

Wpływ mediów stosowanych w eksploatacji statków powietrznych na trwałość lotniskowych nawierzchni z betonu cementowego

Influence of the media used in the operation of aircraft on the durability of airport cement surfaces



Piotr Nita

Prof. dr hab. inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie

piotr.nita@itwl.pl



Małgorzata Linek

Dr inż.

Wydział Budownictwa i Architektury
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

linekm@tu.kielce.pl

Streszczenie: Intensyfikacja przeprowadzania operacji lotniczych w ostatnich latach skutkuje wzrostem naprężeń i odkształceń w nawierzchniach betonowych. W znaczeniu masowych, dynamicznych oraz temperaturowych oddziaływań są to wymierne zjawiska, które przy wykorzystaniu odpowiednich metod i algorytmów można wyznaczyć i przewidzieć. Innym rodzajem oddziaływania, które nie występuje w sposób lawinowy na nawierzchniach, jest ich losowa destrukcja spowodowana obecnością i działaniem mediów eksploatacyjnych. W artykule przedstawiono wpływ wybranych środków na zmianę parametrów betonu i jego trwałość w konstrukcji nawierzchni. Skutki tego oddziaływania są dla nawierzchni betonowych znaczące i jednoznacznie destrukcyjne. Oprócz wymiernego stwierdzonego obniżenia parametrów mechanicznych betonu występuje ingerencja mediów w strukturę betonu, co przy występowaniu ekstremalnych temperatur (dodatnich i ujemnych) jest wyzwaniem dla technologów betonu, realizatorów robót i użytkowników nawierzchni lotniskowych. Charakter oddziaływania mediów eksploatacyjnych jest zróżnicowany i w większości przypadków występuje zespolone ich oddziaływanie na nawierzchnie. Wykazano, że nakładane obecnie na nawierzchnie powłoki eksploatacyjne są dla tych mediów tylko częściowo skuteczne, a poznanie charakteru i sposobu oddziaływania daje możliwość skutecznego ograniczenia tych niekorzystnych, obiektywnie występujących zjawisk.

Słowa kluczowe: *Betonowa nawierzchnia lotniskowa; Media eksploatacyjne*

Abstract: The intensification of air operations in recent years has resulted in an increase in stresses and deformations in concrete pavements. In terms of mass, dynamic and temperature interactions, these are measurable phenomena that can be determined and predicted using appropriate methods and algorithms. Another type of impact that does not occur in an avalanche-like manner on pavements is their random destruction caused by the presence and operation of exploitation media. The article presents the impact of selected measures on the change of concrete parameters and its durability in the pavement structure. The effects of this impact are significant and clearly destructive for concrete pavements. In addition to the measurable decrease in the mechanical parameters of concrete, there is an interference of media with the concrete structure, which in the presence of extreme temperatures (positive and negative) is a challenge for concrete technologists, contractors and users of airport pavements. The nature of the impact of exploitation media is varied and in most cases there is a combined effect of them on pavements. It has been shown that the operational coatings currently applied to pavements are only partially effective for these media, and learning about the nature and manner of impact makes it possible to effectively limit these unfavorable, objectively occurring phenomena.

Keywords: *Concrete airport pavement; Operating media*

Wprowadzenie

Trwałość konstrukcji lotniskowych, utożsamiana z możliwością bezpiecznego operowania statków powietrznych po nawierzchni stanowi kryterium zdatności użytkowej w funkcji założonego czasu eksploatacji. Spełnienie wymagań normowych [1, 2] określających szczegółowo parametry komponentów mieszanki be-

tonowej oraz stwardniałego betonu gwarantuje uzyskanie kompozytu o pożądanych cechach mechanicznych, fizycznych i eksploatacyjnych. Dotychczasowa ocena cech użytkowych nawierzchni betonowych na lotniskach ograniczana była do użycia zadawalających parametrów użytkowych, wytrzymałościowych i wysokiej odporności na działanie niskich temperatur. Obecne procedury

eksploatacyjne nie uwzględniają w swojej ocenie skutków oddziaływań innych mediów technicznych (poza środkami odladzającymi) pochodzących z eksploatacji statków powietrznych i związanej z nią losowej obecności tych mediów na betonowej nawierzchni lotniska. Wycieki paliwa podczas napełniania zbiorników samolotów czy rozlanie płynów eksploatacyjnych z instalacji hydraulicznych,

