

# Przerwy dylatacyjne w utwardzonych kostką betonową powierzchniach na terenach górniczych

## Expansion joints in surfaces hardened with concrete cubes in mining areas



*Dr hab. inż. Marian Kawulok,  
prof. ITB\**



*Mgr inż. Leszek Chomacki\**



*Mgr inż. Leszek Słowik\**

**Treść:** Obecnie coraz częściej obserwowane są znaczne uszkodzenia utwardzonych nawierzchni terenu, poddanych wpływom deformacyjnym prowadzonej eksploatacji górniczej. Bezpośrednich przyczyn uszkodzeń należy upatrywać w zmianie technologii wykonywania tego typu powierzchni. Nowe materiały do utwardzania terenu, z uwagi na sposób wzajemnego połączenia elementów oraz ograniczoną rozwartość spoin między nimi nie pozwalają na kompensację występujących poziomych odkształceń terenu górniczego. W artykule przedstawiono zaobserwowane przypadki uszkodzeń utwardzonych placów, dróg i obejść budynków. Na podstawie oceny tych uszkodzeń zaproponowano zasady wykonywania dylatacji w tego rodzaju nawierzchniach, które dotyczą rozstawu i szerokości przerw dylatacyjnych w odniesieniu do prognozowanych odkształceń poziomych terenu górniczego.

**Abstract:** Significant damages of the hardened area surface subjected to deformation influence due to mining exploitation are observed more and more often. The immediate cause of the damage arises from the change in technology intended to design such surfaces. Given the interconnection of components and limited joint apertures between them, the new materials for ground hardening do not allow to accommodate the existing horizontal deformations in the mining area. This paper presents the observed cases of damaged hardened sites, roads and building bypasses. The assessment of the damages resulted in a proposal of principles of expansion joint performance in this type of surfaces, in the scope of apertures and width of these joints, in relation to the predicted horizontal deformations of the mining area.

### **Słowa kluczowe:**

*utwardzone nawierzchnie, eksploatacja górnicza, uszkodzenia, dylatacje*

### **Key words:**

*hardened grounds, mining exploitation, damages, extension gaps*

## **1. Wprowadzenie**

W dobie powszechnego stosowania kostek z wibroprasowanego betonu do utwardzania nawierzchni [1], na terenach oddziaływania wpływów deformacyjnych eksploatacji górniczej, coraz częściej obserwowane są znaczne uszkodzenia elementów betonowych kostki i krawężników, co szerzej przedstawione zostało już wcześniej w [2]. Problem ten sygnalizowany był także w [3]. Dotyczy to przede wszystkim nawierzchni utwardzonych kostką typu Behaton, która z uwagi na swoją geometrię oraz małe szerokości spoin pomiędzy elementami, ulega szczególnie często uszkodzeniom w przypadku oddziaływania odkształceń poziomych o charakterze ściskań, lecz możliwe są także uszkodzenia w przypadku rozciągania. Inne typy kostek, o prostych kształ-

tach zbliżonych do prostokąta wykazują uszkodzenia jedynie, gdy na nawierzchnię oddziałują odkształcenia powodujące zagęszczenie gruntu.

W artykule zaproponowano zasady stosowania dylatacji w utwardzonych nawierzchniach na terenach górniczych. W tym zakresie wykorzystano także uregulowania normatywne dotyczące dylatowania utwardzonych nawierzchni z kostki betonowej, stosowanych na terenach niegórnicych.

## **2. Uszkodzenia nawierzchni utwardzonej kostką betonową**

Przykład uszkodzeń przedstawiony w [4], dotyczy utwardzonego placu manewrowego stacji paliw, na którym wystąpiły deformacje kostki brukowej placu (rys. 1), chodnika (rys. 2) oraz spękania betonowej nawierzchni w rejonach wysepki dystrybutorów i stalowych koryt odwadniających.

\* ) Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski

Podobne uszkodzenia obserwowano w utwardzonych placach (rys. 3), ciągach komunikacji drogowej (rys. 4) oraz chodnikach przy obiektach Parafii Ewangelicko – Augsburgskiej w Bytomiu – Miechowicach.



