



MAREK DANOWSKI

marekdanowski1@gmail.com



MACIEJ RADZIKOWSKI

Generalna Dyrekcja Dróg  
Krajowych i Autostrad  
mradzikowski@gddkia.gov.pl

## Aktualizacja niemieckich wytycznych dotyczących szczelin w nawierzchniach betonowych

W polskiej literaturze technicznej zagadnienia związane z wykonywaniem szczelin dy-latacyjnych w nawierzchniach betonowych opisywane były, na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat, w następujących pozycjach: [1], [2], [5], [6], [7], [8]. Zagadnienia te nie są jednak aż tak szczegółowo prezentowane jak w niemieckich dokumentach technicznych – wytycznych [3] oraz [4].

Z uwagi na fakt wykonywania w naszym kraju na drogach krajowych nawierzchni betonowych w dość znacznym zakresie, wy-

daje się celowe przybliżenie czytelnikom „Drogownictwa” najważniejszych zapisów wytycznych niemieckich, w szczególności dotyczących szczelin w nawierzchniach betonowych. Wytyczne dotyczące szczelin w nawierzchniach mogą stanowić przydatne źródło informacji szczególnie dla osób zajmujących się tematyką projektowania nawierzchni betonowych.

W 2015 r. zostały opublikowane i wprowadzone do stosowania nowe niemieckie wytyczne dotyczące wykonania i uszczelniania szczelin w nawierzchniach drogowych: ZTV Fug–StB 15 (Dodatkowe techniczne warunki umowne i wytyczne dot. szczelin w nawierzchniach komunikacyjnych; rok wydania 2015 r.) [4].

Dokument opracowany został przez Stowarzyszenie Badawcze Drogownictwa i Komunikacji (FGSV) i stanowi kompendium wiedzy na temat zawarty w tytule. Zawiera najważniejsze wskazania i informacje dotyczące rodzajów szczelin, sposobów ich wypełniania oraz szereg zagadnień z tym związanych. ZTV Fug-StB 15 tzn. nowe wytyczne z 2015 r. zastąpiły dokument o takiej samej nazwie, opracowany w 2001 r. ZTV Fug-StB 01 [3].

Nowe wytyczne opracował tzw. zespół zadaniowy pod nazwą „Szczeliny w nawierzchniach komunikacyjnych” liczący 16 osób łącznie z kierownikiem zespołu – z poszczególnych ośrodków naukowych, firm wykonawczych oraz administracji drogowej. Jeżeli chodzi o skład zespołu roboczego to 5 osób brało udział w opracowaniu poprzedniej wersji wytycznych w tym Dipl.-Ing. Ralf Alte-Teigeler, obecny szef i właściciel firmy OAT, zajmującej się od lat również naprawami nawierzchni betonowych m.in. w Niemczech.

Trzeba również zaznaczyć, że w wytycznych, pomimo że opracowane zostały w Grupie Roboczej FGSV „Nawierzchnie Betonowe”, zaprezentowano również w pewnym zakresie zagadnienia dotyczące szczelin w nawierzchniach asfaltowych.

### Elementy wytycznych ZTV StB-Fug 15

Wytyczne z 2015 r. obejmują 8 rozdziałów opisujących poszczególne elementy wykonania szczelin, rodzajów wykonywanych badań, szczegóły wykonania szczelin i badań oraz rozdziały ogólne jak np. gwarancja, rozliczenie.

Najważniejsze informacje, które zostaną skrótowo opisane w artykule, dotyczą zagadnień związanych z wypełnianiem komór szczelin w nawierzchniach betonowych. Do najważniejszych z nich należy m.in. zaliczyć:

- rodzaje materiałów głównych: zalewy (na gorąco i na zimno), wkładki szczelinowe,
- wymagania dotyczące wymiarów szczelin do wypełnienia zalewą na gorąco, na zimno oraz z użyciem wkładek szczelinowych (profilu),
- gruntowania bocznych powierzchni szczelin,
- materiały do tzw. dolnego uszczelnienia komory szczeliny (kord),
- rodzaje badań,
- warunki wbudowywania.

Część składową wytycznych ZTV Fug-StB 15 stanowią załączniki (A i B), które w pierwszym rzędzie dotyczą tabelarycznych zestawień związanych z materiałami stosowanymi jako zalewy do szczelin, wkładek oraz środka gruntującego. Ogólny zakres załączników:

- Załącznik A zawiera następujące tabele:
  - Tabela A1 – Wartości graniczne i dopuszczalne tolerancje w odniesieniu do pierwszego badania typu.
  - Tabela A2 – Wymagania dla zalew na gorąco zgodnie z TL Fug-StB; typ N2.
  - Tabela A3 – Wymagania dla zalew na zimno zgodnie z DIN EN 14188-2.
  - Tabela A4 – Wkładki do szczelin zgodnie z DIN EN 14188-3.
  - Tabela A5 – Środki gruntujące zgodne z DIN EN 14188-4. Należy podkreślić, że poprzednie wytyczne z 2001 r. nie zawierały podanych tabel.
- W załączniku B zamieszczono zestawienie przepisów technicznych oraz objaśnienia skrótów stosowanych w tekście. Łącznie podane zostały 25 pozycji dotyczą-

cych przepisów w zakresie dotyczącym nawierzchni i tematyki związanej z wypełnianiem szczelin.