olejowych i powietrznych to tylko niektóre z sytuacji, na skutek których media eksploatacyjne mogą znaleźć się w bezpośrednim kontakcie z betonem nawierzchniowym. Źródłami takich zanieczyszczeń mogą być również pojazdy techniczne i inne sprzęty obsługi statków powietrznych. W fazie użytkowania nawierzchni obecność mediów eksploatacyjnych ma miejsce na wybranych fragmentach nawierzchni. Do takich obszarów należą szczególnie strefy naziemnej obsługi statku powietrznego i wszelkich urządzeń technicznych, które towarzyszą procesowi przygotowania statku do lotu i czynnościom po przyziemieniu maszyny. Obszarami, na których najczęściej obserwuje się destrukcyjne działanie takich środków są zwłaszcza płaszczyzny postoju samolotów, płyty przed hangarami, drogi manewrowe i końcowe odcinki dróg startowych. Oddziaływania takie są działaniami współdziałającymi, które uzupełniają zakres podstawowych obciążeń nawierzchni (statycznych, dynamicznych, termicznych naturalnych i wymuszonych). Wzrost natężenia ruchu lotniczego i zwiększające się ciężary statków powietrznych oraz znacząca liczba dostrzeżonych powierzchniowych uszkodzeń na zanieczyszczonych mediami eksploatacyjnymi

konstrukcjach, nakazuje konieczność wprowadzenia oceny wpływu tych mediów na trwałość betonowych nawierzchni lotniskowych. Potrzebę uwzględnienia tego zagadnienia w kontekście oceny trwałości nawierzchni betonowych dostrzeżono m. in. w pracach [3-12]. Autorzy prac [13 i 14] zwracają uwagę na negatywny wpływ ropy naftowej zastosowanej w procesie kondycjonowania betonu, objawiający się występowaniem korozji siarczanowej, zwiększeniem ilości występowania kryształów ettryngitu w matrycy cementowej oraz propagacją spękań. Natomiast na agresywne oddziaływanie kwasu siarkowego zawartego w ropie naftowej wskazuje autor [15]. Działanie takie objawia się zmniejszeniem lub całkowitym usunięciem wodorotlenku wapnia Ca(OH)_2 w stwardniałym zaczynie cementowym. Negatywny wpływ oleju na parametry betonu wykazano w pracy [16], a mieszaniny oleju lnianego z benzyną lakową w pracach [17 i 18]. Autor pracy [19] dowiódł w badaniach, że wzrost nasiąkliwości betonu wykonanego z kruszywem kwarcytowym przyczynia się do redukcji jego wytrzymałości na ściskanie do 11%. Wnioski sformułowane w zakresie wpływu wzrostu nasiąkliwości betonu na obniżenie jego wytrzymałości

przedstawiono również w pracy [20], a dotyczyły obniżenia średniej wytrzymałości o ok 17%.

Lotniskowy beton cementowy i media eksploatacyjne

Kryteria doboru składu mieszanki betonowej spełniono zgodnie z wymaganiami normy [1] wpisując krzywą mieszanki w zakres dobrego uziarnienia. Przyjęto oddziaływanie środowiska w zakresie korozji spowodowanej karbonatyzacją (XF4) i chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej (XD3) oraz agresję spowodowaną zamrażaniem i rozmrażaniem (XF4), a także ścieraniem (XM1). Ilościowy udział poszczególnych komponentów obejmował cement, kruszywo grube i drobne, wodę oraz domieszkę napowietrzającą i uplastyczniającą (tabela 1). Na etapie badawczym wykorzystano kruszywo grube pochodzące ze skał magmowych, w postaci gysu granitowego i bazaltowego, którego uziarnienie zawierało się w granicach od 2mm do 16mm. Stosowano cement niskoalkaliczny o klasie 42,5, przy założeniu stosunku W/C na poziomie 0,4 i klasy betonu C30/37.

