

ANALIZA ZALEŻNOŚCI NAPRĘŻEŃ PIERWOTNYCH OD WTÓRNYCH I STANU POCZĄTKOWEGO PRÓBKII GLEBY

Dariusz Błażejczak

Inżynieria Rolnicza, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Streszczenie. Poszukiwano zależności pomiędzy wybranymi zakresami krzywej ściśliwości różnych gleb w warstwie 25-60 cm. Próbkii o nienaruszonej strukturze ugniatano dynamicznie w warunkach niemożliwej i możliwej rozszerzalności bocznej gleby. Stwierdzono, że nachylenie krzywej ściskania gleby w zakresie odkształceń pierwotnych nie zależy wyraźnie od kierunku nachylenia odkształceń wtórnych. Występowanie tej zależności obserwowano częścię w przypadku odkształcania gleby w warunkach możliwej jej bocznej rozszerzalności. Nachylenie krzywej w zakresie odkształceń pierwotnych lub wtórnych nie zależy jednoznacznie od stanu początkowego próbki, opisanego zawartością części spłwialnych lub wilgotnością wagową oraz gęstością objętościową.

Słowa kluczowe: gleba, ściskanie, naprężenie graniczne

Wstęp i cel pracy

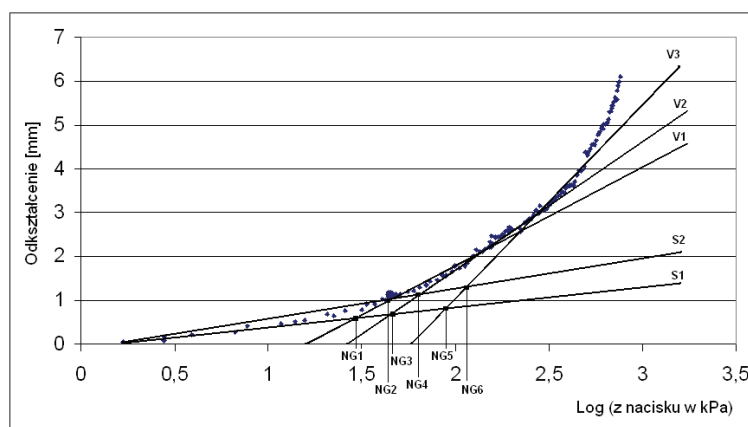
Jednym z ważniejszych problemów współczesnego rolnictwa jest nadmierne zagęszczenie gleb [Håkansson i in. 1995; Van den Akker i in. 2003]. Znaczący wzrost zagęszczenia gleby może wystąpić wtedy, gdy zostanie przekroczona jej wytrzymałość graniczna na ściskanie (zagęszczanie), co wiąże się z przejściem z zakresu odkształceń sprężystych (wtórnych) w plastyczne (pierwotne), [Dawidowski 1995]. Wytrzymałość graniczną gleby na ściskanie można scharakteryzować za pomocą naprężenia granicznego, którego wartość określa się na podstawie danych uzyskiwanych podczas obciążania gleby. Uważa się, że znajomość naprężenia granicznego gleby pozwoli w przyszłości na dobór mechanizmów jezdnych, których zastosowanie nie spowoduje dalszego zagęszczania gleby [Horn, Fleige 2003; Van den Akker 2004]. Złożoność środowiska glebowego i zmiany jego właściwości powodują, że dotychczas nie opracowano standardowej metody wyznaczania tego parametru. Istniejące procedury nie zawsze są łatwe w użyciu, a stosowanie ich związane jest często z subiektywną oceną uzyskiwanych krzywych doświadczalnych [Dias, Pierce 1995]. Dodatkowo obserwuje się znaczne różnice w zachowaniu się odkształcanych modelowych próbek gleby, wytwarzanych w warunkach laboratoryjnych, w stosunku do tych pochodzących z pola, które określa się jako o nienaruszonej strukturze [Horn, Lebert 1994]. Stąd podejmuje się próby obiektywizacji oceny uzyskiwanych krzywych doświadczalnych.

W tym kontekście celem niniejszej pracy było znalezienie odpowiedzi na pytania:

1. Jak kształtuje się zależność nachylenia krzywej ściskania gleby w zakresie odkształceń pierwotnych od kierunku nachylenia odkształceń wtórnych?
2. Jak kształtuje się zależność nachylenia krzywej ściskania gleby w zakresie odkształceń pierwotnych lub wtórnych od stanu początkowego próbki?

Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły próbki gleby o tzw. nienaruszonej strukturze, pobierane z czterech wybranych obiektów (Obojno, Ostoja, Skarbiemierzyce i Stobno) zlokalizowanych na Nizinie Szczecińskiej. Badano gleby pszenne bardzo dobre i dobre (według map glebowo – rolniczych), w okresach przeprowadzania wiosennych i jesiennych prac polowych. Próbki pobierano metalowymi cylinderkami (D - średnica 50 mm oraz W - o średnicy 100 mm), z warstwy podornej (25–60 cm). Z każdej odkrywki pobrano po 8szt. próbek D i W . Glebę ugniatano dynamicznie penetrometrem z napędem elektrycznym [Dawidowski i in. 2001], stemplem o średnicy 49 mm, w warunkach możliwej (W) lub niemożliwej rozszerzalności bocznej gleby (D), rejestrując przebieg zmian odkształcenia próbki w funkcji nacisku. Napężenie graniczne wyznaczano metodą regresji liniowej [Dawidowski i in. 2003]. Dla każdej próbki obliczono sześć naprężeń granicznych, stosując dwa zakresy odkształceń wtórnych i trzy zakresy odkształceń pierwotnych (rys. 1). Poszukiwania zależności odkształceń pierwotnych od wtórnych polegały na badaniu korelacji pomiędzy współczynnikami kierunkowymi linii regresji opisujących wybrane odcinki krzywych doświadczalnych. Parametry początkowe próbek scharakteryzowano za pomocą wilgotności aktualnej i gęstości objętościowej. Dla ww. warstw określono także skład granulometryczny.



Rys. 1. Sposób wyznaczania wartości naprężenia granicznego (NG1 – NG6) dla różnych zakresów odkształceń wtórnych $S1$ (0-0,5 mm) i $S2$ (0-1 mm) oraz pierwotnych $V1$ (1-2 mm), $V2$ (2-3 mm) i $V3$ (3-4 mm)

Fig. 1. Method of determining limit stress values (NG1 – NG6) for different ranges of secondary distortions $S1$ (0-0,5 mm) and $S2$ (0-1 mm), and primary distortions $V1$ (1-2 mm), $V2$ (2-3 mm) and $V3$ (3-4 mm)

Wyniki i dyskusja

Wyniki (tab. 1) wskazują, że zasadniczy wpływ na obliczaną wartość naprężenia granicznego (NG) ma sposób wyznaczenia linii regresji w zakresie odkształceń pierwotnych. Zmiana zakresu danych (0-0,5 na 0-1 mm) użytych do wyznaczenia linii regresji opisującej odkształcenia wtórne, przy stałym zakresie odkształceń pierwotnych, powodowała przyrost naprężenia granicznego maks. o około 50%. Natomiast zmiana zakresu danych (1-2 na 3-4 mm), zastosowanych do wyznaczenia linii regresji opisującej odkształcenia pierwotne, przy stałym zakresie odkształceń wtórnych, powodowała wzrost wartości naprężenia granicznego nawet o kilkaset procent. Uzyskane rezultaty nie wskazują na wyraźne powiązanie wyniku pomiaru NG z okresem poboru próbek. W obrębie obiektów obserwowano natomiast zmianę wartości NG zależnie od możliwości wystąpienia rozszerzalności bocznej gleby. W większości przypadków wartość NG była wyższa dla gleby ugniatanej w cylindrykach D . Przyrost wartości NG , będący wynikiem zmiany zakresu danych naprężeń pierwotnych z 1-2 na 3-4 mm, był bardziej zmienny dla próbek D (1,6-5,6) niż W (2,2-4,5).

Tabela 1. Wilgotność aktualna wagowa (W_a), gęstość objętościowa (ρ_d) i naprężenie graniczne (NG) przy różnych zakresach odkształceń wtórnych (0-0,5 i 0-1 mm) i pierwotnych (1-2, 2-3, 3-4 mm)

Table 1. Current humidity by weight (W_a), volumetric density (ρ_d) and limit stress (NG) for different ranges of secondary distortions (0-0,5 i 0-1 mm) and primary distortions (1-2, 2-3, 3-4 mm)