## Zasady wykonywania szczelin dylatacyjnych

W terminologii niemieckiej podstawowe określenie „Fuge” – oznacza szczelinę, względnie spoinę. Z treści przedmiotowych wytycznych wynika, że zasadnicza szczelina w rozumieniu przepisów tworzona jest poprzez dodatkowe poszerzenie wąskiego pierwszego nacięcia nawierzchni, tj. wąskiej szczeliny. Poszerzenie to wykonywane jest dopiero po uzyskaniu odpowiedniej wytrzymałości przez beton. W wyniku tego poszerzenia powstaje rodzaj komory (niem. *Fugenspalt*, ew. *Fugenkammer*) stanowiącej efekt wykonanego na odpowiednią szerokość i głębokość nacięcia. Powiększając odpowiednio górną część wykonanego uprzednio nacięcia nawierzchni, powstaje przestrzeń, którą następnie wypełnia się specjalnym materiałem do zalewania szczelin (fot. 1). Może to być: zalewa na gorąco, zalewa na zimno, względnie uszczelnienie specjalną wkładką do szczelin tzn. materiałem najczęściej nazywanym – profilem do szczelin. Określenie „profil” jest niemal identyczne jak stosowane w Niemczech. Dotychczas największy zakres uszczelnień wykonywano z użyciem zalew na gorąco. W tym przypadku istotne były trzy działania natury wykonawczej: odpowiednie zagruntowanie pionowych ścianek komory szczeliny, ewentualne zabezpieczenie dolnej części pierwszego nacięcia poprzez użycie wkładki zabezpieczającej oraz uszczelnienie dolnej części komory szczeliny przez wciśnięcie tzw. kordu.



Fot. 1. Szczelina wypełniona zalewą

Efektorem odpowiedniego wypełnienia komory szczeliny powinno stać się uzyskanie uszczelnienia, które eliminowało będzie osłabianie i uszkodzanie nawierzchni wskutek wnikania wody powierzchniowej. Wypełnienie powinno zapobiegać również wnikaniu w szczelinę substancji stałych, co zapewnia swobodne wzajemne przemieszczanie się poszczególnych płyt. Z uwagi na podwyższony poziom hałasu, a także niebezpieczeństwo uszkodzeń mechanicznych naroży szczelin, na powierzchniach komunikacyjnych, na

których odbywa się ruch, nie należy projektować szczelin o szerokości powyżej 20 mm. Ograniczenie to nie jest obowiązujące jedynie w przypadku szczelin pozornych.

Ogólne zasady dotyczące wykonania szczelin to:

- konieczność dokładnego oczyszczania szczeliny ze szlamu powstającego w trakcie wykonywania początkowego nacięcia, jak również przy poszerzaniu szczeliny
- oczyszczanie komory szczeliny zawsze musi zostać wykonane bezpośrednio przed wypełnieniem specjalnym materiałem,
- przed wprowadzeniem zalewy na gorąco, względnie na zimno, należy w dolną część komory wbudować materiał wypełniający określany jako kord, co umożliwi umieszczenie zalewy na odpowiedniej głębokości,
- boczne powierzchnie szczelin należy oczyścić i w razie konieczności osuszyć,
- materiały do wypełniania szczelin należy wbudowywać zgodnie z wskazówkami producenta,
- podczas wbudowywania materiałów wypełniających do szczelin, na powierzchni odcinka drogi, w obrębie której wykonywane są roboty, musi zostać do minimum ograniczony ruch pojazdów poruszających się po budowie.

## Warunki wbudowywania uszczelnień

Zalewy na gorąco mogą być wbudowywane tylko w warunkach suchych i przy temperaturze ścianek bocznych wynoszącej co najmniej 0°C.

Zalewy stosowane na zimno mogą być wbudowywane tylko w przy dobrej pogodzie (w warunkach suchych) w temperaturze, która jest zalecana przez producenta zalewy. Temperatura na powierzchni w strefie szczeliny musi wynosić minimum 3°C.

Wkładki szczelinowe (uszczelniające) można zasadniczo wbudowywać w każdych warunkach pogodowych. Szczelina nie może być jednak zmarznięta.

Uszczelnianie miejsc krzyżowania (przecinania) się wkładek i sklejanie miejsc ich połączeń może być wykonywane tylko na suchych powierzchniach. W przypadku sklejanie elementów temperatura jest zależna od wskazań producenta danego rodzaju kleju i materiału uszczelniającego.

W tabeli 1 zamieszczono wartości zmian szerokości komory szczelin, tzn. w myśl niemieckich przepisów – komory uzyskanej po poszerzeniu początkowego nacięcia nawierzchni betonowej, wykonanego w krótkim okresie po wbudowaniu. Wartości te są zależne m.in. od typu szczeliny. W przypadku szczelin pozornych parametr ten zależy od rozstawu szczelin.

W celu umożliwienia podłużnych przesuwów płyt betonowych, należy stosować rozwiązanie określane jako szczelina poślizgowa. Szczelina ta nie jest kotwiona ani dyblowana. W tym rozwiązaniu wbudowuje się specjalną cienką wkładkę, rozdzielającą sąsiednie elementy. Szerokość wkładki powinna wynosić 3–5 mm, z jednej strony powinna mieć gładką powierzchnię. Materiał wkładki powinien dać się łatwo usunąć przy wykonywaniu poszerzenia szczeliny.

W wytycznych podano sposób korekty danych dotyczących wskaźników, zamieszczonych w tabeli 1. W tym zakresie, przed wykonaniem poszerzenia, należy pomierzyć

Tabela 1. Wskaźniki dotyczące zmian szerokości komory szczeliny w nawierzchniach betonowych w zależności od ich rodzaju

Poz.	Rodzaj szczeliny		Zmiana szerokości komory szczeliny [mm]
1	Szczelina pozorna poprzeczna	długość płyty ≤ 5 m	≤ 2
2	Szczelina pozorna poprzeczna	5m < dł. płyty < 7,5 m	≤ 3
3	Szczelina pozorna podłużna	kotwiona	≤ 1
3	Szczelina pozorna podłużna	nie kotwiona	≤ 4
4	Szczelina rozszerzania		≤ 5
5	Szczelina kontaktowa (kontrakcyjna)	kotwiona	≤ 1
6	Szczelina kontaktowa (kontrakcyjna*)	nie kotwiona	≤ 4

\*) dotyczy również szczeliny poślizgowej

szerokość zaistniałego pęknięcia wskutek uprzedniego nacięcia nawierzchni. Z pomiaru wynika ostateczna szerokość komory szczeliny. Zalecane jest wykonywanie pomiaru szerokości w porze rannej, z uwagi na największą wartość rozwarcia pęknięcia. W tym czasie beton musi wykazywać minimalną wytrzymałość na ściskanie wynoszącą 26 N/mm<sup>2</sup>. W przypadku, gdy szerokości spękań są powyżej 1 mm, należy zwiększyć podane w tabeli 1 wielkości (kolumna 4) o wartości szerokości pęknięcia powyżej 1 mm.