Rys. 1. Wypiętrzenie kostki brukowej i obrót krawężnika  
Fig. 1. Concrete cubes elevation and turn of kerb



Rys. 2. Wypiętrzenie kostki brukowej w chodniku  
Fig. 2. Concrete cubes elevation in pavement



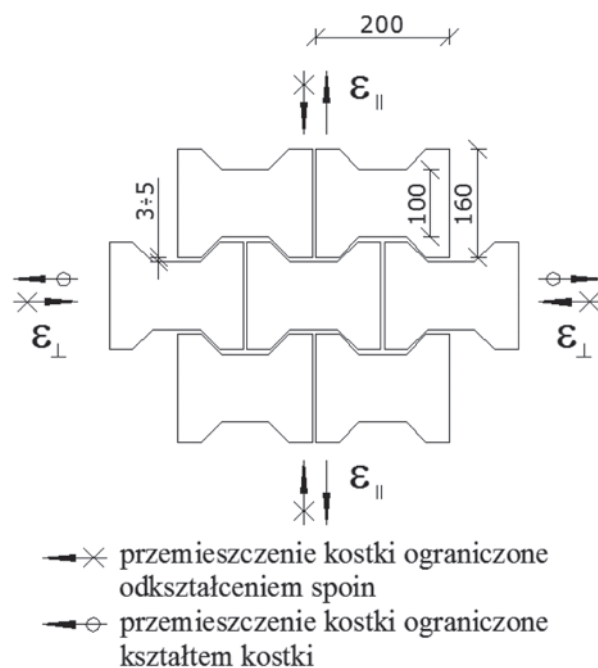
Rys. 3. Wypiętrzenie kostki brukowej na placu  
Fig. 3. Concrete cubes elevation on the site



Rys. 4. Wypiętrzenie kostki brukowej w drodze  
Fig. 4. Concrete cubes elevation on the road

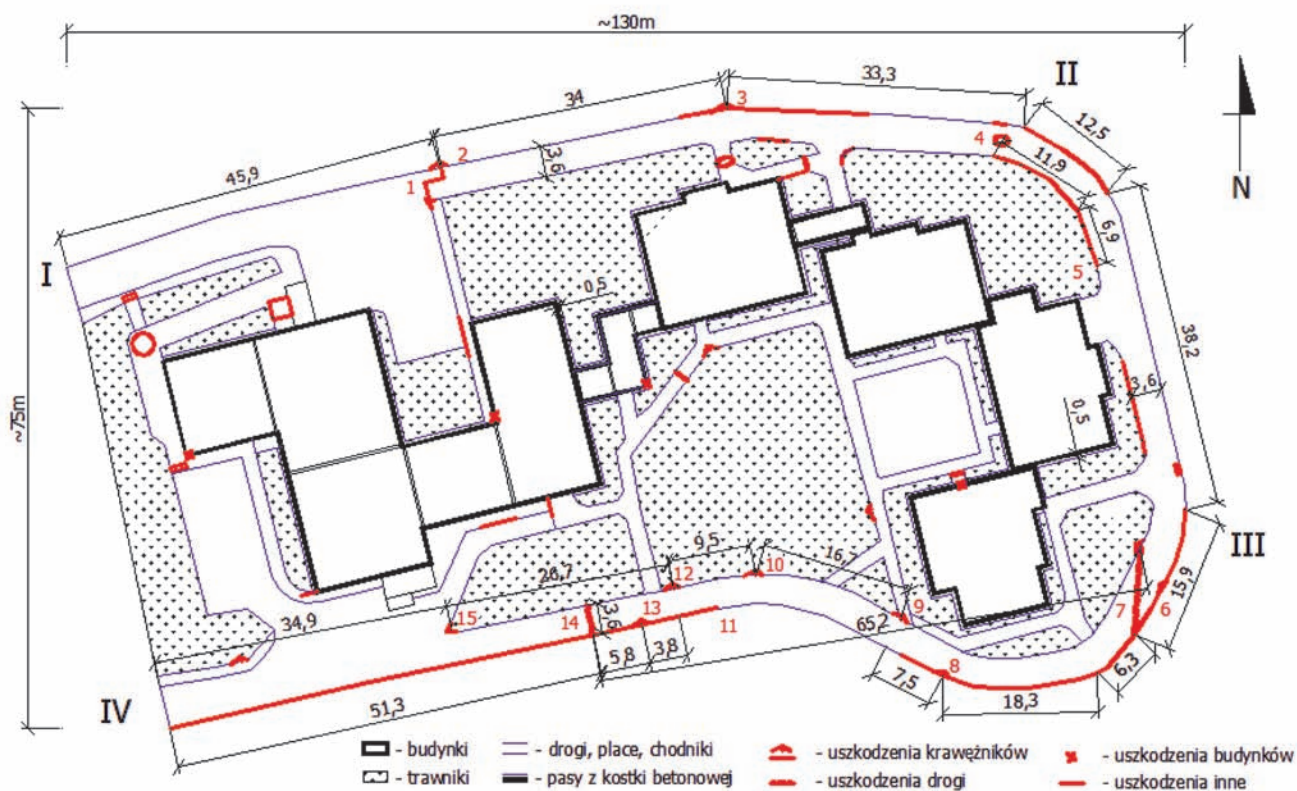
Także w obrębie placów, dróg, chodników i pasów wokół budynków utwardzonych betonowymi kostkami brukowymi terenu i obiektów Domu Dziecka w Bytomiu, wystąpiło wiele uszkodzeń w postaci wypiętrzeń i deformacji nawierzchni, które szerzej omówiono w [2].

