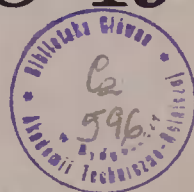


AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ZESZYTY NAUKOWE 103

BUDOWNICTWO 19



BYDGOSZCZ - 1983



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ZESZYTY NAUKOWE 103

BUDOWNICTWO 19



BYDGOSZCZ - 1983

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
doc. dr hab. Juliusz Skonieczny

REDAKTOR NAUKOWY
dr inż. Jan Lorkowski

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Halina Koziolkiewicz, Alfons Grzenkiewicz

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy

ISSN 0208-6379

**WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ
W BYDGOSZCZY**

Wyd. I. Nakład 100+50 egz. Ark. wyd. 4,8. Ark. druk. 4,5. Papier offset kl. V - 71 g, B1
Oddano do druku 3.10.1983 r. Druk ukończono - październik 1983 r.
Cena zł 58,- MNSzWiT K-6/248 Zam. nr 457/83
Uczelniany Zakład Małej Poligrafii ATR

1983.10.10

1983.10.10

SPIS TREŚCI

1. Antoni Matysiak, Adam Podhorecki - Badania własności tłumiących w pewnych typach wibroizolatorów z tworzyw sztucznych	5
2. Andrzej Dylla - Analiza termiczna całkowitych dwuwymiarowych mostków cieplnych	16
3. Franciszek Baj, Halina Ferens-Budzyńska - Wpływ odpadów pocelulozowych o szczególnie niskiej zawartości cukrów na niektóre cechy techniczne betonu	28
4. Janusz Kwiecień - Optoelektroniczne systemy do pomiarów przemieszczeń dynamicznych konstrukcji mostowych	35
5. Maciej Kordian Kumor - Chemiczno-mineralogiczne właściwości wybranych próbek iżu płoceńskiego z Bydgoszczy	44
6. Maciej Kordian Kumor - Przemarzanie iżu płoceńskiego z Bydgoszczy w warunkach laboratoryjnych	55
7. Jan Klugiewicz - Dynamika uwilgotnienia gruntu na tle czynników atmosferycznych	67



Antoni Matysiak
Adam Podhorecki

BADANIA WŁASNOŚCI TŁUMIĄCYCH W PEWNYCH TYPACH WIBROIZOLATORÓW Z TWORZYW SZTUCZNYCH

W pracy zawarte są wyniki badań laboratoryjnych elastomerów poliuretanowych, które zamierza się stosować jako wibroizolatory pod maszyny wirnikowe. Badania te w szczególności dotyczyły wyznaczania sztywności i własności tłumiących. Otrzymane wyniki wykazały duże podobieństwo tego tworzywa do gumy.

1. WSTĘP

Bydgoskie Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Przemysłowego w Bydgoszczy ma w planie prac badawczo-rozwojowych temat pt. "Ruszty amortyzacyjne pod wentylatory na wibroizolatorach z tworzyw sztucznych". Biuro to nawiązało współpracę z Zakładem Chemii i Technologii Polimerów /Instytut Chemii i Technologii Organicznej/ Politechniki Gdańskiej, który wykonał prototypowe wibroizolatory z elastomerów poliuretanowych.

Jedna część tych wibroizolatorów /8 szt./ została wbudowana w ramy rusztów amortyzacyjnych wentylatorów zainstalowanych w Pałacu Młodzieży w Bydgoszczy, gdzie zamierzano dokonać pomiaru podstawowych parametrów skuteczności tłumienia. Takie rzeczywiste stanowisko badawcze nie może jednakże umożliwić wykrycia ogólnej charakterystyki statyczno-dynamicznej wibroizolatorów, gdyż badany układ ma m.in. wiele dynamicznych stopni swobody. W bydgoskim Pałacu Młodzieży zespół pracowników Akademii Techniczno-Rolniczej dokonał pomiaru amplitud podczas normalnej pracy wentylatorów posadowionych na wibroizolatorach z tworzyw sztucznych. Pozwoliło to stwierdzić, że pomierzone parametry drgań mieszczą się w granicach dopuszczalnych /normowych/.

Druga partia wibroizolatorów /16 szt./ została przekazana do Instytutu Budownictwa Lądowego Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy w celu wykonania podstawowych badań laboratoryjnych, obejmujących charakterystykę statyczno-dynamiczną [3].

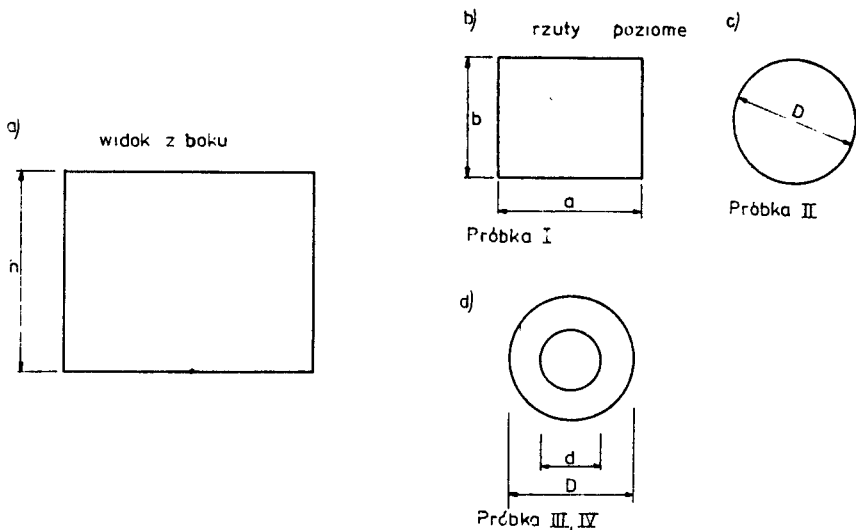
Postanowiono przeprowadzić te badania na układzie o jednym stopniu swobody /przemieszczenia pionowe/. W szczególności badania dotyczyły:

- charakterystyki statycznej /sztywność pionowa, podatność, moduł Younga/,
- pomiaru własności tłumiących.

Charakterystykę statyczną uzyskano ze statycznej próby ściskania /przy wykorzystaniu maszyny wytrzymałościowej/, natomiast współczynnik tłumienia /logarytmiczny dekrement tłumienia/ określono metodą drgań zanikających /tłumione drgania swobodne/.

2. CHARAKTERYSTYKA GEOMETRYCZNA PRÓBEK

Badaniom poddane zostały cztery rodzaje próbek różniących się względem siebie kształtem i wymiarami przekroju poprzecznego podanymi na rys.



Rys.1. Charakterystyka geometryczna badanych próbek

Szczegółowe wymiary próbek zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Rodzaj próbki	Nr próbki	Wysokość h [cm]	Wymiary poprzeczne [cm]				Pole przekroju poprzecz. A [cm ²]
			a	b	D	d	
I	1	7,52	11,10	10,97			121,77
	2	8,03	10,92	10,8			117,94
	3	7,95	11,05	10,89			120,33
	4	7,82	10,88	10,84			117,94
II	1	8,38			12,78		128,21
	2	8,13			12,66		125,74
	3	8,52			12,75		127,51
	4	8,20			12,73		127,51

c.d.tabeli 1

III	1	8,34			12,20	5,95	88,95
	2	8,22			12,19	5,93	89,04
	3	8,48			12,19	5,97	88,57
	4	8,14			12,19	5,96	88,76
IV	1	8,20			13,19	5,63	111,69
	2	8,21			13,36	5,63	115,23
	3	8,20			13,34	5,62	114,90
	4	8,19			13,34	5,58	115,25

3. STATYCZNA PRÓBA ŚCISKANIA

Próbę ściskania próbek przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej ZD 10/90, przy czym pomiaru przemieszczeń pionowych Δh dokonano na dwóch tensometrach mechanicznych MDAA 10/II.

Zmiana obciążenia i odciążenia /przedział 0-10 kN/ odbywała się w sposób ciągły. Pomiar składowej pionowej stanu przemieszczenia Δh_i w funkcji przyłożonej siły P_i umożliwia ustalenia wielkości fizycznych charakteryzujących badane ciało.

- odkształcenie pionowe

$$\epsilon_i = \frac{\Delta h_i}{h} \quad (3.1)$$

gdzie:

h - jest wysokością początkową próbki

- stała sprężystości /sztywności/ osiowej

$$k_i = \frac{\Delta P_i}{\Delta \Delta h_i}, \quad \Delta P_i = P_{i+1} - P_{i-1} \quad (3.2)$$

$$\Delta h_i = \Delta h_{i+1} - \Delta h_{i-1}$$

- podatność

$$\delta_i = \frac{\Delta \Delta h_i}{\Delta P_i} = \frac{1}{k_i} \quad (3.3)$$

- moduł Younga, współczynnik sprężystości podłużnej

$$E_i = \frac{\Delta \sigma_i}{\Delta \epsilon_i} \quad \sigma_i = \frac{P_i}{A} \quad (3.4)$$

$$\Delta \sigma_i = \sigma_{i+1} - \sigma_{i-1} \quad \epsilon_i = \epsilon_{i+1} - \epsilon_{i-1}$$

przy czym A oznacza początkowe pole powierzchni przekroju poprzecznego próbki.

W kolejnych tabelach 2 i 3 przedstawia się wyniki tych badań dla dwóch wybranych próbek.

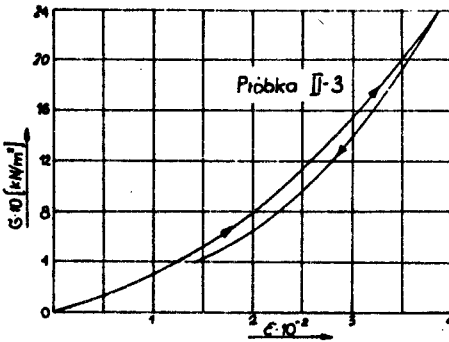
Tabela 2

Próbka I - 1									
Lp	Obciążenie		Przeszyczenie pionowe Δh [mm]			$\epsilon \cdot 10^{-3}$	$\kappa \cdot 10^{-3}$ [kN/m]	$\delta \cdot 10^{-4}$ [m/kN]	$E \cdot 10^{-4}$ [kN/m ²]
	P [kN]	σ [kN/m ²]	odczyt 1	odczyt 2	średnia				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	1,52	6,60	1,06
2	0,5	41,06	0,40	0,26	0,330	4,39	1,90	5,40	1,16
3	1,0	82,12	0,61	0,46	0,535	7,11	2,60	3,90	1,61
4	1,5	123,19	0,78	0,65	0,715	9,50	3,10	3,20	1,93
5	2,0	164,25	0,96	0,75	0,855	11,37	3,60	2,80	2,25
6	2,5	205,31	1,13	0,85	0,990	13,16	3,40	2,95	2,09
7	3,0	264,37	1,32	0,98	0,150	15,29	3,13 10,00	3,20 1,00	1,93 6,84
8	2,5	205,31	1,31	0,98	1,145	15,23	6,70	1,50	4,13
9	2,0	164,25	1,19	0,81	1,000	13,30	3,60	2,75	2,24
10	1,5	123,19	1,03	0,71	0,870	11,57	3,50	2,85	2,17
11	1,0	82,12	0,86	0,57	0,715	9,51	2,40	4,10	1,51
12	0,5	41,06	0,56	0,36	0,460	6,12	1,46	6,85	0,90
13	0	0	0,06	0	0,030	0,40	1,16 1,37	10,09 7,30	0,72 0,85
14	0,5	41,06	0,45	0,34	0,395	5,25	1,40	5,85	1,06
15	1,0	82,12	0,66	0,54	0,615	8,18	2,80	3,60	1,71
16	1,5	123,19	0,82	0,69	0,755	10,04	3,40	2,90	2,13
17	2,0	164,25	1,00	0,81	0,905	12,03	3,60	2,75	2,24
18	2,5	205,31	1,14	0,92	1,030	13,70	3,70	2,70	2,28
19	3,0	264,37	1,33	1,02	1,175	15,63	3,450 12,500	2,90 0,80	2,13 4,09
20	2,5	205,31	1,31	0,96	1,135	15,09	4,90	2,05	3,01
21	2,0	164,25	1,19	0,87	0,970	12,90	4,70	2,15	2,87
22	1,5	123,19	1,05	0,79	0,920	12,23	5,30	1,90	3,25
23	1,0	82,12	0,87	0,69	0,780	10,37	2,80	3,60	1,72
24	0,5	41,06	0,63	0,49	0,650	7,45	1,80	5,65	1,09
25	0	0	0,14	0,29	0,215	2,86	1,45	6,90	0,89

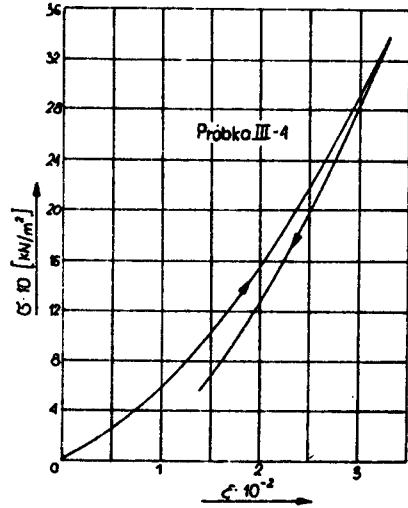
Tabela 3

Próbka II - 1									
Lp	Obciążenie		Przesunięcie pionowe			$\epsilon \cdot 10^{-3}$	$k \cdot 10^3$ kN/m	$\cdot 10^{-4}$ m/kN	$E \cdot 10^{-4}$ kN/m ²
	P kN	$\bar{\sigma}$ kN/m ²	odczyt 1	odczyt 2	średnia				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	1,21	8,26	0,88
2	0,5	44,77	0,40	0,43	0,413	0,06	1,36	7,35	1,00
3	1,0	89,53	0,67	0,80	0,735	8,96	1,92	5,20	1,41
4	1,5	134,30	0,86	1,01	0,935	11,40	2,41	4,15	1,77
5	2,0	179,07	1,08	1,22	1,150	14,02	2,41	4,15	1,77
6	2,5	223,84	1,26	1,44	1,350	16,46	2,78	3,60	2,04
7	3,0	268,60	1,42	1,60	1,510	18,41	3,13	3,20	2,30
8	2,5	223,84	1,35	1,41	1,380	16,83	3,85	2,60	2,83
9	2,0	179,07	1,19	1,23	1,210	14,76	3,33	3,00	2,45
10	1,5	134,30	1,01	1,03	1,020	12,44	2,78	3,60	2,04
11	1,0	89,53	0,79	0,84	0,815	9,94	2,53	3,95	1,86
12	0,5	44,77	0,57	0,52	0,545	6,65	2,11	4,75	1,55
13	0	0	0,06	0,12	0,090	1,10	1,38	7,25	1,01
14	0,5	44,77	0,43	0,50	0,465	5,67	1,09	9,10	0,81
15	1,0	89,53	0,67	0,81	0,740	9,02	1,33	7,50	0,98
16	1,5	134,30	0,88	1,05	0,965	11,77	1,94	6,50	1,13
17	2,0	179,07	1,06	1,26	1,160	14,15	2,00	5,00	1,47
18	2,5	223,84	1,24	1,44	1,340	16,34	2,38	4,20	1,75
19	3,0	268,60	1,40	1,59	1,495	18,23	2,67	3,75	1,96
20	2,5	223,84	1,34	1,40	1,370	16,71	2,99	3,35	2,19
21	2,0	179,07	1,18	1,22	1,200	14,63	3,23	3,10	2,37
22	1,5	134,30	1,00	1,02	1,010	12,32	4,00	2,50	2,95
23	1,0	89,53	0,79	0,83	0,810	9,88	3,10	3,90	1,88
24	0,5	44,77	0,51	0,56	0,535	6,52	2,11	4,75	1,53
25	0	0	0,05	0,17	0,110	1,34	1,43	7,00	1,05
							1,18	8,50	0,86

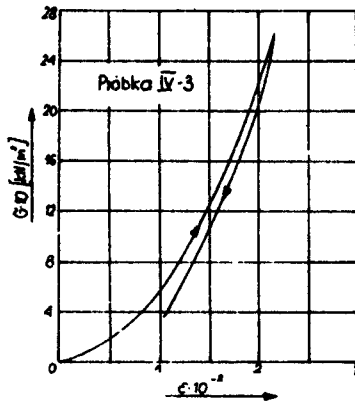
Rysunki 3 i 4 zawierają wykresy funkcji $\bar{\sigma} - \epsilon$ dla próbek II-3, III - 4 i IV - 3.



Rys.2. Wykres funkcji $\sigma(\epsilon)$ dla próbki II-3



Rys.3. Wykres funkcji $\sigma(\epsilon)$ dla próbki III-4



Rys.4. Wykres funkcji $\sigma(\epsilon)$ dla próbki IV-3

Wykresy funkcji $\sigma - \epsilon$ pozwalają stwierdzić, że zależność między przy - czyną /obciążenie P , naprężenie σ / , a skutkiem /przemieszczenie Δh , odkształcenie ϵ / mają charakter nieliniowy. Krzywe te swym kształtem przypominają podobne wykresy sporządzone dla gumy. W większości badanych próbek dla naprężeń w przedziale ok. $0 \div 50$ [kN/m²] zależność $\sigma - \epsilon$ jest dość wyra -

źnie nieliniowa, a dla naprężeń $\sigma > 50 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ jest prawie liniowa. Oznacza to, że badane tworzywo podobnie jak guma, pod pewnym obciążeniem staje się materiałem dość sztywnym [1]. Nieliniowość między przyczyną a skutkiem powoduje, że wielkości fizyczne badanego tworzywa /sprężystość, podatność, moduł Younga/ nie są wielkościami stałymi.

Podczas badań próbki były poddane cyklowi obciążenie - odciążenie. Pozwoliło to zaobserwować pętlę histerezy, co dalej oznacza, że w materiale tym następuje dyssypacja energii mechanicznej, czyli tłumienie wewnętrzne. Przy dużej sile ściszcającej P próbki przyjmowały kształt "beczułkowaty", co pozwala stwierdzić, że badane tworzywo podobnie jak guma jest materiałem nieściśliwym.

Przy cyklu obciążenia siłą P w przedziale $0 \div 3,0 \text{ [kN]}$ /naprężenie w przedziale $0 \div 268 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ moduł Younga zmieniał się dla poszczególnych próbek w granicach

- próbki I - $E = 6 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$,
- próbki II - $E = 12 \cdot 10^3 - 20 \cdot 10^3 \text{ [kN/m}^2\text{]}$,
- próbki III - $E = 3 \cdot 10^3 - 21 \cdot 10^3 \text{ [kN/m}^2\text{]}$,
- próbki IV - $E = 4,8 \cdot 10^3 - 25 \cdot 10^3 \text{ [kN/m}^2\text{]}$.

Należy jeszcze stwierdzić, że prędkość zwiększania obciążenia, zwłaszcza przy naprężeniach $\sigma > 2 \cdot 10^3 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ miała zauważalny wpływ na wartość przemieszczeń. Stąd wniosek, że dla takich naprężeń moduły statyczne i dynamiczne będą się znacznie od siebie różniły, co jest zjawiskiem charakterystycznym dla gumy [2].

4. TLUMIENIE WEWNĘTRZNE

Tłumienie drgań jest jednym z przejawów rozproszenia energii mechanicznej nieodłącznie związanym z ruchem układów mechanicznych. Nazwa tłumienia /tarcia/ wewnętrzznego lub materiałowego obejmuje wszelkie efekty, które wywołane są przez różnorodne mechanizmy przebudowy makro- i mikro-struktury w rezultacie której następuje dyssypacja energii mechanicznej. Cykliczne odkształcenie ciała stałego ujawnia rozbieżność między naprężeniem σ a odkształceniem ϵ podczas obciążenia i odciążenia świadczące o niesprężystym charakterze odkształcenia. Zjawisko takie nazywane histerezą wskazuje, że ciało to pochłania bezpowrotnie część pracy sił zewnętrznych, które zmienia się w energię ciepłą i ulega rozproszeniu.

Dla określenia tłumienia stosuje się różne miary, m.in. logarytmiczny dekrement tłumienia, który określa się wzorem [2]

$$\gamma = \ln \frac{q(t)}{q(t+T)} \quad (4.1)$$

gdzie:

$q(t)$ jest amplitudą przemieszczenia w chwili t natomiast T okresem drgań

Przy pomocy logarytmicznego dekrementu tłumienia można też określić inne miary, takie jak współczynnik strat

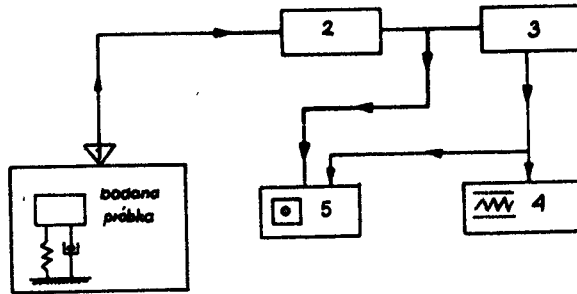
$$\alpha = \frac{\gamma}{\sqrt{4\pi^2 + \gamma^2}} \quad (4.2)$$

lub współczynnik tłumienia drgań

$$\gamma = 2\alpha = \frac{2\gamma}{\sqrt{4\pi^2 + \gamma^2}} \quad (4.3)$$

Ze względów technicznych postanowiono zastosować metodę drgań zanikających, która pozwala /na podstawie zapisu rejestrgramu zanikających drgań swobodnych układu/ określić logarytmiczny dekrement tłumienia drgań. Metodę tę można stosować przy spełnieniu założenia, że próbki podlegają odkształceniu harmonicznemu przy oporze niesprężystym, proporcjonalnym do pierwszej potęgi prędkości odkształcenia /tarcie wiskotyczne/, tj. dla układów liniowo lepkosprężystych.

