchni.

Natomiast w przypadku krawężników o większej długości niż elementy nawierzchni należy dostosować szerokość spoin do wzoru (3), względnie przyjąć potrzebę wymiany krawężników po ich uszkodzeniu.

Wymagane są także dylatacje między krawężnikami a utwardzoną nawierzchnią. Szerokość tych dylatacji należy przyjmować zgodnie ze wzorem:

$$s = 0,65 \varepsilon b - n \chi d \geq 2 \text{ cm} \quad (4)$$

gdzie: ε – jak we wzorze (3), w kierunku prostopadłym do dylatacji,

b – szerokość utwardzonej nawierzchni między krawężnikami (szerokość jezdni),

n – liczba spoin na długości $0,5b$,

χ, d – jak we wzorze (2).

Dylatacje między budynkiem a utwardzonym terenem

Szerokość dylatacji s między budynkiem a utwardzonym terenem powinna wynosić:

$$s = 0,65 [\varepsilon l + b(\varepsilon - \varepsilon_{komp})] \geq 2 \text{ cm} \quad (5)$$

gdzie: l, b – odpowiednio wymiar budynku i utwardzonego terenu w kierunku prostopadłym do dylatacji,
 $\varepsilon, \varepsilon_{komp}$ – jak we wzorze (3).

Przy małej wartości b (np. tylko wąskie obejście wokół budynku) w stosunku do wymiaru budynku l , można praktycznie stosować tylko pierwszy człon wzoru (5), czyli $s = 0,65 \varepsilon l$.

Wypełnienie szczelin dylatacyjnych

Wypełnienie szczelin dylatacyjnych powinny stanowić odpowiednie zalewy lub masy uszczelniające względnie sznur uszczelniający [11, 14]. Można je także wypełniać drobnym materiałem ziarnistym, na przykład grysem, który z czasem może wymagać uzupełnienia. Do wypełnienia spoin nie należy stosować piasku, który może ulec wyflukaniu. W przypadkach specjalnych można stosować specjalne profile dylatacyjne.

6. Podsumowanie

Utwardzone nawierzchnie, narażone na terenach górniczych na duże odkształcenia poziome, powodujące zagęszczenie podłoża ($-\varepsilon$), mogą ulegać znacznym i dość różnorodnym uszkodzeniom, których przykłady pokazano w niniejszym artykule. Uszkodzenia te mają miejsce głównie w obszarach, w których następuje sumowanie się zagęszczających odkształceń podłoża, spowodowane najczęściej kolejno nakładającymi się eksploatacjami pokładów, co szczegółowo przedstawiono na przykład w [5] i [7]. Na podstawie zebranych obserwacji można wnioskować, że uszkodzenia wywołane zostały odkształceniami zagęszczającymi o wartościach odpowiadających co najmniej IV kategorii terenów górniczych, czyli przy $\varepsilon \geq | - 6 | \%$. Najbardziej racjonalnym sposobem przeciwdziałania tego rodzaju uszkodzeniom jest wykonywanie w nawierzchniach przerw dylatacyjnych.

Przedstawiono zasady stosowania przerw dylatacyjnych w nawierzchniach utwardzonych betonową kostką brukową. Wobec braku jakichkolwiek badań dotyczących podatności spoin między elementami przyjęto wstępnie współczynnik komprymacji piasku $\chi = 0,3$, mając na uwadze głównie wnioski z obserwacji. Wartość tę należy traktować jako wstępną, która może ulec zmianie w miarę dalszych obserwacji lub wykonania stosownych badań. Wzory odnoszące się do szerokości dylatacji, określające wartości prognozowanych odkształceń poziomych są w pełni dostosowane do celów projektowania, uwzględniają już bowiem częściowy współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_{f, \varepsilon} = 1,3$.

Podana metodologia w odniesieniu do kostki brukowej może mieć zastosowanie do nawierzchni utwardzanych innymi elementami.

Niezależnie od wykonania przerw dylatacyjnych, w utwardzonych nawierzchniach na terenach górniczych, szczególnie o wartościach poziomych odkształceń $\varepsilon \geq | - 6 | \%$, zaleca się stosować:

- elementy utwardzenia nawierzchni wyłącznie o kształtach z kątami wypukłymi; nie powinno się zatem stosować kostki brukowej typu Behaton i Unistone,
- spoiny o szerokości 5 mm, wypełniane piaskiem o jednakowej różnoziarnistości, przy ograniczeniu uziarnienia piasku możliwie do 1 mm,
- podsypkę piaskową bez cementu,
- krawężniki o długości równej elementom utwardzenia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rynek kostki brukowej – stan na dziś i prognoza na jutro. Materiały Budowlane, nr 4/2014
- [2] Kawulok M. i inni, Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych. Instrukcja ITB nr 364. Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa 2007
- [3] Lutkens O., Bauen in Bergbaugebiet. Springer-Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg. 1957
- [4] Subsidents Engineers' Handbook. National Coal Board. Mining Department 1975
- [5] Kawulok M., Wuwer P., Złożone przyczyny uszkodzeń obiektów stacji paliw posadowionych na terenie górniczym. Materiały XXII Konferencji Naukowo-Technicznej Awarie Budowlane Szczecin – Międzydroje 2005
- [6] Grygierek M., Wpływ odkształceń ściskających na sztywność warstw kruszywowych rozluźnionych wcześniej eksploatacją górnictw. Przegląd Górniczy, nr 8/2012
- [7] Kawulok M., Chomacki L., Słowik L., O utwardzaniu placów, dróg wewnętrznych i obejść budynków na terenach górniczych. Przegląd Górniczy nr 8/2012
- [8] Kawulok M., Chomacki L., Słowik L., Przerwy dylatacyjne w utwardzonych kostką betonową powierzchniach na terenach górniczych. Przegląd Górniczy 8/2014
- [9] Kawulok M., Szkody górnicze w budownictwie. Wydanie II. ITB, Warszawa 2015
- [10] Norma PN-EN 1338:2005 Betonowe kostki brukowe. Wymagania i metody badań
- [11] Szczegółowe specyfikacje techniczne. D-05.03.23a. Nawierzchnia z kostki brukowej betonowej (internet)
- [12] Technologia układania kostki brukowej. Materiały budowlane, nr 4/2014
- [13] PN-EN ISO 14688:2006. Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania
- [14] Szczegółowe specyfikacje techniczne. D-05.03.04a. Wypełnianie szczelin w nawierzchni z betonu cementowego (internet)
- [15] Kawulok M., Chomacki L., Uszkodzenia nawierzchni utwardzonych drobnowymiarowymi elementami betonowymi. II Konferencja Obiekty budowlane na terenach górniczych. PZITB Oddział w Katowicach, Katowice listopad 2016

Za publikację w miesięczniku „Przegląd Budowlany”

uzyskuje się 5 punktów
zgodnie z komunikatem MNiSW

z dnia 23.12.2015 roku, wykaz B, pozycja 1381.

Serdecznie zapraszamy autorów do publikowania w Przeglądzie Budowlanym.