Zasadniczo zjawisko znacznych uszkodzeń, powstających w sytuacji oddziaływania wpływów górniczych wynika z geometrii kostki brukowej do utwardzania terenu typu Behaton, a mówiąc szczegółowo, z wzajemnego połączenia elementów oraz wynikającej stąd, małej i ograniczonej rozwarłości spoin między elementami, która znacząco ogranicza swobodną odkształcalność pokrycia powierzchni w ich płaszczyźnie (rys. 5).



Rys. 5. Wpływ geometrii elementów betonowej kostki i spoin na odkształcalność w ich płaszczyźnie – kostka Behaton (wymiar w mm)

Fig. 5. Impact of geometry of the concrete cube components and joints on the deformation ability on their plane – Behaton cube (dimensions in mm)



Rys. 6. Plan sytuacyjny - wg [1]  
 Fig. 6. Location plan – acc. to [1]

Szczególnie niekorzystne jest tutaj oddziaływanie poziomych odkształceń gruntu o charakterze ściskań, ponieważ utwardzone nawierzchnie nie mogą swobodnie nadążać za zmianami wynikającymi z deformacji terenu. Zagęszczenie gruntu powoduje powstawanie znacznych sił ściskających w płaszczyźnie utwardzenia, przez co w jej konstrukcji mogą powstawać znaczne deformacje i uszkodzenia powierzchni. Jednakże dla tego typu betonowych kostek duże znaczenie mogą mieć także poziome odkształcenia gruntu o charakterze rozciągania w kierunku  $\epsilon_L$ , gdyż nie pozwalają one na swobodne odkształcanie się betonowych kostek względem siebie.

Problem znacznych uszkodzeń utwardzonych nawierzchni na terenach oddziaływania wpływów eksploatacji górniczej, w tym przede wszystkim w przypadku występowania odkształceń gruntu o charakterze ściskań, wskazuje na potrzebę wykonywania w tych nawierzchniach przerw dylatacyjnych.

**3. Charakterystyczne rodzaje uszkodzeń nawierzchni**

Przykładem znacznie uszkodzonej utwardzonej powierzchni jest teren zabudowy Domu Dziecka, którego inwentaryzacja pozwoliła na określenie trzech typów uszkodzeń występujących w nawierzchniach z kostki betonowej na skutek prowadzonej eksploatacji górniczej [2]. Wszystkie uszkodzenia zostały zaznaczone kolorem czerwonym na rys. 6, przy czym należy podkreślić, że najintensywniejsze uszkodzenia wystąpiły w obwodowej drodze. Zwrócenia uwagi wymaga fakt, w jakich odległościach wystąpiły uszkodzenia w nawierzchni i krawężnikach, ponieważ w dalszej części artykułu obserwacje te miały wpływ na propozycje rozmieszczenia przerw dylatacyjnych.