Zastosowany układ pomiarowy /rys.5/ składał się z przetwornika piezo -



Rys.5. Schemat stanowiska badawczego

elektrycznego drgań BK 4370 /1/, mierników drgań BU 2511 /2/ i RFT /SM-11/ /3/, oscylografu pętlicowego H 117 /4/ oraz oscyloskopu dwukanałowego DT 516A /5/. Oscylograf pętlicowy H 117 pozwala na dokonywanie rejestracji sygnałów w zakresie do 15 kHz na samowywołującym się papierze światłoczułym. Badany układ /Stend/ składał się z próbki postawionej na podłożu betonowym oraz z dodatkowego obciążenia, które stanowiły metalowe krążki. Czujnik drgań /Uni-Gain konstrukcji Delta Shear firmy Bruel-Kjaer typ 4370/ przykładany był do krążka leżącego bezpośrednio na badanej próbce. Impuls początkowy wywoływano przez "krótkie" uderzenie młotkiem w górny krążek obciążający badaną próbkę.

W tabelach 4 i 5 przedstawia się przykładowo wyniki badań dla dwóch wybranych próbek.

Tabela 4

Próbka II - 3						
Lp	Masa m [kg]	Odczyty		Logarytmiczny dekrement tłumienia β		Współ. zanikania γ
		Częstość f [Hz]	Kolejne amplitudy prze- mieszczeń $q / t + T /$	β_i	średni	
1	91	29,41	26,0 18,0 14,0 10,0 8,0	0,3677 0,2513 0,3365 0,2231	0,2947	0,0938
2	161	21,74	18,0 14,0 10,0 8,0 6,0	0,2513 0,3365 0,2231 0,2877	0,2747	0,0874
3	177	21,74	19,5 13,5 10,0 8,5 7,0	0,3677 0,3001 0,1625 0,1942	0,2561	0,0814
4	143,5	26,32	20,0 13,0 11,0 9,0 6,0	0,4308 0,1671 0,2007 0,4055	0,3010	0,0958
5	73,5	31,25	56,0 48,0 33,0 29,0 18,0	0,1542 0,3159 0,1881 0,4769	0,2838	0,0902

Tabela 5

Lp	Masa m [kg]	Odczyty		Logarytmiczny dekrement tłumienia β		Współ. zanikania γ
		Częstość [Hz]	Kolejne amplitudy prze- mieszczeń $q / t + T /$	β_i	średni	
1	56	22,73	38,0 18,0 18,0 14,0 10,0	0,7472 0,1823 0,0690 0,3365 0,3365	0,3338	0,1062
2	91	21,74	33,0 20,0 15,0 10,0 7,0	0,4055 0,2877 0,4055 0,3567	0,3639	0,1156
3	126	18,52	23,0 13,0 9,0 8,0 7,0	0,5705 0,3677 0,1178 0,4055	0,3654	0,1162

4	161	16,67	24,0 13,0 9,0 8,0 6,0	0,6131 0,3677 0,1178 0,2877	0,3466	0,1102
5	177	15,63	22,0 14,0 11,0 9,0 7,0	0,4520 0,2412 0,2007 0,4055	0,3248	0,1032
6	143,5	16,67	28,0 20,0 13,0 9,0 6,0	0,3365 0,4308 0,3677 0,4055	0,3851	0,1224
7	108,5	20,0	32,0 18,0 14,0 10,0 7,0	0,5754 0,2513 0,3365 0,3567	0,3710	0,1178
8	73,5	22,73	50,0 32,0 24,0 16,0 11,0	0,4463 0,2877 0,4055 0,3747	0,3785	0,1202

Otrzymane wyniki pozwoliły sformułować następujące uwagi dotyczące wartości współczynnika zanikania γ dla poszczególnych próbek:

- a/ próbki I - $\gamma = 0,124 \div 0,16$
 b/ próbki II - $\gamma = 0,067 \div 0,10$
 c/ próbki III - $\gamma = 0,074 \div 0,157$
 d/ próbki IV - $\gamma = 0,072 \div 0,156$

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania laboratoryjne próbek z elesterów poliureta nowych wykazały, że przy obciążeniu zawartym w przedziale $0,0 \div 268,0 \text{ kN/m}^2$ statyczny moduł Younga mieści się w granicach $E = 3 \cdot 10^3 \div 4 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$. Natomiast tłumienie spełniające tutaj warunek $0,07 < \gamma \leq 0,16$ jest efektywne dla maszyn wirnikowych /np. wentylatorów/.

Ograniczony zakres badań i uzyskane wyniki nie pozwalają na podanie ogólnych wniosków, dlatego też należy uznać je jako pierwszy i wstępny etap badań. W następnym etapie należy badania poszerzyć i zająć się zjawiskiem zmęczenia i relaksacji.

LITERATURA

- [1] Goliński J., A., Wibroizolacja maszyn i urządzeń, PWN, Warszawa 1979
 [2] Langner J., Dynamika budowli, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej Wrocław 1980

- [3] Matysiak A., Podhorecki A.: Badanie własności wibroizolatorów z tworzyw sztucznych. Praca wykonana w Instytucie Budownictwa Lądowego ATR na zlecenie Bydgoskiego Biura Projektowo-Badawczego Budownictwa Przemysłowego w 1980 r.

RESEARCH ON DAMPING PROPERTIES OF PLASTIC VIBRATION INSULATORS

Summary

The paper includes the results of the laboratory examination of polyurethan elastomers which are meant to be applied as vibration insulators under turbo-machines. The examination applied particularly to determining stiffness and damping properties. The obtained results depicted considerable similarities of the plastic to rubber.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУШИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ ИЗ ПЛАСТМАСС

Резюме

В работе представлены результаты лабораторных исследований полиуретановых эластомеров, которые предполагается применить в качестве виброизоляторов под вибромашину. Эти исследования особенно касались определения жесткости и глушительных свойств. Полученные результаты показали, что эта пластмасса очень похожа на резину.

Andrzej Dylla

ANALIZA TERMICZNA CAŁKOWITYCH DWUWYMIAROWYCH MOSTKÓW CIEPLNYCH

W artykule omówiono wpływ płaskiego całkowitego mostka cieplnego na właściwości termiczne przegród budowlanych oraz wielkości strat energii w płaskich złączach z mostkiem termicznym. Podano także zasady stosowania wkładek ocieplających.

1. NIEKTÓRE ASPEKTY ODDZIAŁYWANIA MOSTKÓW CIEPLNYCH NA MIKROKLIMAT POMIESZCZENIA

Średnia temperatura promieniowania t_{mr} jest jednym z podstawowych parametrów w równaniu bilansu cieplnego organizmu ludzkiego w badanym pomieszczeniu. Zdefiniowana z dostatecznym przybliżeniem [1] jako średnia ważona z temperatur otoczenia /tutaj kompletu ścian, podłogi i sufitu pomieszczenia odniesionych do odpowiednich współczynników kątowych/, t_{mr} uczestniczy w istotny sposób w realizowaniu komfortu cieplnego określonego wewnątrz.

Mostki cieplne, szczególnie nieocieplone wywołać mogą zauważalne obniżenie t_{mr} , ponadto swoim usytuowaniem decydują o pojawieniu się na przegrodzie tzw. niesymetrycznego pola promieniowania. Wpływ asymetrycznego pola promieniowania na organizm ludzki nie został jednoznacznie ustalony, mimo szeregu badań [2,3,4].

Wyniki uzyskane przez Bøje, Nielsena i Olsena [5] z serii badań 32 osobowej grupy ludzi poddanych jednostronnemu ochłodzeniu z odległości 0,3 m, umieszczoną we wnętrzu pionową płaszczyzną, o regulowanej temperaturze utrzymywanej w stałej wysokości 10°C , wskazują na możliwość usunięcia dyskomfortu poprzez określoną zmianę temperatury wewnętrznej.

Równocześnie jednak badanie naskórka u kilku poddanych eksperymentowi ludzi wykazało w czasie trwania okresu doświadczalnego /15 dni przez 6 godzin dziennie/ zgrubienie tkanki skórnej i podskórnej oraz zwiększenie napięcia i wrażliwości mięśni od strony ciała skierowanej ku zimnej płycie. Podobne sytuacje mogą sprzyjać powstawaniu lub rozwijaniu się np. chorób reumatycznych.

Z badań Chrenki [6] i Kollmara [7] wyprowadzono kryterium nieprzekroczenia przyrostu średniej temperatury promieniowania określonej w odniesieniu do głowy człowieka o 2K. Ta wartość graniczna służyć może do wy-

znaczenia najwyższej dopuszczalnej temperatury sufitu, która zależy od katowego współczynnika promieniowania.

Rygorystyczne przestrzeganie kryterium 2K wydaje się jednak za ostre zważywszy na działanie np. promieniowania słonecznego, które nie zawsze powoduje dyskomfort cieplny, mimo podwyższenia średniej temperatury promieniowania w niektórych pomieszczeniach nawet o ponad 30K.

Najnowsze i najobszerniejsze badania [8,9] nie wykryły dyskomfortu spowodowanego asymetrią pola promieniowania, dla warunków przeciętnych. Za wielkość graniczną można przyjąć przypadek, w którym temperatura powierzchni ściany była o 30K wyższa lub niższa od temperatury otoczenia. Każdorazowo jednak regulowano temperaturę powietrza we wnętrzu dostosowując ją do średniej temperatury promieniowania, oraz czyniono to w odniesieniu do indywidualnych wrażeń cieplnych badanych ludzi.

W ten sposób można uzyskać warunki komfortu dla przeważającej części populacji, zawsze jednak pozostanie pewna liczba ludzi niezadowolonych z warunków mikroklimatu. Niejednorodność pola cieplnego w pomieszczeniu jest przyczyną wzrostu tej grupy.

P.O.Fager [1] ustalił ściśle, matematyczne kryteria analizy niejednorodności środowiska cieplnego podając sposoby obliczenia tzw. wskaźnika LPPD - "najniższego możliwego odsetka niezadowolonych" /ludzi/ z warunków panujących w danym środowisku. Przyczyną powstania niejednorodności środowiska cieplnego w strefie przebywania ludzi jest średnia temperatura promieniowania, ponieważ z reguły przyjmujemy, że prędkość przepływu powietrza oraz jego temperatura są równomierne.

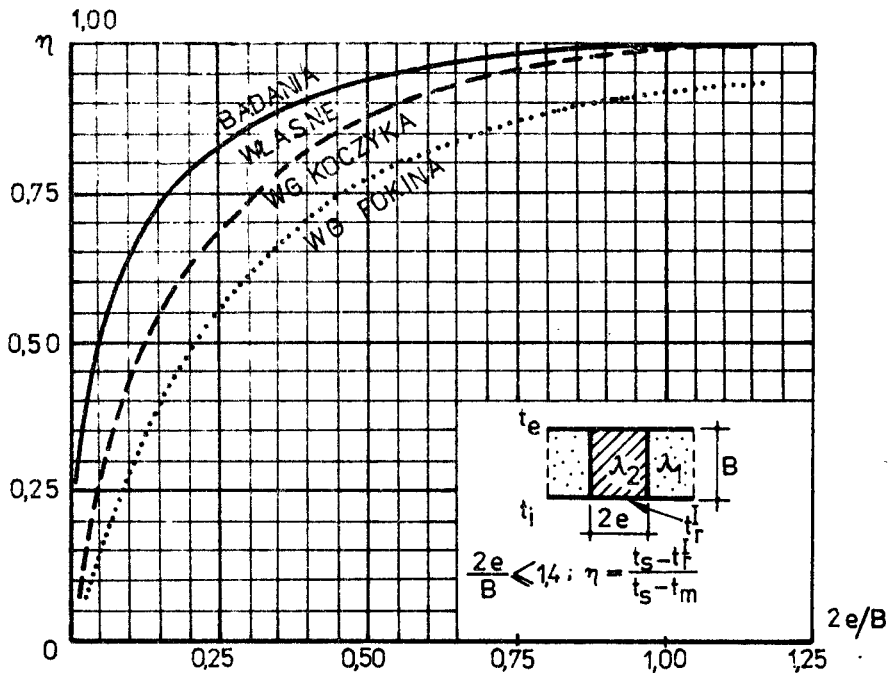
Tak więc w praktyce wielkość LPPD, stanowiąca "kryterium jakości" zarówno działania układu ogrzewczego jak i rozwiązania architektoniczno-konstrukcyjnego danego pomieszczenia zależy głównie od średniej temperatury promieniowania, a więc rozkładu temperatur na powierzchniach ścian tworzących pomieszczenie.

Mostki cieplne mogą w zasadniczy sposób wpływać na obniżenie temperatur na dużych obszarach powierzchni ścian, podwyższając LPPD pomieszczenia poza wielkość dopuszczalną. Jest to równoznaczne z potrzebą przekonstruowania pomieszczenia.

Wykonywanie analizy mikroklimatu pomieszczeń, o której wspomiano wyżej, wymaga znajomości co najmniej dwóch parametrów kształtujących mostki termiczne [10]:

- temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu działania mostka, t_p /K/,
- zasięgu strefy dostarczalnych zakłóceń pola temperatur na wewnętrznej powierzchni przegrody jw., s/% grubości przegrody/, a także rozkładu temperatur wewnątrz tej strefy.

Przedmiotem badań stały się proste mostki płaskie utworzone w przegrodzie w wyniku przenikania jej przez materiał różniący się znacznie pod względem izolacyjności termicznej (rys.1). Mostek tworzy zebro o pełnej grubości przegrody B, i szerokości 2e zmieniającej się w przedziale od 1 do 2B. Mostków o szerokości $2e > 2B$ nie badano, uznając, że zagadnienie



Rys.1. Wykres funkcji $\eta = f(2e/B)$ dla mostku typu F

dotyczy wtedy raczej styku dwóch przegród różnomateriałowych. Mostki o których mowa oznaczone są w literaturze niejednoznacznie: jako prostokątne [11], przelotowe [12] lub całkowite prostokątne [13]. W dalszych rozważaniach przyjęto oznakowanie literowe: typu F [14, 10] jako bardziej jednoznaczne.

Równocześnie wg propozycji autora [10] mostki te należeć będą do 1-go rodzaju, mostków płaskich utworzonych wewnątrz przegrody.

2. DOTYCHCZASOWE WYNIKI BADAŃ MOSTKÓW F

Prekursorem badań w tej dziedzinie fizyki budowali był Fokin. W jego pracach określona została wartość parametru $\eta = f(2e/B)$ w funkcji ilorazu szerokości rdzenia mostka $2e$ i grubości przegrody B .

Bezwymiarowy stosunek różnic temperatur:

$$\eta = \frac{t_s - t_r}{t_s - t_m} \quad (2.1)$$

gdzie:

t_m - temperatura na powierzchni wewnętrznej rdzenia mostka, rozpatrywanego niezależnie od przegrody, K

t_s - temperatura na powierzchni wewnętrznej przegrody, rozpatrywanej niezależnie od rdzenia mostka, K

pozwała określić dla danego mostka szukaną t_r :

$$t_r = (t_i - t_e) [k_s + \eta(k_m - k_s)] \alpha_i \quad (2.2)$$

gdzie:

- t_i, t_e - temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego, K
 k_s, k_m - współczynniki przenikania ciepła przez przyrodę i rdzeń mostka, rozpatrywane niezależnie, W/m^2K
 α_i - współczynnik przejmowania ciepła przy wewnętrznej powierzchni przegrody, W/m^2K

Fokin posługiwał się numerycznym sposobem określania ustalonego pola temperatur. Wartości parametru " η " otrzymał przy założeniu siatki podziałowej o oczku równym 1/10 - 1/8 grubości przegrody i zakończeniu procesu interakcji po średnio 9 przybliżeniach.

Prace Iwaszkowej oparte na innej metodzie badawczej; doświadczalnej metodzie analogii elektrycznych, potwierdziły z nieznacznymi zmianami wartości " η " dla mostków F. Dokładność rozwiązań została określona na 1,5%, co jak wynika z prac późniejszych autorów było zbyt optymistyczne.

Wartości parametru " η " zestawione zostały tabelarycznie i podane na wykresach, dla zmieniającej się geometrii rdzenia (rys.1).

Nowsze badania w tym zakresie i to zarówno na modelach fizycznych jak i cyfrowych np. Koczyka [14], z zastosowaniem elektronicznej techniki obliczeniowej, pozwoliły na dokonanie dość istotnych korekt wartości parametru " η ", szczególnie dla większych wartości $2e/B$. Wartości parametru " η " przyjmowane obecnie do obliczeń cieplno-wilgotnościowych zasadniczo nie odbiegają od wyników w/w badań.

Ale i te wyniki obarczone są dość znacznymi błędami. Koczyk [14] podał własną ocenę błędu odczytu temperatur dla różnych metod badawczych:

- pomiar wielkości fizycznych $1\% \leq \text{błąd} \leq 5\%$
- metoda symulacji elektrycznych $0,5\% \leq \text{błąd} \leq 2\%$
- elektroniczna technika obliczeniowa $\text{błąd} \leq 0,25\%$

Błąd w wysokości 0,25% dotyczył siatki podziałowej o oczku 1/20 grubości przegrody oraz wyniku ok. 100-nej interakcji. Badania autora nin. artykułu wskazują, że podane szacowania są zbyt optymistyczne.

3. WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH

Poddano szczegółowym badaniom 11 mostków typu F. Wymiary rdzenia zmieniano w szerokim zakresie $2e/B$ notując w tabelach 1 i 2 temperatury 6 miejsc pomiarowych powierzchni i wnętrza mostka. W tabeli 2 określono temperatury dla mostka F, ocieplonego od zewnątrz warstwą izolacji λ_3 , o grubości 2 cm i szerokości równej rdzeniowi mostka.

Temperatury w mostkach F

							mostki 1 rodzaju, typu F, mostki całkowite,				
							$t_e = /- 18 + 273/K,$ $t_i = /+ 18 + 273/K,$ $\lambda_1 = 0,24 \text{ W/m}\cdot\text{K},$ $\lambda_2 = 1,74 \text{ W/m}\cdot\text{K},$ $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K},$ $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\cdot\text{K},$				
							krok podziałowy siatki $h=0,5 \text{ cm}=B/48,$ w tabeli wyniki ekstrapolacji "0,2" dla inter- racji 100, 150, 200.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	c	t_r	t_2	t_4	t_6	t_8	t_{10}	t_{12}	t_{14}	t_{16}	t_{18}
R	b	t_{20}	t_{22}	t_{24}	t_{26}	t_{28}	t_{32}	t_{36}	t_{40}	t_{44}	t_{48}
	/w cmv	t'_0	t'_e	$t'_{1,5e}$	t''_0	t''_e	$t'_{1,5e}$	t'''_0	t'''_e	$t'_{1,5e}$	/°C/
1	1	7,80 14,15 -3,20	10,59 14,15 -2,91	12,52 14,15 -2,62	13,38 14,15 14,15	13,82 14,15 15,85	14,03 14,15 16,28	14,11 14,15 16,28	14,14 14,15 16,28	14,14 14,15 16,28	14,15 14,15 16,28
2	4	4,55 14,14 -4,29	4,76 14,15 -3,64	5,62 14,15 -2,53	10,88 14,15 -11,15	12,65 14,15 -15,60	13,50 14,15 -16,44	13,90 14,15 -16,44	14,07 14,15 -16,44	14,13 14,15 -16,44	14,14 14,15 -16,44
3	8	3,58 14,19 -4,67	3,67 14,14 -3,71	3,97 14,15 -1,92	4,42 14,15 -12,94	5,39 14,15 -15,59	10,82 14,15 -16,58	12,64 14,15 -16,58	13,50 14,15 -16,58	13,90 14,15 -16,58	14,07 14,15 -16,58
4	12	3,34 13,90 -4,78	3,37 14,07 -3,72	3,45 14,13 -1,54	3,62 14,14 -12,90	3,92 14,15 -15,58	4,42 14,15 -16,63	5,39 14,15 -16,63	10,82 14,15 -16,63	12,64 14,15 -16,63	13,50 14,15 -16,63
5	14	3,32 13,60 -4,78	3,33 13,90 -3,71	3,36 14,07 -1,43	3,45 14,13 -12,89	3,62 14,14 -15,59	3,92 14,15 -16,65	4,42 14,15 -16,65	5,39 14,15 -16,65	10,82 14,15 -16,65	12,64 14,15 -16,65
6	16	3,32 12,64 -4,79	3,32 13,50 -3,71	3,33 13,90 -1,36	3,36 14,07 -12,89	3,45 14,13 -15,59	3,62 14,14 -16,65	3,92 14,15 -16,65	4,42 14,15 -16,65	5,39 14,15 -16,65	10,82 14,15 -16,65
7	18	3,31 10,82 -4,79	3,31 12,64 -3,71	3,32 13,50 -1,31	3,33 13,90 -12,89	3,36 14,07 -15,58	3,45 14,13 -16,65	3,62 14,14 -16,65	3,92 14,15 -16,65	4,42 14,15 -16,65	5,39 14,15 -16,65

c.d.tabeli 1

8	20	3,31	3,31	3,31	3,32	3,33	3,36	3,45	3,62	3,92	4,42
		5,39	10,82	12,64	13,50	13,90	14,07	14,13	14,14	14,15	14,15
		-4,79	-3,71	-1,29	-12,89	-12,53	-16,66				
9	22	3,31	3,31	3,31	3,31	3,32	3,33	3,36	3,45	3,62	3,92
		4,43	5,39	10,82	12,64	13,50	13,90	14,07	14,13	14,14	14,15
		-4,79	-3,71	-1,27	-12,89	-15,59	-16,66				
10	24	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,32	3,33	3,36	3,45	3,62
		3,92	4,42	5,39	10,82	12,64	13,50	13,90	14,07	14,13	14,14
		-4,79	-3,71	-1,27	-12,89	-15,59	-16,66				

Tabela 2

Mostek 1-go rodzaju, typu F. Wartości temperatur
na powierzchni wewnętrznej "t", oraz parametrów
"η", "s"

Lp	2e/B	t _r °C	η _r	t _{GR} °C	η _{GR}	s ₁ 1/B	s ₂ 1/B
1	0,083	7,80	0,586	.	.	-	0,58
2	0,333	4,55	0,886	5,62	0,787	-	0,58
3	0,667	3,58	0,975	5,39	0,808	-	0,58
4	1,000	3,34	0,997	5,39	0,808	-	0,58
5	1,167	3,32	0,999	5,39	0,808	0,50	0,58
6	1,333	3,32	0,999	5,39	0,808	0,50	0,67
7	1,500	3,31	1,000	5,39	0,808	0,50	0,75
8	1,667	3,31	1,000	5,39	0,808	0,50	0,83
9	1,833	3,31	1,000	5,39	0,808	0,50	0,92
10	2,000	3,31	1,000	5,39	0,808	0,50	1,00
mostek F ocieplony wkładką styropianu od zewnątrz:							
11	0,500	12,68	0,850	t _{min} 12,64	η _{min} 0,879	-	0,58

Do badań zastosowano metodę modeli cyfrowych najskuteczniejszą pod względem szybkości, dokładności oraz kosztów. Wyniki zostały podane dla kroku podziałowego B/48, oraz 200-tnej interakcji. W badanych punktach siatki, w których wartość temperatury wykazywała silną zbieżność dla rów - noległych, 100, 150 i 200-tnej interakcji, przeprowadzono proces "δ²" Aitkена, uzyskując wyniki położone blisko rozwiązania dokładnego. Można ocenić, że błąd bezwzględny całkowity, sumujący niedokładności metod obliczeniowych, oraz przyjęcia warunków granicznych, nie przekracza 0,3 K (0,9%) [10].

