



WOJCIECH GRABOWSKI, *wojciech.grabowski@put.poznan.pl*

Zakład Dróg Ulic i Lotnisk, Politechnika Poznańska

BARBARA FILIPOWICZ, *barbara.filipowicz@wp.pl*

JERZY SOBKOWIAK, *menos.js@wp.pl*

Zakład Geotechniki i Geologii Inżynierskiej, Politechnika Poznańska

AWARIE NA DRODZE KRAJOWEJ WYWOŁANE ODDZIAŁYWANIEM KOPALNI ODKRYWKOWEJ

STRUCTURAL FAILURES ON A TRUNK ROAD AS A RESULT OF THE INFLUENCE OF AN OPEN-PIT MINE

Streszczenie W referacie zostały opisane awarie na drodze krajowej nr 266. Zniszczeniu uległy fragmenty drogi na odcinkach: km 81+820, km 83+180 oraz km 84+050. Regularnie powtarzające się spękania i deformacje nawierzchni asfaltowej obserwowano od roku 2004. W analizowanych odcinkach droga wybudowana jest na nasypie o wysokości od ok. 1,5 m do ok. 4,0 m. W podłożu stwierdzono występowanie warstw gruntów organicznych w postaci torfów i namulów. O powstaniu awarii zadecydowało jednoczesne zaistnienie szeregu niekorzystnych zjawisk i procesów. Do najważniejszych należą: konsolidacja podłoża organicznego, skurcz oraz pęcznienie gruntów organicznych, a przede wszystkim rozwój organizmów decydujących o biochemicznym rozkładzie części fitogenicznych.

Abstract The paper describes the structural failures on the trunk road no. 266. The sections of the road 81+820 km, 83+180 km and 84+050 km where damaged. The recurrent crackings and deformations of the road surface had been observed since the year 2004. On the analyzed sections, the road is situated on an embankment measuring 1.5 to 4 m. The appearance of the organic layers in the form of peat and ooze was confirmed in the ground. The simultaneous occurrence of unfavourable phenomena and processes caused the failure to arise. The most significant processes are: the consolidation of the organic ground, the shrinkage and the bulking of the organic soil and, the most significant, the development of the organisms responsible for the biochemical decomposition of phytogenic elements.