Obiekt	Okres	Rodzaj próbki	W_a [% wag.]	ρ_d [g·cm ⁻³]	NG [kPa]					
					0-0,5			0-1		
					1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
Obojno	Wiosna	D	22	1,45	95	149	260	119	175	286
		W	23	1,35	84	168	250	108	193	252
	Jesień	D	24	1,44	63	115	164	78	135	180
		W	24	1,42	94	154	235	116	176	256
Ostoja	Wiosna	D	17	1,68	88	145	187	110	171	211
		W	17	1,66	59	135	208	73	153	224
	Jesień	D	15	1,70	57	129	197	77	152	226
		W	15	1,69	32	71	145	43	86	165
Skarbimierzyce	Wiosna	D	25	1,53	109	144	608	143	190	645
		W	26	1,49	53	103	190	68	121	210
	Jesień	D	26	1,52	104	179	314	133	212	377
		W	24	1,50	63	132	223	82	153	245
Stobno	Wiosna	D	18	1,61	81	128	141	102	149	161
		W	18	1,54	54	110	181	68	128	200
	Jesień	D	16	1,57	63	129	193	83	152	219
		W	16	1,54	100	187	342	127	214	368

Może to sugerować, że odkształcanie gleby w warunkach niemożliwej rozszerzalności przebiega mniej stabilnie, co przekłada się na jakość uzyskiwanej krzywej doświadczalnej, a więc i na wynik pomiaru wartości NG . Zróżnicowany przyrost wartości NG dla poszczególnych wariantów, będący wynikiem zmiany zakresu danych naprężeń pierwotnych z 1-2 na 3-4 mm, upoważnia do stwierdzenia, że obliczając wartość tego parametru należałoby

linię regresji, opisującej zakres naprężeń pierwotnych, dobierać indywidualnie dla każdej próbki. Indywidualne podejście byłoby mniej subiektywne gdyby można było znaleźć związki pomiędzy charakterystycznymi zakresami odkształceń lub powiązać je ze stanem początkowym gleby.

Badania związków pomiędzy charakterystycznymi zakresami odkształceń krzywych doświadczalnych polegały na sprawdzaniu istotności zależności pomiędzy współczynnikami B_s i B_v równań regresji ($S_i = a \cdot B_s + b$, $V_i = a \cdot B_v + b$), opisujących wybrane zakresy odkształceń wtórnych (0-0,5 i 0-1 mm) i pierwotnych (1-2, 2-3, 3-4 mm). W tabeli 2 podano dla poszczególnych wariantów liczby stwierdzonych istotnych zależności pomiędzy współczynnikami kierunkowymi linii $S1$ i $S2$ od $V1, V2$ i $V3$. Liczby te wskazują, że B_v nie zależał wyraźnie od B_s . Zauważyć jednak można, że najmniejszą i największą liczbę istotnych zależności zaobserwowano odpowiednio dla obiektów Obojno i Stobno, w glebach których stwierdzono odpowiednio największą i najmniejszą zawartość części spławialnych.

Tabela 2. Zawartość części spławialnych (<0,02 mm) - $Z_{0,02}$ i liczba istotnych zależności pomiędzy współczynnikami kierunkowymi linii $S1$ i $S2$ od $V1, V2$ i $V3$ dla poszczególnych wariantów, przypadająca na cztery możliwe przypadki (odkrywki)

Table 2. Content of floatable parts (<0.02 mm) - $Z_{0,02}$ and number of significant dependencies between slopes of straight lines $S1$ and $S2$ from $V1, V2$ and $V3$ for individual variants, falling to four possible cases (pits)

Obiekt	$Z_{0,02}$ [%]	Okres	Rodzaj próbki	Wariant zależności pomiędzy współczynnikami (dla poszczególnych zakresów odkształceń w mm)					
				S1(0-0,5)			S2(0-1)		
				V1(1-2)	V2(2-3)	V3(3-4)	V1(1-2)	V2(2-3)	V3(3-4)
Obojno	74	Wiosna	D	0	0	0	0	0	1
			W	0	1	1	0	3	0
		Jesień	D	0	0	1	1	1	1
			W	0	0	0	0	0	1
OSTOJA	44	Wiosna	D	1	0	0	0	1	0
			W	2	3	1	1	0	1
		Jesień	D	2	0	1	0	0	0
			W	0	1	3	1	1	3
Skarbimierzyce	62	Wiosna	D	2	1	1	1	1	0
			W	1	2	1	1	2	1
		Jesień	D	1	0	2	1	0	1
			W	1	1	0	0	0	0
Stobno	34	Wiosna	D	0	0	0	0	0	0
			W	2	1	1	2	2	2
		Jesień	D	2	3	2	1	2	2
			W	0	1	2	1	3	1