**3.1. Poprzeczne uszkodzenia nawierzchni drogi**

Uszkodzenia tego typu wystąpiły w nawierzchni drogi i charakteryzują się poprzecznym wypiętrzeniem kostki betonowej na wysokość 5÷10cm. W tabelicy 1 zestawiono odległości pomiędzy zinwentaryzowanymi uszkodzeniami, a końcami odcinków prostych. Przykładowe uszkodzenie przedstawiono na rys. 7.

Tablica 1. Długości odcinków z deformacjami poprzecznymi drogi

Table 1. Length stretches with crosswise road deformations

Lokalizacja	I	1	II	IV	14	7
Odległość, m	45,9	67,3	51,3	65,2		
Odległość średnia, m	57,4					



Rys. 7. Poprzeczne uszkodzenie nawierzchni drogi  
 Fig. 7. Crosswise damage of the road surface

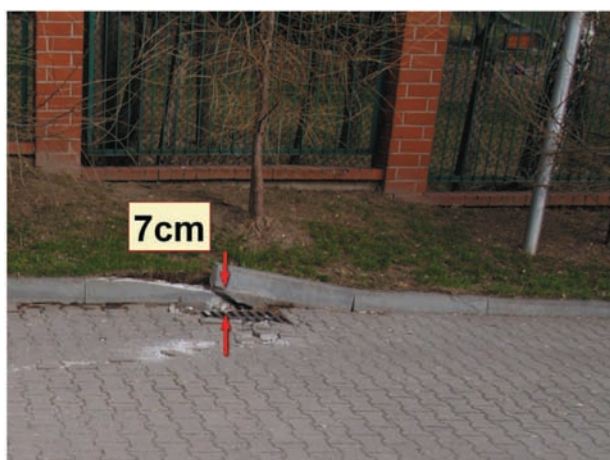
### 3.2. Wypiętrzenie krawężników drogi

Wypiętrzenia krawężników zaobserwowano w wielu miejscach drogi. Występowały zarówno na krawężnikach zewnętrznych (rys. 8) i wewnętrznych. W tabelicy 2 zestawiono przedstawione na rys. 6 odległości pomiędzy uszkodzeniami, które wystąpiły na odcinkach prostych i łukach niezdytowanej drogi.

**Tabela 2. Odległości pomiędzy deformacjami podłużnymi krawężników**

**Table 2. Distance between the lengthwise kerb deformations**

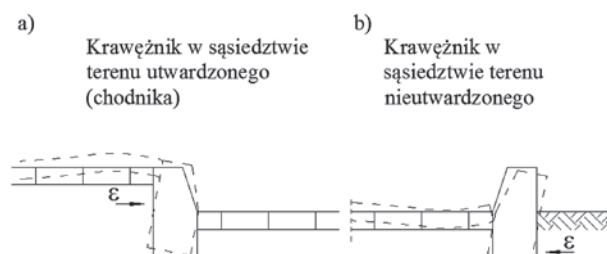
Lokalizacja	Proste						Łuki							
	I	2	3	II	12	15	IV	II	5	III	7	8	9	10
Odległość, m	45,9	34	33,3	26,7	34,9		18,8	15,9	24,6	16,7				
Odległość średnia m	35,0						18,9							



**Rys. 8. Podłużne uszkodzenie krawężnika**  
**Fig. 8. Lengthwise damage of the kerb**

### 3.3. Poprzeczne deformacje krawężników drogi

Deformacje występowały głównie na prostych odcinkach drogi i polegały na obrocie krawężników względem betonowej kostki (rys. 9) oraz wypiętrzeniu nawierzchni wzdłuż krawężników (rys. 10) i w osi drogi lub wypiętrzeniu powierzchni chodnika. Zasadniczo charakter tego typu uszkodzeń, uwarunkowany był lokalizacją samego krawężnika. W sytuacji kiedy był on zagłębiony w sąsiedztwie terenu nieutwardzonego, przy oddziaływaniu naporu gruntu na dolną część krawężnika dochodziło do jego obrotu na zewnątrz, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys 9b. Z kolei obrót krawężnika w kierunku nawierzchni drogi występował przy oddziaływaniu parcia nawierzchni chodnika na górną część krawężnika, zgodnie ze schematem na rys 9a.