Stwardniałe betony przeznaczone do oceny wpływu mediów eksploatacyjnych na zmianę wybranych parametrów betonu. Procedura badawcza obejmowała okres normowej pielęgnacji (28 dni w wodzie o temperaturze 20°C) oraz oddziaływanie wybranych mediów eksploatacyjnych. Z grupy mediów stosowanych w statkach powietrznych i pojazdach technicznych eksploatowanych na nawierzchniach lotnisk w Polsce wytypowano dwie podstawowe grupy: I – środki smarne i II - ciecze hydrauliczne. W ramach każdej grupy analizowano po trzy różne środki, dla środków smarnych: A – Nycolube 30, B – Nycolube 7870 i C - TurboNycoil 210A oraz dla ciecze hydraulicznych: A – AeroShell Lubricating Oil 555, B – AeroShell Fluid 41 i C – AeroShell Master Finish RL 456.

Ocena obejmowała analizę wpływu badanych czynników (obecność me-

Tab. 1. Procentowa zawartość komponentów mieszank betonowych z kruszywem granitowym (oznaczenie MG) oraz bazaltowym (oznaczenie MB)

Oznaczenie mieszanki	MG	MB
Cement CEM I 42,5 MSR/NA [%]	13,7	13,5
Kruszywo drobne, frakcja 0-2mm [%]	21,8	21,9
Kruszywo grube, frakcja 2-8mm [%]	34,6	31,5
Kruszywo grube, frakcja 8-16mm [%]	24,2	27,5
Woda [%]	5,4	5,4
Domieszka napowietrzająca [%]	0,2	0,1
Domieszka uplastyczniająca [%]	0,1	0,1

Tab. 2. Zestawienie analizowanych parametrów betonu

Badany parametr betonu	Wytyczne normowe	Czas reakcji	Środki smarne			Ciecze hydrauliczne		
			I-A	I-B	I-C	II-A	II-B	II-C
Gęstość objętościowa	PN-EN 12390-7:2011	28, 56, 140	+	+	+	+	+	+
Nasiąkliwość		28, 56, 140	+	+	+	+	+	+
Wytrzymałość na ściskanie	PN-EN 12390-3:2011	28, 56, 140	+	+	+	+	+	+
Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu	PN-EN 12390-6:2011	28, 56, 140	+	+	+	+	+	+
Odporność na powierzchniowe łuszczenie	NO-17-A204:2015	56 cykli	+	+	+	+	+	+

diów lub ich brak oraz czas pielęgnacji) na zmianę wybranych parametrów betonu (tj. gęstość objętościowa, nasiąkliwość, wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na zginanie oraz odporność na powierzchniowe łuszczenie) po zróżnicowanych okresach badawczych (przyjęto oznaczenia indeksów: k – seria kontrolna przechowywana w warunkach laboratoryjnych – powietrzno-suchych oraz 28, 56, 140 – odpowiednio 28, 56 i 140 dni reakcji wybranych mediów na serie badawcze) – tabela 2.

Cechy charakterystyczne wybranych do analiz mediów eksploatacyjnych zestawiono w tabeli 3.

Wyniki i ich analiza

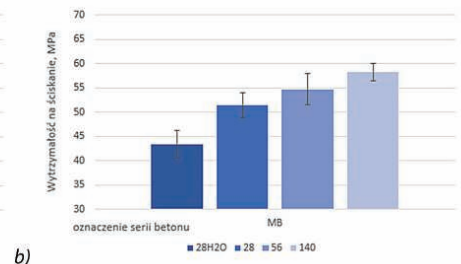
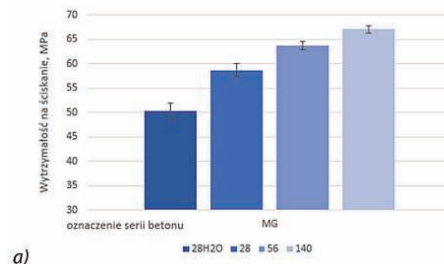
Na podstawie analizy uzyskanych wyników (rys. 1) stwierdzono, że projektowane klasy betonów C30/37 w przypadku obu serii betonów po 28 dniowym okresie pielęgnacji zostały spełnione. Wyższy poziom średniej wytrzymałości na ściskanie rejestrowano dla betonu wykonanego z kruszywem granitowym, co związane jest z parametrami kruszywa grubego i budową struktury wewnętrznej kompozytu.

Ocena wpływu wybranych mediów na zmianę parametrów betonu wykazała, że w przypadku wszystkich analizowanych parametrów korzystniejsze wyniki uzyskano dla betonu na bazie kruszywa granitowego.