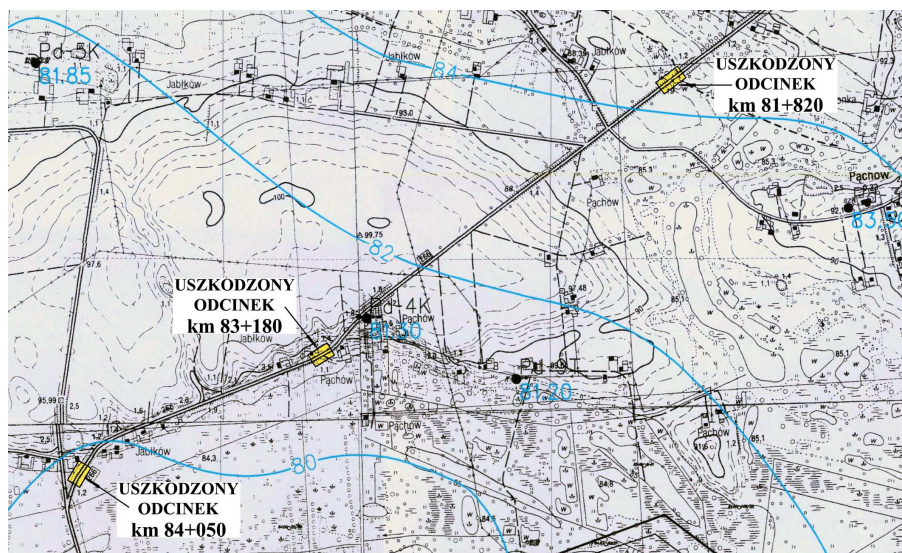
1. Wstęp

Wody podziemne w strefie saturacji oddziałują na podłoże budowlane intensywnością procesów egzogenicznych (laminarne i turbulენტne przepływy wody, insolacja i zamróż), wielością deformacji filtracyjnych (procesy sufozyjne i kurzawkowe, kolmatacja), oraz zróżnicowaną przestrzennie niszą ekologiczną zamieszkałą przez różnego rodzaju organizmy. Jeżeli do procesów tych dodamy intensywne i permanentne oddziaływanie dynamiczne, to sumaryczna siła tych oddziaływań skutkuje możliwością wystąpienia znacznych odkształceń podłoża gruntowego do awarii budowli posadowionych na takim podłożu włącznie. Celem niniejszego referatu jest zwrócenie uwagi na problemy dotyczące stabilności obiektów budowlanych, związane ze zmianami zwierciadła wód gruntowych zarówno w skali makro jak i w skali mikro (wykopy fundamentowe). Tym bardziej jest to istotne, jeśli dotyczy obiektów budowlanych usytuowanych na dużym obszarze, w szczególności dróg. W każdym z omawianych

przykładów, o stanie awaryjnym drogi decydowała suma różnych czynników technicznych i egzogenicznych, wśród których w każdym przypadku najistotniejsze znaczenie miał proces biodegradacji substancji organicznej, przy zasadniczym udziale bakterii tlenowych.

2. Opis miejsc awaryjnych

Na podstawie analizy zniszczeń fragmentów drogi krajowej nr 266, rozpoznanych badaniami warunków geologiczno-inżynierskich, oraz po zapoznaniu się z warunkami oddziaływania „Odkrywki Drzewce” na przylegający do Kopalni Węgla Brunatnego teren, podjęto próbę określenia przyczyn i mechanizmów zniszczenia trzech fragmentów drogi krajowej nr 266 (rys. 1). Rozpatrywano miejsca zniszczenia drogi, którym przypisano następujące tytuły lokalizacyjne: km 81+820, km 83+180, km 84+050. W miejscach tych stwierdzono od roku 2004 regularnie powtarzające się spękania i deformacje nawierzchni asfaltowej. Stan zniszczenia konstrukcji nawierzchni na tych odcinkach, nawet krótko po naprawie, został udokumentowany (w październiku 2009) na zdjęciach rys.: 2, 3, 4.



Rys. 1. Lokalizacja uszkodzonych odcinków drogi nr 266



Rys. 2. Stan zniszczenia drogi na badanym odcinku km 81+820; a) pęknięcie konstrukcji nawierzchni, b) widok zniszczenia konstrukcji nawierzchni asfaltowej



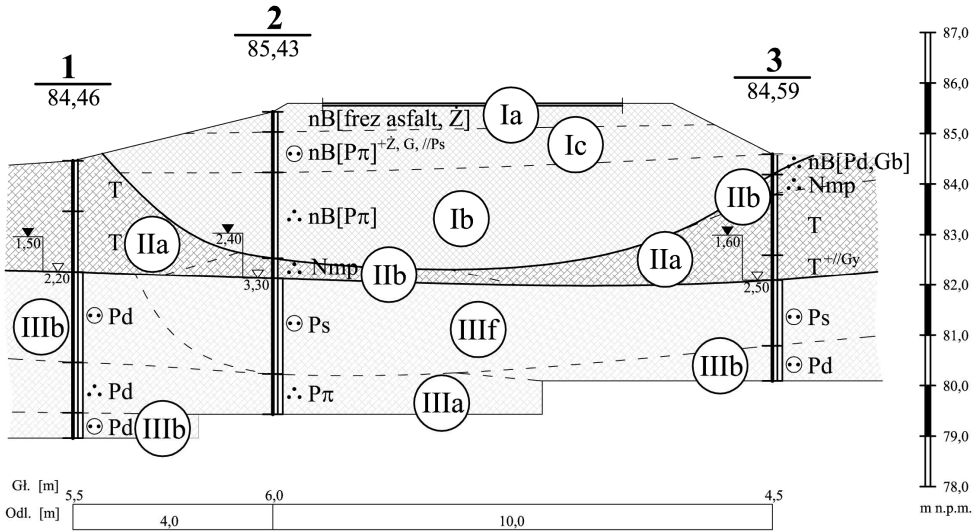
Rys. 3. Stan zniszczenia drogi na badanym odcinku km 84+050. Zniszczenie nawierzchni po zakończonej naprawie