Ścianki komory szczeliny mogą wykazywać tylko niewielkie odchyłki, wynoszące nie więcej niż ±1 mm w przypadku szerokości i ±3 mm w przypadku głębokości. W związku z tym do wykonania poszerzenia, w celu dotrzymania wymaganych wymiarów, należy używać urządzeń zapewniających prostoliniowość szczelin o ostrych krawędziach. Powierzchnie boczne komory w obrębie późniejszego uszczelnienia muszą być równoległe. Krawędzie szczelin należy fazować pod kątem 45°. Fazowania tego można nie wykonywać w przypadku, gdy zastosowane będą zalewy na gorąco. Dolne wypełnienie nacięcia wkładką zabezpieczającą (ochronną) ma za zadanie wyeliminowanie związania płyt w dolnej części szczeliny oraz zanieczyszczenia w trakcie poszerzenia.

Wkładki szczelinowe stanowiące tzw. profile do szczelin – to często stosowane obecnie rozwiązanie przy uszczelnianiu szczelin w nawierzchniach betonowych. Wytyczne ZTVFug-StB 15 generalnie nie faworyzują w żaden sposób wkładek szczelinowych. Opis zawarty w wytycznych wskazuje na równoważne traktowanie wymienionych uprzednio trzech sposobów wypełnienia szczelin.

Wkładki do szczelin są wyrobami znormalizowanymi, które mogą być stosowane przy zmianach szerokości szczelin do 30% i tylko w przypadku nawierzchni betonowych.

W przypadku zalew stosowanych na gorąco, a także na zimno, konieczne jest stosowanie środka gruntującego (tzw. gruntownika), którym powleka się boczne powierzchnie szczelin na głębokość projektowanego wypełnienia. Gruntowanie poprawia znacznie przyczepność zalew do bocznych ścianek komory szczeliny. Stosowany w przypadku obu typów zalew jest także tzw. dolny materiał wypełniający (kord), który po wciśnięciu w szczelinę zamyka całkowicie komorę szczeliny od dołu i tym samym nie

pozwala na wnikanie zalewy w głąb szczeliny (przy istniejącym głębszym nacięciu).

## Rodzaje szczelin dylatacyjnych

W wytycznych ZTV z 2015 r. wyróżnia się 5 typów szczelin w nawierzchniach betonowych, przy czym chodzi tu o zarówno o rozwiązania konstrukcyjne, jak również rodzaj (sposób) ich wypełnienia. Zasadniczy podział szczelin w nawierzchniach betonowych stanowią szczeliny poprzeczne i podłużne (fot. 2). Podział taki wynika ze specyfiki nawierzchni betonowych, który zawsze będzie aktualny z uwagi na konieczność podziału nawierzchni betonowej na mniejsze fragmenty, co ma przeciwdziałać niekontrolowanym pęknięciom wskutek rozszerzania względnie kurczenia się płyt pod wpływem zmian temperatury.

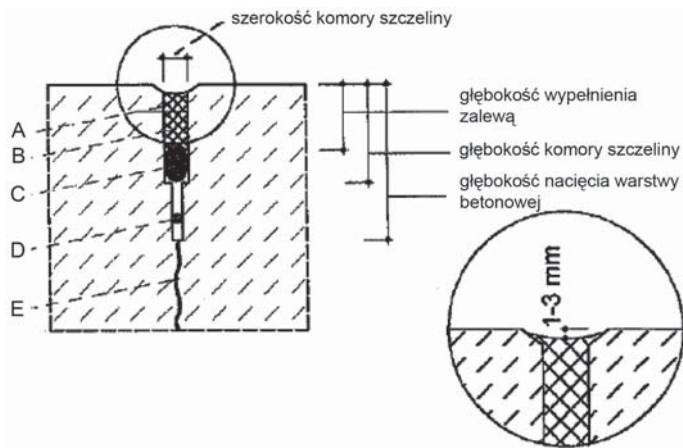


Fot. 2. Szczeliny poprzeczne i podłużne w nawierzchni betonowej

Kolejny podział szczelin wynika z ich roli w nawierzchni i w tym zakresie wytyczne podają zasadnicze rozwiązania:

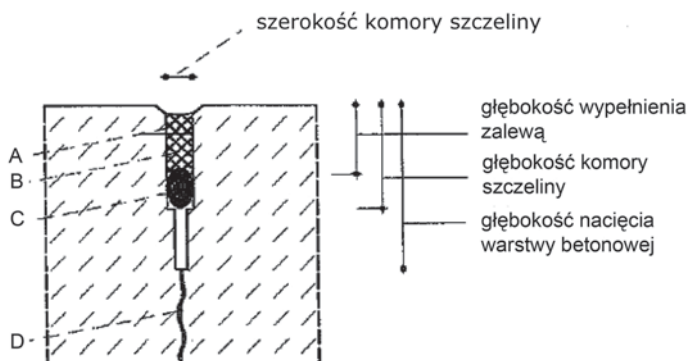
- **Szczeliny pozorne** (niem. *Scheinfuge*) stanowiące wąskie nacięcia nawierzchni betonowej grubości ok. 3 mm, wykonywane na głębokość nieco ponad połowę grubości warstwy (korzystnie na około 2/3 grubości) (rys. 1, rys. 2). W tym przypadku zalecane jest stosowanie specjalnej wkładki zabezpieczającej (ochronnej) dolną część nacięcia przed zanieczyszczeniem w trakcie prac związanych z poszerzeniem górnej części nacięcia. W celu odpowiedniego uszczelnienia po zaimpregnowaniu powierzchni bocznych wprowadza się do komory szczeliny:
  - materiał wypełniający dolną część komory tzn. kord,
  - zasadnicze wypełnienie komory szczeliny specjalną zalewą.





