

fot. Michał Braszczowski



Zimowe utrzymanie nawierzchni betonowych

Zimowe utrzymanie dróg (ZUD) są to prace mające na celu zmniejszenie lub ograniczenie zakłóceń ruchu drogowego, wywołanych takimi czynnikami atmosferycznymi, jak śliskość zimowa oraz opady śniegu.

Nasze warunki klimatyczne sprawiają, że w okresie zimowym nawierzchnie drogowe często pokrywa śnieg i lód. Utrzymanie bezpieczeństwa związane jest z koniecznością usunięcia ich z nawierzchni drogowych. W niniejszym artykule zostaną przedstawione sposoby zimowego utrzymania betonowych nawierzchni drogowych.

Sposoby usuwania skutków śliskości zimowej

Do usuwania i łagodzenia skutków śliskości zimowej stosuje się:

1) materiały chemiczne:

- sól kamienna sucha (chlorek sodu NaCl) wg PN-86/C-84081/02
- solanka – roztwór NaCl lub CaCl_2 o stężeniu 20÷25%
- sól zwilżona – 30% solanki (roztworu NaCl lub CaCl_2 o stężeniu 20÷25) + 70% suchej soli NaCl
- chlorek wapnia techniczny (77÷80% CaCl_2)
- chlorek magnezu MgCl_2
- mieszaniny NaCl z CaCl_2 lub z MgCl_2 w stosunku wagowym 4:1, 3:1, 2:1
- octan wapniowo-magnezowy (CMA)
- octan potasu (KAc)
- mocznik
- mrówczany
- alkohole
- glikole

2) materiały uszorstniające (stosowane do uszorstniania lodu, zlodowaciałego i ubitego śniegu):

- piasek o uziarnieniu do 2 mm wg PN-B-11113:1996

- kruszywo naturalne o uziarnieniu do 4 mm wg PN-B-11111:1996
 - kruszywo kamienne łamane o uziarnieniu 2÷4 mm wg PN-B-11112:1996
 - żużel wielkopieczowy kawałkowy, kruszywo niesortowalne o uziarnieniu do 4 mm
 - żużel kotłowy (paleniskowy), kruszywo niesortowalne o uziarnieniu do 8 mm
 - jednorodne mieszaniny kruszyw z solą o składzie wagowym od 95 do 97% kruszywa i od 3 do 5% soli
- 3) ogrzewanie nawierzchni – metoda polega na montowaniu w nawierzchni specjalnej instalacji grzewczej; ze względu na wysoki koszt stosowanie ogranicza się jedynie do miejsc szczególnie niebezpiecznych, np. wjazdy i wyjazdy z tuneli, wiadukty i mosty, wejścia i wyjścia z przejść podziemnych.

Charakterystyka najczęściej stosowanych środków chemicznych do zimowego utrzymania dróg

Chlorek sodu NaCl – jest najczęściej stosowanym środkiem zimowego utrzymania dróg i ulic. Jest produktem naturalnym i jednocześnie najtańszym i najskuteczniejszym w działaniu. Dużą skuteczność działania wykazuje do temperatury -6°C . Do negatywnych cech chlorku sodu należy zaliczyć jego szkodliwy wpływ na nawierzchnie betonowe, elementy stalowe konstrukcji i pojazdy samochodowe oraz niekorzystny wpływ na środowisko, głównie na zieleń miejską i zbiorniki wodne. Jony chlorkowe zatrzymywane są w tkankach roślin, po-

wodując ich chlorozę (żółknięcie liści), która prowadzi do częściowego lub całkowitego zamierania roślin.

Chlorek wapnia CaCl_2 – jest produktem powstającym przy wytworzeniu węglanu sodu metodą amoniakalną. Działa on skutecznie w temperaturach do -20°C . Jest bardziej skuteczny niż NaCl w niższych temperaturach, ale jego koszt jest kilkakrotnie wyższy. Chlorek wapnia ma takie same lub większe właściwości korozyjne i niszczące jak chlorek sodu.

Chlorek magnezu MgCl_2 – uzyskiwany na drodze chemicznej lub z naturalnych zbiorników słonych. Podobnie jak chlorek wapnia w niższych temperaturach jest skuteczniejszy niż chlorek sodu.

Octan wapniowo-magnezowy (CMA) – powstaje przy reakcji kwasu octowego ze skałą dolomitowo-wapienną. Kosztownym składnikiem tego związku chemicznego jest kwas octowy produkowany z gazu naturalnego lub ropy naftowej (koszt kilkanaście razy wyższy niż NaCl). Ma mniejsze właściwości korozyjne w stosunku do stali i w niższym stopniu niszczy beton cementowy niż NaCl .

Octan potasu (KAc) – powstaje w wyniku reakcji kwasu octowego z węglanem potasu. Jego charakterystyka oddziaływania na środowisko i korozyjność jest podobna do charakterystyki octanu wapniowo-magnezowego.