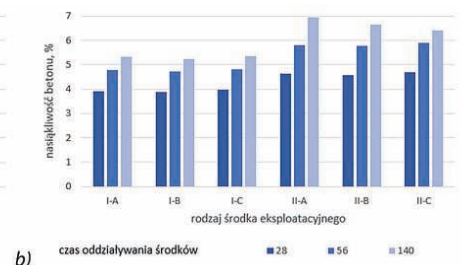
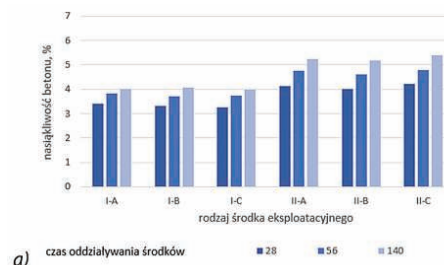
Oceniane betony w istotny sposób różnią się poziomem średniej nasiąkliwości (rys. 2). W każdym z przypadków zastosowane media wpływają na podwyższenie średniej nasiąkliwości betonu. Zjawisko to, z uwagi na możliwość wpływu na mrozoodporność betonu i zwiększoną podatność takiego betonu na agresywne oddziaływanie czynników zewnętrznych, jest szczególnie niepożądane. Uzyskano maksymalne różnice betonu z kruszywem granitowym w stosunku do betonu z kruszywa bazaltowym na poziomie 0,9%. Wyniki nasiąkliwości betonu są pochodną nasiąkliwości kruszywa za-

Tab. 3. Podstawowe parametry mediów eksploatacyjnych

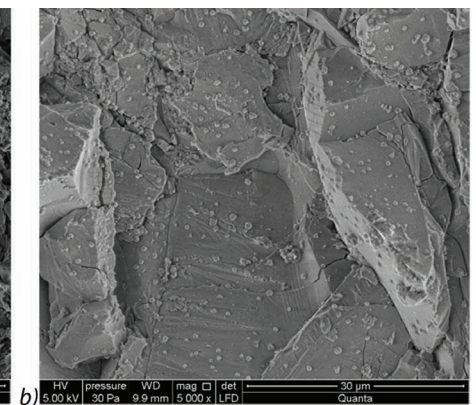
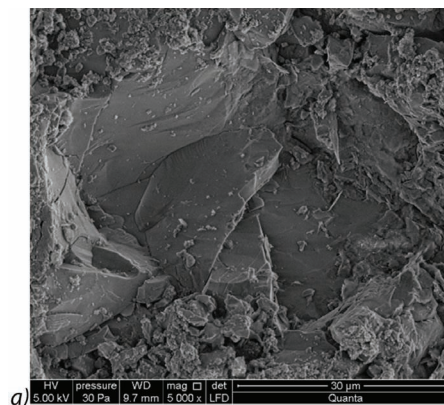
Wybrane parametry	Środki smarne			Ciecze hydrauliczne		
	I-A	I-B	I-C	II-A	II-B	II-C
Liczba kwasowa	0,03 [mg KOH/g]	0,05 [mg KOH/g]	0,07 [mg KOH/g]	0,1 [mg KOH/g]	0,2 [mg KOH/g]	0,1 [mg KOH/g]
Lepkość kinematyczna w temperaturze +40 °C	> 11 [mm ² /s]	> 9 [mm ² /s]	> 15,8 [mm ² /s]	> 26 [mm ² /s]	> 13 [mm ² /s]	> 19 [mm ² /s]
Temperatura płynięcia	< -63 °C	< -57 °C	< -60 °C	< -54 °C	< -60 °C	< -57 °C
Temperatura zapłonu	> 135 °C	> 130 °C	> 190 °C	> 246 °C	> 82 °C	> 165 °C



1. Zmiana średniej wytrzymałości na ściskanie betonów serii MG (a) i MB (b) w funkcji czasu pielęgnacji



2. Wpływ mediów eksploatacyjnych na zmianę średniej nasiąkliwości betonów cementowych w funkcji czasu



3. Budowa strefy kontaktowej pomiędzy kruszywem granitowym (a) a matrycą cementową w betonie serii MG oraz pomiędzy kruszywem bazaltowym (b) a matrycą cementową w betonie serii MB.