Oznaczenia: A – gruntowanie, B – zalewa, C – materiał wypełniający (kord), D – ew. wkładka zabezpieczająca, E – pęknięcie.

Rys. 1. Szczelina pozorna poprzeczna



Oznaczenia: A – gruntowanie, B – zalewa, C – materiał wypełniający (kord), D – ew. wkładka zabezpieczająca, E – pęknięcie.

Rys. 2. Szczelina pozorna podłużna

- **Szczeliny rozszerzania** (niem. *Raumfuge*) – stanowiące szczeliny na całą grubość warstwy betonowej o większej szerokości w stosunku do zwykłego nacięcia warstwy betonowej, przy zastosowaniu specjalnej wkładki, powyżej której dokonuje się uszczelnienia zalewą (rys. 3).



Oznaczenia: A – gruntowanie, B – zalewa, C – wkładka do szczelin.

Rys. 3. Szczelina rozszerzania

- **Szczeliny kontaktowe** (niem. *Pressfuge*) – stanowiące częściowe nacięcie warstwy betonowej o większej szerokości, a następnie zalanie uzyskanej komory szczeliny zalewą do szczelin (rys. 4).



Oznaczenia: A – gruntowanie, B – zalewa.

Rys. 4. Szczelina kontaktowa

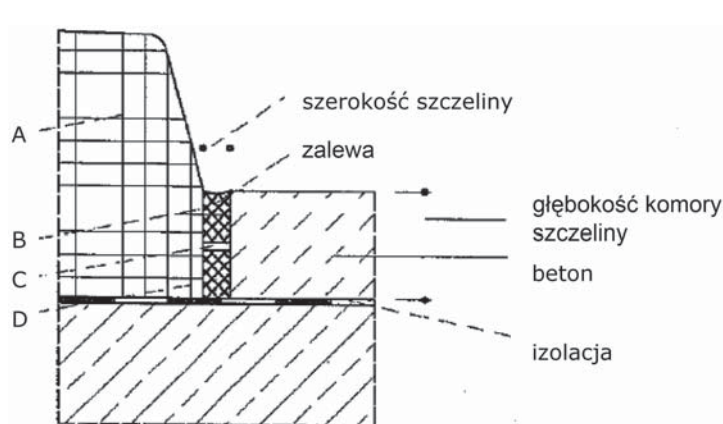
- **Szczeliny poślizgowe** (niem. *Gleitfuge*) stanowiące wy-nik umieszczenia specjalnej płyty (o grubości 3–5 mm), a następnie wykonania nacięcia górnej części warstwy o odpowiedniej szerokości oraz wypełnienie powstałej komory szczeliny zalewą na głębokość ok. 1/3 grubości warstwy (rys. 5).

W poprzednim wydaniu ZTV Fug-StB 01 nie było opisu dotyczącego tego typu szczeliny. Szczelina ta ma za zadanie oddzielić elementy na całej grubości i umożliwić podłużne przesunięcia płyt w celu wyeliminowania spękań odbitych przy przesuniętych szczelinach poprzecznych.



Oznaczenia: A – gruntowanie, B – zalewa, C – wkładka o grubości 3–5 mm.

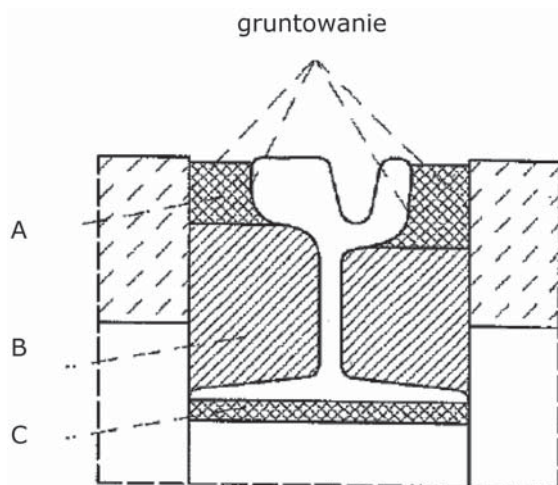
Rys. 5. Szczelina poślizgowa



Oznaczenia: A – krawężnik betonowy, B – gruntowanie, C – taśma rozdzielająca, D – zalewa.

Rys. 6. Szczelina brzegowa na obiekcie mostowym z nawierzchnią z betonu (zalewa wykonywana w dwóch warstwach)

- Szczeliny brzegowe na obiektach z nawierzchnią betonową. Wykonywane są wzdłuż krawężnika z wypełnieniem zalewą na gorąco w dwóch warstwach z zastosowaniem w połowie tzw. przekładki rozdzielającej (rys. 6).
- Szczeliny wypełnionej zalewą na gorąco w celu uszczelnienia szyny wbudowanej w nawierzchnię (rys. 7).



Oznaczenia: A – zalewa wzdłuż szyny, B – wypełnienie (komora), C – dolna zalewa pod stopką szyny.

Rys. 7. Rozwiązanie uszczelnienia w obrębie szyny w nawierzchni

## Zalewy na gorąco

Zalewy wbudowywane na gorąco stanowiły przez dziesięciolecia podstawowy rodzaj wypełnienia szczelin w nawierzchniach betonowych.