4. ANALIZA TERMICZNA MOSTKÓW PŁASKICH F

W tabeli 2 zestawiono, posługując się wynikami niektórych przykładów mostka F (tab.1), obliczone ze wzoru (2.1) wartości parametru " η_r " dla środka symetrii mostka /punkt r/. Podobnie znaleziono wartości " η_{GR} " odnoszące się do punktów styku rdzenia z materiałem przegrody, w których temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody wynosi t_{GR} .

Dla zbadania strefy dostrzegalnych zakłóceń strumienia ciepła w miejscu mostka określono wielkości s_1, s_2 (rys.2).

4.1. Temperatury minimalne

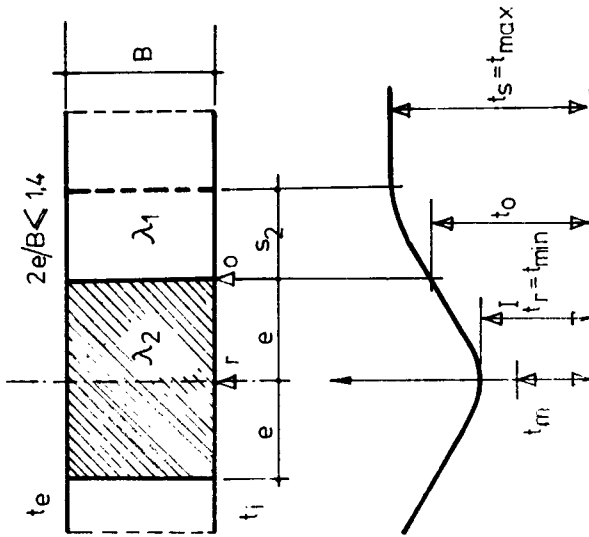
Badanie wielkości " η_r " wskazuje, że w miarę wzrostu szerokości rdzenia $2e$ i po przekroczeniu pewnej wielkości optymalnej $2e/B \approx 1,4$, wartość " η_r " ustabilizowała się w granicy jedności, co oznacza osiągnięcie w osi symetrii rdzenia /a więc mostka/ temperatury minimalnej $t_r = t_{min} = t_m$. W dalszej analizie pomocny jest rysunek 2. Staje się oczywiste, że po przekroczeniu $2e/B \approx 1,4$, należy rozpatrywać mostek w obszarze strefy $s_1 + s_2$, podczas gdy zarówno po jednej jak i drugiej stronie tej strefy ściana nosi charakter przegrody jednomateriałowej o różnych współczynnikach k/k_s i k_m .

4.2. Strefa zakłóceń

Pozostają do ustalenia wielkości s_1 i s_2 . Wielkości te liczy się wzdłuż płaszczyzny przegrody, z punktem początkowym na granicy materiałów GR. Dobrze przybliżają je wykresy w funkcji $2e/B$, podające wartości s_1 i s_2 w odniesieniu do grubości przegrody (rys.3). Wynika z nich, że w miarę powiększania szerokości rdzenia powyżej $2e/B \approx 1,4$:

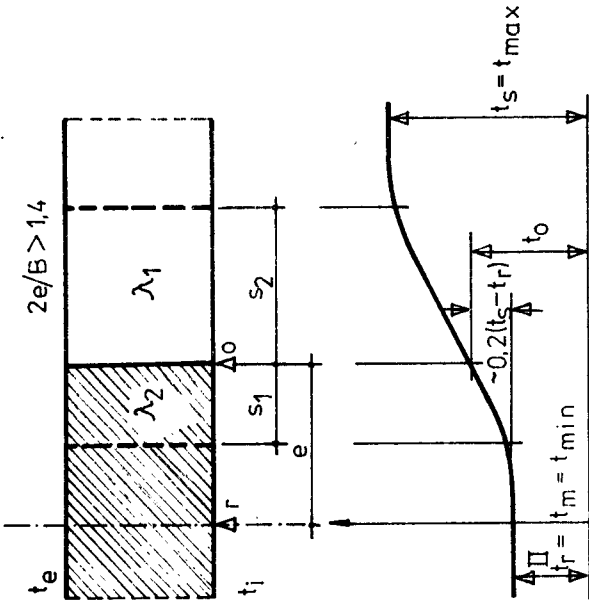
1. Strefa zakłóceń wewnątrz rdzenia, s_1 oscyluje wokół stałej wartości zbliżonej do $0,5 B$.
2. Strefa zakłóceń na zewnątrz rdzenia, s_2 od stałej wartości ok. $0,6 B$ rośnie jednostajnie, przekraczając przy $2e/B$ wartość $1,0 B$. Dla określenia z ostateczną dokładnością zarówno strat ciepła przez mostek jak i temperatury promieniowania obszaru mostka na powierzchni wewnętrznej przegrody, konieczne jest zbadanie zmienności temperatur minimalnych w strefie zakłóceń strumienia. Zagadnienie to będzie tematem innej publikacji autora.

PRZYPADK I



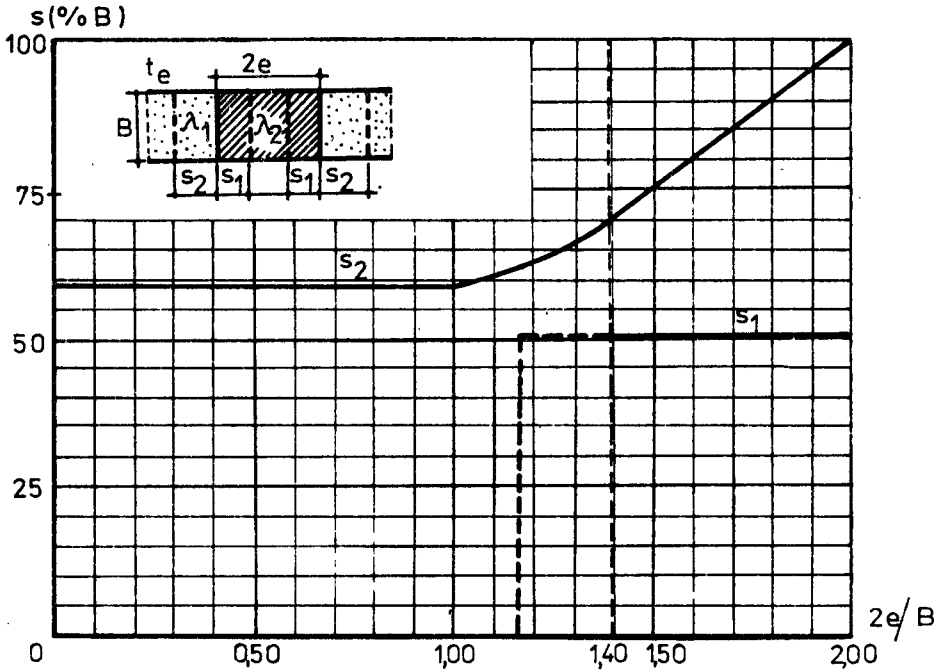
temperatury na wewnętrznej

PRZYPADK II



powierzchni przegrody

Rys.2. Mostek cieplny typu F /badanie własne/

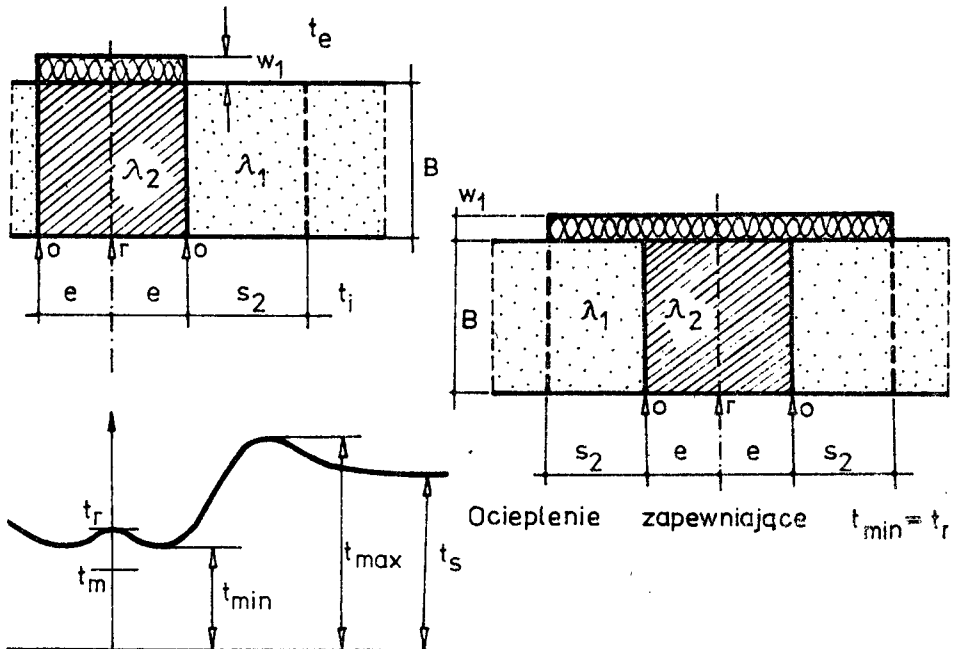


Rys.3. Strefa zakłóceń pola temperatur w mostku typu F

4.3. Ocieplenie mostka F

W przykładzie nr 11 (tab.2) mostek F ocieplono warstwą izolacyjną $\lambda_3 = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K/}$ o grubości $2e = 12 \text{ cm}$ (rys.4). Izolacja przykryła powierzchnię rdzenia na przegrodzie $2e = 12 \text{ cm}$ i okazała się wystarczająca dla zasadniczej poprawy właściwości cieplnych przegrody z mostkiem /obniżenie temperatury t_r w stosunku do temperatury ściany t_s wynosi $14,15 - 12,68 = 1,47 \text{ K}$, wobec występującego przed ociepleniem $\Delta t_{\min} = 14,15 - 3,55 = 10,60 \text{ K/}$.

Wystąpiło jednak lokalne minimum temperatury w linii zatknięcia rdzenia z przegrodą $(12,63 + 273) \text{ K}$ z odpowiadającym mu $\eta_{\min} = 0,879$. W tym przypadku jest ono bez praktycznego znaczenia /obniżenie temperatury $12,68 - 12,63 = 0,05 \text{ K}$ odpowiadające $0,4\%$ /, ale dla innej geometrii mostka i warstwy osieplającej, a także wzajemnej reakcji współczynników $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, może mieć miejsce znaczniejsze obniżenie oczekiwanej na powierzchni wewnętrznej temperatury. Bezpieczniej jest dlatego przedłużyć warstwę ocieplającą do granicy dostrzegalnej strefy zakłóceń, co zapewnia spełnienie warunku $t_{\min} = t_r$ (rys.4). Efekt "falowy" rozkładu temperatury na powierzchni wewnętrznej przegrody z mostkiem $/t_{\min}$ i $t_{\max}/$ jest rezultatem zmiany charakteru mostka w wyniku działania ocieplenia, z całkowitego na częściowy z izolacją zewnętrzną [12].



Rys.4. Ocieplenie mostka F wkładką korekcyjną od zewnątrz

Tego rodzaju zjawisko nie występuje w mostkach częściowych z izolacją wewnętrzną, stąd słuszniejszym wydaje się stosowanie warstw ocieplających mostek całkowity usytuowanych od wewnątrz pomieszczenia.

5. WNIOSKI

Rezultaty badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Publikowanie rozwiązania mostków płaskich F zawierają niedokładności wynikające z istoty użytych metod badawczych. W przypadku metod cyfrowych dokładniejsze odwzorowanie pola temperatur, związane z przyjęciem siatek podziałowych o dużej gęstości, a także wydłużeniem procesu iteracji i stosowaniem ekstrapolacji Aitkena pozwala na obniżenie całkowitego błędów obliczeń do ok. 0,3 K/ poniżej 0,9%.
2. Funkcja $\eta = f(2e/B)$ przyjmuje z reguły wyższe wartości niż podają to dotychczasowe badania, różniąc się istotnie w przedziale szerokości rdzenia $2e/B \leq 0,5$.
3. Strefa dostrzegalnych zakłóceń pola temperatur w miejscu mostka w przegrodzie poza rdzeniem obejmuje również obszar przyległy o szerokości nie przekraczającej grubości przegrody B.

4. W wyniku działania mostka na wewnętrznej powierzchni przegrody ustala się w jego osi symetrii temperatura minimalna t_r . W miarę wzrostu szerokości rdzenia temperatura t_r obniża się osiągając po przekroczeniu $2e/B \approx 1,4$ równą temperaturze na powierzchni wewnętrznej rdzenia rozpatrywanego niezależnie od przegrody, wartość ekstremalną t_m . Przy dalszym powiększaniu szerokości rdzenia $2e/B > 1,4$, t_r zachowuje stałą wartość $t_r = t_m$, ale jej obszar występowania powiększa się.
5. Ocieplenie mostków płaskich typu F może przylegać na przykryciu od zewnątrz powierzchni rdzenia warstwą o dostatecznej izolacyjności cieplnej. Przedłużenie tej warstwy po obu stronach osi symetrii mostka o odcinek s_2 / do granicy dostrzegalnych zakłóceń / przeciwdziała pojawieniu się na powierzchni wewnętrznej przegrody temperatur mniejszych niż t_r . Lepiej jednak ocieplać mostki F sytuując warstwę izolacyjną od wnętrza pomieszczenia na szerokości rdzenia $/2e/$.

LITERATURA

- [1] Fanger P.O.: Komfort cieplny. Arkady, Warszawa 1974
- [2] Ross R.T.: Studies in the psychology of the theater. Psychol.Rec.2 : 127 - 190, 1938
- [3] Hall J.F., Klemm F.K.: Thermoregulatory responses in disparate thermal environments. J.Appl.Physiol. 23, 1967
- [4] Gagge A.P., Hardy J.D., Rapp G.M.: Exploratory study of comfort for high temperature sources of radiant heat. ASHRAE Trans. 71, 1965
- [5] Boje O., Nielsen M., Olsen J.: Undersogelser over betydningen af ensidig stralingsafkoling. Boligopvar. Meddelelse, nr 9. Kopenhaga 1948
- [6] Chrenko F.A.: Hedated ceilings and comfort. Journ. of the Inst. of Heating and Ventilating Engineers, 20 and 21, 1953
- [7] Kollmar A., Liese W.: Die Strahlungsheizung. R.Oldenburger, München 1957
- [8] Angust T.C.: Thermal comfort in lecture room. JIHVE, 25, 1957
- [9] American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers: Handbook of fundamentals. New York. 1967
- [10] Dylla A.: Wpływ niektórych mostków cieplnych w połączeniach konstrukcji budowlanych na kształtowanie się komfortu cieplnego pomieszczeń. Praca doktorska w Instytucie Budownictwa Politechniki Wrocławskiej /maszynopis/ 1980
- [11] Płonki W., Pogorzelski J.A.: Fizyka budowli. Arkady, Warszawa 1979
- [12] Bogosłowski W.N.: Fizyka budowli. Arkady, Warszawa 1975
- [13] Andjulovici A., Georgescu S.: Komfort cieplny w budynkach. Warszawa 1971
- [14] Koczyk A.: Wpływ mostka cieplnego w przegrodzie na temperatury wewnętrzne jej powierzchni. Praca doktorska na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej /maszynopis/ 1970

HEAT ANALYSIS OF ENTIRE PLANE THERMIC LEAKAGE BRIDGES

Summary

The paper includes a discussion on the effect of an entire plane thermic leakage bridge on heat peculiarities of building screens, as well as the magnitudes of heat losses in plane joints with a thermic leakage bridge. Principles of the application of heat insulation were given as well.

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СКВОЗНЫХ ДВУХМЕРНЫХ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Резюме

В статье рассмотрено влияние двухмерного сквозного включения на термические свойства ограждающих конструкций, а также величина потери тепла в двухмерных стыках с термическим включением. Представлены также принципы применения теплоизоляции.

Franciszek Baj
Halina Ferens-Budzyńska

WPLYW ODPADÓW POCELULOZOWYCH O SZCZEGÓLNIC NISKIEJ ZAWARTOŚCI CUKRÓW NA NIEKTÓRE CECHY TECHNICZNE BETONU

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych nad zastosowaniem nowego plastyfikatora do betonu /badania mają charakter rekonesansowy/. Proponowany środek jest odpadem powstającym przy produkcji celulozy ZC-P we Włocławku.

1. WSTĘP

Wzrost zastosowania betonów w wielu dziedzinach budownictwa pociągnął za sobą rozwój badań nad poprawieniem cech technicznych betonów i ich modyfikację. Równoległe dążono do zmniejszenia zużycia cementu w betonie.

Cel ten osiągnięto na drodze odpowiedniego doboru rodzaju i jakości składników, ich wzajemnych proporcji, sposobu mieszania, zagęszczania, dojrzewania betonu, stosowania mikrowypełniaczy oraz dodatków chemicznych o różnym działaniu.

Podstawowym czynnikiem mającym wpływ na końcowy efekt zagęszczania świeżej mieszanki betonowej jest urabialność. Domieszki uplastyczniające wprowadzone do mieszanki betonowej powodują zmniejszenie tarcia wewnętrznego, a tym samym zwiększenie ciekłości i poprawienie urabialności świeżej mieszanki betonowej [1].

Przegląd domieszek uplastyczniających produkcji krajowej [6] wykazuje - że wybór ich jest niewielki /Klutan, Klutanit/. Względy ekonomiczne, niewielka produkcja plastyfikatorów krajowych, a także ich nieosiągalność, skłoniły autorów do poszukiwań preparatu ogólnie dostępnego, taniego, posiadającego cechy domieszki uplastyczniającej mieszankę betonową.

Przeprowadzenie rekonesansu w tym aspekcie spowodowane było również otrzymaniami z wielu zakładów budownictwa przemysłowego woj. bydgoskiego sygnałami o braku lub też dużych trudnościach w nabyciu plastyfikatorów.

2. CEL I PRZEDMIOT OPRACOWANIA

W niniejszym opracowaniu zaproponowano nowy środek uplastyczniający do betonu oraz przedstawiono wyniki badań jego wpływu na niektóre cechy tech-

niczne betonu. Proponowanym środkiem są odpady pocelulozowe, które mają szczególnie niską zawartość cukrów, otrzymywane z Zakładów Celulozowo-Papierniczych we Włocławku. Wymienione odpady są żugiem posiarczynowym, będącym produktem ubocznym przy otrzymywaniu celulozy metodą siarczynową. Żug posiarczynowy jest roztworem, którego głównymi składnikami części stałej są przekształcone w procesie warzenia siarczynowego, niecelulozowe składowe części drewna oraz produkty kwasu warzelnego. Ich aktywną częścią są związki ligniny / sól wapniowa kwasu lignosulfonowego/. Wspomniany produkt jest 50% wodnym roztworem mieszaniny cukrów, kompleksu lignosulfonowego, kwasów organicznych, mineralnych i ich soli.