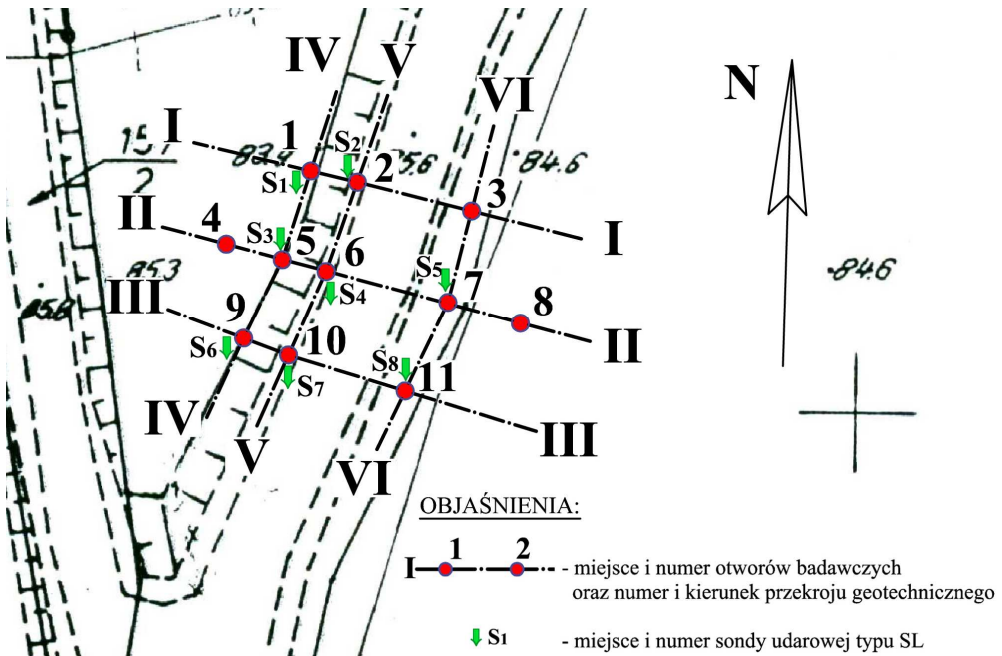
Rys. 4. Stan zniszczenia drogi w krótkim czasie po przeprowadzonym remoncie, km 83+180. Zniszczenie konstrukcji nawierzchni w miejscu połączenia korpusu drogowego z nasypem drogi gospodarczej

Z analizy zdjęć wynika, że największe zniszczenia (w październiku 2009) wystąpiły na odcinku w km 81+820. Droga krajowa nr 266, w analizowanych odcinkach, jest wybudowana na nasypie o wysokości od ok. 1,5 m do ok. 4,0 m. Budowę geologiczną na poszczególnych odcinkach pokazano na rys.: 5, 7, 9. Należy zwrócić uwagę, że na każdym awaryjnym odcinku stwierdzono, w strefie oddziaływania naprężeń od konstrukcji drogi, występowanie warstw gruntów organicznych w postaci torfów i namulów. Rozpoczęcie procesów niszcze-