**Rys. 9. Schemat poprzecznej deformacji krawężnika**  
**Fig. 9. Scheme of crosswise kerb deformation**



**Rys. 10. Poprzeczna deformacja krawężnika**  
**Fig. 10. Crosswise deformation of the kerb**

Ponadto zaobserwowano uszkodzenia cokołów segmentów w poziomie terenu, powodowane naporem sztywnej nawierzchni z kostki betonowej na ściany budynków. Przykładowe uszkodzenie przedstawiono na rys. 11.



**Rys. 11. Uszkodzenie cokołu w okolicy północnego wejścia do budynku D**  
**Fig. 11. Pedestal damage near the northern entrance to building D**

## 4. Uregulowania normatywne

W wymaganiach [5] brak jest regulacji dotyczących dytowania utwardzonych nawierzchni na terenach poddanych wpływom eksploatacji górniczej.

Podstawowe normy dotyczące nawierzchni z płyt betonowych i kamienno-betonowych [6], nawierzchni z kostki kamiennej [7], nawierzchni z brukowca [8], nie odnoszą się do stosowania tego rodzaju elementów na terenach objętych wpływami deformacyjnymi eksploatacji górniczej. Co istotne, wszystkie ww. normy dotyczą prostokątnych lub wypukłych kształtów elementów utwardzenia.

Norma [6] podaje uwarunkowania, jakie należy zachować w odniesieniu do stosowanych materiałów, podłoża, podbudowy, prawidłowości wykonania warstwy jezdnej, w tym wykonywania spoin i szczelin dytacyjnych. Przykładowo w odniesieniu do szczelin dytacyjnych podano, że dla jezdni wykonywanych z płyt betonowych lub kamienno-betonowych powinny być one stosowane tylko w przypadku wypełnienia spoin zaprawą cementową. Stosuje się wtedy wypełnienie pod-

grzaną bitumiczną masą zalewową, przy czym przed zalaniem, spoiny powinny być wypełnione piaskiem do  $\frac{2}{3}$  wysokości płyt. W odniesieniu do rozmieszczenia szczelin, w jezdniach z płyt sześciokątnych, norma [6] podaje, że dylatacje powinny być założone co 10÷15m ukośnie do osi jezdni. Z kolei na placach szczeliny dylatacyjne powinny być wykonstruowane w odstępach 4÷7m w formie szczelin podłużnych. Ponadto według tej normy, szczeliny powinny zostać założone między nawierzchnią a krawężnikami. W przypadku stosowania płyt kwadratowych, warunki stosowania szczelin dylatacyjnych, zarówno w kierunku poprzecznym, jak i podłużnym są tożsame z wcześniej podanymi.

Z kolei norma [7], w odniesieniu do nawierzchni z dużych kostek kamiennych podaje, że należy przy układaniu stosować poprzeczne do osi jezdni szczeliny dylatacyjne usytuowane nad szczelinami dylatacyjnymi warstwy nośnej, w odstępach nie mniejszych niż 10 m.

Przy wykonywaniu nawierzchni z brukowca [8], brak jest określonych normą zasad dotyczących dylatowania nawierzchni. Podano jedynie, że nawierzchnia powinna być ułożona ściśle zarówno w kierunku poprzecznym, jak i podłużnym, z przewiązaniem szczelin, tak aby każdy osadzony brukowiec przykrywał szczelinę powstałą między dwoma uprzednio osadzonymi kamieniami i był do nich ściśle dosunięty. Szczeliny podłużne nie mogą być dłuższe niż dwa brukowce.

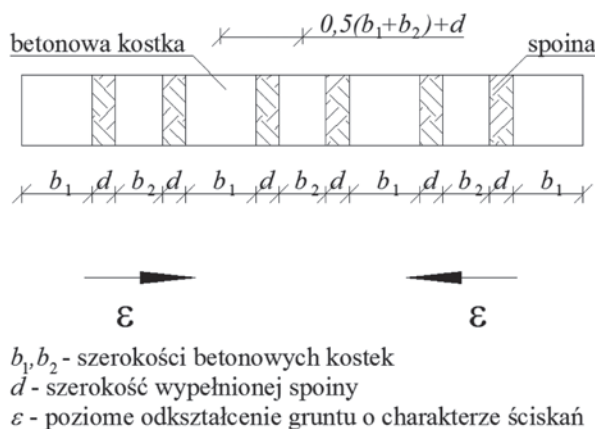
Brak w przytoczonych powyżej normach, jakichkolwiek uwarunkowań dotyczących dylatowania utwardzonych dróg i placów na terenach górniczych oraz zaobserwowane uszkodzenia w utwardzonych nawierzchniach, determinują potrzebę sformułowania takich zasad, czego podjęto się w dalszej części artykułu.

