

ZALEŻNOŚĆ NAPRĘŻENIA GRANICZNEGO GLINY ŚREDNIEJ OD PRĘDKOŚCI JEJ ODKSZTAŁCANIA

Marek Śnieg

*Katedra Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu prędkości odkształcania próbek glebowych na wyznaczaną wartość naprężenia granicznego gleby. Badania wykonywano w warunkach laboratoryjnych na próbkach modelowych. Ściskanie próbek prowadzono przy prędkościach: 10; 50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500 mm·min⁻¹. Stwierdzono, że największy przyrost wartości naprężenia granicznego występuje w zakresie prędkości odkształcania próbek od 10 do około 350 mm·min⁻¹. Dalsze zwiększanie prędkości odkształcania, nie wpływa wyraźnie na wzrost wartości naprężenia granicznego gleby.

Słowa kluczowe: gleba, zagęszczenie, naprężenie graniczne

Wstęp i cel pracy

Wzrost poziomu mechanizacji rolnictwa, obok bezspornych korzyści, powoduje negatywne zmiany właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych środowiska glebowego. Jednym z nich jest nadmierne zagęszczenie gleby na skutek jej ugniatania. Ugniatanie gleby mechanizmami jezdnyimi agregatów rolniczych dotyczy wszystkich obszarów, na których prowadzi się prace w ramach zmechanizowanej produkcji rolniczej. Zagrożenia wynikające z tego faktu dotyczą zwłaszcza krajów Europy, gdzie stopień zintensyfikowania i zmechanizowania prac jest szczególnie wysoki, a wielkość powierzchni zdegradowanej w wyniku nadmiernego ugniecenia gleby jest znacznie większa niż na całym amerykańskim kontynencie [Van Ouwerkerk i Soane 1994]. Pożądane jest więc ograniczanie poziomu wywieranych nacisków na powierzchnię gleby, aby wywołane w glebie naprężenia nie przekraczały jej wewnętrznej wytrzymałości. Uważa się, że rozpoznanie tej wytrzymałości pozwoli w przyszłości na dobór sprzętu rolniczego pod kątem ograniczenia nadmiernego ugniatania gleby [Nowowiejski i in. 2006].

Jednym z podstawowych wskaźników określających podatność gleby na ugniatanie jest naprężenie graniczne, które jest miarą naturalnej wytrzymałości gruntu i odzwierciedla historię wpływu obciążeń na więzi wytworzone między cząsteczkami wody a cząsteczkami fazy stałej. Po przekroczeniu wartości naprężenia granicznego następuje zerwanie naturalnych powiązań i rozpoczyna się proces chaotycznego przemieszczania cząstek [Dawidowski 1995]. Do tej pory nie opracowano standardowej metody wyznaczania naprężenia

granicznego gleby. Na bazie uzyskiwanych krzywych doświadczalnych opisujących przebieg zależności przemieszczania się stempla w funkcji logarytmu naprężenia, stosowane są różne metody wyznaczania wartości naprężenia granicznego gleby [Błażejczak 2010; Dawidowski i in. 2001]. W badaniach edometrycznych prędkość odkształcania jest na ogół znacznie mniejsza niż przy stosowaniu aparatury z wymuszonym przemieszczeniem stempla [Błażejczak 2010]. Z przeprowadzonych analiz wynika, że uzyskiwane wartości naprężenia granicznego w tych metodach się różnią.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu prędkości odkształcania próbek glebowych na wyznaczaną wartość naprężenia granicznego gleby.

Material i metody

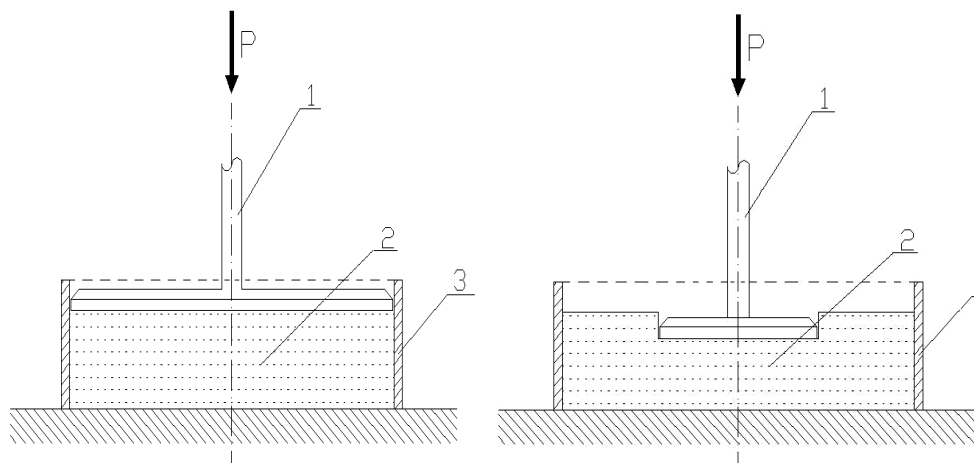
Badania przeprowadzono na glebie pochodzącej z pola położonego w miejscowości Skarbmierzyce. Badania składu granulometrycznego wykonane przez Katedrę Erozji i Rekultywacji Gleb wykazały, że pobrana do badań gleba była gliną średnią. Charakterystykę gleby przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład granulometryczny doświadczalnego materiału glebowego [PN-98/R-04033]
Table 1. Grain composition of experimental soil material [PN-98/R-04033]

