

EWA WOJNICKA-JANOWSKA*

BADANIA WPŁYWU OBCIĄŻEŃ CYKLICZNYCH NA ŚCIŚLIWOŚĆ GYTII

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań ściśliwości gytii wapiennej z Międzyrzecza, poddanej obciążeniom cyklicznym w edometrze. Badania pozwoliły na ustalenie zależności korelacyjnych między odkształceniami oraz wartością modułów ściśliwości a ilością cykli obciążeń.

Słowa kluczowe: ściśliwość, obciążenia cykliczne, gytia wapienna.

Wprowadzenie

Ściśliwość gruntu jest zjawiskiem, które polega na zmniejszaniu się jego objętości pod wpływem obciążeń zewnętrznych. Zmniejszenie objętości związane jest głównie z takimi zjawiskami jak: wzajemne przemieszczanie ziaren i cząstek, obniżenie porowatości, wyciskanie wody i powietrza z porów gruntu, naruszenie struktury. Wymienione zjawiska powodują trwałe odkształcenia gruntu. Oprócz odkształceń trwałych w gruntach zachodzą odkształcenia sprężyste, będące rezultatem sprężystego zachowania się stałych cząstek gruntu, błonek wodnych i pęcherzyków powietrza. Suma wymienionych wyżej odkształceń jest odkształceniem całkowitym.

Na podłoże gruntowe mogą oddziaływać obciążenia stałe, stale narastające lub okresowe (cykliczne).

W obciążeniach cyklicznych można wydzielić dwa przypadki odkształceń gruntu. Obciążenia są przykładane szybko, jedno po drugim lub w drugim przypadku, kiedy następne obciążenie jest przykładane po pełnym odprężeniu gruntu w wyniku odciążenia.

W literaturze problem konsolidacji w warunkach obciążeń cyklicznych znalazł odzwierciedlenie między innymi w pracach [Cytowicz 1958, Gusiew 1980, Molisz, Baran, Werno 1981, Sawicki 1991, Gryczmański 1995, Wojnicka-Janowska 2000].

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Zakład Geotechniki i Geodezji, ul. Z.Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra

Przedstawione w artykule wyniki badań własnych są wstępem do cyklu badań nad wpływem obciążeń cyklicznych na ściśliwość gytii i kredy jeziornej.

Charakterystyka badanych gruntów

Badania wykonano na próbkach gytii wapiennej o strukturze nienaruszonej, pobranych ze złoża Międzyrzecz (woj. lubuskie). Próbki zostały pobrane poniżej poziomu zwierciadła wody gruntowej, z głębokości 0,7 m i 1,3 m p.p.t.

Na podstawie analizy ziarnowej próbki gruntu zakwalifikowano do gliny pylastej. Grunt był w stanie miękkoplastycznym. Dokładną charakterystykę gytii autorka przedstawiła we wcześniejszym opracowaniu [Wojnicka-Janowska 2000].

Badania ściśliwości gytii przy obciążeniach cyklicznych

Badania przeprowadzono na próbkach gytii pochodzących z miejscowości Międzyrzecz. Próbki gytii przy pełnym nawodnieniu obciążano stopniami zgodnie z normą PN-88/B-04481.

Stopnie obciążeń były przetrzymywane do umownej stabilizacji osiadań nie przekraczającej 0,002 mm w ciągu doby.

Seria I - obciążenia stopniami do 100 kPa odciążenia do 25 kPa.

Seria II - obciążenie stopniami do 50 kPa odciążenia do 12,5 kPa.

Zarówno w serii I jak i II, cykle obciążeń i odciążania powtarzano czterokrotnie. Przykładowe wykresy krzywych ściśliwości przedstawiono na rys. 1, a wyniki badań zestawiono w tabeli 1.

Zastosowany w badaniach stały przyrost obciążeń powoduje przy kolejnych cyklach malejące odkształcenia dążące do pewnej granicy, która nazywa się granicą zagęszczenia gruntu. W wyniku osiągnięcia tej granicy grunt będzie się znajdował w stanie sprężystym (Molisz, Baran, Werno 1981).