Stosowane dotychczas w kraju domieszki uplastyczniające znane pod nazwą Klutan i Klutanit są związkami o podobnym pochodzeniu i składzie. Preparaty te występują w postaci proszku i otrzymywane są w wyniku energochłonnych procesów chemicznych, mających na celu między innymi wyeliminowanie cukrów, których nadmierna ilość działa destruktywnie na wytrzymałość betonu.

Na zainteresowanie się wyżej opisanym żugiem wpłynął przede wszystkim fakt posiadania przez żug niewielkiej ilości substancji redukujących - cukrów, w ilości 5 - 7 %, bez jakiegokolwiek przeróbki chemicznej.

W wynikach analiz chemicznych, udostępnionych przez Głównego Technologa ZC-P we Włocławku, nie zauważono istotnych wahań zawartości cukrów w żugu /analizowano okres 5-ciu lat; zmienność zawartości cukrów $\pm 2\%$ /.

Również lokalizacja Włocławka, w porównaniu z Niedomicami czy też Kluczami /produkcja Klutanu i Klutanitu/, ze względu na stosunkowo niewielką odległość od Bydgoszczy, zachęciła autorów do przeprowadzenia badań z udziałem żugów włocławskich.

3. BADANIA WŁASNE

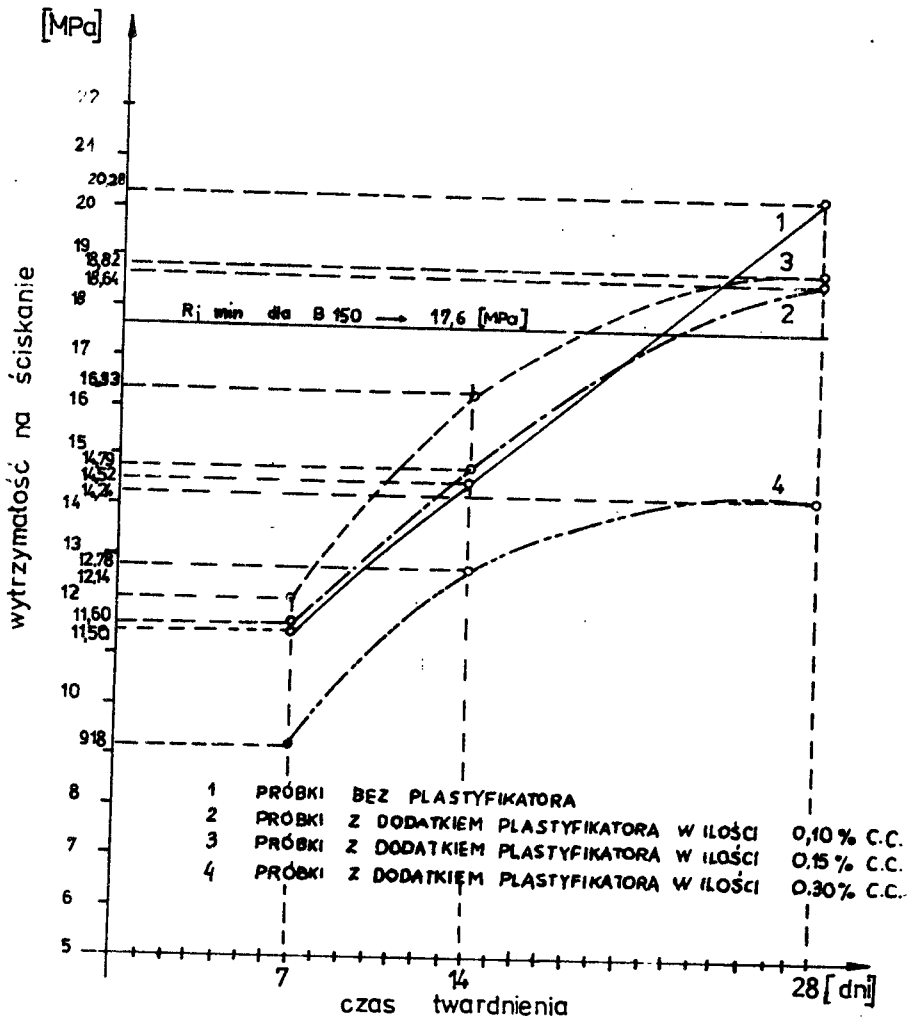
Badania wykonano przy użyciu betonu B 150 o następującym składzie na 1 m^3 :

cement portlandzki "35"	249 kg
mieszanka piaskowo-żwirowa	
0 - 20 mm	1186 kg
grys granitowy 5 - 20 mm	854 kg
woda	155 dm^3
konsystencja gęstoplastyczna	

Żug posiarczynowy dodawano w następujących ilościach procentowych w stosunku do masy cementu: 0,00, 0,10, 0,15 i 0,30.

Celem ustalenia niektórych cech technicznych betonu porównawczego /bez domieszki/ i z domieszką uplastyczniającą wykonano następujące rodzaje badań: konsystencja, porowatość, gęstość pozorną, wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, nasiąkliwość ciężarowa, mrozoodporność, skurcz. Badanie wytrzymałości na ściskanie wykonano dla każdej serii prób po 7, 14 i 28 dniach twardnienia na próbkach typu B [7]. Mie -

szankę betonową zagęszczano na stole wibracyjnym typu Sw-2. Do czasu badania beton przechowywano w warunkach laboratoryjnych. Wpływ plastyfikatora na przebieg twardnienia betonu przedstawiono graficznie na rys.1. Badanie wytrzy-



Rys.1. Wpływ plastyfikatora na przebieg twardnienia betonu klasy B 150

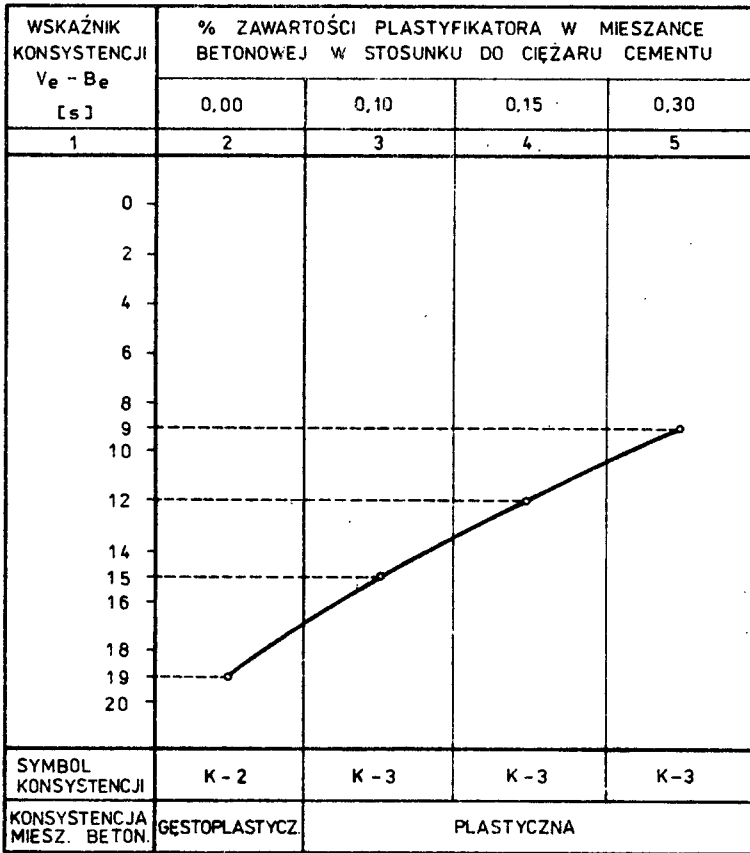
małości na rozciąganie przy zginaniu przeprowadzono po 28 dniach twardnienia betonu na 3 próbkach w kształcie belki /dla każdej serii z osobną/ o wymiarach 10 x 10 x 51,6 cm, przy rozpiętości $l_0 = 42$ cm między podporami.

Belki obciążono dwoma siłami o rozstawie $l_0/3$. Zniszczenie belek nastąpiło w przybliżeniu w środku rozpiętości. Średnie wyniki badań zestawiono w tabeli 1. Otrzymane wyniki uśredniano z pojedynczych prób wykonywanych w ilościach /powtórzeniach/ określonych wymaganiami [4,7]. Liczbę próbek wykonaną dla badań poszczególnych parametrów, podano w 3 kolumnie tabeli.

4. ANALIZA WYNIKÓW

K o n s y s t e n c j a

Przeprowadzone badania potwierdziły uplastyczniające działanie preparatu /wraz ze wzrostem ilości ługu - wzrasta ciekłość mieszanki betonowej - rys. 2/. Zastosowany preparat wykazuje zbliżone działanie jak domieszki



Rys.2. Wpływ plastyfikatora na konsystencję mieszanki betonowej

uplastyczniające opisane w literaturze [1,5,6].

G ę s t o ś ć p o z o r n a

Wzrost zawartości ługu powodował zwiększenie się gęstości pozornej zagęszczonej mieszanki betonowej. Uzyskane wyniki są zgodne z wynikami badań [6].

Porowatość zagęszczonej mieszanki betonowej

Cechę tę określano metodą doświadczalną bezpośrednio po dokonaniu pomiaru gęstości pozornej. Dane zawarte w tabeli 1 świadczą o wzroście po-

Tabela 1

Zestawienie średnich wyników badań betonu klasy B 150

Lp.	Rodzaj badania	Licz. prób	Jedn.	Zawart. plastyfikatora w mieszance betonowej /%/			
				0,00	0,10	0,15	0,30
	2	3	4	5	6	7	8
1	Konsystencja Ve-Be	3	s	19	15	12	9
2	Porowatość zagęszczonej mieszanki betonu	3	%	1,36	1,51	1,65	2,07
3	Gęstość pozorna zagęszczonej mieszanki betonowej	3	kg/dm ³	2,333	2,356	2,359	2,366
4	Wytrż.na ściskanie po 7 dniach po 14dniach po 28dniach	12	MPa	11,50	11,60	12,14	9,18
		12		14,52	14,79	16,33	12,78
		12		20,28	18,64	18,82	14,24
5	Wytrż.na rozciąganie przy zginaniu	3	MPa	3,47	3,71	3,81	3,73
6	Nasiąkliwość ciężarowa betonu	12	%	3,9	3,9	4,0	4,3
7	Mrozoodporność betonu - ubytek masy - zmniejszenie wytrż.	12	%	0	0	0	0
		12	%	2,0	3,9	5,0	5,3
8	Skórcz betonu	3	%	0,390	0,392	0,406	0,426

Uwaga: pozycje 1,2,3,4,6 i 7 badania wg [7]
pozycje 5 i 8 badania wg [4]

rowatości wraz ze zwiększeniem się ilości ługu. Spostrzeżenie to jest sprzeczne z wynikami badań gęstości pozornej. Niewątpliwym wpływem na zaistnienie powyższego faktu miała metoda oznaczania badanej cechy, a mianowicie dodawana woda / Δw / w trakcie badania powoduje rozcieńczenie dodatku oraz jego skłonności spieniania się w trakcie wibrowania. Prowadzi to do wzrostu wielkości V_k - objętości zawibrowanej mieszanki betonowej z dodaną wodą - Δw , a tym samym do uzyskania wyższych wielkości porowatości I_p .

Wobec powyższego należy stwierdzić, iż oznaczenie porowatości mieszanki betonowej metodą doświadczalną przy stosowaniu domieszek uplastyczniających może prowadzić do błędnych wyników.

Wytrzymałość na ściskanie

W porównaniu do betonu bez domieszek, przystosowaniu łągu w ilości do 0,15% masy cementu w okresie twardnienia do 14 dni stwierdzono niewielki wzrost wytrzymałości.

Natomiast w okresie późniejszym wystąpił niewielki spadek wytrzymałości przy zachowaniu wymagań normy [7]. Zwiększenie zawartości domieszek do 0,30% wpływa niekorzystnie na kształtowanie się wytrzymałości zarówno w okresie początkowym, jak też po 28 dniach. Spadek wytrzymałości betonu tłumaczyć można nadmierną absorpcją związków lignosulfonowych na cząstkach cementu utrudniającą proces hydratacji.

Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu

Stosowanie łągu do mieszanki betonowej w ilości do 0,15% wpływa na wzrost wytrzymałości betonu na rozciąganie przy zginaniu. Dodatek łągu w ilości 0,30% masy cementu powoduje spadek wytrzymałości betonu, przy wyższej jej wartości w stosunku do betonu porównawczego o 7%. Uzyskane wyniki są zbliżone do podawanych w literaturze [2].

Nasiąkliwość ciężarowa betonu

Nasiąkliwość betonu bez i z domieszką łągu w ilości 0,10% masy cementu była taka sama /3,9%/. Przy zawartości łągu 0,15% wystąpił nieznaczny wzrost nasiąkliwości do 4%.

Pozwala to na stosowanie badanych betonów w warunkach bezpośredniego działania czynników atmosferycznych [7]. Natomiast beton z domieszką łągu w ilości 0,30% masy cementu, charakteryzuje się nasiąkliwością 4,3% i spełnia warunki [7] dla betonów narażonych na pośrednie działanie czynników atmosferycznych. Uzyskane wyniki są niezgodne z badaniami [2,6], które wskazują na obniżenie się nasiąkliwości przy stosowaniu plastyfikatorów.

Mrozoodporność betonu

Badany beton z domieszkami i bez domieszek spełnia wymagania [7] pod względem mrozoodporności. Wzrost zawartości domieszki wpływa na obniżenie się mrozoodporności betonu.

Skurcz betonu

Wzrost zawartości łągu wpływał na wzrost skurczu betonu. Przy zawartości łągu do 0,15% masy cementu, wielkość skurczu ostatecznego odpowiada wielkościom podanym w opracowaniu [3]. Wyższa zawartość łągu powodowała przekroczenie wymagań [3] dotyczących skurczu. Wilgotność względna otoczenia w czasie badania wynosiła ok. 50%.

5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań w skali laboratoryjnej można stwierdzić -

mułować następujące wnioski:

1. Wyniki badań cech fizycznych i mechanicznych wskazują na celowość stosowania ługu posiarączynowego z Zakładów Celulozowo-Papierniczych we Włocławku jako plastyfikatora do betonu.
2. Maksymalna ilość domieszki nie powinna przekraczać 0,15% masy cementu.
3. W przypadku stosowania proponowanej domieszki nie należy wyznaczać porowatości zagęszczonej mieszanki betonowej metodą doświadczalną, gdyż ponowne mieszanie i zagęszczanie /co wynika z postępowania w przypadku tej metody, wg PN-75/B-06250/ powoduje wzrost ilości powietrza w mieszance betonowej. Spowodowane jest to zdolnością ługu do łagodnego napowietrzania betonu. Dokładniejszą byłaby w tym przypadku metoda ciśnieniowa [2].

Powyższe wnioski należy traktować jako informacje z rekonesansowych badań nad wykorzystaniem przedmiotowego odpadu.

LITERATURA

- [1] Błociszewska C., Szudrowicz W.: Warunki i efekty stosowania w przemyśle dodatków chemicznych typu przyspieszających twardnienie i uplastyczniających. COBRPB "CEBET", Warszawa 1977
- [2] Jarocki W., Młodecki J.: Badanie środków uszczelniających, uplastyczniających i napowietrzających jako dodatków do betonu hydrotechnicznego. Arkady, Warszawa 1965
- [3] Praca zbiorowa: Materiały pomocnicze do szkolenia personelu inżynierijno-technicznego laboratoriów budowlanych cz.I. ITB, Warszawa 1977
- [4] Praca zbiorowa: Wytyczne badania cech mechanicznych betonu na próbkach wykonanych w formach. ITB, Warszawa 1976
- [5] Praca zbiorowa: Budownictwo betonowe t.I, cz.2. Arkady, Warszawa 1969
- [6] Ratinow W.B., Rozenberg T.I.: Dodatki do betonu. Arkady, Warszawa 1977
- [7] PN-75/B-06250 - Beton zwykły

EFFECT OF CELLULOSE WASTES OF VERY LOW SACCHARIDES CONTENT ON SOME TECHNICAL FEATURES OF CONCRETE

Summary

The paper presents the results of the laboratory examination on the application of a new plasticizer to concrete /the examination is of preliminary nature/. The agent suggested is a waste material resulting from the process of cellulose production at the Pulp and Paper Production Plant in Włocławek.

ВЛИЯНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ОТХОДОВ С ОСОБЕННО НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ САХАРОВ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

Резюме

В работе представлены результаты лабораторных исследований над применением нового пластификатора для бетона /исследования носят рекогносцировочный характер/. Предлагаемое средство - это отходы образующиеся при производстве целлюлозы ZG - P во Влоцлавке.

Janusz Kwiecień

OPTOELEKTRONICZNE SYSTEMY DO POMIARÓW PRZEMIESZCZEŃ DYNAMICZNYCH KONSTRUKCJI MOSTOWYCH

W artykule przedstawiono propozycje pomiaru przemieszczeń konstrukcji mostowych przy użyciu lasera i czujników fotodetekcyjnych. Przeprowadzono wstępne badania nad prototypowym zestawem do pomiaru przemieszczeń dynamicznych zbudowanym przez autora. Wstępna analiza wykazała przydatność urządzeń optoelektronicznych przy tego typu pracach z uwagi na szybkość i automatyzację pomiaru.

1. WSTĘP

Badania konstrukcji i zespołów konstrukcyjnych były stosowane w budownictwie od dość dawna w postaci obciążeń próbnych przy odbiorze większych budowli, a przede wszystkim mostów.

Celem badań było sprawdzenie, czy budowla może być oddana do użytkowania bez obawy o bezpieczeństwo użytkowników. Badania te jednak z reguły dotyczyły pojedynczych obiektów i były często prowadzone przy użyciu prymitywnych urządzeń obciążeniowych i pomiarowych.

Obecnie badanie konstrukcji rozrosło się do rozmiarów i znaczenia osobnej gałęzi nauk technicznych. Badania te stosowane są teraz częściej niż dawniej, rozszerzył się zakres ich zadań, pogłębiła się ich dokładność, udoskonaliły się i zróżnicowały metody i przyrządy badawcze.

W zasadzie wszelkie badania konstrukcji służą do sprawdzenia obliczeń teoretycznych. Ale zdarza się również, że wyniki badań dają impuls do rozwoju samej teorii, dostarczając jej brakujących parametrów.

Jednym z rodzajów badań konstrukcji są badania dynamiczne polegające na pomiarach częstości i amplitudy drgań wymuszonych spowodowanych próbnymi obciążeniami dynamicznymi. Sprawdzenie bezpieczeństwa konstrukcji mostowych tylko pod obciążeniem statycznym jest niewystarczające. Wynika to z faktu, że przy przejeździe obciążenia występują zupełnie inne efekty od występujących pod obciążeniami statycznymi.

W poszukiwaniu metody pomiaru przemieszczeń dynamicznych mostów przydatnej w przypadkach, gdy konieczny jest szeroki zakres skali i gdy umieszczenie przyrządów pomiarowych jest połączone z utrudnionym dostępem oraz niebezpieczeństwem dla obserwatora i przyrządów - zaczęto coraz częściej stosować pomiary geodezyjne przy użyciu lasera. Główną zaletą tej metody jest korzystanie ze stałego układu odniesienia oraz możliwość au -

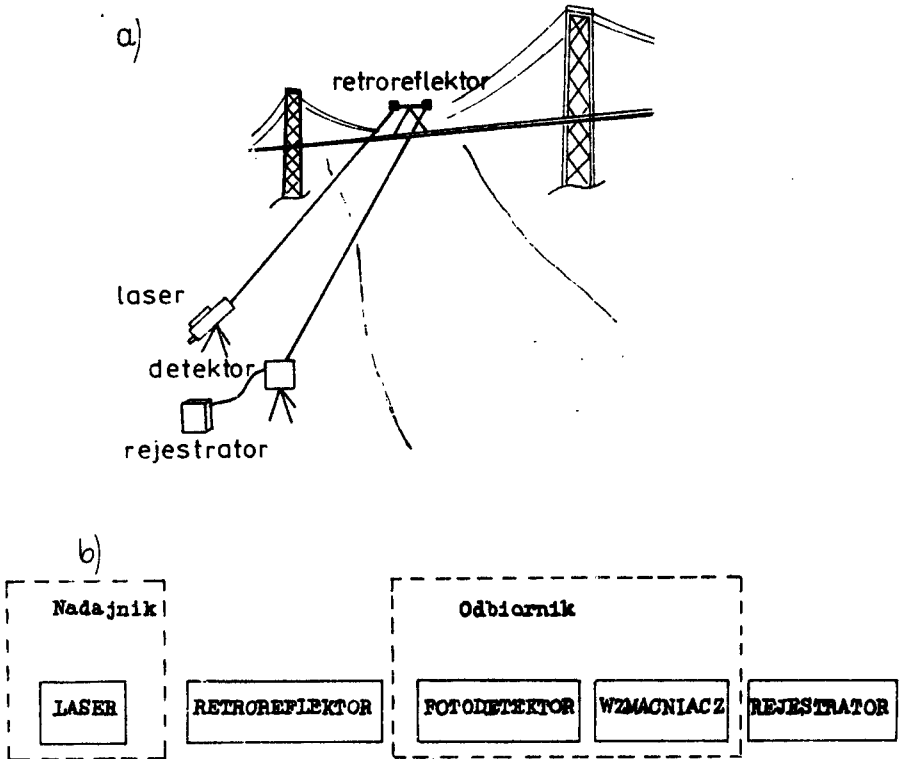
tomatycznej i ciągłej rejestracji przemieszczeń.