stosowanego w stosie okruszowym, która dla gysu granitowego wynosiła dla frakcji 2/8 mm 0,6% (WA24) oraz dla frakcji 8/16 mm 0,4% (WA24), natomiast dla gysu bazaltowego frakcji 2/8 mm wynosiła 1% (WA24), a dla frakcji 8/16 mm wynosiła 0,7% (WA24). Zróżnicowana powierzchnia ziarn kruszywa, mniej rozbudowana w przypadku kruszywa bazaltowego i bardziej nieregularna w przypadku kruszywa granitowego, przyczynia się

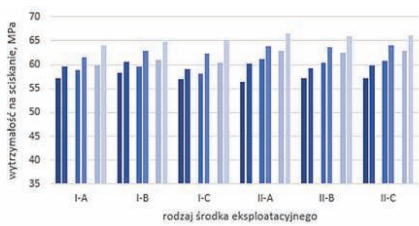
do mniejszej adhezji kruszywa bazaltowego do matrycy oraz pojawienia się większej liczby mikropęknięć w strefie kontaktowej pomiędzy kruszywem a matrycą cementową (rys. 3).

Stwierdzono wpływ mediów eksploatacyjnych na parametry mechaniczne stwardniałego betonu. Zaobserwowany spadek średniej wytrzymałości betonu na ściskanie każdorazowo, niezależnie od rodzaju kruszywa grubego był wyższy w przy-

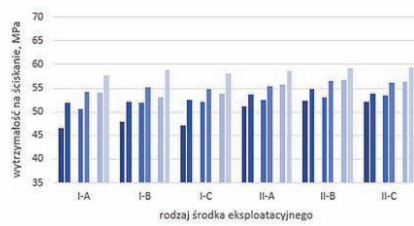
ny jest dla pierwszej grupy mediów, czyli środków smarnych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] NO – 17A – 204:2015 Nawierzchnie lotniskowe. Nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania i metody badań.
- [2] PN-EN 206-1 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [3] Nita P.: Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych, WKŁ, Warszawa, 2008.
- [4] Linek, M.: Beton nawierzchniowy o podwyższonych parametrach fizycznych i mechanicznych na działanie wymuszonych obciążeń temperatury. Kielce, praca doktorska, 2013.
- [5] Linek M, Żebrowski W., Wolka P.: Zmiana parametrów fizycznych i wytrzymałości na ściskanie betonu lotniskowego pod wpływem hydraulicznego oleju mineralnego, Materiały Budowlane, 11, 2016, DOI: 10.15199/33.2016.11.6229.
- [6] Linek M., Nita P., Żebrowski W., Wolka P.: Influence of operating media on the parameters of cement concrete intended for airfield pavements, Journal of KONBiN, 2019, vol. 49, is.4, DOI: 10.2478/jok-2019-0078.
- [7] Hironaka M.C., Malvar L.J., Jet Exhaust Damaged Concrete, Concrete International, Vol. 20 No. 10, 32-35, 1998.
- [8] McVay M.C., Smothson L.D., Manzione Ch., Chemical damage to airfield concrete aprons from heat and oils, ACI Material Journals, Vol.90, nr 3, 253-258, 1993.
- [9] McVay M., Rish J., Sakezless C., Mohsen S., Beatty C., Cements Resistant to Synthetic Oil, Hydraulic Fluid and Elevated Temperature Environments, ACI Materials Journal, Vol. 92, Issue 2, 155-163, 1995.
- [10] Shill S. K., Al-Deen S., Ashraf M., Concrete durability issues due to temperature effects and spillage at military airbase – A comprehen-

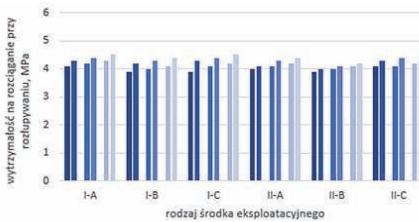


a) czas oddziaływania środków

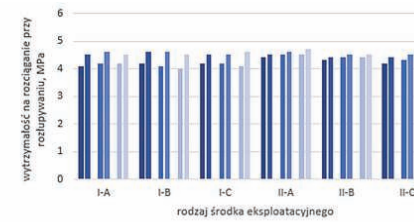


b)