Według wytycznych ZTV Fug-StB z 2001 r. zalewy na gorąco obejmowały masy stosowane przy zmianach szerokości komory szczeliny do 25%. Ponadto wyróżniano:

- zalewy do bruku oraz do uszczelnień szyn w nawierzchni,
- zalewy do spękań,
- sprężyste zalewy przy zmianach szerokości szczeliny do 35%.

Zbliżony podział zastosowano również w nowych wytycznych, jednak w przypadku zalew na gorąco można stwierdzić istotne ograniczenie. W wytycznych z 2015 r. przewidziane do stosowania zostały jedynie dwie zalewy na gorąco, które są znormalizowane na terenie Unii Europejskiej, tj.:

- zalewa na gorąco typ N1 – która może być stosowana przy zmianach szerokości komory szczeliny do 35%; nadaje się szczególnie do obszarów stanowiących odpływ wody, w strefach bocznych, szczelin w obiektach oraz przy dużych przemieszczeniach w obrębie szczelin; po wypełnieniu zalewa nie powinna mieć kontaktu z kołami przejeżdżających pojazdów,
- zalewa na gorąco typ N2 – która może być stosowana przy zmianach szerokości komory szczeliny do 25% na powierzchniach komunikacyjnych wykonanych z betonu oraz w nawierzchniach asfaltowych; tak więc w przypadku nawierzchni betonowych może być stosowana do szczelin poprzecznych i podłużnych, szczelin rozszerzania, kontaktowych oraz poślizgowych.

W tekście nowych wytycznych w p. 1.4 „Materiały” znalazł się zapis, że stosowanie zalew na gorąco Typ F1 i F2 według normy DIN EN 14188-1 nie jest dopuszczone. Jak należy z tego wnioskować, obecnie ograniczone zostało użycie innych zalew na gorąco – poza dwiema zalecanymi i wymienionymi w wytycznych (N1 i N2).

Materiały do uszczelniania, w tym zalewy na gorąco, zalewy na zimno, wkładki szczelinowe oraz materiały do gruntowania muszą spełniać wymagania norm europejskich, które zostały przejęte do TL Fug-StB (TL – Techniczne warunki dostaw materiałów). W przypadku szczelin poprzecznych i podłużnych uszczelnienie zalewą wykonuje się po uprzednim wciśnięciu kordu, przez co uzyskuje się odpowiednie wypełnienie komory szczeliny, bez przedostawania się jakiegokolwiek ilości zalewy do dolnej części szczeliny.

W wytycznych ZTV Fug-StB 15 w kilku rozdziałach występują zapisy dotyczące odpowiedniej czystości bocznych powierzchni szczelin. Wypełnienie zalewą może nastąpić jedynie przy czystych ściankach bocznych, suchych, a także pozbawionych kurzu. Stąd wynika ograniczenie dotyczące przejazdów pojazdów budowy w trakcie tego rodzaju prac. Wypełnienie zalewą na gorąco powinno zostać dokonane w taki sposób, aby w komorze szczeliny po zastygnięciu zalewy powstał lekko wklęsły profil, na głębokość co najmniej 1 mm, natomiast nie głębszy niż 3 mm. W przypadku nadmiernego wypełnienia nadmiar zaprawy należy usunąć.

## Wymiary komór szczelin

Wypełnianie szczelin należy wykonywać dopiero po odpowiednim związaniu betonu, najwcześniej po 7 dniach od wbudowania mieszanki betonowej. Odstępstwo od tej zasady dopuszczalne jest tylko w przypadku użycia betonów szybkowiązających. Przed wypełnieniem zalewą należy umieścić w szczelinie materiał wypełniający tzw. kord. Kord zapewnia odpowiednią głębokość wypełnienia szczeliny. Bezpośrednio przed zalaniem szczeliny powierzchnie boczne oraz dolny materiał wypełniający muszą być suche i bez zanieczyszczeń. W trakcie prowadzenia robót należy całkowicie ograniczyć ruch budowlany.

W przypadku zalewy typu N1 obowiązują zapisy podane w tabeli 2, natomiast typu N2 w tabeli 3.

Tabela 2. Szerokość i głębokość komory szczeliny w przypadku użycia zalewy typ N1

Poz.	Zmiana szerokości komory szczeliny [mm]	Szerokość komory szczeliny [mm]	Głębokość komory szczeliny z materiałem wypełniającym (kordem) [mm]	Głębokość komory szczeliny z taśmą rozdzielającą [mm]
1	do 3,5	10	35	–
2	do 4,0	12	40	–
3	do 5,0	15	45	–
4	do 7,0	20	60	35

Tabela 3. Szerokość i głębokość komory szczeliny w przypadku użycia zalewy typ N2

Poz.	Zmiana szerokości komory szczeliny [mm]	Szerokość komory szczeliny [mm]	Głębokość komory szczeliny z materiałem wypełniającym (kordem) [mm]	Głębokość szczeliny bez dolnego materiału wypełniającego <sup>*)</sup> (kordu) [mm]
1	do 2,0	8	27	20
2	do 2,5	10	30	25
3	do 3,0	12	35	30
4	do 4,0	15	40	40
5	do 5,0	20	50	40

\*) nie obowiązuje w przypadku szczelin pozornych

## Zalewy na zimno

Zalewy na zimno są również wyrobami znormalizowanymi na terenie Unii Europejskiej i mogą być stosowane przy zmianach szerokości komory szczeliny do 25%. Zalewy na zimno mogą być stosowane jako zalewy stałe, względnie jako samorozprzewadzające się. W zależności od rodzaju oddziaływań chemicznych dokonano podziału na cztery klasy obciążeń:

- klasa obciążenia A – bez wymagań dotyczących odporności na oddziaływania chemiczne, tzn. do normalnie użytkowanych nawierzchni,
- klasa obciążenia B – zastosowanie w przypadkach kontaktu z olejem turbinowym i środkami odladzającymi stosowanymi do samolotów,
- klasa obciążenia C – zastosowanie w przypadkach kontaktu z olejem napędowym i środkami odladzającymi stosowanymi do samolotów,
- klasa obciążenia D – możliwy kontakt z substancjami chemicznymi w postaci ciekłej – według konkretnych wymagań (potrzeb).