Frakcje granulometryczne									Gatunek gleby
>2,0	1,0-2,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,002	<0,002	gs
[%]									(głina średnia)
3,4	2,11	6,24	11,50	22,64	11,50	7,83	16,64	21,54	

Badania wykonywano w warunkach laboratoryjnych na próbkach modelowych. Wilgotność gleby wynosiła średnio 13% wag, odpowiadała ona optymalnej wilgotności uprawowej i była niższa od jej granicy plastyczności, która dla badanej gleby wynosiła 15,7% wag. Wstępne formowanie próbek modelowych (rys. 1) przeprowadzono w pierścieniach stalowych o średnicy $\varnothing = 100$ mm i wysokości $h = 50$ mm.

Próbki obciążano za pomocą stempla o średnicy $\varnothing 99$ mm, w warunkach ograniczonej rozszerzalności bocznej stosując zróżnicowany poziom nacisków maksymalnych (50; 100; 150; 200; 250 kPa), a ich gęstość objętościowa wynosiła odpowiednio (1,40; 1,50; 1,55; 1,60; 1,65 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Prędkość formowania próbek glebowych wynosiła $10 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Uformowane próbki odkształcano wtórnie (ryc. 2) stemplem o średnicy $\varnothing 49$ mm w warunkach możliwej rozszerzalności bocznej gleby, przy jedenastu prędkościach: 10; 50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500 $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$, w czterech powtórzeniach. Formowanie wstępne i wtórne odkształcanie próbek wykonano maszyną wytrzymałościową INSTRON 5582. Naprężenie graniczne gleby wyznaczano metodą regresji liniowej.



Rys. 1. Wstępne formowanie próbek w warunkach ograniczonej bocznej rozszerzalności: 1 – stempel; 2 – materiał glebowy; 3 – cylinder

Fig. 1. Preliminary forming of samples in conditions of limited side expansion: 1 – stamp; 2 – soil material; 3 – cylinder

Rys. 2. Wtórne odkształcanie próbek w warunkach możliwej bocznej rozszerzalności: 1 – stempel; 2 – materiał glebowy; 3 – cylinder

Fig. 2. Secondary deformation of samples in conditions of possible side expansion: 1 – stamp; 2 – soil material; 3 – cylinder

Wyniki badań

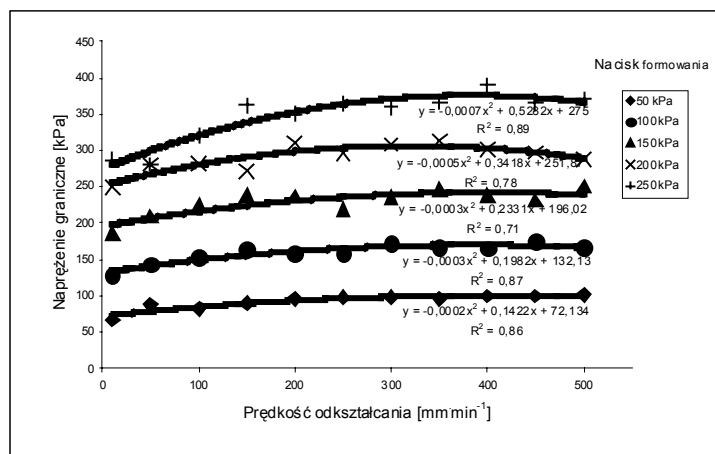
Uzyskane w doświadczeniu wyniki przedstawiono na wykresie (rys. 3). Na podstawie analizy przebiegu linii regresji i wyników oceny statystycznej (tab. 3) stwierdzono, że prędkość odkształcania gleby ma istotny wpływ na wartość naprężenia granicznego. Wraz ze wzrostem prędkości wzrastała wartość naprężenia granicznego.

Na podstawie układania się punktów doświadczalnych na wykresie przyjęto, iż przebieg zmian wartości naprężenia granicznego w funkcji prędkości v zagłębiania się stempla, można aproksymować w przyjętym zakresie zmian prędkości zależnością w postaci:

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

gdzie: a, b, c – współczynniki równania regresji.

Wartości współczynników równań regresji oraz wartość ekstremum funkcji x (maksimum funkcji) zamieszczono w tabeli 2.