2. METODA POMIARU I APARATURA

2.1. Zasada optoelektronicznej metody pomiaru przemieszczeń

Proponowana metoda pozwala wyznaczyć tylko pionową składową wektora przemieszczenia punktu, wynikającego z ugięcia i drgań konstrukcji mostowej.

Schemat pomiaru tą metodą przedstawiono na rysunkach 1a i 1b.



Rys. 1a ,b. Schemat pomiaru przemieszczeń metodą optoelektroniczną

Działanie układu jest następujące:

1. Nadajnik laserowy emituje wiązkę promieniowania w kierunku retroreflektora ustawionego na konstrukcji mostowej w żądanym miejscu.
2. Po przejściu przez układ pryzmatów w retroreflektorze wiązka wraca do fotodetektora, który powoduje powstanie odpowiedniego sygnału elektrycznego.

3. Elektryczny sygnał po wzmacnieniu można rejestrować graficznie na papierze lub zapisywać w specjalnych kasetach magnetycznych przystosowanych do pracy z komputerem.

Każda zmiana położenia retroreflektora w kierunku pionowym powoduje przesunięcie odbitej wiązki laserowej w płaszczyźnie fotodetektora, co z kolei zmienia natężenie promieniowania w fotodetektorze. Zmienne sygnały elektryczne zapisuje rejestrator.

2.2. Detekcja promieniowania laserowego

Promieniowanie laserowe zamienione na przebieg elektryczny, tj. zamianę fotonów na elektrony nazywamy detekcją promieniowania.

Różnorodność zastosowań laserów rzutuje na rodzaje, czułości, konstrukcje, wzmacnienie układów detekcyjnych. Można wyodrębnić trzy grupy detektorów. Od jednej grupy wymaga się przede wszystkim dużej czułości, a właściwie jak najmniejszej równowaznej szumów oraz dodatkowo łatwego wzmacnienia i nanosekundowego czasu odpowiedzi procesom elektronowym na padające fotony. Grupie drugiej natomiast stawia się przede wszystkim wymagania w zakresie szerokopasmowości i możliwości pracy z różnymi typami laserów. Od trzeciej grupy żąda się - przy umiarkowanej czułości - określenia kierunku, z którego przychodzi promieniowanie.

Trzecia grupa fotodetektorów, której typowym reprezentantem jest fotodioda kwadrantowa /rys. 2 i 3/ znajduje zastosowanie w pomiarach geodezyjnych w systemach automatycznego wyznaczania linii prostej przy użyciu lasera.

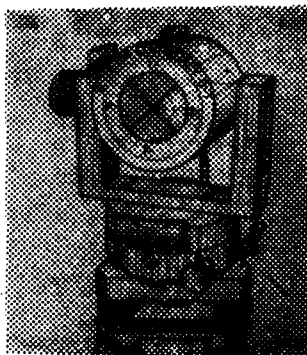
Długości fal wiązek emitowanych przez lasery zawarte są w przedziale od ultrafioletu, poprzez światło widzialne, aż do dalekiej podczerwieni. Dobrze dobrany detektor powinien mieć odpowiednią charakterystykę spektralną, to znaczy reagować na stosowane promieniowanie laserowe o danej długości fali.

Oprócz długości fali, na której reaguje detektor, charakteryzują go następujące wielkości:

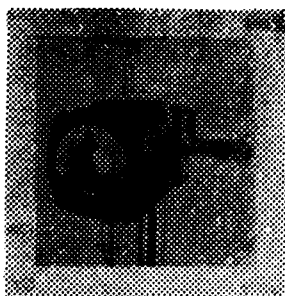
- 1/ stała czasu reakcji na padające promieniowanie,
- 2/ czułość podawana zwykle jako wielkość generowanego sygnału w woltach na jeden wat padającego promieniowania,
- 3/ równoważny wejściowy sygnał szumów,
- 4/ rozmiary,
- 5/ kształt,
- 6/ temperatura pracy,
- 7/ kąt przyjęcia,
- 8/ maksymalna dopuszczalna moc /energia/ promieniowania itp.

Dla kierunkowych pomiarów geodezyjnych, w których konieczne jest wyznaczenie środka energii w przekroju wiązki promieniowania laserowego stosuje się przeważnie specjalny fotodetektor kwadrantowy /rys. 2 i 3/. Składa się on z czterech detektorów umieszczonych ciasno obok siebie, np. w na-

rożach kwadratu. Plamka laserowa, która podlega rejestracji pokrywa wszystkie detektory. Jeśli środek plamki /punkt o maksymalnym natężeniu/ znajduje się w środku między detektorami, to na każdy z detektorów pada część promieniowania o tym samym natężeniu. Przesunięcie wiązki /lub detektora/ powoduje zmianę tego stanu równowagi, co przejawia się jako powstanie odpowiedniego sygnału elektrycznego.



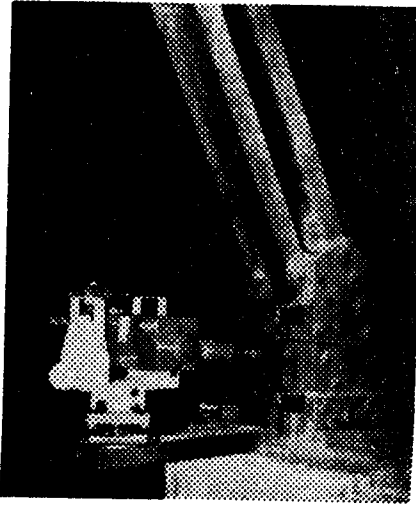
Rys.2. Fotodetektor kwadrantowy - WAT Warszawa



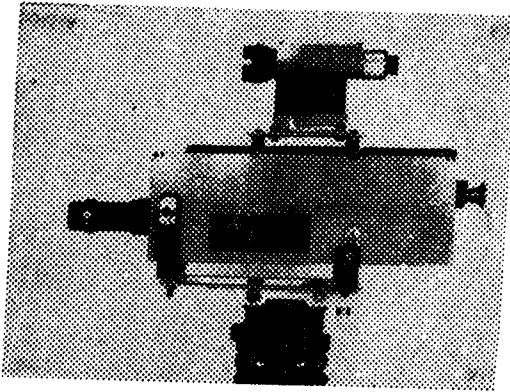
Rys.3. Fotodetektor kwadrantowy firmy United Detector Technology USA

2.3. Przegląd niektórych zestawów urządzeń laserowych stosowanych do dynamiki pomiarów przemieszczeń konstrukcji mostowych

Aktualne zastosowanie laserów na skalę przemysłową w pomiarach przemieszczeń konstrukcji mostowych, to przede wszystkim laserowe wskaźniki kierunku, teodolity laserowe /rys.4 i 5/ itp. Bazą dla nich jest laser He-Ne emitujący wiązkę promieniowania o długości fali $0,6328 \mu\text{m}$. W tabeli 1 przedstawiono niektóre zestawy laserowe służące do pomiaru przemieszczeń.



Rys.4. Teodolit laserowy ULIG-KP1 WAT Warszawa



Rys.5. Zaadaptowany laser górniczy GL1 PZO ATR Bydgoszcz

3. OPIS POMIARÓW EKSPERYMENTALNYCH NAD PROTOTYPOWYM ZESTAWEM LASEROWYM SKONSTRUOWANYM W ZAKŁADZIE GEODEZJI ATR

W oparciu o zasadę omówioną w punkcie 2.1 zaprojektowano i wykonano aparaturę pomiarową do badań dynamicznych mostów.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

- nadajnik /laser GL1 PZO na statywie, rys.5/,
- retroreflektor,
- odbiornik /detektor prototypowy ze wzmacniaczem, rys.6 i 7/,

Tabela 1

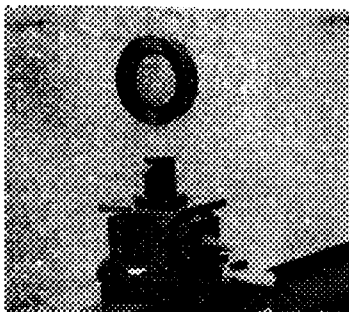
Zestaw do laserowego pomiaru pomieszczeń

Nazwa zestawu pomiarowego	Rodzaj fotodetektora	Zakres pomiarowy drgań	Częstotliwość drgań	Dokładn. pomiaru	Zasięg	Producent
30A Linear displacement monitor	silikonowy pozycyjny SC/10	± 1 cm	0 - 300KHz	100 μ m	20 m	United Detector Technology USA
LM-10 Laser Micrometer	silikonowy kwadrantowy	± 1 cm	0 - 5KHz	10 μ m	100 m	Scientifics Cook Electronics Ltd. Anglia
EGSG Electro - optics	silikonowy kwadrantowy SGD-444-4	1 cm ²	0 - 300KHz	1 μ m	20 m	USA
SAC	ogniwa silikonowe duży powierz.	± 4 cm	0 - 5 Hz	50 μ m	500 m	Kanada prototyp Uniwersytetu w New Brunswick
Tesla TKG 202	TKGDR 206	3 cm ²	0 - 100KHz	brak danych	100 m	CSRS
Laser GL1 PZO	silikonowe ogniwo słoneczne firmy Philips	± 4 cm	0 - 300Hz	50 μ m	100 m	Polska prototyp detektora Akad. Tech.-Roln. w Bydgoszczy
Laser GL1 PZO	pozycyjny germanowy	3 cm ²	0 - 900KHz	10 μ m	20 m	Polska prototyp detektora Politechniki Warszawskiej
Laser ULIG-RP1	Fotodioda kwadrantowa	brak danych	brak danych	brak	brak danych	Polska Wojskowa Akademia Techniczna

- rejestrator /rys.7/.

Urządzeniem nadawczym emitującym wiązkę laserową jest zaadaptowany laser górniczy GL1 produkowany seryjnie przez Polskie Zakłady Optyczne /rys.5/. Odbiornik przetwarza energię promieniowania laserowego /odbicia od reflektora/ na impuls elektryczny napięcia, wzmacnia ten impuls do pożądanego poziomu i przekazuje go do urządzenia rejestrującego /rys.7/.

W celu przebadania metody pomiaru prototypowym zestawem przeprowa -



Rys.6. Retroreflektor



Rys.7. Detektor prototypowy ATR ze wzmacniaczem i rejestratorem

dzono szereg próbnych pomiarów eksperymentalnych.

W pierwszym etapie badań kontrolowano działanie aparatury bez użycia retroreflektora przy odległości między nadajnikiem i odbiornikiem 10 i 20 m, przy czym interesowano się tylko czułością detektora na jego wielokrotne centrowanie osi promieniowania /ściślej względem punktu o największym natężeniu promieniowania w przekroju wiązki/. Naprowadzenie detek -

tora na oś wiązki wykonywano przy pomocy śruby mikrometrycznej. W trakcie tych prób sprawdzono powtarzalność wyników przy świetle dziennym i przy braku oświetlenia oraz przy różnych wielkościach plamki laserowej.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2, gdzie podano średnie błędy pojedynczych naprowadzeń osi wiązki w milimetrach.

Tabela 2

Średnia plamki [mm]	Odległość [m]	Oświetlenie dzienne [mm]	Brak oświetlenia [mm]
20	10	0.012	0.004
	20	0.022	0.011
4	10	0.003	0.009
	20	0.011	0.018

Drugi etap badań dotyczył ustalenia czułości systemu na pomiary ciągłych i szybkich przemieszczeń detektora względem osi wiązki. Detektor umieszczono na drgającym modelu belki sumnicowej w odległości 40 m od nadajnika promieniowania laserowego. Reakcja samego detektora wykazała bardzo wysoką czułość na zmiany kierunku promieniowania i możliwości pomiaru drgań rzędu kilkuset, KHz.

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzony przegląd systemów optoelektronicznych oraz przeprowadzone wstępne badania własne nad prototypowym systemem zbudowanym przez autora wskazuje na duże możliwości stosowania ich w praktyce. Możliwość otrzymania przy zastosowaniu omówionej aparatury ciągłej kontroli stanu bezpieczeństwa przy badanych obiektach mostowych i automatycznego rejestrowania występujących przemieszczeń dynamicznych predestynują ją głównie do wykonywania bezpośrednich pomiarów trudno dostępnych dla obserwatora konstrukcji mostowych.

LITERATURA

- Harrison P.W.: A laser-based technique for alignment and detection measurement. Civil Engineering and Public Works Review March 1973
- Kwiecień J.: O możliwościach zastosowania geodezyjnych urządzeń laserowych w pomiarach przemieszczeń. Zesz.Nauk.Bud.Nr 66, ATR Bydgoszcz 1980
- Kwiecień J.: O możliwościach wyznaczania prostej odniesienia wiązkę laserową za pomocą płytek dyfrakcyjnych. Przegląd Geodezyjny 3/1981

OPTO-ELECTRONIC SYSTEMS FOR MEASURING DISPLACEMENT OF BRIDGES

Summary

The paper presents the suggestion of measuring displacements of bridges by the use of laser and photo-sensing detectors. There were conducted preliminary tests of the prototype arrangement for measuring displacements. An introductory analysis proved the applicability of opto-electronic sets for these operation because of the speed and automatization of measurements.

ОПТОЭЛЕКТРОНИЧНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОСТОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Резюме

В статье представлены проекты измерения перемещения мостовых конструкций при использовании лазера и фотодетектированных датчиков. Проведены предварительные исследования над прототипом, для измерения динамических перемещений, сконструированным автором. Предварительный анализ показал пригодность оптоэлектроничных устройств подчас работ такого типа в связи с быстротой и автоматизацией измерений.

Maciej Kordian Kumor

CHEMICZNO-MINERALOGICZNE WŁAŚCIWOŚCI WYBRANYCH PRÓBEK IŁU
PLIOCEŃSKIEGO Z BYDGOSZCZY

W pracy przedstawiono rezultaty badań składu chemicznego i mineralnego iłu plioceńskiego z Bydgoszczy na przykładzie dwóch wybranych prób /iłu IF, IK/.

Badania przeprowadzono metodami:

- rentgenostrukturalną,
- analizy termicznej,
- elektromikroskopową /TEM/,
- testu sorpcyjnego /WST/,
- chemiczną.

Badania wykazują na montmorillonitowy charakter badanych iłów z niewielką domieszką kaolinitu oraz illitu. Charakter mineralogiczno-chemiczny iłu jest podobny mimo różnych właściwości fizycznych badanych próbek.

1. WSTĘP

W analizie warunków posadowienia bezpośredniego, jak wykazują dotychczasowe doświadczenia z terenu miasta Bydgoszczy, pomija się wiele istotnych informacji związanych z dokładnym poznanem niektórych cech iłu plioceńskiego. Jakkolwiek problem zależności między poszczególnymi cechami gruntów i ich właściwościami jest bardzo skomplikowany, szczególnie w odniesieniu do iłu plioceńskiego, a badania często pracochłonne i kosztowne, to jednak płynące stąd informacje mogą w wyraźny sposób ograniczyć i zapobiec wielu kłopotom przy projektowaniu, w wykonawstwie i później - szej eksploatacji obiektów budowlanych.

Ogólnie przyjmuje się, iż ił plioceński z terenu miasta Bydgoszczy charakteryzuje się dobrymi parametrami geotechnicznymi. Jednakże często występujące przypadki awarii budynków wskazują, że aktualny stopień rozpoznania właściwości iłu plioceńskiego z Bydgoszczy jest niewystarczający.

Dotychczasowe badania z terenu miasta [14,11,12] stwierdzają że główną przyczyną awarii budynków jest duża wrażliwość iłu plioceńskiego na zmiany wilgotności. Wrażliwość iłu na zmiany wilgotności /skurcz i pęcznienie/ przypisuje się głównie składowi chemiczno-mineralogicznemu iłu plioceńskiego z Bydgoszczy.

Do chwili obecnej przeprowadzono stosunkowo niewiele badań właściwości fizyko-mechanicznych iłu plioceńskiego z Bydgoszczy. Badania dotyczą

w większości iłów innych regionów kraju [10], wskazując na duże ich zróżnicowanie pod względem wskaźnikowych cech fizycznych. Badania nie stwierdzają istotnych różnic w składzie chemicznym. Jednakże porównując ich rezultaty zauważa się nieco odmienną zawartość tlenków żelaza w stosunku do iłu z Fordonu. Iły płoceńskie charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem właściwości nie tylko regionalnie ale również i lokalnie. Potwierdzają to przeprowadzone badania właściwości fizycznych iłów z Bydgoszczy [2,3] pobranych z punktów badawczych położonych blisko siebie. Stwierdzono duże rozbieżności granic Atterberga, wskaźnika aktywności koloidalnej i innych cech dla próbek o podobnym, a nawet jednakowym składzie granulometrycznym, świadczących o dużej zmienności składu mineralnego [15]. Jako główne minerały budujące iły poznańskie podawane są montmorillonit oraz illit i niewielkie ilości kaolinitu [2,3,6,8,13]. W przeprowadzonych badaniach podkreśla się potrzebę każdorazowego oznaczania właściwości iłu płoceńskiego w konkretnych zadaniach badawczych, wskazując jednocześnie na istotne znaczenie składu chemiczno-mineralnego w kształtowaniu właściwości iłu płoceńskiego jako podłoża budowlanego.

Przedstawiony problem spowodował podjęcie badań składu chemiczno-mineralogicznego iłu płoceńskiego z terenu miasta Bydgoszczy. Celem przedstawionych badań było zwrócenie uwagi na charakter chemiczny i mineralogiczny iłu płoceńskiego z Bydgoszczy.

Badania wykonano na próbach naturalnych iłu płoceńskiego pobranego z dwóch punktów badawczych w różnych dzielnicach miasta /dzielnice Fordon i Bartodzieje/. Próbki do badań wybrano tak, aby pod względem właściwości fizycznych były wyraźnie zróżnicowane i bliskie ekstremalnym wg danych literaturowych [2,3,14].

2. METODY BADAŃ

Analizę chemiczną próbek iłu wykonano w Akademii Techniczno-Rolniczej wg metody podanej w literaturze [1,10]. Identyfikację składu mineralogicznego przeprowadzono w Instytucie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Warszawskiego:

- Badania derywatograficzne wykonano przy pomocy derywatografu systemu Paulik.Paulik.Erdey, przyjmując czas ogrzewania 100 minut przy temperaturach nagrzewania od $+20^{\circ}\text{C}$ do $+1000^{\circ}\text{C}$ i szybkości nagrzewania $10^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$. Masa próbek wynosiła około 0,25 g. Rejestrowano krzywe: termiczną różnicową DTA, termograwimetryczną TG, różnicową termograwimetryczną DTG. Czułość krzywych DTA wynosiła $1/5$, a DTG - $1/10$.
- Badania rentgenograficzne /XRD/ wykonano na półautomatycznym dyfraktometrze DRON-1, wg metodyki podanej w literaturze [4] na próbach:
 - naturalnych,
 - prażonych w $+550^{\circ}\text{C}$

- nasyconych glikolem etylenowym.
 - Badania elektromikroskopowe wykonano przy powiększeniu 24000 razy na mikroskopie elektronowym typu BS 242 D firmy Tesla.
- Celem dokładniejszego poznania właściwości fizyko-chemicznych i mineralogicznych iłu płoceńskiego przeprowadzono próbę testu sorpcyjnego WST/ wg metody podanej przez E.T. Steppkowską [16].

Do badań wytypowano dwie próbki iłu płoceńskiego z terenu miasta Bydgoszczy pobrane ze sztucznych odsłoneń wychodnych iłu :

- ił z Fordonu /IF/ - pobrano z dzielnicy Fordon, ze ściany wykopu położonego na terenie odkrywki Zakładów Ceramicznych. Pobrane próbki iłu wykazywały wilgotność naturalną w granicach $W_n = 23,5\%$, gęstość objętościową $\rho = 2050 \text{ /kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- ił z ulicy Kijowskiej - /IK/ - pobrano z dzielnicy Bartodzieje ze ściany wykopu fundamentowego pod biurowiec Przedsiębiorstwa Budownictwa Wodnego przy ulicy Kijowskiej. Oznaczona wilgotność naturalna wynosiła $W_n = 35,3\%$, a gęstość objętościowa iłu $\rho = 2040 \text{ /kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Głębokość pobrania prób gruntu wynosiła 3,2 - 4,5 m poniżej stropu iłu płoceńskiego. Badania prowadzono na sproszkowanym gruncie naturalnym frakcji $\phi < 0,10 \text{ mm}$.

Obok badań chemiczno-mineralogicznych wykonano oznaczenia niektórych cech fizycznych badanych gruntów wg ogólnie przyjętych w mechanice gruntów metod badawczych.