Mocznik – produkuje się go na skalę przemysłową w procesie polegającym na wytworzeniu karbaminianu amonowego z amoniaku i dwutlenku węgla, a następnie odwodnieniu karbaminianu do mocznika i wydzieleniu go z roztworu. Jego największa skuteczność, porównywalna ze skutecznością chlorku sodu, występuje do temperatury -4°C . Jego koszt jest kilka razy wyższy niż koszt NaCl . Przy średnim stężeniu nie jest szkodliwy dla ludzi i zwierząt.

Mrówczany – są to sole lub estry kwasu mrówkowego. Najczęściej wykorzystuje się mrówczan sodu lub mrówczan wapnia. Ich skuteczność jest niższa niż skuteczność chlorku sodu, a koszt kilkakrotnie wyższy. Wpływ mrówczanów na środowisko jest porównywalny z wpływem chlorku sodu, wykazują natomiast niższy efekt korozyjny niż chlorek sodu.

Alkohole – do zimowego utrzymania wykorzystuje się głównie metanol, może on działać w temperaturach niższych niż NaCl . Jest substancją silnie trującą. Nie wykazuje dużych właściwości korozyjnych.

Glikole – są to związki organiczne zawierające dwie grupy OH. Do celów zimowego utrzymania, szczególnie nawierzchni lotniskowych i odladzania samolotów, wykorzystuje się glikol etylenowy i propylenowy. Glikol etylenowy jest substancją zamarzającą w temperaturze -13°C i w zależności od rozcieńczenia może obniżyć punkt zamarzania wody do -50°C . Glikol etylenowy jest trujący, jednak ma niskie właściwości korozyjne i niezbyt wysoki koszt. Glikol propylenowy może obniżyć punkt zamarzania wody do -60°C . Jego zaletą w porównaniu z glikolem etylenowym jest nietoksyczność. Inne jego właściwości są zbliżone do właściwości glikolu etylenowego.

Środki chemiczne stosowane do posypywania nawierzchni drogowych w zimowym utrzymaniu dróg powinny spełniać następujące wymagania:

– skutecznie i szybko topić lód i zapobiegać gołodzi

- zachowywać trwałość działania w założonym czasie
- nie być toksyczne w stosunku do środowiska
- nie wchodzić w reakcje i nie powodować dodatkowych uszkodzeń materiałów używanych do konstrukcji nawierzchni
- dać się łatwo rozsywać na nawierzchni
- nie być łatwo usuwalne przez ruch pojazdów i wiatr
- nie powodować korozji karoserii pojazdów i konstrukcji stalowych.

Nie jest możliwe spełnienie jednocześnie wszystkich tych wymagań. Środkiem spełniającym te wymagania najbardziej optymalnie jest chlorek sodu NaCl i większość zaleceń dotyczących zimowego utrzymania dróg jest przygotowywanych pod kątem jego użycia. Niekorzystne działanie chlorku sodu udaje się ograniczyć dzięki rozwijaniu w ostatnich latach technologii pozwalających zmniejszyć jego zużycie przy zachowaniu dużej skuteczności działania, np. posypywanie nawierzchni solą zwilżoną roztworem NaCl o stężeniu $20\div 25\%$, posypywanie solą o odpowiednio dobranym uziarnieniu, które powoduje, że sól bardziej równomiernie rozkłada się na nawierzchniach i daje dłużej utrzymujący się efekt topienia, skrapianie solankami NaCl o stężeniu $20\div 25\%$, stosowanie nowoczesnych rozsypywarek, które pozwalają rozsywać środki chemiczne precyzyjniej i w odpowiednich dozowaniach, co umożliwia zmniejszenie ilości soli wysypywanej na drogi przy zachowaniu skuteczności tej soli.

(na podstawie „Wytucznych zimowego utrzymania dróg” IBDiM, Warszawa 2006 r.)

Wpływ soli odladzających na korozję betonu

Wpływ soli odladzających na stopień destrukcji betonu jest niezaprzeczalny.

Uszkodzenia betonu spowodowane mrozem w obecności środków odladzających mają przede wszystkim naturę fizyczną. Niektóre sole, np. CaCl_2 , mogą wprawdzie powodować uszkodzenia natury chemicznej, ale głównie przy wysokich stężeniach i długim okresie ekspozycji.

Wyjaśnienie wszystkich okoliczności wpływających negatywnie na stan nawierzchni drogowych w okresie zimowym jest niezmiernie trudne, aby dać jednoznaczny odpowiedź co do stopnia szkodliwości na nawierzchnie drogowe samych środków chemicznych stosowanych do zwalczania oblodzenia na drogach. Badania prowadzone w Polsce i w wielu innych krajach nie dały jeszcze jasnego wytłumaczenia zjawisk powstających przy połączonym działaniu roztworów chlorków, mrozu i ruchu na nawierzchnie betonowe.

Na ogół pomija się działanie chemiczne chlorków na nawierzchnie, jeżeli chlorki te nie zawierają związków siarki, gdyż materiały kamienne stosowane w budownictwie drogowym są w zasadzie odporne na działanie roztworów chlorków.