Tabela 4. Szerokość komory szczeliny w przypadku zalew stosowanych na zimno

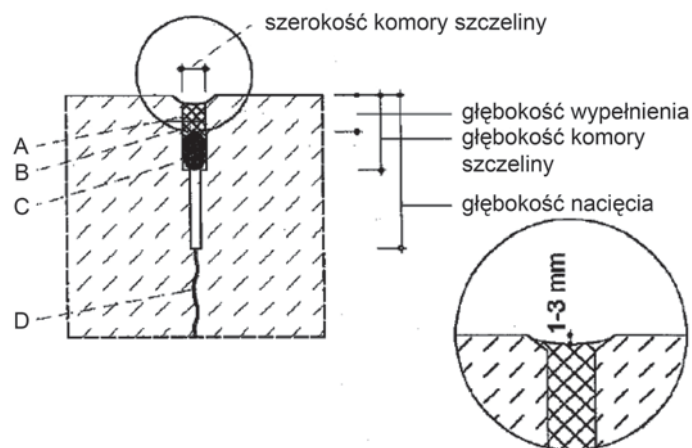
Lp.	Zmiana szerokości komory szczeliny [mm]	Szerokość komory szczeliny dla klasy obciążenia A/B/C/D (Klasa 25 ZGV 25% DIN EN 14188-2 [mm])	Szerokość komory szczeliny dla klasy obciążenia A/B/C/D (Klasa 35 ZGV 35% TL Fug-StB [mm])	Głębokość komory szczeliny [mm]	Głębokość wypełnienia zalewą [mm]
1	do 2,0	8	8	26	8 ± 2
2	do 3,0	12	9	26	8 ± 2
3	do 3,5	15	10	26	8 ± 2
4	do 4,0	20	12	31	10 ± 2
5	do 5,0	–	15	38	12 ± 2
6	do 6,0	–	17	51	15 ± 3
7	do 7,0	–	20	51	15 ± 3

Zalewy na zimno, zgodnie z technicznymi warunkami dostaw materiałów (TLFug-StB), mogą być wyrobami jedno-

składnikowymi, względnie dwuskładnikowymi, o odpowiednich właściwościach sprężystych po stężeniu. Rozróżnia się zalewy klasy 25 i klasy 35 (tabela 4). W zakresie tego rodzaju zalew omawiane wytyczne przewidują zastosowanie normowych wyrobów europejskich, jak również wyrobów nieeuropejskich.

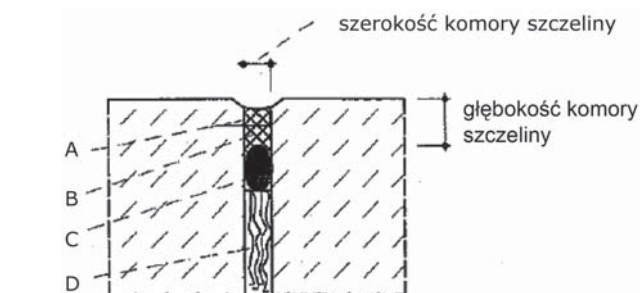
Przy możliwości wystąpienia oddziaływań chemicznych na nawierzchnię należy dokonać sprawdzenia odporności na te oddziaływania. W przypadku wyrobów europejskich zmiany szerokości szczeliny mogą wynosić do 25%, natomiast w przypadku wyrobów pozaeuropejskich – do 35%. Wymagania dotyczące wymiarów komory szczeliny w zależności od zmian szerokości szczeliny podano w tabeli 4.

Schematy szczelin pozornych i rozszerzenia wypełnionych zalewami na zimno zaprezentowano na rysunkach 8 i 9.



Oznaczenia: A – gruntowanie, B – zalewa na zimno, C – dolny materiał wypełniający (kord), D – pęknięcie.

Rys. 8. Szczelina pozorna z wypełnieniem zalewą na zimno



Oznaczenia: A – gruntowanie, B – zalewa na zimno, C – dolne wypełnienie (kord), D – wkładka.

Rys. 9. Szczelina rozszerzenia wypełniona zalewą na zimno

## Wkładki szczelinowe (profile)

W przypadku wkładek szczelinowych, powszechnie określanych w naszym kraju jako profile do szczelin, zmiana szerokości komory szczeliny może wynosić maksymalnie do 30%.

Wkładki szczelinowe należy wbudowywać specjalnym urządzeniem. Ważną sprawą jest kontrolowanie wydłużenia liniowego wkładek, które nie powinno wynosić więcej niż 5%.



W pierwszej kolejności wbudowuje się wkładki w szczeliny poprzeczne, następnie wkładki w szczeliny podłużne.