4. Zmiana średniej wytrzymałości na ściskanie betonów serii MG i MB w funkcji czasu oddziaływania mediów eksploatacyjnych

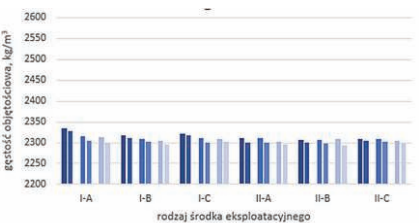


a) czas oddziaływania środków

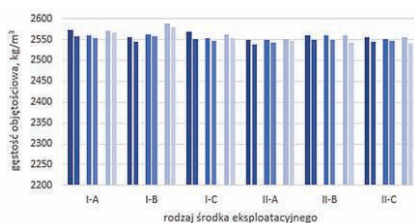


b)

5. Zmiana średniej wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu betonów serii MG i MB w funkcji czasu oddziaływania mediów eksploatacyjnych



a) czas oddziaływania środków



b)

6. Zmiana średniej gęstości objętościowej betonów serii MG (a) i MB (b) w funkcji czasu oddziaływania mediów eksploatacyjnych

padku I serii badawczej (rys. 4). Podobne zjawisko dostrzeżono w przypadku wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu (rys. 5).

Na skutek oddziaływania mediów eksploatacyjnych zaobserwowano wzrost gęstości objętościowej betonu (rys. 6). Ciecze eksploatacyjne wnikają w otwarte kapilary struktury betonu powodując ich wypełnienie, a wydłużenie okresu oddziaływania mediów dodatkowo przyczynia się do gromadzenia cieczy w porowatościach struktury wewnętrznej i przestrzeni pomiędzy kruszywem a matrycą cementową. Zaobserwowane obniżenie gęstości objętościowej betonu kontrolnego spowodowane było kondycjonowaniem betonu w warunkach powietrzno-suchych i spadkiem masy w wyniku ubytku niezwiązanej wody strukturalnej.

Podsumowanie i wnioski

Przedstawione wyniki jednoznacznie wskazują na istotny wpływ rodzaju kruszywa grubego i mediów eksploatacyjnych na parametry stwardniałego betonu. Zarówno czas oddziaływania mediów, jak i rodzaj środków eksploatacyjnych wpływają niekorzystnie na beton, szczególnie w perspektywie trwałości użytkowej nawierzchni. Obniżenie parametrów mechanicznych, przejawiające się zmniejszeniem wartości wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie przy rozłupywaniu oraz równoczesne zwiększenie nasiąkliwości betonu, przy zaobserwowanych zmianach w strukturze wewnętrznej kompozytu betonowego wskazują na możliwość zwiększonej propagacji betonów na bazie kruszywa bazaltowego. Niezależnie od zastosowanego kruszywa w stosie okruchowym bardziej niekorzystny wpływ rejestrowa-

sive review, Construction and Building Materials No. 160, 240-251, 2018.

[11] Duane B. W., The behaviour of air-field rigid pavements under the influence jet fuel, lubricating and hydraulic fluids and cyclic heat loading by F/A-18 APU Exhaust, Civil Engineering, School of Engineering and Information technology, University of New South Wales at the Australian Defense Force Academy, 2016.

[12] Żebrowski, W. Wpływ mediów wykorzystywanych w eksploatacji statków powietrznych na właściwości stwardniałego betonu nawierzchniowego i jego trwałość, Kielce, praca doktorska, 2019.

[13] Ajagbe W.O., Omokehinde O.S., Alade G.A., Agbede O.A., Effect of

crude oil impacted sand on compressive strength of concrete, Construction and Building Materials, No. 26, 9-12, 2012.

[14] Ejeih S.P., Uche O.A.U., Effect of crude oil spill on compressive strength of concrete materials, Journal of Applied Sciences Research, Vol. 5, No. 10, 1756-1761, 2009.

[15] Rzepka M., Badania długookresowej odporności korozyjnej stwardniałych zaczynów cementowych stosowanych w wiertnictwie, Naf-ta-Gaz, nr 7, 451-460, 2017.

[16] Bastian S., Odporność betonu na oleje impregnacyjne, Cement – Wapno - Gips, nr 7-8, 204-211, 1960.