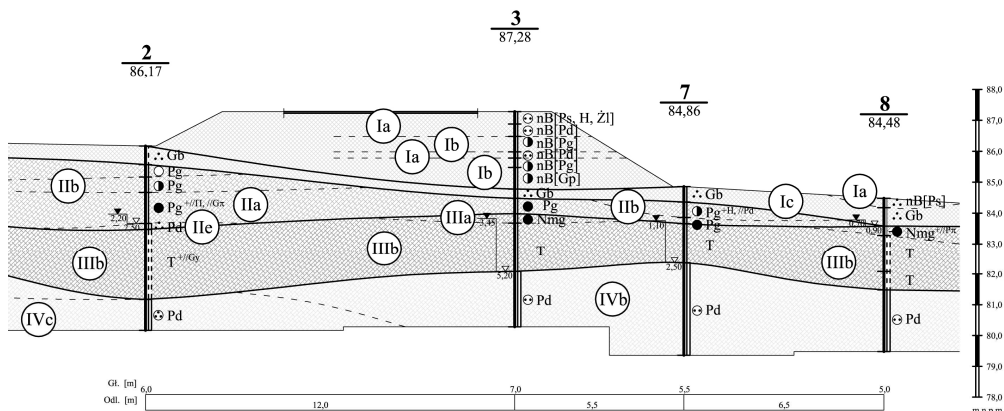
nia drogi datuje się na rok 2005, które w pierwszej kolejności stwierdzono na odcinku km 84+050, a następnie objęły odcinek km 83+180 i odcinek km 81+820. Zanik intensywności procesów destrukcyjnych rejestrowany od roku 2008 objął najpierw odcinek km 84+050, a następnie odcinek km 83+180. W trakcie prowadzonych prac badawczych (w październiku 2009) nie stwierdzono zatrzymania procesów destrukcyjnych na odcinku km 81+820.



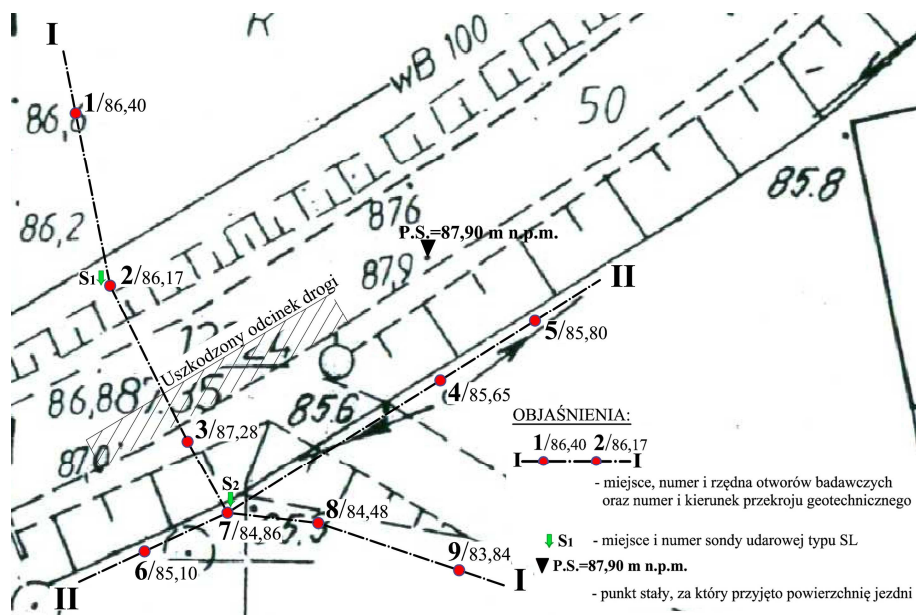
Rys. 5. Przekrój geotechniczny I – I km 84+050



Rys. 6. Plan sytuacyjny rozmieszczenia miejsc badawczych w km 84+050



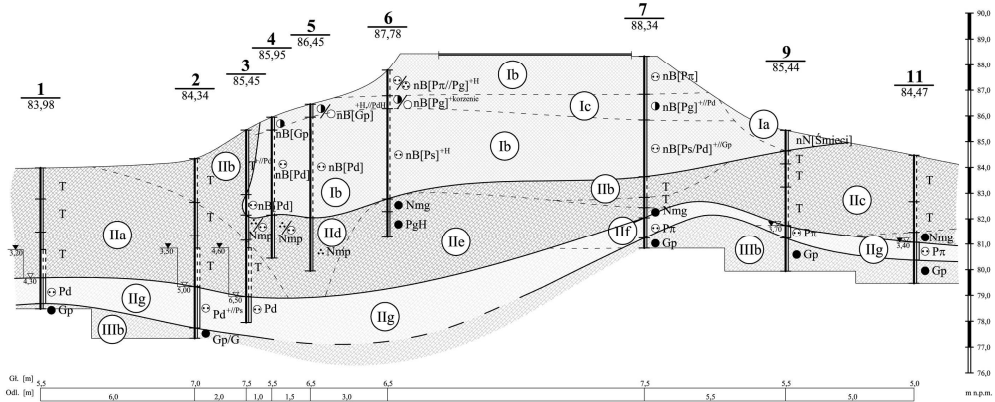
Rys. 7. Fragment przekroju geotechnicznego I – I km 83+180