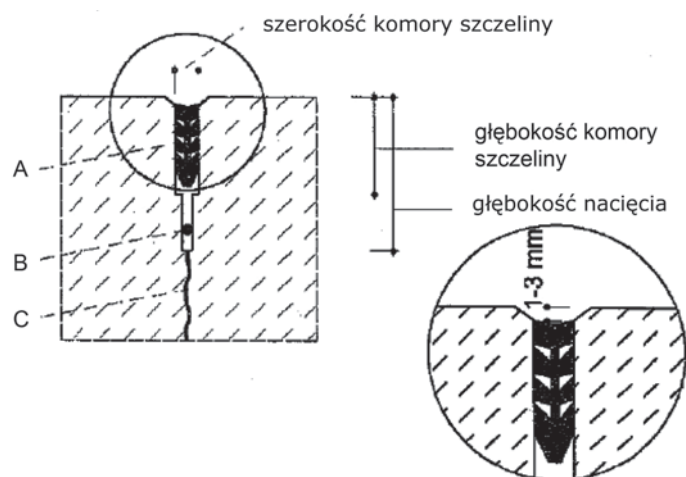
Tabela 5. Szerokość komory szczeliny i głębokość w przypadku wkładek szczelinowych (profilii)

Lp.	Zmiana szerokości komory szczeliny [mm]	Szerokość komory szczeliny [mm]	Głębokość komory szczeliny [mm]
1	do 1,0	6*)	20
2	do 2,5	8	30**)
3	do 3,0	10	30**)
4	do 3,5	12	30**)
5	do 4,0	15	30**)

\*) dotyczy tylko szczeliny podłużnej; \*\*) wymiar minimalny

Zmiany długości wkładek szczelinowych należy kontrolować w ramach badań własnych wykonawcy, co najmniej co 3 000 m ułożonej wkładki i na początku zmiany dziennej. Mierzona powinna być zmiana długości profilu o długości 3 m. Pomiar zerowy wykonuje się bezpośrednio przed wbudowaniem. Długość zaznacza się na wkładce. Bezpośrednio po wbudowaniu należy dokonać kolejnego pomiaru pomiędzy oznaczonymi punktami.

Przekrój nawierzchni z zainstalowaną wkładką szczelinową zamieszczono na rysunku 10.



Oznaczenia: A – wkładka szczelinowa (kord), B – wkładka ochronna, C – pęknięcie.

Rys. 10. Szczelina pozorna poprzeczna w nawierzchni betonowej z wkładką szczelinową (profilem)

### Miejsca krzyżowania się otwartych wkładek szczelinowych

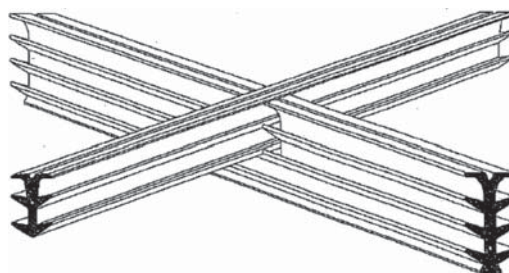
Miejsca krzyżowania się wkładek muszą zostać tak wykonane, aby krzyżujące się profile nie zostały całkowicie przecięte. Górna powierzchnia wkładki w miejscu przecięcia maksymalnie może znajdować się na wysokości góry nawierzchni (rys. 11).

W przypadku profili otwartych miejsce krzyżowania można wykonać w następujący sposób:

- wkładana jako pierwsza wkładka do szczeliny poprzecznej musi zostać do połowy profilu nacięta w formie litery „u”, a miejsce krzyżowania się uszczelnione sprężystą

masą uszczelniającą; następnie w wycięty otwór należy włożyć drugą nieostabioną wkładkę,

- nacięcie musi być wykonywane urządzeniem do cięcia wkładek; w celu uniknięcia zadziorów w miejscu przeciętym, przecięte krawędzie należy wyokrąglić.



Rys. 11. Miejsce krzyżowania się wkładki z otwartą naciętą wkładką szczelinową (szczelina poprzeczna)

### Połączenia styków wkładek

Należy dążyć do minimalizowania liczby połączeń (styków) wkładek szczelinowych. Połączenia nie mogą się znajdować w miejscach krzyżowania się wkładek. Przekrój obydwu powierzchni wkładek musi być pionowy. Połączenie obydwu powierzchni należy wykonać z użyciem kleju, którego przydatność została sprawdzona.

### Badania dotyczące wykonywania i uszczelniania szczelin

Zapisy podane w wytycznych ZTV Fug-StB 15 odnośnie badań są jednoznaczne i treść ich wskazuje, że celem jest uzyskanie wysokiej jakości wykonanych robót.

Wymienione zostały 4 rodzaje badań w trakcie robót dotyczących wykonania i uszczelnienia szczelin w nawierzchniach, tzn.:

- badania własne wykonawcy (ZKP),
- badania kontrolne,
- dodatkowe badania kontrolne,
- badania rozjemcze.

Wykonawca w odpowiednim terminie przed rozpoczęciem robót powinien przedłożyć zleceniodawcy wyniki badań wykonane w ramach pierwszego badania typu – według zapisów technicznych warunków dostaw *TL Fug-StB*, a ponadto uzasadnić w odpowiednim terminie przydatność materiałów do przewidzianego zastosowania.

Działania związane z badaniami obejmują także, o ile jest to konieczne:

- pobieranie próbek,
- odpowiednie zapakowanie próbek do wysyłki,
- transport próbek z miejsca pobrania do placówki badającej,
- badania laboratoryjne, włącznie z opracowaniem sprawozdania.

W ramach badań własnych Wykonawcy wyróżnia się:

- badania wstępne materiałów,
- badania w trakcie dostaw (badania materiałów dostarczanych),
- badania w trakcie wykonania robót.

Badania własne wykonawcy (tzn. zakładowa kontrola produkcji) obejmują badania wykonawcy, względnie jego pełnomocnika, mające na celu stwierdzenie czy właściwości dostarczonych materiałów do wypełniania szczelin oraz wykonanej nawierzchni odpowiadają wymaganiom umownym oraz wynikom uzyskanym w pierwszym badaniu typu.