2.1. Charakterystyka badanego materiału

Podstawowe cechy wskaźnikowe badanych próbek oraz ich skład granulometryczny zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Właściwości fizyczne badanych gruntów

Materiał badawczy	ρ_s /kg·m ⁻³ /	Uziarnienie			W_L	W_P	W_S	Rodzaj gruntów wg PN-74/B-02480
		f_p	f_{π}	f_i				
/IF/	2720	12	40	48	70,45	17,49	13,25	I
/IK/	2779	3	22	75	106,65	30,25	18,53	I

3. WYNIKI BADAŃ

a-skład chemiczny

W tabeli 2 zestawiono wyniki badań i analizy chemicznej badanych próbek /próbki niepreparowane/.

Tabela 2

Skład chemiczny próbek - /%/

Próbka	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Straty praże- nia	Suma
IF	66,61	16,16	3,94	1,69	1,04	0,83	0,50	9,17	99,94
IK	68,40	15,62	4,00	2,17	1,20	0,91	0,43	6,90	99,63

Znaczna zawartość SiO₂ może wynikać z domieszek drobnodispersyjnego kwarcu, bądź bezpostaciowej krzemionki. Zawartość K₂O wskazuje na obecność illitu.

b- skład mineralny

3.1. Analiza termiczna

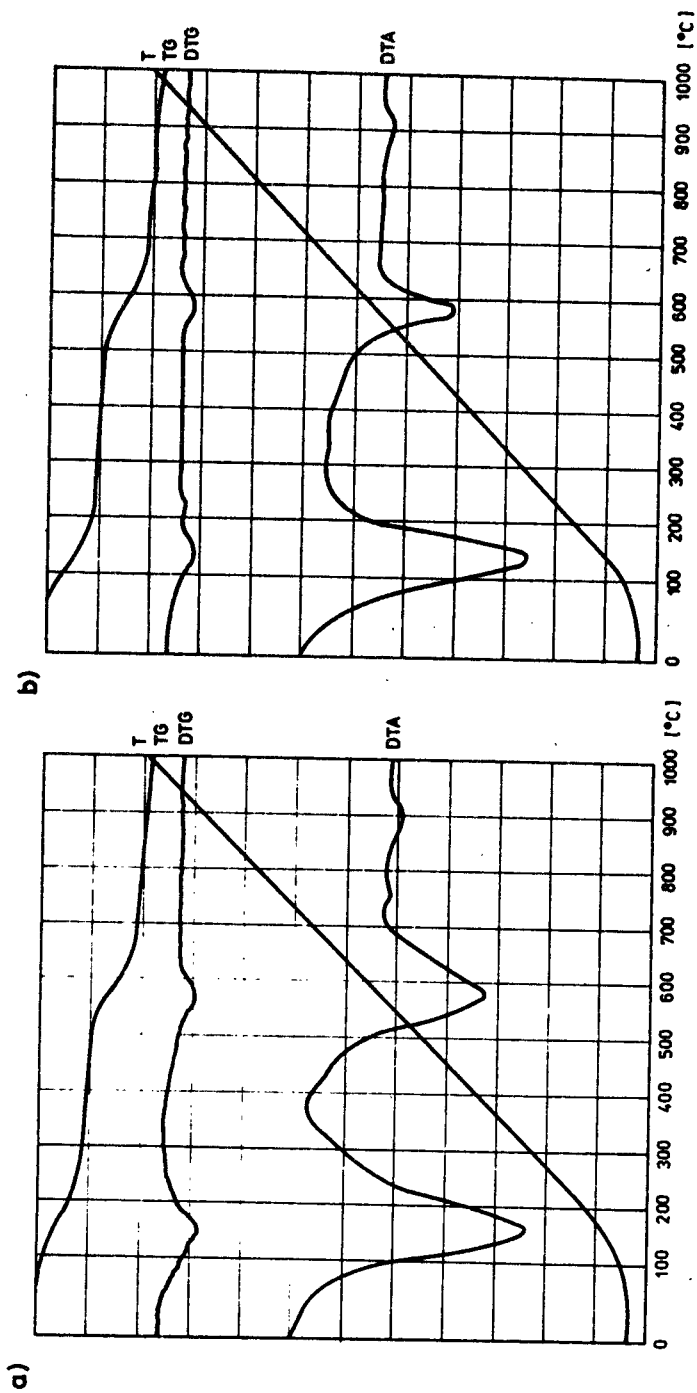
Derywatogramy badanych próbek przedstawiono na rys.1. Krzywe termicznej analizy różnicowej DTA wykazały trzy efekty endotermiczne w temperaturach 150°C, 580°C, 900°C, charakterystyczne dla minerałów grupy montmorillonitu. Krzywe TG wskazują na dwuetapową utratę masy, typową dla minerałów o budowie trójwarstwowej. Słaby efekt egzotermiczny w temperaturze 940°C odpowiada rekrystalizacji amorficznych produktów rozpadu minerałów kaolinitowych lub przekrystalizowania amorficznych produktów rozpadu illitu.

3.2. Badania rentgenograficzne

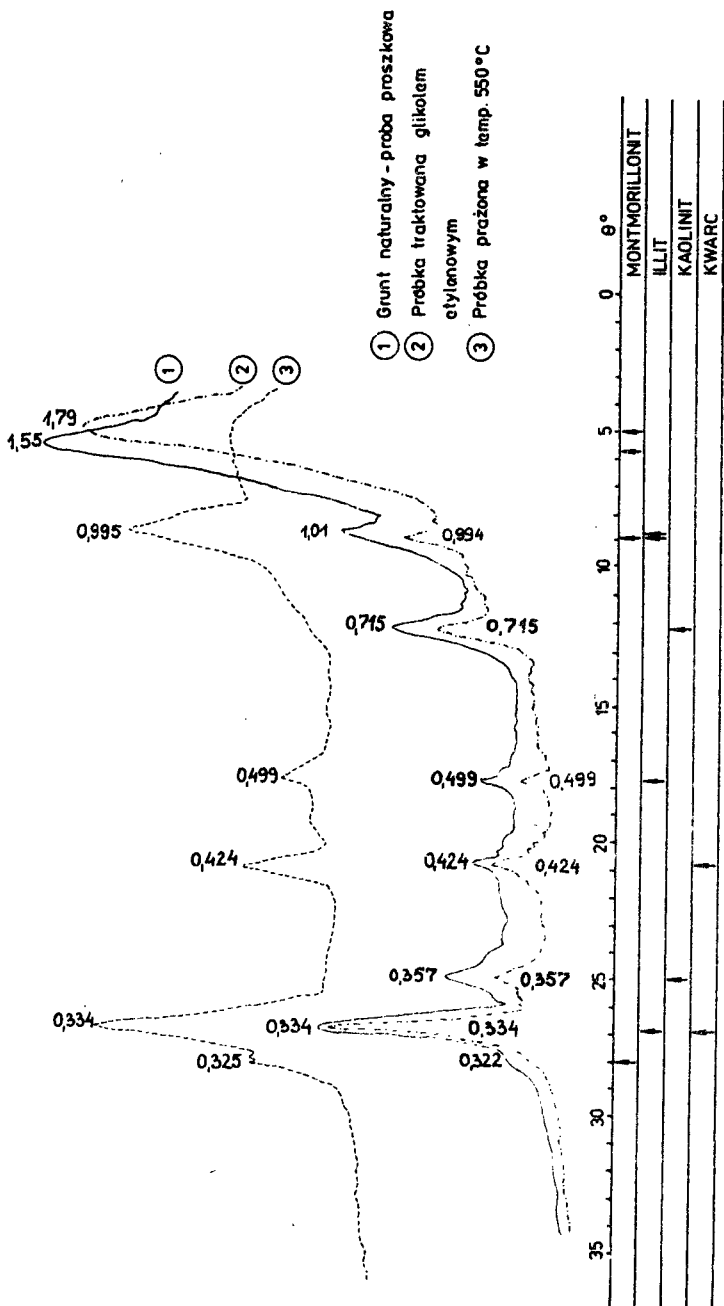
Dyfraktogramy próbek badanego iłu przedstawiają rys.2 i 3. Na podstawie analizy dyfraktogramów rentgenowskich stwierdzić można, że głównymi minerałami ilastymi wchodzącymi w skład iłu są montmorillonit /smektyt/, illit, kaolinit, a z minerałów nie ilastych kwarc.

3.3. Analiza elektromikroskopowa

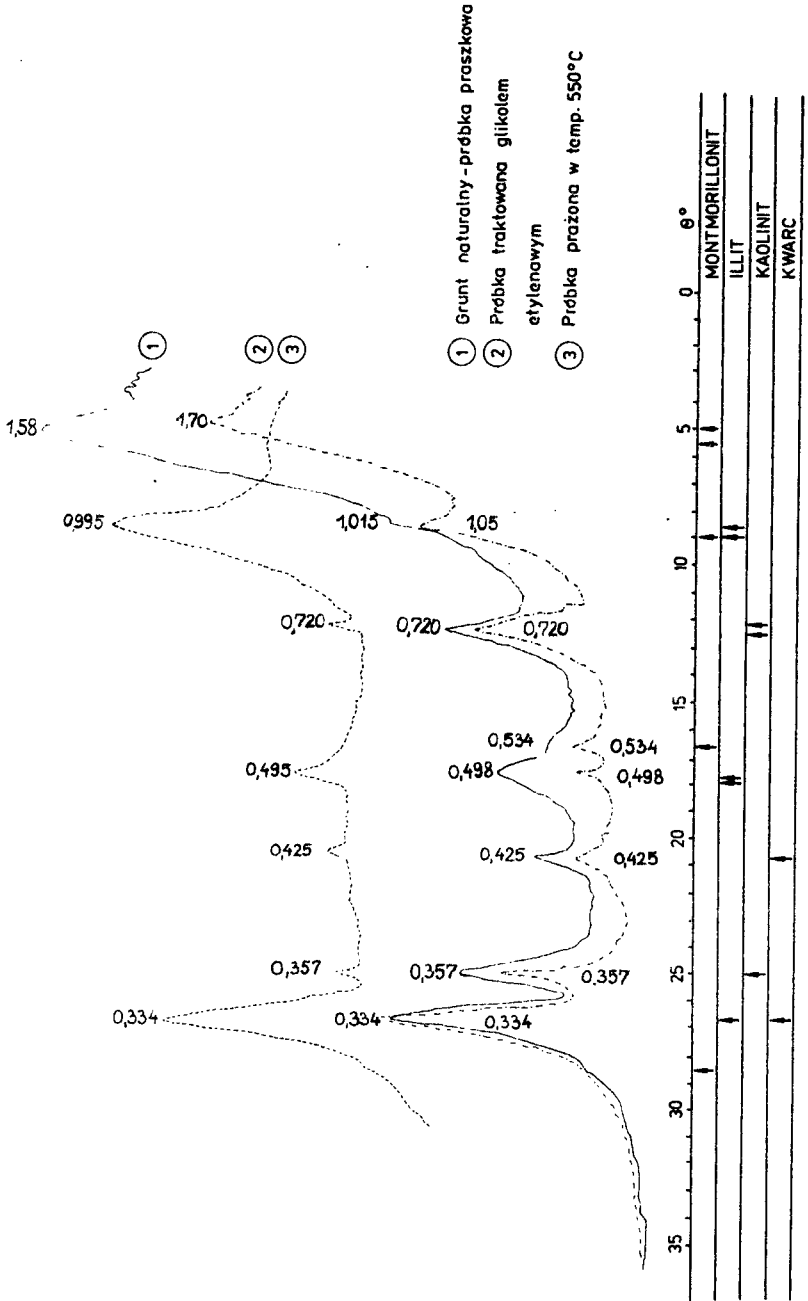
Rys. 4 i 5 przedstawiają zdjęcia badanych próbek wykonane przy powiększeniu 24000 razy. Widoczne są cząstki montmorillonitu o nieostrych konturach, "jednolite" szare tło, mające nieregularne kształty, nieprzeźroczyste lub półprzeźroczyste.



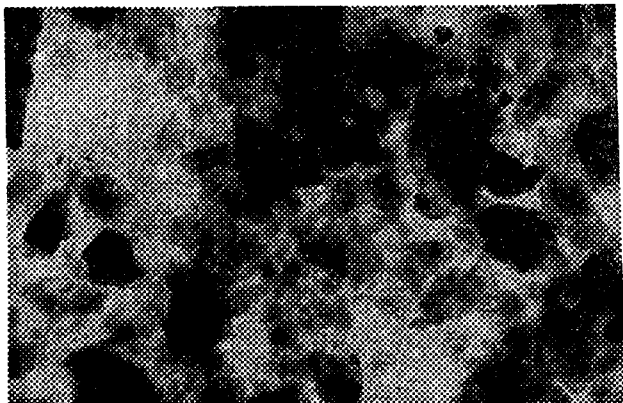
Rys. 1.1. Derywatogramy
 a- 11 - 1K
 b- 11 - 1F



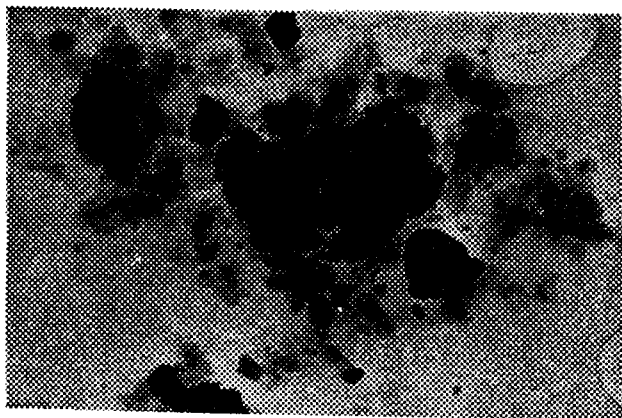
Rys. 2. Dyfraktoqramy iłu z Fordonu (IF)



Rys. 3. Dyfraktogramy iżu z ulicy Kijowskiej (Ik)



Rys.4. Ił - IF. Powiększenie x 24 000



Rys.5. Ił - IK. Powiększenie x 24 000

3.4. Test sorpcyjny

Rezultaty testu sorpcyjnego zestawiono w tabelach 3 i 4.

Tabela 3

Oznaczenie wody związanej z fazą krystaliczną

Próbka	$\frac{w_a}{w_m}$ przy $P/P_0 = \text{‰}$		
	0,05	0,95	1,0
IF	$\frac{3,72}{4,58}$	$\frac{9,28}{9,16}$	$\frac{11,01}{11,95}$
IK	$\frac{7,80}{8,55}$	$\frac{15,84}{16,10}$	$\frac{23,53}{24,38}$

Zestawione w tabeli 3 oznaczenia dotyczą wody związanej z fazą krystaliczną przy różnych prężnościach pary wodnej $\frac{P}{P_0}$ względem masy suchej w 105°C / w_a / i 200°C / w_m /.

Tabela 4

Wyniki testu sorpcyjnego badanych próbek naturalnych

1	Grunt	
	IF	IK
	2	3
$S/m^2 \cdot g^{-1}$ zewnętrzna powierzchnia właściwa	53,61	92,66
$S - S/m^2 \cdot g^{-1}$ powierzchnia właściwa międzypakietowa	268,06	463,32
$S/m^2 \cdot g^{-1}$ powierzchnia właściwa całkowita	321,67	555,98
$M/\%$ zawartość montmorillonitu i wermikulitu	36,37	66,44
δ/nm średnia grubość cząstki w stanie wysuszonym	20,43	14,47
$CEC /mwal \cdot g^{-1}$ pojemność wymiany jonowej	0,54	0,94
$O \cdot M/\%$ zawartość substancji organicznej	1,65	3,41
$\Delta G/\%$	2,68	4,21
$Kl /\%$ zawartość kaolinitu	-	-
$Q /\%$ zawartość kwarcu	40,40	6,44

Przedstawione w tabelach 3 i 4. wyniki testu sorpcyjnego badanych próbek iłu pliczeńskiego wskazują na wysoką zawartość wody związanej z fazą krystaliczną. Oszacowane powierzchnie właściwe wskazują na znaczny udział montmorillonitu w ile IK oraz w mniejszym stopniu w IF.

4. PODSUMOWANIE

Badania właściwości chemiczno-mineralogicznych iłu pliczeńskiego z Bydgoszczy oraz analiza otrzymanych rezultatów pozwalają stwierdzić, że ił IF podobnie jak IK są gruntami montmorillonitowymi zawierającymi do-

mieszki kaolinitu, illitu oraz kwarcu. Trudno jednak przesądzić o przewadze illitu nad kaolinitem. Z przeprowadzonych badań identyfikacyjnych wynika że mimo różnych właściwości fizycznych badanych próbek iłu pliczeńskiego mają one zbliżony skład chemiczny i mineralogiczny o dominującym udziale minerałów grupy montmorillonitu. Nie odbiegający zasadniczo od genetycznie podobnych iłów pliczeńskich z innych regionów Polski. Wyższa zawartość montmorillonitu w ile IK w wyraźny sposób zwiększyła stopień dyspersji frakcji iłowej, jak również wartość granic Atterberga, wskaźnika plastyczności, pojemności wymiennej i powierzchni właściwej w porównaniu do iłu IF.

Należy uznać, że przy badaniu składu mineralnego iłu pliczeńskiego istotnym jest element ilościowego oznaczenia minerałów ilastych.

Uogólnienie spostrzeżeń co do właściwości chemiczno-mineralogicznych iłu pliczeńskiego z Bydgoszczy wymaga jednak dalszych systematycznych badań na bogatym materiale gruntowym, które mogą zapobiec wielu kłopotom w eksploatacji obiektów budowlanych, jak i przy ich projektowaniu.

LITERATURA

- [1] Arinuszka E.W.: Rukovodstvo po chimiczeskom analizu poczv. Moskva 1962
- [2] Fortunat W.: Własności fizyczne i zagadnienia klasyfikacji iłów. Biul. I. Geolog. 163 1960
- [3] Fortunat W.: Charakterystyczne cechy fizyczne trzeciorzędowych iłów Warszawy, Bydgoszczy, Tarnobrzega. Biul. I. Geolog. 163 1960
- [4] Kulesza-Wiewiórowa K.: Badania składu mineralnego metodą rentgenostrukturalną. W pracy "Met. badań gruntów spoistych" - praca zbiorowa. Wyd. Geolog. Warszawa 1975
- [5] Langer-Kuźniarowa A.: Termogramy minerałów ilastych. Wyd. Geolog. Warszawa 1967
- [6] Meissner K.: Własności geologiczno-inżynierskie iłów poznańskich rejonu Konina. Biul. Geolog. 231 1970
- [7] Metody badań gruntów spoistych. - Praca zbiorowa pod redakcją B. Grabowskiej-Olszewskiej. Wyd. Geolog. Warszawa 1980
- [8] Młynarek Z. i inni: Wytrzymałość na ściskanie iłu poznańskiego z powierzchniami osłabienia. Mat. Konf. Geotechnika w Wielkopolsce - Poznań 1978
- [9] Myślińska E.: Przewodnik do ćwiczeń z gruntoznawstwa. Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa 1979
- [10] Myślińska E. Szyszło D.: Pracownia chemii gruntów i wody. Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa 1964
- [11] Najder J., Werno M.: The effect of climatic fluctuations on displacement of buildings founded on plicene clays. Stavebnicki Casopis SAV XVI Bratysława 1968

- [12] Najder J., Werno M.: Protection of buildings on expansive clays. Third Int. Conf. on Expansive Soils Haifa Israel 1973
- [13] Orzechowski J., Kostrzewski W.: Cechy fizyko-mechaniczne oraz skład mineralogiczny i chemiczny iłów pliocenских. ZN Polit. Poznańskiej Budownictwo nr 6, 1964
- [14] Piotrowski M.: Badania geologiczno-inżynierskie nad przyczyną pękania budynków w Bydgoszczy. Instytut Geologiczny, Warszawa 1956
- [15] Seed B., Woodward R., Lundgren R.: Clay mineralogical Aspects of the Atterberg Limits. J. of the Soil Mechanics and Found. Div Sm-4 1964, s.107
- [16] Stępkowska E.T.: Test sorpcyjny i możliwości jego zastosowania w różnych badaniach. Archiwum Hydrotechniki T. XXIV z.3. 1977
- [17] Stoch L.: Minerale ilaste. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1974
- [18] Werno M. Najder J.: Measurement of the volumetric change zone in clay layer in situ. Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae. Tomus 64/1-4/1968

CHEMICAL AND MINERALOGICAL PROPERTIES OF BYDGOSZCZ PLIOCENE CLAYS

Summary

The paper gives investigation results of chemical and mineralogical properties of the pliocene clays samples taken from the Bydgoszcz area.

The investigations were conducted by the following methods:

- differential thermal analysis,
- X-ray diffraction,
- electron microscopy,
- water sorption test,
- chemical.

The investigation depicted that the samples of clays were composed of montmorillonite plus a little kaolinite and illite. This characteristics of the clays is the same despite the difference in physical properties.

ХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛИОЦЕНЬСКИХ ГЛИН БЫДГОЩИ

Резюме

В работе приведены результаты исследований химического и минерального состава плиоценьских глин Быдгощи на примере двух выбранных проб определенных по методам:

- термографический
- рентгеновский
- электронной микроскопии
- сорпционного теста
- химический.

Исследования показали, что характер исследованных глин Быдгощи прежде всего монтмориллонитовый с небольшой примесью каолинита и иллита. Несмотря на разницу физических свойств исследованных проб минералогический характер ила похож.