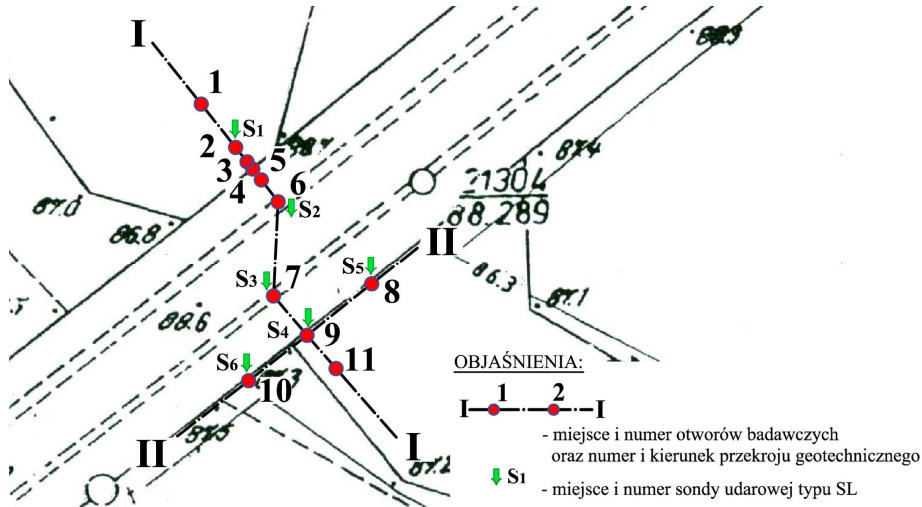
Rys. 8. Plan sytuacyjny rozmieszczenia miejsc badawczych w km 83+180

3. Ustalenie przyczyn zniszczenia drogi

Praktyka inżynierska dowodzi, że w awariach obiektów budowlanych o powstaniu stanu zniszczenia decyduje jednoczesne zaistnienie szeregu niekorzystnych zjawisk i procesów. Pojedyncze wystąpienie tych zjawisk i procesów nie spowodowałoby stanu zniszczenia. Powstanie stanu awaryjnego jest skutkiem rozwoju procesu niszczenia w czasie. Czas intensyfikuje procesy niszczenia i skutkuje zaistnieniem stanu uruchamiającego następne zjawisko czy proces niszczący. Nakładanie się skutków tych procesów doprowadza do powstania stanu awaryjnego. Mając na uwadze powyższe można podjąć próbę ustalenia przyczyn powstania stanu awaryjnego w rejonie uszkodzenia nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 266 Konin-Ciechocinek.



Rys. 9. Przekrój geotechniczny I – I km 81+820



Rys. 10. Plan sytuacyjny rozmieszczenia miejsc badawczych w km 81+820

Od roku 2004 droga wojewódzka nr 266 Konin-Ciechocinek, poczynając od odcinka km 84+050 znalazła się w zasięgu systematycznie powiększającego się leja depresji powstałego na skutek eksploatacji „Pola Bilczew” Odkrywki Drzewce. Szacowany zasięg leja depresji wynosił ok. 8,0 km. Obniżenie zwierciadła wody gruntowej skutkowało zniszczeniem drogi tylko na odcinkach zbudowanych na podłożu organicznym. Podłoże organiczne w tych miejscach można uznać za skonsolidowane (uwzględniając całkowity czas eksploatacji drogi). W okresie występowania intensywnych uszkodzeń drogi nie stwierdzono istotnej zmiany w obciążeniu ruchem. Na każdym z awaryjnych odcinków zaistniały przyczyny o lokalnej odmienności i złożoności. Cechą wspólną tych odcinków jest obniżenie zwierciadła wody gruntowej, czyli powiększenie strefy aeracji (napowietrzenia) oraz zaleganie w podłożu gruntów organicznych. Taka zmiana warunków wodnych sprzyjała rozwojowi bakterii tlenowych w obrębie podłoża organicznych.