Sugerowało to, że wpływ na zależność B_v od B_s miał gatunek gleby. Dlatego następnie wyniki pomiarów naprężenia granicznego ułożono według gatunków gleby, którym odpowiadała określona zawartość części spławialnych. Dla tak przygotowanych danych, prowadzono badania zależności współczynników B_v od B_s oraz kształtowanie się ich wartości od parametrów początkowych próbek tj. zawartości części spławialnych, wilgotności wagowej i gęstości objętościowej.

Analiza zależności naprężeń...

Tabela 3. Wyniki badań zależności współczynników (B_s i B_v) równań regresji ($S_i = a \cdot B_s + b$, $V_i = a \cdot B_v + b$), zastosowanych do obliczania naprężeń granicznych różnych gatunków gleb, od parametrów początkowych próbek gleby i ich wzajemnych związków w wybranych zakresach odkształceń, dla gleby ugniatanej w warunkach niemożliwej (próbki D) i możliwej (próbki W) rozszerzalności bocznej gleby

Table 3. Results of the research on relationships of coefficients (B_s and B_v) in regression equations ($S_i = a \cdot B_s + b$, $V_i = a \cdot B_v + b$), employed to compute limit stresses for different textural groups of soils, from initial parameters of soil samples and their interrelations in selected distortion ranges, for soil kneaded in conditions of impossible (samples D) and possible (samples W) side expansion of soil

Gatunek gleby i zawartość części spławialnych w [%]	Parametr (niezależna)	Niemożliwa rozszerzalność boczna (próbki D)					Możliwa rozszerzalność boczna (próbki W)				
		Współczynnik (zależna)									
		B_s		B_v			B_s		B_v		
		Wartość współczynnika determinacji (R^2) w zakresach odkształceń próbki w [mm]									
		0-0,5	0-1,0	1-2	2-3	3-4	0-0,5	0-1,0	1-2	2-3	3-4
płz-płi 29-38	$Z_{0,02}$	0,39	0,13	0,23	0,12	0,29	**	0,25	**	0,14	0,12
	W_a	0,14	0,19	**	0,15	**	**	**	**	**	**
	ρ_d	0,13	0,25	**	**	**	**	**	**	**	**
	B_s (0-0,5mm)			**	**	**			0,21	0,33	0,40
	B_s (0-1,0mm)			**	**	**			0,42	0,57	0,58
glp 30-34	$Z_{0,02}$	0,25	**	0,15	**	**	**	0,51	**	**	**
	W_a	**	**	**	**	**	**	0,23	0,42	**	**
	ρ_d	**	**	**	**	**	0,20	**	0,54	**	**
	B_s (0-0,5mm)			**	**	0,14			0,37	**	**
	B_s (0-1,0mm)			**	0,35	**			**	**	**
gs 35-49	$Z_{0,02}$	**	**	**	**	**	**	**	**	0,27	**
	W_a	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	ρ_d	**	**	0,20	**	**	**	**	**	**	**
	B_s (0-0,5mm)			0,18	0,19	**			0,43	0,46	**
	B_s (0-1,0mm)			**	0,15	**			**	0,19	**
gc 57-72	$Z_{0,02}$	**	0,12	**	**	**	**	**	**	**	0,15
	W_a	**	**	0,16	0,36	0,23	**	**	**	**	**
	ρ_d	**	0,12	**	**	0,21	0,10	0,20	**	0,11	**
	B_s (0-0,5mm)			**	**	**			**	0,39	0,39
	B_s (0-1,0mm)			0,18	**	0,17			0,17	0,45	0,38
i 62-95	$Z_{0,02}$	0,10	**	**	0,27	**	0,10	**	**	0,41	**
	W_a	**	0,11	0,37	0,63	**	0,18	**	**	0,16	**
	ρ_d	**	**	0,20	0,30	**	**	0,15	0,13	**	**
	B_s (0-0,5mm)			**	**	0,38			**	0,31	**
	B_s (0-1,0mm)			**	**	**			**	**	0,11

** - wartość < 0,1, - wartość R^2 gdy zależność była istotna (dla $\alpha=0,05$), płz - pył zwykły, pł - pył ilasty, glp - glina lekka pylasta, gs - glina średnia, gc - glina ciężka, i - ility; pozostałe oznaczenia jak tab.1

Ogólnie można stwierdzić (tab. 3), że wartości współczynników B_s i B_v nie zależały wyraźnie od parametrów początkowych próbek gleby – po kilka przypadków istotnych zależności dla obydwu rodzajów próbek (D i W). Natomiast B_v zależał od B_s przede wszystkim w przypadku linii regresji obrazującej przebieg pierwotnego odkształcenia próbek w zakresie od 2 do 3 mm, dla gleby ugniatanej w warunkach możliwej jej bocznej rozszerzalności.