Maciej Kordian Kumor

PRZEMARZANIE IŁU PŁIOCENSKIEGO Z BYDGOSZCZY W WARUNKACH LABORATORYJNYCH

W pracy przedstawiono rezultaty badań przemarzania iłu płoceńskiego w zmiennych warunkach zamarzania w otwartym systemie gruntowodnym. Badania przeprowadzono dla dwóch rodzajów iłu płoceńskiego z Bydgoszczy, różniących się między sobą właściwościami fizyko-chemicznymi, w następujących warunkach: temperatury zamarzania $\theta = -20^{\circ}\text{C}; -5^{\circ}\text{C}; -0,5^{\circ}\text{C}$ i cyklach zamarzania-odmarzania $f=1; 2; 3; 4$.

Rezultaty badań pozwalają na polecenie metody w badaniach przemarzania dla eksperymentów podobnego typu.

1. WSTĘP

Czynnikiem klimatycznym szczególnie niekorzystnie działającym na podłoże gruntowe jest mróz i związane z nim efekty wpływu temperatur ujemnych na poszczególne fazy gruntu.

Konieczność przeciwdziałania negatywnym zjawiskom stała się powodem, że problem przemarzania ośrodka gruntowego i właściwości gruntów zamarzających są przedmiotem badań, jak też i praktycznej myśli inżynierskiej.

W naszej strefie klimatycznej efekty przemarzania gruntów mają szczególne znaczenie przy rozpatrywaniu sztywności nawierzchni drogowych i lotnisk, stateczności tam ziemnych wałów przeciwpowodziowych, grobli, nabrzeży, murów oporowych i zbroczy. Znane są liczne przykłady awarii obiektów spowodowanych destrukcyjnym działaniem mrozu na podłoże budowlane, również praktyka budowlana notuje przypadki pozostawiania niezabezpieczonych wykopów fundamentowych przez okres jesienno-zimowy [5,6].

Informacje o wpływie efektów przemarzania na podłoże gruntowe są jak dotąd skromne. Wagę problemu podkreślano na wielu konferencjach naukowych, zarówno w aspekcie praktycznym jak i teoretycznym, między innymi na III Międzynarodowej Konferencji Geokryologii w Edmonton 1978, czy też II Międzynarodowym Sympozjum w Trondheim 1980 r.

Zamarzanie ośrodka gruntowego jest w zasadzie procesem zamarzania zawartej w nim wody, podczas ustalania równowagi cieplnej przez wszystkie fazy układu gruntowego.

Do chwili obecnej nie jest ściśle i do końca rozwiązany pod względem teoretycznym proces zamarzania ośrodka gruntowego. Wiąże się to z faktem występowania w gruncie zamarzającym kilku faz o różnych właściwościach z

punktu widzenia termodynamiki:

- stała, szkielet gruntowy,
- plastyczna, lód,
- ciekła, nie zamrznięta woda,
- gazowa, para wodna i gazy.

Dodatkowymi trudnościami jest istnienie różnych postaci wody pozostającej w równowadze dynamicznej, zależnej od właściwości gruntu oraz temperatur, czasu zamarzania i modyfikacji powstającego lodu [2,13]. Dlatego też, pełne rozwiązanie problemów wpływu efektów zamarzania na właściwości gruntów z konieczności musi być rozwiązywane etapami, zmierzającymi do uogólnień i wniosków.

Dotychczasowe badania nad przemarzaniem gruntów charakteryzują się dążeniem do poznania głównie czynników fizyko-chemicznych w kształtowaniu wybranych cech gruntów. Badania dotyczą w większości określonych gruntów spoistych [9,10], względnie gruntów charakteryzujących się znaczną wrażliwością na przemarzanie [1,13,14]. W badaniach nie ujmuje się jednak wpływu efektów działania temperatury i liczby cykli zamarzania na właściwości iłów pliczeńskich. Podkreśla się natomiast znaczenie temperatury zamarzania w kształtowaniu zmian parametrów geotechnicznych gruntów spoistych silnie zdyspergowanych.

Należy przy tym zwrócić uwagę, że tematyka ta jest podejmowana w kraju bardzo rzadko, co zmusza każdorazowo badaczy do opracowywania własnych oryginalnych metod.

2. METODYKA BADANIA PROCESU ZAMARZANIA

a. Kasety izolacyjnej

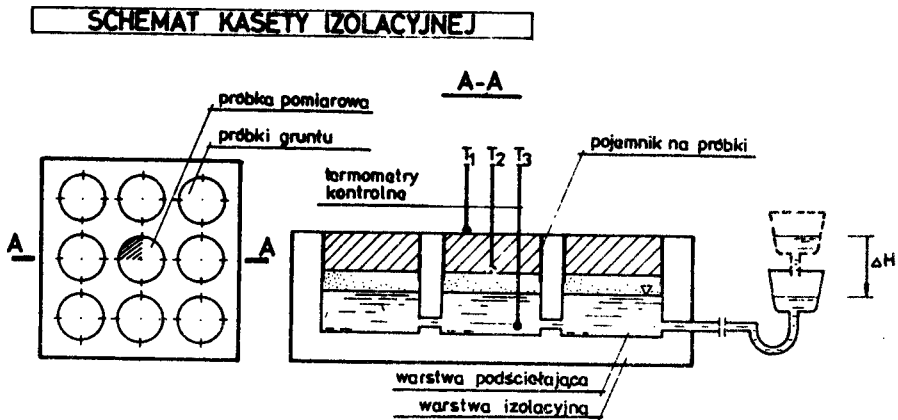
Prowadzenie obserwacji związanych z procesem zamarzania w warunkach laboratoryjnych nastrocza wielu problemów badawczych, szczególnie w odniesieniu do iłu trzeciorzędowego. Oprócz bowiem zachowania warunków zbliżonych do naturalnych, w których należy uzyskać swobodne podciąganie wody gruntowej do strefy przemarzania, prawie stały poziom jej zwierciadła i zapewnienie ściśle określonego kierunku przemarzania, dochodzą jeszcze wymiary badanych próbek gruntu, łatwość śledzenia zmian temperatury, swobodnego dostępu do prób itp.

W przypadku iłu pliczeńskiego z Bydgoszczy dodatkowymi trudnościami, których nie można uniknąć są: struktura gruntu, zaburzenia glacytektoniczne i chemiczno-mineralogiczne właściwości iłu [11]. Uzyskane dotychczas rezultaty badań cech fizyko-mechanicznych iłu wykazują bowiem znaczne rozrzuty wokół wartości średniej, nawet w przypadkach oceny parametrów prób pobranych w terenie z dwóch niezbyt odległych punktów.

Szczegółowe badania dotyczące wymiarów próbek, wielkości kasety izolacyjnej oraz tzw. "jack effect", były przedmiotem zainteresowań Beskova, Winna, Ruckli, Keinonena, w kraju znane są prace K.Pietrzyka [9,10], Z.Wojtowicza [14], K.Skarżyńskiej [13].

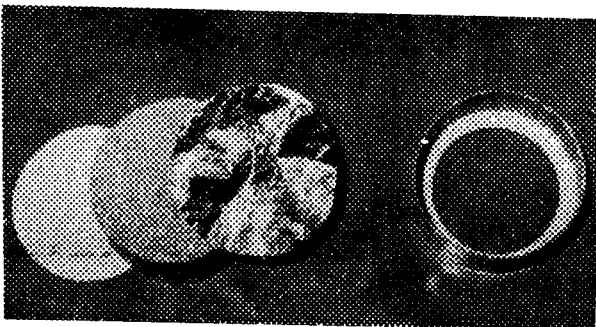
Potrzeby wynikające z badania cech fizyko-mechanicznych iłu plicieńskiego z Bydgoszczy w zmiennych warunkach zamarzania [4] skłoniły do opracowania konstrukcji i wykonania odpowiedniej kasety izolacyjnej, która zapewniałaby stymulację warunków gruntowo-wodnych odpowiadających wysokiemu poziomowi wód gruntowych, przy jednoczesnym podciąganiu wody kapilarnej od spodu próbki i pozwalałaby na traktowanie zamarzanych próbek jako całości. Stan taki, zbliżony jest do występującego w warunkach naturalnych, np. przy budowie dróg i tras komunikacyjnych.

Do badania procesu zamarzania i odmarzania próbek iłu plicieńskiego wykorzystano kasety izolacyjną /rys.1/, zbudowaną ze styropianu wzmocnio-



Rys.1. Schemat kasety izolacyjnej

nego na zewnątrz płytą paździerzową. W kasecie znajdowało się dziewięć komór, stanowiących połączony i otwarty system hydrauliczny, dający możliwość regulowania poziomu wody w warstwie podścielającej, jednocześnie we wszystkich komorach. Wewnętrzne ściany komory powleczono warstwą epi - dianu - 53 w celu zabezpieczenia przed przenikaniem wody do warstwy izo - lującej. W każdej komorze osadzono pojemniki winidurowe wypełnione odpo - wiednio przygotowanymi do badań próbkami iłu /rys.2/. Średnica próbek iłu

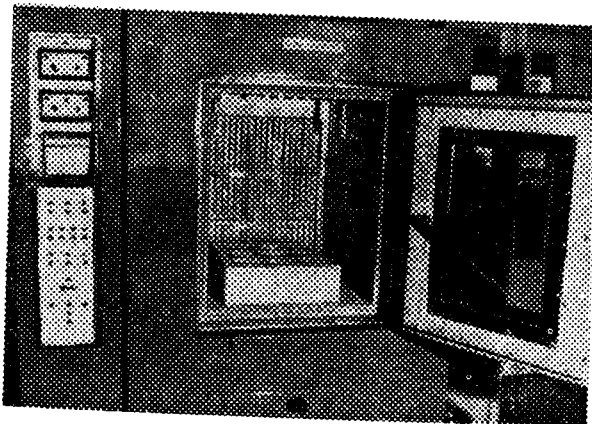


Rys.2. Pojemnik i próbka iłu przed badaniem zamarzania

wynosiła 90 mm, wysokość 42 mm. W dnie każdego pojemnika zakładano filtr, który oddzielał próbkę od warstwy piasku pylastego odpowiednio zagęszczonego i nawodnionego. Zastosowana izolacja boczna kasety, o małym współczynniku przewodności cieplnej powodowała, że kierunek zamrażania był pionowy, od zewnętrznej powierzchni próbki w dół.

b. Komora chłodnicza

Podstawową część urządzeń badawczych, związanych z zamrażaniem gruntów stanowiła hermetyczna komora chłodnicza typu KBK-250/40 prod. Zelmed Warszawa /rys.3/. Komora ta pozwala na dowolne programowanie różnych



Rys.3. Komora chłodnicza KBK-250/40 z umieszczoną wewnątrz kasetą izolacyjną

standardowych klimatów w zakresie temperatur $-40 \div + 80^{\circ}\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza 15 - 100%. W całej objętości komory utrzymywana jest jednakowa temperatura i wilgotność przy pomocy wentylatora. Prostokątny wziernik z wycieraczką umożliwia bieżącą obserwację zjawisk zachodzących wewnątrz komory.

c. Pomiar temperatury

Do pomiaru temperatury zamrażania wykorzystano rejestrator KR-1 komory chłodniczej KBK-250/40 oraz pomiary temperatury jakie prowadzono za pomocą termometrów kontaktowych, umieszczonych wewnątrz komory roboczej. Termometry zamontowano na trzech wysokościach komory oraz w jednej z prób gruntu /rys.1/. Termometry kontaktowe umieszczono w badanej próbce gruntu: na powierzchni badanej próbki, na kontakcie z warstwą podścieła - jącą oraz przy dnie kasety izolacyjnej. Rejestracji zmian temperatury dokonywano na rejestratorze KR-1 w sposób ciągły, a na termometrach odczytując wskazania w ustalonych odstępach czasu.

d. Materiał i warunki badania

Do badań wytypowano dwa ily pliczeńskie z terenu miasta Bydgoszczy pobrane ze sztucznych odsłoneń wychodnych iłu.

- ił z Fordonu - IF - pobrano w dzielnicy Fordon, ze ściany wykopu położonego na terenie odkrywki Zakładów Ceramicznych. Pobrane próbki iłu wykazywały wilgotność naturalną w granicach $W_n = 23,5\%$, gęstość objętościową $\rho = 2050 / \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- ił z ulicy Kijowskiej - IK - pobrano z dzielnicy Bartodzieje ze ściany wykopu fundamentowego pod biurowiec Przedsiębiorstwa Budownictwa Wodnego przy ulicy Kijowskiej. Oznaczona wilgotność naturalna wynosiła $W_n = 35,3\%$, a gęstość objętościowa iłu $\rho = 2040 / \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Głębokość pobrania prób gruntu wynosiła 3,2 - 4,5 m poniżej stropu iłu pliczeńskiego.

Przeprowadzone szczegółowe badania chemiczno-mineralogiczne pozwoliły określić charakter mineralogiczny badanych prób iłu.

- ił IF - określono jako montmorillonitowy z domieszką kaolinitu i illitu oraz kwarcu;
- ił IK - zaliczono do iłów montmorillonitowych o nieznaczących domieszkach kaolinitu i illitu.

Badania przeprowadzono na gruntach homogenizowanych, za które uznano odpowiednio przygotowane niekonsolidowane pasty iłu naturalnego IF i IK. Miało to na celu otrzymanie prostych i jednoznacznych zależności oraz sprowadzenie do minimum liczby zmiennych parametrów. Dokładny opis przygotowania próbek iłu do badań zawiera praca [4].

Próbki gruntu poddano zamarzaniu w trzech temperaturach $\theta = -20^{\circ}\text{C}$; -5°C ; $-0,5^{\circ}\text{C}$; przyjmując czas zamarzania $t_z = 48$ godzin i czas odmarzania $t_o = 48$ godzin. W każdej z przyjętych temperatur zamarzania ił IF i IK poddawano cyklicznemu zamarzaniu i odmarzaniu $f = 1, 2, 3, 4$. Oznaczenia cech fizycznych dokonano po upływie przyjętego czasu odmarzania. W badaniach określono temperaturę otoczenia zamarzających próbek, czas osiągnięcia temperatury 0°C w próbkach, zmiany wilgotności iłu w wyniku procesu przemarzania.

3. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Przy pomiarach temperatury otoczenia prób w procesie zamarzania należy zwrócić uwagę na niestabilność pracy komory chłodniczej w granicach błędu $\Delta\theta = \pm 1^{\circ}\text{C}$. Z tego względu, temperaturę otoczenia podano jako wyśredkowaną odczytów z termometrów kontaktowych i rejestratora komory chłodniczej.

W tabeli 1 zestawiono średnie temperatury dla badanych prób iłu w kolejnych cyklach zamarzania.

Tabela 1
Średnie temperatury otoczenia próbek zamarzających iłu -/°C/

Rodzaj iłu	Temperatura zakładana	Liczba cykli			
		1	2	3	4
IF	-20,0	-20,2	-20,1	-20,1	-20,3
	- 5,0	- 5,0	- 5,0	- 5,1	- 5,0
	- 0,5	- 0,7	- 0,7	- 0,7	- 0,7
IK	-20,0	-19,8	-20,0	-20,1	-20,0
	- 5,0	- 5,1	- 5,0	- 5,0	- 5,0
	- 0,5	- 0,8	- 0,9	- 0,8	- 0,9

W tabeli 2 podano wyinterpolowane czasy osiągnięcia temperatury 0°C na kontakcie badanej próbki z warstwą podściągającą w przyjętych temperaturach badania.

Tabela 2
Czas wystąpienia temperatury 0°C w badanych próbkach iłu -/min/

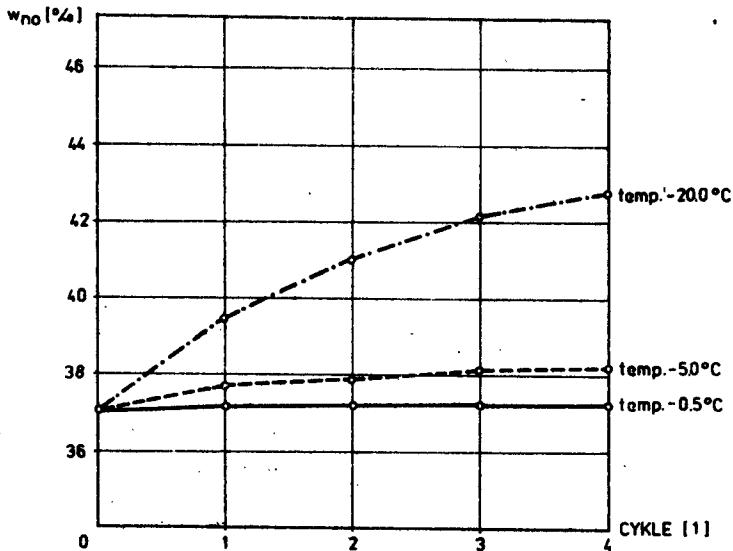
Rodzaj iłu	Temperatura założona °C	Liczba cykli			
		1	2	3	4
IF	-20,0	120	120	112	110
	- 5,0	305	300	300	295
	- 5,0	485	490	480	480
IK	-20,0	120	120	115	108
	- 5,0	300	298	290	290
	- 0,5	510	512	508	500

Wystąpienie temperatury 0°C w gruncie nie jest równoznaczne z zamrożeniem próbki gruntowej, w której jeszcze nie cała woda porowa przechodzi w stan krystaliczny. W trakcie obserwacji procesu zamarzania próbek iłu płoceńskiego zauważono stosunkowo szybkie obniżanie się temperatury do ok. -4°C /temperatura przechodzenia wody/, następnie temperatura podnosiła się do około -1°C /efekt wydzielania się ciepła krystalizacji wody/, po czym następował równomierny spadek temperatury.

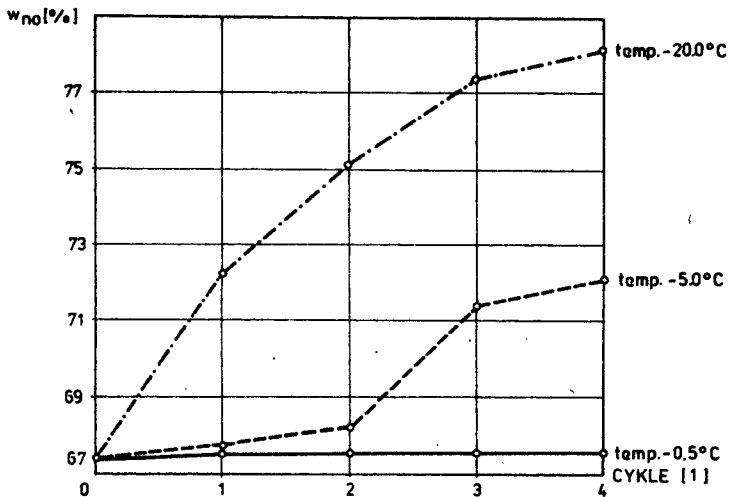
W zależności od rodzaju badanego iłu, temperatury otoczenia i kolejnego cyklu zamarzania, czas wystąpienia temperatury 0°C na spodzie próbki wahał się w granicach od 108 do 510 minut. Zauważyć można, że dla iłu IF i IK w temperaturze -0,5°C obserwuje się największe czasy niezależnie od kolejności cyklu, zaobserwowano również plastyczne odkształcanie się pod naciskiem, wskazujące na nieznaczny efekt zamarzania.

Przy temperaturze -20°C próbki zamarzają najszybciej w pierwszym cyklu /120 minut/ i czas zamarzania ulega nieznacznemu skróceniu w kolejnych cyklach, głównie dzięki zmianom strukturalno-teksturalnym zachodzącym w procesie cyklicznego zamarzania iżu pliczeńskiego.

W tabeli 3 przedstawiono rezultaty badań wilgotności próbek iżu pliczeńskiego IF i IK, wzrastającą w wyniku podciągania wody z nawodnionej warstwy podścielającej w kolejnych cyklach i przyjętych temperaturach badania.



Rys. 4. Zmiany wilgotności w zależności od temperatury i liczby cykli zamarzania dla iżu - IF



Rys. 5. Zmiany wilgotności w zależności od temperatury i liczby cykli zamarzania dla iżu - IK

Tabela 3
Wilgotność próbek iłu w założonych cyklach i temperaturach
zamarzania - /%/

Rodzaj iłu	Wilgotność początkowa	Liczba cykli				
		Tempe- ratura /°C/	1	2	3	4
IF	36,98	-20,0	39,44	40,99	42,19	42,82
		- 5,0	37,83	38,04	38,19	38,27
		- 0,5	37,22	37,26	37,27	37,27
IK	67,50	-20,0	72,40	75,19	77,58	78,17
		- 0,5	67,85	68,68	71,66	72,39
		- 0,5	67,74	67,78	67,80	67,87

Przedstawione w tabeli 3 i na rys.4, wyniki badania wilgotności w zależności od liczby cykli i temperatury zamarzania wskazują, że wilgotność iłu rośnie w kolejnych cyklach w porównaniu do początkowej, niezależnie od przyjętej temperatury zamarzania. Jednakże, w temperaturach $\Theta = -0,5^{\circ}\text{C}$ i $-5,0^{\circ}\text{C}$ zmiany wilgotności nie są praktycznie duże. Natomiast, istotne przyrosty wilgotności obserwuje się w temperaturze -20°C w miarę wzrostu liczby cykli zamarzania. Zauważyć można, że przyrosty wilgotności w kolejnych cyklach zamarzania stają się mniej intensywne, najwyraźniejsze obserwowano w pierwszych trzech kolejnych zamarzaniach.