Wymieniony stan gruntu wynika z zaniku odkształceń trwałych związanych głównie z odsączaniem w czasie konsolidacji wody zawartej w przestrzeniach między ziarnowych. W wyniku analizy przebiegu zmian wysokości próbek (h) od ilości cykli obciążeń (n) (rys. 2), stwierdzono zależności korelacyjne, które można wyrazić funkcją typu wykładniczego:

$$y = a + b \exp\left(-\frac{x}{c}\right)$$

Ustalone zależności przedstawiają się następująco:

Seria I - zakres obciążeń 25 kPa – 100 kPa,

Tab. 1. Wyniki badań cyklicznego obciążania próbek gytii z Międzyrzecza
 Tab. 1. Results of the research on the effect of cyclic loading on gytija compressibility

Nr badania	Wilgotność		Gęstość obj.		I cykl			II cykl			III cykl			IV cykl		
	w_0	w_k	ρ_0	ρ_k	h_0/h_k	$\Delta h=h_0-h_k$	M [kPa]	h_0/h_k	$\Delta h=h_0-h_k$	M [kPa]	h_0/h_k	$\Delta h=h_0-h_k$	M [kPa]	h_0/h_k	$\Delta h=h_0-h_k$	M [kPa]
Zakres obciążenia 25 - 100 kPa																
1	62,02	61,25	1,67	1,78	19,236 18,74	0,496	2908,7	18,79 18,601	0,189	7455,7	18,665 18,564	0,101	13860	18,62 18,543	0,071	19669
2	53,15	51,61	1,73	1,87	19,201 18,38	0,821	1754	18,444 18,291	0,153	9041,2	18,343 18,262	0,081	16985	18,325 18,235	0,09	15271
3	57,86	56,74	1,7	1,86	19,124 18,285	0,839	1709,5	18,341 18,191	0,15	9170,2	18,25 18,162	0,088	15554	18,225 18,145	0,08	17085
	Wartość średnia			x_{sr}		0,719	2124,1		0,164	8555,7		0,089	15466		0,08	17342
Zakres obciążenia 12,5 - 50 kPa																
4	53,38	51,73	1,55	1,6	19,531 19,11	0,421	1739,7	19,14 19,081	0,059	12165	19,1 19,05	0,05	14325	19,068 19,01	0,058	12329
5	49,8	48,18	1,68	1,76	19,610 18,87	0,74	993,7	18,91 18,83	0,08	8863,9	18,84 18,79	0,05	14130	18,81 18,784	0,026	27130
6	58,39	57,35	1,73	1,81	19,568 18,945	0,623	1177,8	19 18,9	0,1	7125	18,92 18,87	0,05	14190	18,875 18,858	0,017	41636
	Wartość średnia			x_{sr}		0,595	1303,7		0,08	9384,6		0,05	14215		0,034	27031

Objaśnienia:

w_0, w_k – wilgotności przed badaniem i po badaniu edometrycznym [%],

ρ_0, ρ_k – gęstość objętościowa przed i po badaniu [g/cm^3],

h_0 – wysokość początkowa próbki przed obciążeniem w danym cyklu [mm],

h_k – wysokość końcowa próbki po pełnej umownej stabilizacji w danym cyklu [mm],

M – edometryczny moduł ściśliwości [kPa].

$$\Delta h = 0,079 + 4,804 \exp\left(-\frac{n}{0,496}\right) \text{ przy stosunku korelacji } r = 0,957 \quad (1)$$

Seria II - zakres obciążeń 12,5 kPa – 50 kPa,

$$\Delta h = 0,040 + 7,532 \exp\left(-\frac{n}{0,383}\right), r = 0,961 \quad (2)$$

Z analizy wynika, że już przy trzecim cyklu obciążeń nastąpiła stabilizacja zmian wysokości próbki co świadczy, że grunt osiągnął zagęszczenie zbliżone do maksymalnego i może odkształcać się tylko sprężysto. Jeżeli przyjąć zmianę wysokości badanej próbki w pierwszym cyklu za 1 to otrzymamy szereg liczb odpowiadających kolejnym cyklom obciążeń.

Seria I - 1; 0,23; 0,12; 0,11

Seria II - 1; 0,13; 0,08; 0,06.

Przedstawiony szereg wskazuje na dynamikę zaniku odkształceń trwałych podczas kolejnych cykli obciążeń próbek gytii wapiennej z Międzyrzecza.

Cykliczne obciążenie gruntu powoduje wzrost wartości modułów ścisłości gruntu. Wyniki badań zestawiono w tabeli 1. oraz na rysunku 3. Zależności między ilością cykli (n) a modułem ścisłości (M) można wyrazić ogólnie wielomianem:

$$y = a + bx^2 + cx^3$$

Zależności w poszczególnych seriach badań przedstawiają się następująco:

$$\text{Seria I} \quad M = -1151,9 + 3824,2n^2 - 666,3n^3, \quad r = 0,980 \quad (3)$$