Wykonawca, względnie jego podwykonawca, powinien realizować badania z należytą troską, a także zgodnie z ustalonym zakresem. W przypadku stwierdzenia odchyłań powinny zostać niezwłocznie podjęte stosowne działania zaradcze. Wyniki badań własnych należy protokołować i przedkładać zleceniodawcy na jego żądanie. W zakres badań wykonawcy wchodzi: badania wstępne materiałów, badania w trakcie dostaw oraz badania realizowane w trakcie wykonywania robót.

Badania wstępne są badaniami wykonawcy dostarczonych materiałów do wypełnienia szczelin, mającymi na celu stwierdzenie, czy spełniają wymagania umowne według obowiązujących przepisów technicznych w zakresie rodzaju i jakości. Przy dostawach materiałów wykonawca powinien sprawdzić zgodność danych dotyczących treści o zawartości dostawy podanych na opakowaniu z wymaganiami zawartymi w umowie.

W uzasadnionych przypadkach należy sprawdzić następujące pozycje:

- list przewozowy i oznakowanie dostawy,
- składowanie pojemników zgodnie z danymi producenta,
- termin przydatności, względnie datę produkcji z dopuszczalnym okresem składowania,
- rzeczywiste wymiary w przypadku wkładek do szczelin (profil),
- przyporządkowanie poszczególnych komponentów przy zalewach stosowanych na zimno.

W razie stwierdzenia odchyłań od wymagań umownych, kwestionowany materiał nie może zostać wbudowany.

W trakcie wykonywania robót należy sprawdzać następujące parametry:

- warunki pogodowe zewnętrzne (temperatura powietrza i temperatura na powierzchni, wilgotność względna, temperatura tworzenia się rosy),
- odchyłki od wymiarów projektowych komory szczeliny, względnie inne odchyłki od zapisów umownych,
- maksymalną osiągniętą temperaturę ogrzania zalewy,
- czas przebywania zalewy w pojemniku urządzenia mieszającego,
- zmianę długości wkładek do szczelin przy wbudowywaniu – na każdej zmianie roboczej, co najmniej jednak co 3 000 m ułożonej wkładki (profilu).

## Badania kontrolne

Podobnie jak ma to miejsce w naszym kraju, badania kontrolne są badaniami zleceniodawcy, wykonywanymi w celu stwierdzenia, czy właściwości w zakresie jakości, a także wykonanej nawierzchni spełniają wymagania. Ich wyniki stanowią podstawę odbioru robót. Rodzaj i zakres badań kontrolnych ustala się na podstawie przedłożonych wyników pierwszego badania typu.

Pobieranie próbek, a także badania, które odbywają się na budowie przeprowadza zleceniodawca w obecności

wykonawcy. Mogą się one odbyć także pod nieobecność przedstawiciela wykonawcy, który nie przybył, pomimo że został terminowo powiadomiony.

Dodatkowe badania kontrolne wykonuje się w sytuacji, gdy zostanie uznane, że wynik badania kontrolnego nie jest reprezentatywny dla całej długości wykonywanych robót. Wykonawca jest uprawniony do zażądania przeprowadzenia dodatkowych badań kontrolnych. Miejsca pobrania i przyporządkowanie długości częściowych ustalają wspólnie zleceniodawca i wykonawca. Jeżeli chodzi o odbiór robót, decydujące są wyniki badań poprzednich i dodatkowych badań kontrolnych dla przyporządkowanych powierzchni. Koszty dodatkowych badań kontrolnych wnioskowanych przez wykonawcę ponosi wykonawca.

Badanie rozjemcze jest powtórzeniem badania kontrolnego, co do którego prawidłowości wykonania występują wątpliwości ze strony zleceniodawcy lub wykonawcy (np. na podstawie wyników badań własnych). Badanie wykonywane jest na wniosek partnera umownego, przez wybraną zgodnie i w porozumieniu placówkę badawczą, która nie wykonywała na tej budowie badań kontrolnych. Wynik tego badania zastępuje dotychczasowy wynik. Koszt badania rozjemczego, łącznie z kosztami dodatkowymi, ponosi ta strona umowy, na której niekorzyść wypadł uzyskany wynik.

## Podsumowanie

Przedstawione najważniejsze zapisy nowych wytycznych niemieckich ZTV Fug-StB 15 świadczą o dużej wadze, jaką przywiązuje się do zagadnień wykonywania szczelin w nawierzchniach oraz ich prawidłowego wypełnienia. Dobra jakość wykonania tych elementów ma istotny wpływ na ograniczony postęp degradacji płyt betonowych.

W artykule poruszono jedynie zagadnienia dotyczące szczelin w nawierzchniach betonowych, pomimo że w wytycznych opisano również szczeliny w nawierzchniach asfaltowych. Część zagadnień poruszonych w publikacji została opisana w monografii prof. dr. hab. inż. A. Szydło z 2004 roku [2] oraz w całkiem niedawno opublikowanej OST D.05.03.04 [8]. W ocenie autorów należy rozważyć opracowanie również w naszym kraju bardziej szczegółowych specyfikacji technicznych dotyczących problematyki szczelin w nawierzchniach betonowych. Bezremontowa eksploatacja (żywność) tego typu nawierzchni jest ściśle powiązana z jakością wykonania i wypełnienia szczelin.

## Bibliografia

- [1] S. Rolla, *Nowoczesne nawierzchnie betonowe*, WKŁ 1979 r.
- [2] A. Szydło, *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego*, Kraków, 2004 r.
- [3] ZTV Fug-StB 01 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2001 r.
- [4] ZTV Fug-StB 15 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2015 r.
- [5] OST, Nawierzchnie betonowe; BZBBDiM
- [6] Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna – Rozwój nawierzchni betonowych w Polsce na przykładzie modernizacji autostrady A4, Wrocław 2004 r.
- [7] PN-75/S-96015, Drogowe i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego
- [8] OST D.05.03.04, Nawierzchnie z betonu cementowego - zarządzenie Dyrektora GDDKiA nr 23 z dn. 07.06.2018 r.