Podobne w charakterze i przebiegu zjawiska obserwowano w wielu badaniach [8,9], jednakże charakter zjawisk przy przemarzaniu iłu pliczeńskiego z Bydgoszczy jest nieco odmienny. Obserwuje się bowiem stosunkowo wyraźnie zaznaczone efekty przechłodzenia, co dla gruntów silnie zdyspergowanych jest zjawiskiem nieoczywistym, mogącym wynikać z wpływu sił kapilarnych, bądź też dominacji procesu krystalizacji wody porowej nad przechłodzeniem i ochłodzeniem.

Obserwowany w trakcie badań przebieg procesu zamarzania oraz otrzymane rezultaty, wykazały pełną przydatność zaprojektowanej i wykonanej kasety izolacyjnej. Porównanie wyników badań z danymi literaturowymi opisującymi proces przemarzania gruntów w naturze, wskazuje na adekwatność przyjętego modelu i metody badania.

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania oraz analiza procesu zamarzania iłu pliczeńskiego z Bydgoszczy według przedstawionego sposobu, pozwalają na sprecyzowanie poniższych uogólnień.

Przebieg procesu zamarzania gruntów spoistych w celu identyfikacji cech fizyko-mechanicznych gruntów po rozmarznieniu, można z powodzeniem prowadzić w omówionej kasecie izolacyjnej, zabezpieczającej przebieg

procesu zamarzania zbliżony do naturalnego.

Rezultaty pomiarów temperatury gruntu wskazują, że w temperaturach bliskich 0°C , woda zawarta w porach iłu IF i IK zamarza w nieznacznym stopniu, niezależnie od liczby cykli zamarzania, dając efekt jak dla gruntu nie zamarzniętego /plastyczne odkształcenia/.

W wyniku przemarzania w niższych temperaturach /ok. -20°C / występują istotne zmiany strukturalne iłu, obserwuje się również, znaczące zmiany wilgotnościowe, wzrastające z liczbą cykli zamarzania.

Osobnym problemem wymagającym wnikliwych badań i analiz są obserwowane w trakcie przemarzania efekty przechodzenia wody porowej iłu płoceńskiego z Bydgoszczy.

Specyficzne właściwości iłu płoceńskiego z Bydgoszczy wskazują na konieczność prowadzenia badań z ciągłą rejestracją i pomiarem zmian temperatur zamarzania, szczególnie w zakresie temperatur przechodzenia wody porowej. Wymaga to pewnych modyfikacji kasety i metody badań.

Badania wykazały przydatność komory chłodniczej KBK-250/40 do symulacji założonych warunków termo-wilgotnościowych.

LITERATURA

- [1] Broms B.B. Yao L.Y.C.: Shear Strength of a Soil After Freezing and Thawing. I. of Soil Mech. and Found. Div. Proc. of the American X. of C. E. SM-4 Vol. 90 1964
- [2] Cytowicz N.A.: Niekatoryje obszczie voprosy metodiki issliedowanij fizyko-mechaniczieskich svojstw mierzlych gruntov. Mat. po lab. isslied. mierzlych gruntov. Iz. ANZSRR 1954
- [3] Keinonen L.S.: Moisture Movement in Soil Under Frost Action Proc. of the Sixth Int. Conf. on Soil Mech. and Foun. Eng. Montreal 1965
- [4] Kumor M.K.: Ścisliwość iłu płoceńskiego w zmiennych warunkach zamarzania. Praca doktorska. Politechnika Poznańska 1981
- [5] Matysiak A., Hajdukiewicz J., Kumor M., Zawalski A.: Awaria domu studenckiego posadwionego na gruncie ekspansywnym III Symrozjum Politechniki Szczecińskiej. Szczecin 1977
- [6] Matysiak A., Hajdukiewicz J., Kumor M., Zawalski A.: Posadwienie konstrukcji na ile płoceńskim naruszonym destrukcyjnym wpływem warunków atmosferycznych /okres jesień-zima-wiosna/ maszynopis IBL Bydgoszcz 1979
- [7] Materiały po laboratorynym issliedowaniju mierzlych gruntov. Iz. ANZSRR Moskwa 1954
- [8] Nersesova Z.A.: Instruktiunyje ukazanija po opriedieleniju koliczies-twa niezamierzszej wody i lda v mierzlych gruntach. Izd. AN ZSRR 1954
- [9] Pietrzyk K.: Wpływ uziarnienia gruntu na jego wysadzinowość w świetle badań laboratoryjnych. Praca doktorska. Politechnika Krakowska 1964
- [10] Pietrzyk K.: Analiza wpływu niektórych czynników na pęcznienie przezmarzającego podłoża na podstawie badań laboratoryjnych. ZN Politechniki Krakowskiej. Budownictwo Wodne nr 15 1968

- [11] Piotrowski M.: Badania geologiczno-inżynierskie nad przyczyną pękania budynków w Bydgoszczy. Instytut Geologiczny, Warszawa 1956
- [12] Ruckli R.: Der Frost im Baugrund. Wien. Springer Verlag 1950
- [13] Skarżyńska K.: Wpływ procesu zamarzania na niektóre właściwości fizyko-mechaniczne gruntów spoistych. ZN WSR Rozprawy 18 Kraków 1969
- [14] Wojtowicz Z.: Próba określenia wpływu obciążenia gruntu na jego wysadzinowość. Praca doktorska. Politechnika Krakowska 1966

FROST ACTION IN BYDGOSZCZ Pliocene CLAYS UNDER LABORATORY CONDITIONS

Summary

The paper presents investigation results of the frost action in Bydgoszcz pliocene clays under variable freezing conditions in open water - ground system. The investigations were conducted for the two kinds of clays /IF and IK/ at the freezing temperatures $Q = -20^{\circ}\text{C}; -5^{\circ}\text{C}; -0,5^{\circ}\text{C}$, and freezing-thawing cycles $f = 1, 2, 3, 4$.

The investigation results enable to recommend the method for freezing tests in experiments of a similar type.

ПРОМЕРЗАНИЕ ПЛИОЦЕНЬСКИХ ГЛИН ИЗ БЫДГОЩИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Резюме

В работе представлены результаты исследований плиоценьских глин в изменяющихся условиях заморзания в открытой водной системе. Исследования были проведены для двух родов плиоценьских глин в Быдгоще, отличающихся друг от друга физико-химическими свойствами в следующих условиях:

температуры заморзания $0 = -20^{\circ}\text{C}; -5^{\circ}\text{C}; -0,5^{\circ}\text{C}$

циклы заморзания-оттаивания $f = 1; 2; 3; 4$

Результаты исследований позволяют рекомендовать методы в исследованиях заморзания для экспериментов подобного типа.

Jan Klugiewicz

DYNAMIKA UWILGOTNIENIA GRUNTU NA TŁE CZYNNIKÓW ATMOSFERYCZNYCH

W artykule podano metodykę badań i niektóre właściwości fizyczne i wodne badanego gruntu w rejonie stacji opadowej IMiGW Szczecin-Lotnisko. Przedstawiono w przedziałach dobowych dynamikę uwilgotnienia strefy aeracji oraz stanów wód gruntowych i powierzchniowych na tle opadów atmosferycznych oraz temperatur powietrza i gruntu na różnych głębokościach. Na wzrost uwilgotnienia i stanów zwierciadła wody w gruncie miały dominujący wpływ wyższe opady deszczu, a na spadek - parowanie terenowe.

1. WSTĘP

Znajomość dynamiki uwilgotnienia nienasyconej strefy /aeracji/ profilu gruntowego pomocna jest przy analizie wielu problemów technicznych i przyrodniczych w działalności naukowo-badawczej oraz gospodarczej. Dotychczasowe badania nad dynamiką uwilgotnienia gruntu realizowane były w zbyt ograniczonym zakresie /przestrzeni i czasu/, w porównaniu np. do opadów, które w Polsce mierzone są w około 3 tys. stacjach, a ciągi obserwacyjne sięgają 100 lat. Niekorzystnie wpływa na rozszerzenie zakresu duża pracochłonność badań wilgotnościowych prowadzonych tradycyjnymi metodami. Można jednak zaobserwować, że od drugiej połowy bieżącego wieku istnieją wyraźne tendencje podejmowania badań nad uwilgotnieniem gruntu. Owidacznia się to w programach badań specjalnych Międzynarodowej Dekady Hydrologicznej, w których sformułowano temat "Dynamika wilgotności gleby pod wpływem stosunków meteorologicznych". Ponadto prace nad uwilgotnieniem gleb prowadzone są w instytutach naukowo-badawczych i uczelniach, a także w niektórych biurach projektów, najczęściej przy badaniach naturalnej i kierowanej gospodarki wodnej.

Dynamika uwilgotnienia strefy aeracji była ilustrowana w piśmiennictwie polskim i obcym za pomocą chronozopleatów, które wyznaczano tradycyjnym sposobem, polegającym na interpolacji liniowej izolunii między punktami. Naniesionym w układ współrzędnych /h-głębokość, t-czas/ punktom przypisana była wilgotność, wyznaczona metodą suszarkowo-wagową na próbach gruntu pobranych najczęściej z odkrywek. Duża pracochłonność i czasochłonność badań oraz konieczność dysponowania sporym obszarem na wykonywanie odkrywek nie umożliwiały częstych pomiarów. Z powyższych powodów punkty w układzie współrzędnych, zwłaszcza wzdłuż osi t były zbyt oddalone,

co powodowało, że wyznaczone chronoizoplety nie reprezentowały faktycznych zmian uwilgotnienia strefy aeracji profilu gruntu np. pod wpływem opadów atmosferycznych, temperatury, działania systemu melioracyjnego itp.

W 1970 r. autor [2] opracował metodę dokładniejszego wyznaczania chronoizopleatów w porównaniu z tradycyjnie stosowanymi sposobami.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie w przedziałach dobowych dynamiki uwilgotnienia strefy aeracji gruntu na tle przebiegu opadów atmosferycznych, temperatury powietrza i gruntu oraz stanów wód gruntowych i powierzchniowych w rejonie stacji meteorologicznej IMiGW Szczecin-Lotnisko położonej nad jeziorem Dąbie.

2. METODYKA BADAŃ

Przed rozpoczęciem systematycznych badań wykonano kilka serii pomiarów wahań stanów zwierciadła wód gruntowych i wilgotności strefy aeracji w celu wstępnego określenia ich amplitudy. Uzyskane wyniki pomocne były przy instalowaniu tensjometrów i piezometru oraz ustaleniu terminów pomiarów dostosowanych do standardowych obserwacji stacji Szczecin - Lotnisko /byłego PIEM, obecnie IMiGW/.

Zakres dodatkowych prac obejmował:

1. Pomiary sytuacyjno-wysokościowe.
2. Instalowanie przyrządów pomiarowych oraz ich skalowanie.
3. Pomiary stanów zwierciadła wód gruntowych.
4. Pomiary potencjału kapilarnego /siły ssącej/ gruntu.
5. Badania wilgotności aktualnej i pojemności pełnej gruntu.
6. Badania ciężaru właściwego i objętościowego gruntu.
7. Badania zawartości substancji organicznej w gruncie.
8. Badania uziarnienia gruntu.
9. Badania maksymalnej higroskopijności gruntu.
10. Kameralne opracowanie wyników.

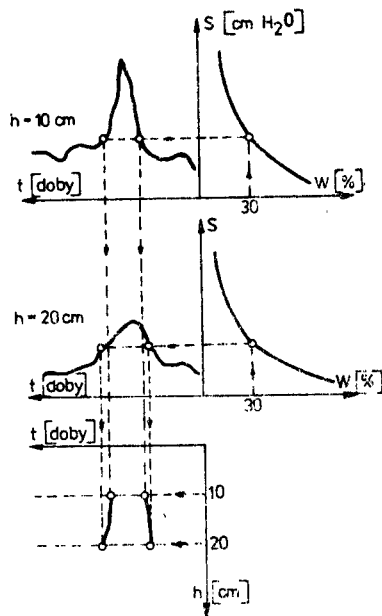
Pomiary niwelacyjne wykonano dla właściwego usytuowania wysokościowego przyrządów pomiarowych. Stany zwierciadła wody w studziencie mierzono codziennie o godz. 7⁰⁰, 13⁰⁰ i 21⁰⁰. W tych terminach /a okresowo co 1 godzinę/ dokonywano odczytów wielkości siły ssącej na tensjometrach [3]. Mikroporowate sączki tensjometrów umieszczone były w gruncie na dziesięciu poziomach w odstępach decymetrowych. Do głębokości 40 cm w każdym poziomie zainstalowano po trzy sztuki, a głębiej po dwie. Rozmieszczenie sytuacyjno-wysokościowe sączków tensjometrów ustalono według losowania. Okresowo przy charakterystycznych stanach zwierciadła wody gruntowej i wielkościach siły ssącej pobierano na danej głębokości co najmniej 3 próbki gruntu o naturalnej strukturze i wilgotności, w celu wyskalowania tensjometrów, tj. znalezienia zależności $W = f(s)$.

Laboratoryjnie oznaczono:

- wilgotność aktualną i pełną oraz ciężar objętościowy /metodą suszarkowo-wagową/,

- ciężar właściwy /metodą piknometryczną/,
- zawartość substancji organicznej /metodą spalania w temp. 550°C/,
- uziarnienie /metodą sitową i metodą Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego/,
- maksymalną higroskopijność /metodą Nikolajewa/.

Opracowana [2] graficzna metoda wyznaczania chronoizopletów polega na odpowiednim rozmieszczeniu trzech układów współrzędnych i na prostokątnym rzutowaniu /rys.1/. W pierwszym układzie współrzędnych, w których oś



Rys.1. Schemat wyznaczania chronoizopletów uwilgotnienia strefy aeracji gruntu

rzędnych stanowi siła ssąca (S), a oś odciętych wilgotność gruntu (W) wyznacza się krzywą zależności między tymi elementami dla poszczególnych głębokości (h). W drugim układzie, w którym oś rzędnych stanowi siła ssąca (S), a oś odciętych czas (t) nanoszone są bieżące wyniki odczytów siły ssącej dla poszczególnych głębokości (h). W trzecim układzie współrzędnych, w których oś rzędnych reprezentuje głębokość (h) rozpatrywanego poziomu, natomiast oś odciętych czas (t) pomiaru, wykreślone są chronoizoplety wilgotności gruntu.

Wygodnie jest wykreślić te układy na papierze milimetrowym, bowiem ułatwia to nanoszenie wyników i dalsze prostokątne rzutowanie dla wyznaczenia chronoizopletów uwilgotnienia gruntu. W tym celu należy przyjąć

wielkość przyrostu wilgotności między sąsiednimi chronoizoplekami. Przy wyznaczaniu w trzecim układzie (h, t) położenia punktów, przez które poprowadzone będą chronoizopleki należy wykonać rzutowanie według schematu przedstawionego na rysunku 1.

3. WYNIKI BADAŃ

Według kryterium klasyfikacji PTG badany grunt zaliczyć można do piasków drobnych, luźnych, pylastych. Prawdopodobnie ten specyficzny skład granulometryczny /frakcje: pyłowa ϕ 0,1-0,02 mm stanowi 42%, spławialna $\phi < 0,02$ mm 2%, szkieletowa $\phi > 1,0$ mm 5%/ jest wynikiem robót ziemnych /sztuczny nasyp z gruntu mineralnego/ podczas budowy lotniska na gruntach organogenicznych-dominujących w dolinie dolnej Odry. Ciężar właściwy gruntu waha się w przedziale 2,4-2,6 g/cm³, natomiast objętościowy 1,3-1,6 g/cm³. Porowatość wynosiła od 36,0 do 44,8%. Substancji organicznej zawierał grunt 0,4-1,4%. Na rysunku 2 przedstawiono dynamikę uwilgotnienia strefy aeracji gruntu wyznaczoną metodą graficzną [2] w przedziałach dobowych na tle przebiegu opadów atmosferycznych, temperatur powietrza i gruntu oraz stanów zwierciadła wody gruntowej /w studziencie/ i powierzchniowej /jez.Dąbie/. Stosunkowo łatwy i częsty pomiar siły ssącej oraz zastosowanie graficznej metody [2] wyznaczania chronoizoplek, umożliwiły dokładniej odwzorowywać dynamikę uwilgotnienia strefy aeracji gruntu w porównaniu z dotychczas powszechnie stosowanym sposobem interpolacji liniowej wyników z okresowych badań suszarkowo-wagowych. Na podstawie rysunku 2 można ustalić wielkości odchyłek w położeniu chronoizoplek, jakie powstaną przy różnych, z góry narzuconych terminach wykonywania badań wyłącznie metodą suszarkowo-wagową oraz dokonać analizy kosztów badań tymi metodami.

4. WNIOSKI

1. Do planowania dalszych prac badawczych nad dynamiką uwilgotnienia gruntów wskazane jest kontynuowanie badań nad oceną dokładności wyników i kosztami pomiarów.
2. W badanych warunkach przyrost uwilgotnienia i stanów zwierciadła wody w profilu gruntowym następował głównie pod wpływem opadów atmosferycznych. Wielkość przyrostu uwilgotnienia powierzchniowej warstwy i przemieszczanie się frontu wilgoci w głąb profilu zależne były od wysokości opadu i jego rozkładu w czasie /natężenie deszczu i okresy bezdeszczowe/ oraz od stosunków powietrzno-wodnych panujących przed rozpatrywanym opadem. Niewielkie opady poprzedzone okresem suszy atmosferyczno-gruntowej nie powodowały istotnych zmian wilgotności gruntu i były szybko zużywane na parowanie terenowe. Wzrost uwilgotnienia strefy aeracji i podnoszenie się zwierciadła wody gruntowej były wyraźne, jeże-

li izolina 108 znajdowała się w wierzchniej warstwie i wystąpiły np. 8,10, 15 ... mm opady deszczu. Podobne prawidłowości stwierdzili na podstawie badań terenowo-laboratoryjnych autorzy pracy [1], w której uzasadnili praktyczną przydatność tych informacji.

3. Spadek uwilgotnienia strefy aeracji i obniżanie się zwierciadła wody gruntowej następował głównie pod wpływem parowania terenu. Uwidacznia się to na rysunku 2 symetrią względem osi czasu, wykresów temperatur gruntu i powietrza /wskaźniki parowania/ z wykresem stanów zwierciadła wody gruntowej /wskaźnik retencji gruntowej/. Na przykładzie okresu od połowy lipca do końca sierpnia 1967 r. można stwierdzić, że zwierciadło wody ciągle obniżało się i następował ubytek wody ze strefy aeracji. Z przebiegu chronoizopleatów /10-35%/ i dynamiki zwierciadła wody gruntowej określono prędkość opadania wody-średnią 0,9 cm/dobę i maksymalną 10 cm/dobę.
4. W badanych warunkach nie stwierdzono korespondowania wahań stanów zwierciadła wody w jez. Dąbie i w studziencie na stacji opadowej, przy około 300 m oddaleniu punktów pomiarowych. Porównanie wykresów tych stanów /rys.2/ umożliwia wyznaczenie przedziałów czasu, w których możliwe było odprowadzenie wody z systemu odwadniającego lotnisko sposobem grawitacyjnym lub poprzez jej pompowanie.

LITERATURA

- [1] Chudecki Z., Duda L., Koźmiński C.: Wpływ wielkości opadów atmosferycznych na zmianę uwilgotnienia gleby na terenie RZD Lipki. ZN WSR w Szczecinie 1971 r., nr 37, s. 47-68
- [2] Klugiewicz J.: Metoda wyznaczania chronoizopletów uwilgotnienia gleby na podstawie pomiarów potencjału kapilarnego. Wiadomości IMUZ 1970r., t.IX, z.3.s31-41
- [3] Szuniewicz J.: Tensjometr z manometrem rtęciowym do rejestracji potencjału wilgotności gleby w warunkach polowych. Wiadomości IMUZ 1962r., t.VII, z.1, s. 109-125

DYNAMICS OF GROUND HUMIDITY AGAINST THE BACKGROUND OF ATMOSPHERIC FACTORS

Summary

The paper gives research methods, some physical and water properties of the examined ground in the vicinity of the precipitation measuring station of the Institute of Meteorology and Water Economy, Szczecin-Airport. In day intervals there is presented the dynamic of the aeration zone humidity, as well as the ground and surface water levels against the background of precipitation together with air and ground temperatures on various depths. A higher intensity of rainfall had a dominant effect on an increase in humidity and ground water level, whereas evaporation caused a decrease. The conclusions were formulated and literature was given as well.

ДИНАМИКА УВЛАЖНЕНИЯ ГРУНТОВ НА ФОНЕ АТМОСФЕРНЫХ ФАКТОРОВ

Резюме

В статье представлена методика исследований, некоторые физические и водные свойства исследуемого грунта в районе станции посадки Института Метеорологии и Водного Хозяйства Щецин - Аэродром. В суточных разделах представлена динамика увлажнения зоны аэрации на фоне атмосферных осадков и температуры воздуха и почвы на разной глубине. На повышение увлажнения и уровня зеркала воды в почве доминирующее влияние оказывали дожди, а на спад - испарения. Кроме этого сформулированы выводы и представлена литература.

Biblioteka Główna ATR
w Bydgoszczy

Cz

596

19

1983