Szkodliwego wpływu środków chemicznych na nawierzchnie betonowe należy dopatrywać się przede wszystkim w ich działaniu czysto fizycznym. Rozsypany na warstwę zamarzniętej wody chlorek powoduje jej topnienie. Procesowi topnienia lodu towarzyszy obniżenie temperatury środowiska, spowodowane koniecznością poboru z otoczenia pewnej ilości ciepła dla zmiany stanu skupienia wody ze



Źródło: Michał Braszczowski

stałego w stan płynny. Ten pobór ciepła następuje przede wszystkim z nawierzchni, wywołując obniżenie jej temperatury. Pod wpływem roztworu chlorku, szczególnie roztworu NaCl, nawierzchnia w warstwie poddanej działaniu roztworu, bardzo szybko ochładza się, natomiast ochładzanie niższych warstw przebiega znacznie wolniej. Te silne i nagłe spadki temperatury prowadzą do powstawania naprężeń w górnej warstwie nawierzchni, a w następstwie do tworzenia się rys włoskowatych, w których później wiązuje się właściwa erozja mechaniczna.

Dodatkowym zjawiskiem powodującym niszczenie jest również wpływ wielokrotnej krystalizacji roztworu soli w systemie kapilarnym betonu. Zjawisko to nasila się w miarę obniżania temperatury.

Przyczyną destrukcji jest także powstawanie ciśnienia osmotycznego w wyniku różnic między stężeniem soli w wodzie w partiach powierzchniowych betonu i czystej wody w głębszych warstwach. Im większa zawartość soli w roztworze przy powierzchni, tym większe jest ciśnienie osmotyczne. Przy wysokich zawartościach soli zmniejsza się jednak zdolna do zamrażania ilość wody tak znacznie, że i uszkodzenia ulegają ograniczeniu. Fakt koncentracji uszkodzeń na powierzchni betonu można tłumaczyć tym, że dyfuzja jonów soli w betonie jest nadzwyczaj powolna. Już w małej odległości od powierzchni betonu mamy głównie czystą wodę i łagodniejszy przebieg zamrażania.

Niszczenie powierzchniowych warstw betonu w nawierzchniach drogowych przy posypywaniu ich chlorkami przebiega szybciej niż przy badaniach podobnych procesów w warunkach laboratoryjnych. Ma to miejsce dlatego, że zamrażanie nawierzchni betonowej często dokonuje się pod warstwą lodu, która hamuje wyparowywanie i wymarzenie wody. Woda ta przenoszona grawitacyjnie ze strefy wyższych do strefy niższych temperatur całkowicie wypełnia pory i kapilary w górnej warstwie nawierzchni.

Dodatkowym czynnikiem przyspieszającym niszczenie nawierzchni jest ruch pojazdów.

Mrozoodporność betonów nawierzchniowych

W 2007 roku do zbioru polskich norm został wprowadzony pakiet norm europejskich dotyczą-

cych nawierzchni betonowych. W normie PN-EN 13877-2:2007 Nawierzchnie betonowe. Część 2: Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych wprowadzono kategorie mrozoodporności betonu nawierzchniowego.

Badanie mrozoodporności powinno wykonywać się według prEN 12390-9. Taka sama metoda badania powołana jest w normach dotyczących prefabrykatów drogowych, np. PN-EN 1338:2005, z tą różnicą, że prefabrykaty betonowe poddaje się 28 cyklom badawczym.

W Polsce wielokrotnie podnoszony był problem solenia tzw. młodych nawierzchni betonowych. Funkcjonował zapis, że nawierzchni betonowych nie można solić w pierwszym roku eksploatacji. Projektowanie betonów nawierzchniowych spełniających kategorię mrozoodporności FT2 według normy PN-EN 13877-2:2007 umożliwiła stosowanie środków odładzających na tzw. młode nawierzchnie betonowe. Oczywiście należy zachować ostrożność i używając do budowy nawierzchni cementów charakteryzujących się znacznym przyrostem wytrzymałości także po 28 dniach, stosować środki chemiczne po 56 czy po 90 dniach dojrzewania betonu, do momentu uzyskania założonej wytrzymałości i uszczelnienia się betonu.

*mgr inż. Danuta Beblacz
Instytut Badawczy Dróg i Mostów*

Kategoria	Ubytek masy po 28 cyklach (m_{28})	Ubytek masy po 56 cyklach (m_{56})	Stopień ubytku (m_{56}/m_{28})
FT0	Brak wymagań	Brak wymagań	Brak wymagań
FT1	Średnio 1,0 kg/m ² N ²⁾ przy czym żaden pojedynczy wynik > 1,5 kg/m ²	Brak wymagań	Brak wymagań
FT2	Średnio 0,5 kg/m ² N ³⁾	Średnio 1,0 kg/m ² N ²⁾ przy czym żaden pojedynczy wynik > 1,5 kg/m ²	≤ 2 N ⁴⁾

N²⁾ Odsyłacz krajowy: Błąd w oryginale. Powinno być: wartość średnia ≤ 1,0 kg/m²

N³⁾ Odsyłacz krajowy: Błąd w oryginale. Powinno być: średnio ≤ 0,5 kg/m²

N⁴⁾ Odsyłacz krajowy: Błąd w oryginale. Powinno być: ≤ 2