Wnioski

1. W przyjętym zakresie zmian wielkości próbek (średnica 50 lub 100 mm), nie stwierdzono jednoznacznej zależności nachylenia krzywej ściskania gleby w zakresie odkształceń pierwotnych od kierunku nachylenia odkształceń wtórnych. Taką zależność obserwowano częściej w przypadku odkształcania próbek o większej średnicy, w których proces zagęszczania gleby przebiegał w warunkach możliwej jej bocznej rozszerzalności.
2. Nachylenie krzywej w zakresie odkształceń pierwotnych lub wtórnych nie zależy jednoznacznie od stanu początkowego próbki, opisanego zawartością części spławialnych lub wilgotnością wagową oraz gęstością objętościową.

Bibliografia

- Dawidowski B.** 1995. Proces ugniatania gleby i metoda prognozowania jej zagęszczenia w zmechanizowanych technologiach prac polowych. Rozprawy nr 163. Akademia Rolnicza w Szczecinie.
- Dawidowski J.B., M. Śnieg, D. Błażejczak, J. E. Morrison, Jr.** 2003. Influence of Test Procedure on Indicated Values of Soil Precompaction Stress. Proceedings of 16th Triennial Conference of International Soil Tillage Organisation: Soil Management for Sustainability. 13-18 July 2003. The University of Queensland, Brisbane. Australia. s. 344-350.
- Dawidowski J.B., Morrison J.E., Śnieg M.** 2001. Measurement of Soil Layer Strength with Plate Sinkage and Uniaxial Confined Methods. Transactions of the ASAE 44(5). s. 1-6.
- Dias Junior M.S., Pierce F.J.**, 1995. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. Soil & Technology 8. s. 139-151.
- Hakansson L., van Ouwerkerk C., Soane B.D.** 1995. Conclusions of the ISTRO Workshop on "The Effects of Soil Compaction on Physical, Chemical and Biological Factors in the Environment". 25 August 1993. Metropol, Ukraine. In: Soil & Tillage Research 35. s. 111-113.
- Horn R., Lebert M.** 1994. Soil Compactability and Compressibility. In: Soil Compaction in Crop Production. Soane B.D. and Ouwerkerk (Eds.). Elsevier Science B.V. s. 45-66.
- Horn R., Fleige H.** 2003. A method for assessing the impact of load on mechanical stability and on physical properties of soils. Soil & Tillage Research 73. s. 89-99.
- Van den Akker J.J.H.** 2004. SOCOMO: A soil compaction model to calculate soil stress and the subsoil carrying capacity. Soil & Tillage Research 79. s. 113-127.
- Van den Akker J.J.H., Arvidsson J., Horn R.** 2003. Introduction to the special issue on experiences with the impact and prevention of subsoil compaction in the European Union. Soil & Tillage Research 73. s. 1-8.

ANALYSIS OF DEPENDENCIES BETWEEN PRIMARY STRESSES, AND SECONDARY STRESSES AND INITIAL CONDITION OF SOIL SAMPLE

Abstract. The researchers were trying to find relationships between selected compressibility curve ranges for various soils in 25-60cm layer. Samples with intact structure were dynamically kneaded in conditions of impossible and possible side expansion of soil. The research allowed to observe that the slope of soil compression curve as regards primary distortions did not depend clearly on slope direction of for secondary distortions. This relationship was occurring more often in case of soil distortion in conditions of possible side expansion of it. As regards primary or secondary distortions, curve slope does not depend unambiguously on sample initial condition, described by its content of floatable parts or humidity by weight and volumetric density.

Key words: compression, limit stress

Adres do korespondencji:

Dariusz Błażejczak; e- mail: Dariusz.Blazejczak@zut.edu.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI/3
71-459 Szczecin