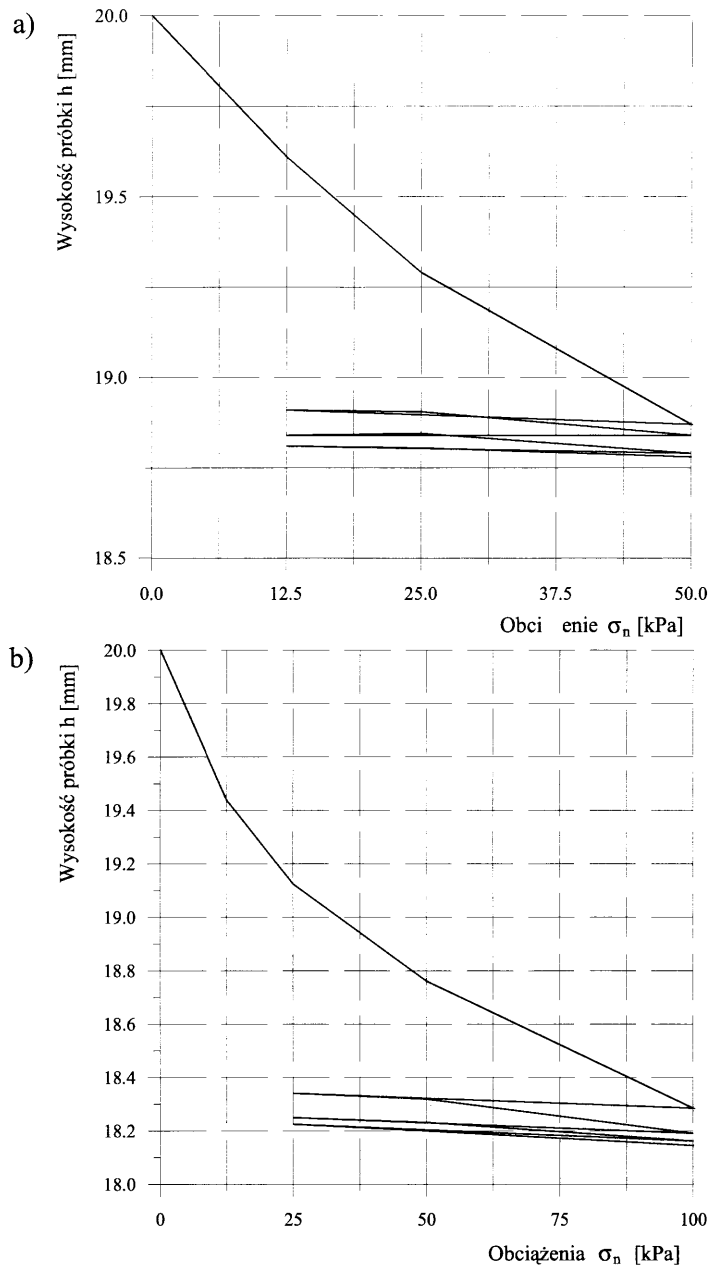
$$\text{Seria II} \quad M = 394,7 + 1866,3n^2 - 56,3n^3, \quad r = 0,829 \quad (4)$$

Przyjmując za podstawę wartość modułu ścisłości przy pierwszym cyklu obciążenia, uzyskamy szeregi cyfr odpowiadające względnemu wzrostowi modułów ścisłości odpowiadającym kolejnym cyklom.

Seria I - 1; 4,03; 7,28; 8,16.

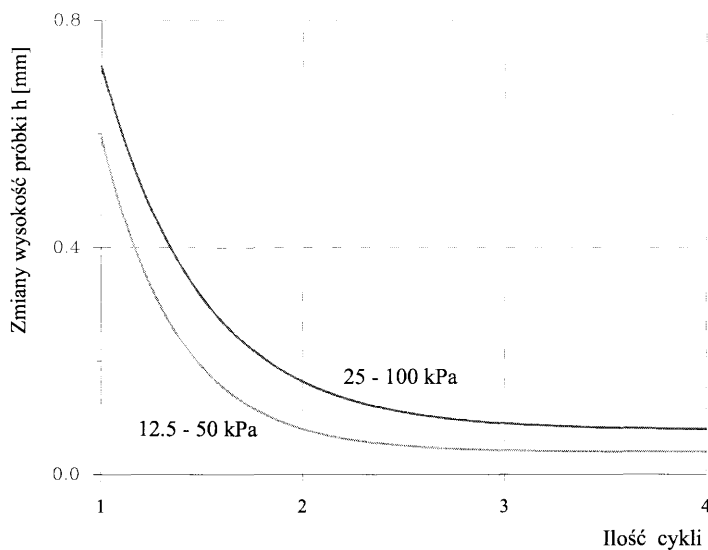
Seria II - 1; 7,20; 10,90; 20,75.