## 5. Ocena problemu

### 5.1. Uwagi ogólne

Potrzeba dylatowania nawierzchni utwardzonej kostką z wibroprasowanego betonu, zachodzi w sytuacji ujawniania się na powierzchni terenu, odkształceń gruntu powodujących głównie jego zagęszczenie.

Teren utwardzony kostkami betonowymi nie pracuje jak sztywna płyta, gdyż zawiera spoiny znajdujące się pomiędzy poszczególnymi elementami. Schemat oddziaływania wpływów o charakterze ściskań na tego typu nawierzchnię przedstawiono na rys. 12.



Rys. 12. Schemat oddziaływania wpływów o charakterze ściskań na spoinę pomiędzy kostkami

Fig. 12. Scheme of compression impact on the joint between cubes

Ze schematu wynika, że każda ze spoin podlega takim samym odkształceniom. Przyjęto, że w trakcie układania betonowych kostek piasek w spoinie zostaje zagęszczony do stopnia gruntu zagęszczonego, czyli do stopnia co najmniej  $I_d=0,68$ . Mając na uwadze ten fakt, można założyć, iż na skutek ujawniania się odkształceń o charakterze ściskań, zostaje on dogęszczony do maksymalnego stopnia, czyli  $I_d=1,0$  [9]. Można więc wysnuć wniosek, że z uwagi na uwarunkowania technologiczne, spoina wypełniona zagęszczonym piaskiem, na skutek dodatkowych wpływów o charakterze ściskań, jest w stanie skompensować się o ok. 30%. Na tej podstawie do dalszych rozważań przyjęto współczynnik kompensacji  $\chi = 0,3$ .

Przy spełnieniu warunku  $\chi \cdot d \geq \varepsilon_d \cdot [0,5 \cdot (b_1 + b_2) + d]$  nie widzi się potrzeby dylatowania utwardzonej nawierzchni, gdyż spoiny pomiędzy kostkami będą w stanie przenieść zaistniałe wpływy od eksploatacji górniczej, a uszkodzenia nie powstaną.

### 5.2. Przykład dla kostki Behaton

Przykładowe obliczenia przeprowadzono dla kostki betonowej typu Behaton o zmiennej szerokości  $b_1=160 \text{ mm}$ ,  $b_2=100 \text{ mm}$  oraz spoiny pomiędzy elementami o wymiarze  $d=3 \div 5 \text{ mm}$ , przy założeniu możliwości kompensacji szerokości spoiny o 30%  $\chi = 0,3$ .

$$\chi \cdot d \geq \varepsilon_d \cdot [0,5 \cdot (b_1 + b_2) + d] \cong \varepsilon_d \cdot [0,5 \cdot (b_1 + b_2)]$$

$$\varepsilon_d \leq 6,92 \div 11,54 \text{ mm/m}$$

Powyższe wartości są wartościami obliczeniowymi, które powinny uwzględniać częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla odkształceń poziomych terenu równy  $\gamma_{\text{wyk}}=1,3$ . Ponadto należałoby uwzględnić niedokładności wykonania betonowych kostek, których długość i szerokość może się różnić o  $\pm 3 \text{ mm}$  [10], uchybienia w dokładności wykonania nawierzchni oraz nierównej szerokości lub pionowości spoiny. Wymienione uwagi dały podstawę do zastosowania dodatkowego współczynnika  $\gamma_{\text{wyk}}=1,5$ .