[17] Blankenhorn P. R., Baileys R. T., Gowen D., Kline D. E., Cady P. D., The

effects of linseed oil on the compressive strength of concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 8, nr 4, 513-516, 1978.

[18] Blankenhorn P. R., Barnes D., Gowen D., Kline D. E., Cady P. D., Penetration of concrete with various linseed oil/mineral spirits mixtures, Cement and Concrete Research, Vol. 9, nr 3, 353-364, 1979.

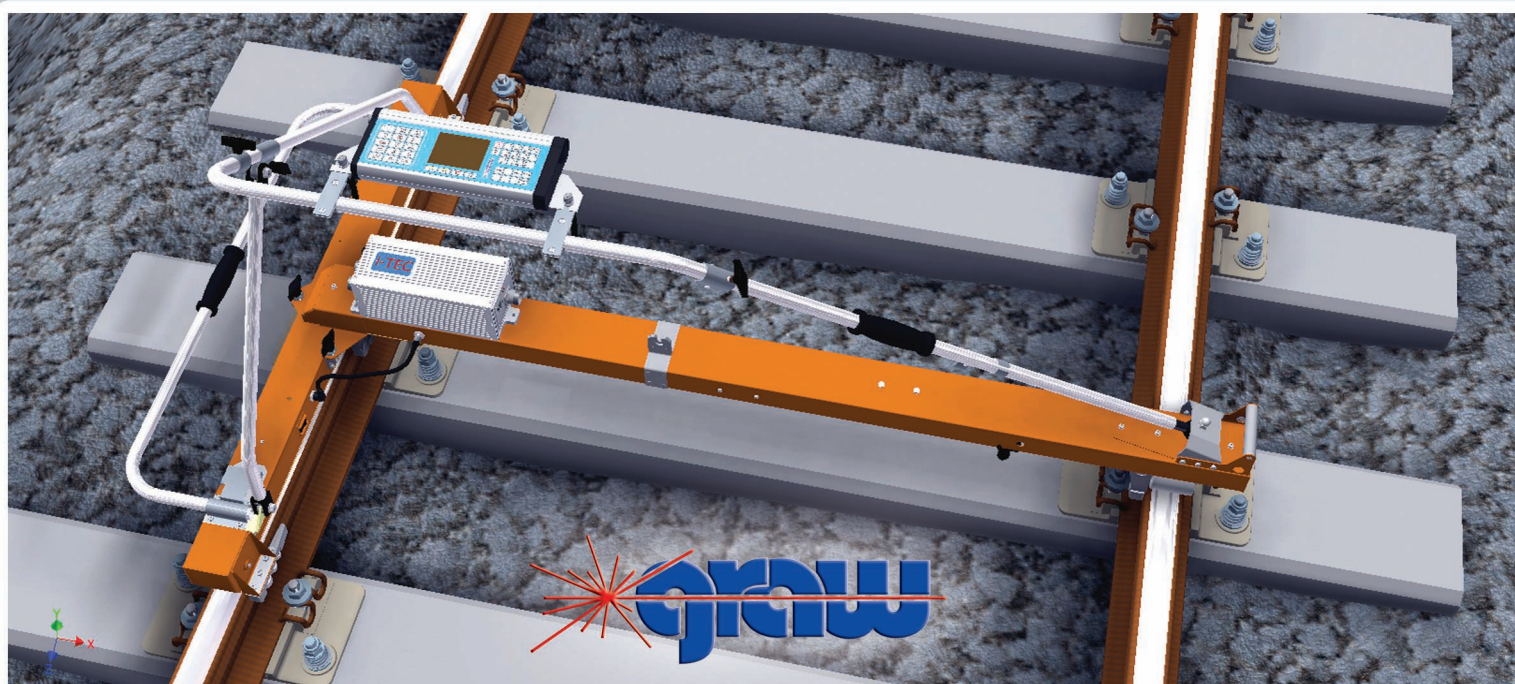
[19] Watson A.J., Oyeka C.C., Oil permeability of hardened cement pastes and concrete, Magazine of Concrete Research, Vol. 33, No.115, 85-95, 1981.

[20] Diab H., Compressive strength performance of low – and high strength concrete soaked in mineral oil, Construction and Building Materials, No. 33, 25-31, 2012.

REKLAMA

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC

Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com