Uzyskane wyżej wartości świadczą o znacznym wzroście modułów ścisłości w miarę wzrostu M ilości cykli obciążeń. W przypadku pierwszej z serii wartość średnia wzrostu sięga ok. 8 razy, a w drugiej serii powyżej 20 razy. Mniejszy względny wzrost wartości M w pierwszej serii wynika z większego maksymalnego obciążenia na początku badania (100 kPa), które spowodowało większe zagęszczenie na wstępie niż w serii II (max obc. 50 kPa).

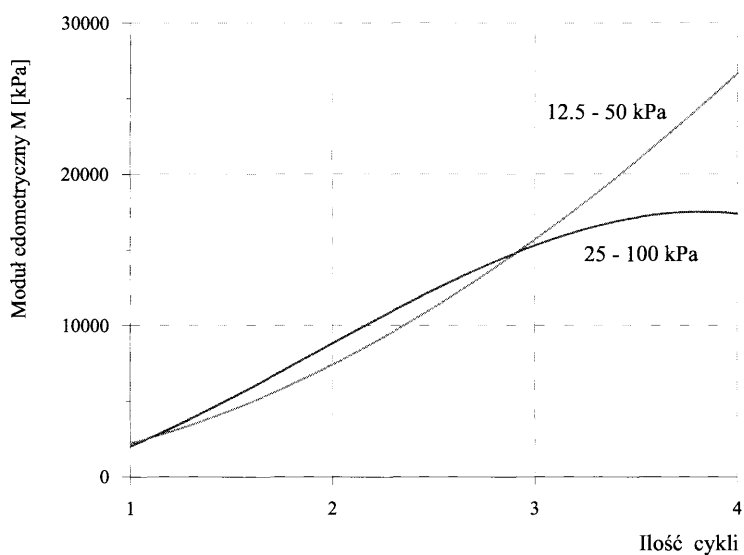


Rys. 1. Krzywe ścisłości próbek gytii z Międzyrzecza przy obciążeniach cyklicznych: a) bad Nr 5, b) bad Nr 3.

Fig. 1. Curves compressibility of samples gytja from Międzyrzecz at loading cycles: a) test no 5, b) test no 3.



Rys. 2. Zależności zmiany odkształcenia próbek od ilości cykli obciążenia
Fig. 2. Samples deformation dependence on the number of loading cycles



Rys. 3. Wpływ ilości cykli obciążeń na wartości edometrycznego modułu ścisłości

Fig. 3. Influence of the number of loading cycles on values compressibility module

Wnioski

Przeprowadzone badania ścisłości gytii wapiennej z Międzyrzecza przy cyklicznych obciążeniach pozwoliły na ustalenie wiarygodnych zależności między:

wartością odkształcenia a ilością cykli obciążeń

wartością edometrycznego modułu ścisłości a ilością cykli obciążeń.

Stwierdzono wyraźny wzrost wartości modułów ścisłości o 8 – 20 razy przy czwartym cyklu, w stosunku do wartości otrzymanych w pierwszym cyklu.

Wartości te uzależnione są od przyjętego zakresu maksymalnego obciążenia w pierwszym cyklu.

Otrzymane zależności korelacyjne w postaci równań typu wykładniczego oraz wielomianu trzeciego stopnia są aktualne dla małej ilości cykli (do 5).

Literatura

CYTOWICZ N.A.: *Mechanika gruntów*. WG, Warszawa, 1958

GRY CZMAŃSKI M.: *Wprowadzenie do opisu sprężysto-plastycznych modeli gruntów*. PAN, Warszawa, 1995

GUSIEW J.M.: *Ostatocznje deformacji gruntow w stroitelstwie*. Kiew-Donieck, 1980

MOLISZ R., BARAN L., WERNO M.: *Posadowienie nasypów na gruntach organicznych metodą wstępnej konsolidacji*. WKiŁ, Warszawa, 1981

SAWICKI A.: *Mechanika gruntów dla obciążeń cyklicznych*. IBW-PAN, Gdańsk, 1991

WOJNICKA-JANOWSKA E.: *Wpływ konsolidacji na wybrane parametry geotechniczne kredy jeziornej i gytii*. Rozprawa doktorska, Poznań-Zielona Góra, 2000

RESEARCH ON THE EFFECT OF CYCLIC LOADING ON GYTTJA COMPRESSIBILITY

Summary

The article presents the results of the research on the compressibility of calcareous gyttja from the region of Międzyrzecz that was subjected to cyclic loading in oedometer. The research made it possible to determine correlations that exist among strains, the compressibility module value and the number of loading cycles.

Key words: compressibility, cyclic loading, gyttja