Niedocenianie skuteczności działania mikroorganizmów w destrukcji konstrukcji budowlanych jest powodem wystąpienia wielu uszkodzeń tych obiektów, które mogą prowadzić do powstania awarii budowlanych. Mikroorganizmy występujące na Ziemi stanowią około

19% żywej masy biosfery. Masa ich wielokrotnie przekracza łączną masę wodnych i lądowych organizmów zwierzęcych (A. Kabata-Pendias, H. Pendias, 1999)[1].

Wody podziemne są jednym z naturalnych środowisk życia bakterii. Uczestniczą one tam aktywnie w przemianach biochemicznych. Uczestniczą w obiegu naturalnym większości pierwiastków, w tym węgla, azotu, siarki, żelaza i manganu, jodu, miedzi, kadmu a nawet rtęci. Ostatnie z wymienionych pierwiastków, wyraźnie toksyczne dla człowieka, dla określonych bakterii stanowią właściwy materiał energetyczny. Znane są bakterie rozkładające bitumy (np. ropę naftową) a nawet glinokrzemiany i dostarczające produkty tego rozkładu do wód podziemnych (W. Kunicki-Goldfinger, 1982) [1].

Materia organiczna stanowi ogromny rezerwuuar energii utworzonej przede wszystkim w wyniku procesów fotosyntezy. Bakterie czerpią potrzebną im energię z rozkładu substancji organicznej [1]. W wyniku biochemicznego rozkładu części fitogenicznych, następuje mineralizacja substancji organicznej. Udział bakterii jest na tyle istotny, że procesy te nazywane są biodegradacją substancji organicznej. W systematyce biologicznej bakterii, bakterie powodujące biodegradację substancji organicznych są wydzielone w odrębnej grupie. Biodegradacja przebiega intensywniej i pełniej w warunkach tlenowych, przyjmując formę biodegradacji całkowitej. W warunkach ograniczonego dostępu tlenu biodegradacja przebiega tylko częściowo [1].

Szczegółowe opisy przyczyn zniszczenia drogi dla każdego odcinka zawarte zostały w opracowaniach geotechnicznych.

4. Opis rozwoju procesów niszczących drogę

Ogólnie mechanizm zniszczenia można opisać następująco. Nasyp zbudowany jest z różnych gruntów o złej jakości. W górnej części nasypu został wbudowany grunt wysadzinowy lub wątpliwy wysadzinowo. Materiałem nasypu są piaski pylaste i drobne, przemieszane z pyłami, gliną i żwirami. Nasyp posadowiono na nieskonsolidowanej warstwie gruntów organicznych. Takie warunki geologiczno-inżynierskie powodowały, że w trakcie budowy nasypu oraz eksploatacji drogi gruntowej (w czasach przed wybudowaniem nawierzchni asfaltowej) nasyp musiał ulegać bardzo dużym deformacją (rys. 6, 8, 10). Wyjaśnienia zintensyfikowania procesów destrukcyjnych drogi na tym odcinku należy szukać w zmianach jakości podłoża organicznego. Podłoże organiczne, a zwłaszcza podłoże pochodzenia fitogenicznego – torfowe (efekt biochemicznego rozkładu części roślinnych) jest podłożem o zmieniających się istotnie parametrach geotechnicznych w czasie. Zmienność parametrów geotechnicznych w czasie jest funkcją zmian obciążenia podłoża jak również intensywności oddziaływania procesów biochemicznych. W procesach biochemicznych najistotniejszą rolę odgrywają bakterie tlenowe i beztlenowe. Intensywność rozkładu jest zależna przede wszystkim od bakterii tlenowych. Możliwość rozwoju bakterii tlenowych w obrębie podłoża torfowego może nastąpić dopiero po obniżeniu zwierciadła wody gruntowej. Ustabilizowany poziom wody gruntowej poniżej stropu torfów jest wyznacznikiem, że w poziomie aeracji nastąpił rozwój bakterii tlenowych. Wzmożony rozkład torfów w strefie podparcia skarpy powoduje utratę bocznego oparcia nasypu i rozpełzanie się na zewnątrz. Dowodem takiego mechanizmu są stany luźne gruntów w dolnej części nasypu, w strefie przyskarpowej. Proces wyraźnego obniżenia zwierciadła wody gruntowej stwierdzono w oparciu o wywiad terenowy, analizę dostępnych materiałów eksploatacyjnych kopalni, podczas wizji lokalnej oraz na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych. Obniżenie zwierciadła wody gruntowej zintensyfikowało procesy destrukcyjne drogi.