Z technologii wykonania nawierzchni utwardzonej kostką betonową wynika, że szerokość spoin waha się w granicach  $d = 3 \div 5 \text{ mm}$ . Na tej podstawie możliwe jest oszacowanie minimalnej i maksymalnej wartości odkształceń poziomych powodujących zagęszczenie gruntu, jaką jest w stanie przenieść tego typu nawierzchnia, a mianowicie:

– dla spoiny o szerokości  $d = 3 \text{ mm}$ :

$$\varepsilon_{pr}^{\min} = \frac{\varepsilon_d^{\min}}{\gamma_f} \cdot \frac{1}{\gamma_{\text{wyk}}} = \frac{6,92 \text{ mm/m}}{1,3} \cdot \frac{1}{1,5} = 3,55 \text{ mm/m}$$

dla spoiny o szerokości  $d = 5 \text{ mm}$ :

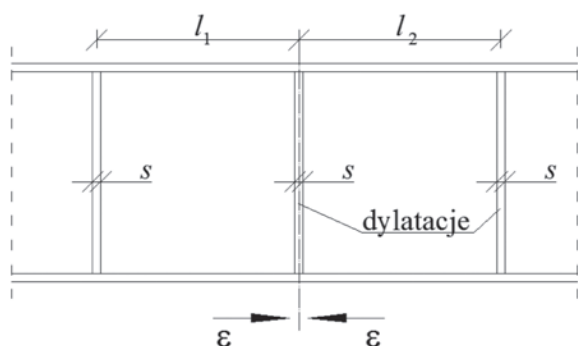
$$\varepsilon_{pr}^{\max} = \frac{\varepsilon_d^{\max}}{\gamma_f} \cdot \frac{1}{\gamma_{\text{wyk}}} = \frac{11,54 \text{ mm/m}}{1,3} \cdot \frac{1}{1,5} = 5,92 \text{ mm/m}$$

Mając na uwadze powyższe szacunki, można powiedzieć, że w oparciu o uwarunkowania technologiczne, przy stosowaniu kostki typu Behaton, konieczne jest wykonywanie dylatacji przy szerokości spoiny  $d = 3 \text{ mm}$  na terenach o kategorii górniczej większej lub równej III oraz dla szerokości spoiny  $d = 5 \text{ mm}$ , na terenach o kategorii górniczej większej lub równej IV.

Z uwagi na wysoką złożoność kształtu tego typu kostek, powyższą propozycję można również stosować do kostek o mniej złożonych kształtach.

Dla obszarów o III i wyższej kategorii terenu górniczego, zaleca się wykonanie dylatacji o minimalnej szerokości szczeliny  $s$ , mm, w zależności od długości  $l_1, l_2$ , m i obliczeniowej wartości odkształceń poziomych gruntu o charakterze ściskań  $\varepsilon_d$ , mm/m, oznaczonych na rys. 13.

$$s = 0,5 \cdot (l_1 + l_2) \cdot \varepsilon_d$$



$l_1, l_2$  - odległości pomiędzy dylatacjami  
 $s$  - szerokość dylatacji  
 $\epsilon_d$  - obliczeniowa wartość poziomego odkształcenia gruntu

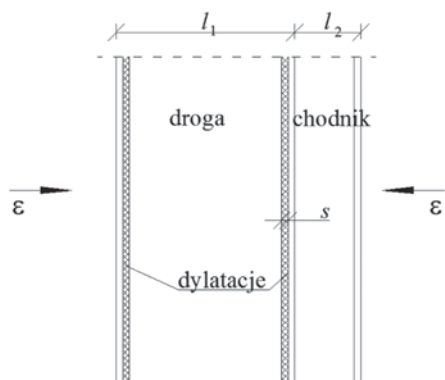
Rys. 13. Określenie minimalnej szerokości szczeliny dylatacyjnej  
 Fig. 13. Determination of minimum width of the expansion joint

## 6. Propozycja kształtowania przerw dylatacyjnych

### 6.1. Dylatacje w drogach

W oparciu o przeprowadzoną ocenę, proponuje się, aby na terenach równych lub wyższych od III kategorii górniczej wykonywane były dylatacje:

- poprzeczne w drogach i krawężnikach w odstępach co  $l = 10$  m o wyliczonej szerokości  $s \leq 6$  cm,
- podłużne pomiędzy krawężnikami a utwardzoną powierzchnią o wyliczonej szerokości nie mniejszej niż 6 mm dla drogi o szerokości ok. 4 m i krawężnika w sąsiedztwie terenu nieutwardzonego oraz o wyliczonej szerokości dla drogi w sąsiedztwie budynku lub utwardzonego terenu np. chodnika (rys. 14).