Rys. 3. Napężenie graniczne w funkcji prędkości zagłębienia stempla dla różnych nacisków formowania prób 50;100; 150;200; 250 kPa

Fig. 3. Boundary stress in the function of stamp sinking rate for various sample forming pressure values: 50; 100; 150; 200; 250 kPa

Tabela 2. Współczynniki równania regresji modelu empirycznego dla napężenia granicznego

Table 2. Regression equation coefficients in an empirical model for boundary stress

Równanie	Nacisk formowania [kPa]	Współczynnik a	Współczynnik b	Współczynnik c	$x = \frac{-b}{2a}$	R ²
$y=ax^2+bx+c$	50	-0,0002	0,1422	72,134	355,5	0,86
	100	-0,0003	0,1982	132,13	330,3	0,87
	150	-0,0003	0,2331	196,02	388,5	0,71
	200	-0,0005	0,3418	251,87	341,8	0,78
	250	-0,0007	0,5282	275	377,3	0,89

Analizując wyniki badań wykonano również analizę wariancji jednoczynnikową na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ w celu sprawdzenia czy istnieją różnice istotne pomiędzy wyznaczanymi wartościami napężenia granicznego gleby. Wyniki tej analizy zamieszczono w tabeli 3.

Na podstawie przebiegu linii regresji stwierdzono również, że wzrost wartości napężenia granicznego w badanym zakresie prędkości odkształcania gleby się zmienia. W zakresie prędkości od 10 do około 350 mm·min⁻¹ wartości napężenia granicznego wzrastają, natomiast przy dalszym wzroście prędkości odkształcania do 500 mm·min⁻¹ zaobserwowano, że wyznaczone wartości napężenia granicznego przestają się zwiększać (rys. 3) i (tab. 2). Zjawisko to jest bardziej wyraźne w przypadku prób wstępnie zagęszczanych naciskiem 200 i 250 kPa.

Zależność naprężenia granicznego...

Tabela 3. Ocena statystyczna wartości naprężenia granicznego gleby dla badanych prędkości odkształcania

Table 3. Statistical evaluation of soil boundary stress value for the examined deformation rates

Naprężenie formowania [kPa]	Źródło zmienności	F	Wartość - p
50	Pomiędzy prędkościami odkształcania wtórnego próbek glebowych	4,468	0,0005*
100		7,714	0,0000*
150		3,776	0,0018*
200		2,851	0,0113*
250		16,603	0,0000*

* - zależność istotna

Wnioski

1. Prędkość odkształcania modelowych próbek glebowych istotnie wpływa na wyznaczoną wartość naprężenia granicznego gleby.
2. Największy przyrost wartości naprężenia granicznego występuje w zakresie prędkości odkształcania próbek od 10 do około 350 mm·min⁻¹. Dalsze zwiększanie tej prędkości, w zakresie od 350 do 500 mm·min⁻¹ nie wpływa wyraźnie na wzrost wartości naprężenia granicznego gleby.
3. Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę ujednoczenia prędkości odkształcania gleby w pomiarach naprężenia granicznego.

Bibliografia

- Dawidowski B.** 1995. Proces ugniatania gleby i metoda prognozowania jej zagęszczenia w zmechanizowanych technologiach prac polowych, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie. Rozprawy nr 163. ISSN 0239-6467.
- 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.1059-1064.
- Błażejczak D.** 2010. Prognozowanie naprężenia granicznego w warstwie podornej gleb ugniatanych kołami pojazdów rolniczych, Wydawnictwo uczelniane ZUT w Szczecinie. ISBN 978-83-7663-050-2.
- Nowowiejski R., Dawidowski B., Kostencki P.** 2006. Wpływ warunków obciążenia powierzchni gleby i współczynnika koncentracji naprężeń na zasięg naprężeń dopuszczalnych. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(77). s. 67-76.
- Van Ouwerkerk C., Soane B. D.** 1994. Conclusions and recommendations for further research on soil compaction in crop production. Soil Compaction in Crop Production. Developments in Agricultural Engineering, 11. Elsevier, Amsterdam. s. 627-642.
- PN-98/R-04033.** 1998. Gleby i utwory mineralne: Podział na frakcje i grupy granulometryczne. s. 5.

THE RELATIONSHIP BETWEEN MEDIUM CLAY BOUNDARY STRESS AND ITS DEFORMATION RATE

Abstract. The purpose of the work was to examine the impact of soil sample deformation rate on soil boundary stress value being determined. The tests were carried out in laboratory conditions for model samples. Samples were put to compression at the following rates: 10; 50, 100; 150; 200, 250; 300; 350; 400; 450; 500 mm·min⁻¹. It has been observed that highest increase in boundary stress value occurs for sample deformation rate ranging from 10 to approximately 350 mm·min⁻¹. Further deformation rate increasing does not have significant influence on growth of soil boundary stress value.

Key words: soil, concentration, boundary stress

Adres do korespondencji:

Marek Śnieg; e-mail: marek.snieg@zut.edu.pl
Katedra Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI/3
71-459 Szczecin