Ze zmianami poziomu zwierciadła wody gruntowej w niewielkim zakresie związane są również procesy skurczu i pęcznienia gruntów organicznych. Pierwszy następuje po obniże-

niu zwierciadła wody gruntowej, natomiast pęcznienie w momencie podnoszenia się poziomu wody w gruncie.

Od roku 2007 na skutek zasypywania „Pola Bilczew” oraz zasilania rowu Bilczewskiego wodami kopalnianymi następuje powolna odbudowa poziomu zwierciadła wody gruntowej. Obecna odbudowa poziomu wody gruntowej spowodowana systematycznym zasypywaniem „Pola Bilczew” Odkrywki Drzewce, spowodowała procesy rozkładu podłoża torfowego.

W każdym badanym miejscu zniszczenia drogi krajowej nr 266, niezależnie od lokalnej odmienności i złożoności przyczyn zniszczenia drogi, integralną częścią procesów destrukcyjnych była biodegradacja substancji organicznej. Jest to techniczny przykład porównania skuteczności działania bakterii tlenowych i beztlenowych.

5. Podsumowanie

W obrębie podłoża organicznego w strefie wahania zwierciadła wód gruntowych o deformacji podłoża (odkształceniach) decydują dwa czynniki:

– konsolidacja podłoża organicznego,

– rozwój organizmów decydujących o biochemicznym rozkładzie części fitogenicznych.

Poza udziałem bakterii należy również uwzględnić możliwość wystąpienia nieznacznego skurczu (po obniżeniu się zwierciadła wody gruntowej) i pęcznienia gruntów organicznych (przy podnoszeniu się zwierciadła wody w podłożu).

W omawianych przypadkach proces konsolidacji podłoża organicznego trwający zwykle do kilku lat został już całkowicie zakończony. W związku z powyższym można uznać, że ten czynnik nie był decydujący w procesach destrukcyjnych drogi nr 266 na badanych odcinkach. Natomiast obniżenie zwierciadła wód gruntowych umożliwiło rozwój bakterii tlenowych odpowiedzialnych za biodegradację substancji organicznych (znacznym ubytkiem masy organicznej podłoża). Spowodowało to dodatkowe odkształcenie podłoża skutkujące zniszczeniem konstrukcji drogi. Proces biodegradacji podłoża organicznego (a w konsekwencji zniszczenia drogi) ustał na odcinkach, na których nastąpiła odbudowa poziomu zwierciadła wody gruntowej.

Literatura

1. Macioszczyk A., Dobrzyński D.: Hydrogeochemia, strefy aktywnej wymiany wód podziemnych, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2007.
2. Grabowski W., Nowak J., Filipowicz B., Ekspertyza drogi wojewódzkiej nr 266 relacji Konin – Ciechocinek, Badania geotechniczne, km 81+820, Poznań 2009.
3. Grabowski W., Nowak J., Filipowicz B., Ekspertyza drogi wojewódzkiej nr 266 relacji Konin – Ciechocinek, Badania geotechniczne, km 83+180, Poznań 2009.
4. Grabowski W., Nowak J., Filipowicz B., Ekspertyza drogi wojewódzkiej nr 266 relacji Konin – Ciechocinek, Badania geotechniczne, km 84+050, Poznań 2009.