Rys. 14. Schemat wyliczenia szerokości dylatacji podłużnej w sąsiedztwie terenu utwardzonego (chodnika), oznaczenia jak na rys. 13

Fig. 14. Scheme of calculation of the lengthwise expansion joint width in the neighborhood of hardened pavement, markings as in fig. 13

Zaproponowana odległość między dylatacjami wynosząca 10 m jest mniejsza niż rozstaw zaobserwowanych uszkodzeń opisanych w tabelach 1 i 2, wynoszący od 18 do 57 m, w związku z czym przyjęty rozstaw dylatacji pozwoliłby zapobiec ich powstaniu. Ponadto odległość 10 m spełnia warunek dotyczący rozstawu dylatacji podany w p.5. [7]. Przyjęta szerokość dylatacji  $s \leq 6$  cm pozwoli na uniknięcie utrudnień w eksploatacji utwardzonej nawierzchni, które mogłyby wystąpić dla szerszych przerw dylatacyjnych.

Dla wpływów, które nie mogą być przeniesione przez zaproponowane dylatacje, z uwagi na przyjęte rozstawy i szerokości przerw, zaleca się zwiększenie ich szerokości. W przypadku placów znajdujących się na terenie oddziaływania wpływów górniczych można zastosować rozmieszczenie przerw dylatacyjnych analogiczne jak dla poprzecznych dylatacji drogi i układać je w obu prostopadłych do siebie kierunkach.

### 6.2. Dylatacje w obejściach

Szerokość dylatacji  $s$  pomiędzy budynkiem a utwardzonym obejściem z kostki betonowej znajdującym się przy budynku należy wyznaczać analogicznie jak dla dylatacji podłużnych w drogach, przyjmując za  $l$ , długość analizowanego budynku, a za  $l_2$  szerokość pasa kostki betonowej (rys. 14).

## 7. Podsumowanie

W artykule poruszono dość powszechny problem uszkodzeń występujących w utwardzonych betonową kostką nawierzchniach, które powstają na skutek ujawniania się wpływów od prowadzonej eksploatacji górniczej, głównie odkształceń gruntu o charakterze ściskania, których typy przedstawiono w p. 3. Ocenie poddana została naturalna możliwość kompensacji odkształceń przez spoiny pomiędzy kostkami, co pozwoliło na sformułowanie propozycji dylatowania utwardzonych nawierzchni na obszarach o III i wyższej kategorii terenu górniczego.

Zaproponowany sposób obliczania i rozmieszczania dylatacji podłużnych i poprzecznych w drogach i placach oraz dylatacji w obejściach budynków uwzględnia też istniejące normy dotyczące nawierzchni na terenach niegórniczych. Przerwy dylatacyjne powinny zostać wypełnione odpowiednim materiałem, który musi być: trwały, odkształcalny, łatwy do obróbki w przypadku zaciskania się przerw i niepodatny na wymywanie.

Zastosowanie zaproponowanych rozwiązań pozwoli na uniknięcie powstawania licznych uszkodzeń utwardzonych powierzchni, których naprawa pociąga za sobą duże koszty dla użytkowników obiektów oraz przedsiębiorców górniczych.

## Literatura

1. Rynek kostki brukowej – stan na dziś i prognoza na jutro. „Materiały Budowlane”, 2014, nr 4.
2. Kawulok M., Chomacki L., Słowik L.: O utwardzaniu placów, dróg wewnętrznych i obejść budynków na terenach górniczych. „Przeгляд Górniczy”, 2012 nr 8, s. 69-75.
3. Kawulok M.: Szkody górnicze w budownictwie. Wyd. II. ITB, Warszawa 2014.
4. Kawulok M., Wniew P.: Złożone przyczyny uszkodzeń obiektów stacji paliw posadowionych na terenie górniczym. Materiały XXII Konferencji Naukowo – Technicznej „Awaria Budowlane” Szczecin – Międzyzdroje 2005.
5. Instrukcja ITB nr 364: „Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych”. Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa 2007.
6. Norma PN-74/S-96017. Nawierzchnie z płyt betonowych i kamienno-betonowych.
7. Norma PN-57/S-06100. Nawierzchnie z kostki kamiennej.
8. Norma PN-57/S-06101. Nawierzchnie z brukowca.
9. Norma PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
10. Norma PN-EN 1338:2005. Betonowe kostki brukowe. Wymagania i metody badań.