

Kritériá preliačivosti spraše a vhodnosť ich použitia

PAVLA RYBÁROVÁ, JÁN ŠAJGALÍK

Katedra geotechniky SvF SVŠT, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

(7 obr. a 3 tab. v texte)

Doručené 17. 7. 1981

Критерии просадочности лёсса и возможности их использования

Для анализа критерии просадочности были использованы результаты лабораторных исследований просадочности лёсса района Трнавской возвышенности. Оценивались результаты 100 проб просадочности. Анализом и сравнением различных применяемых критериев в ЧССР и зарубежом (особенно СССР) авторы пришли к заключению, что просадочность лёсса хорошо прогнозируют критерии РСН—28—78, также подходят и критерии влажности Иванова и критерии где $S_r < 0.6$. Критерии просадочности по ЧСН 73 1001 неотражают просадочность лёсса в целом. Решающим остаётся только часть критерия $S_r < 0.6$. Остальная часть критерий невыходит за рамки критериев установленных в лабораторной практике ЧССР.

Criteria of loess susceptibility to subsidence and the suitability of their use in engineering geology

With the aim to analyze criterions of loess susceptibility to subsidence (structural collapse), results of laboratory tests on more than 100 samples taken from the Trnavská pahorkatina hilly country in Western Slovakia were used. The analysis itself and comparison of different criterions utilized both in Czechoslovakia and abroad (mainly in the USSR) point to the reliable prognostic value of the RSN 28—78 criterion (Standard of the Bielorrussian SSR). Structural collapse of loess as foundation soil is well predicted also by Ivanov's moisture criterion or by the limit value of the saturation coefficient $S_r < 0.6$. The criterion of loess susceptibility to structural collapse used in the Czechoslovak State Standard ČSN 73 1001 does not characterize the behaviour of loess in the whole extent. Decisive value yields but partly the value of the degree of saturation when $S_r < 0.6$ whereas the remaining constituents in the criterion are not derived from such parameters which are tested currently in Czechoslovak laboratory practice.

Spraš patrí medzi najrozšírenejšie pokryvné útvary v ČSSR. Na Slovensku zaberá územie okolo 6000 km², čo je 11 % rozlohy SSR. Spraš nemá iba veľké plošné rozšírenie, ale dosahuje aj značnú hrúbku. Jej najväčšia hrúbka sa zistila na Hronskej pahorkatine (40 m) a Trnavskej pahorkatine (36 m), čo, prirodzene, závisí od disekcie reliéfu a morfológických pomerov.

Spraš je úrodnou pôdou najlepšej bonity, ale veľmi často sa na nej zakladajú stavby, a to aj v prípade, keď to nie je nevyhnutné. Spraš je veľmi nespohľadlivou základovou pôdou, a to pre preliačivosť. Táto jej vlastnosť spôsobuje veľké deformácie hotových objektov, náhle nadmerné a nerovnomerné sadanie.

Určovanie preliačivosti spraše

Pri voľbe zakladania stavieb na spraši treba okrem iného poznať aj očakávanú hodnotu preliačivosti.

Preliačivosť možno charakterizovať pomocou koeficienta pomernej preliačivosti (i_{mp}) a stanovuje sa skúškou na neporušenej vzorke v laboratórnych podmienkach. Číselne sa určuje pomocou dodatočnej deformácie po nasýtení vzorky vodou po pôvodnú výšku vzorky pred nasýtením pre isté normálové napätie (najčastejšie $\sigma = 0,3$ MPa).

Prognóza preliačivosti spraše

V úvodných štádiách projektového riešenia zakladania stavieb na spraši sa veľmi často siaha po kritériách, pomocou ktorých možno prognózovať preliačivosť spraše.

Väčšina kritérií, ktoré uvádza literatúra, sa zakladá na pomerne jednoduchých vzťahoch medzi fyzikálnymi parametrami,

ako je číslo pórovitosti, vlhkosť, stupeň nasýtenia, Atterbergove medze (vlhkosť na medzi tekutosti, vlhkosť na medzi plasticity) a objemová hmotnosť. Niektorí autori uvádzajú kritériá preliačivosti na základe empirických skúseností. Chronologický prehľad kritérií preliačivosti ukazuje tab. 1.

Analýza kritérií preliačivosti

Na analýzu kritérií preliačivosti sme použili výsledky laboratórnych skúšok preliačivosti spraše z oblasti Trnavskej pahorkatiny. Podľa výsledkov zo 100 skúšok preliačivosti z hľadiska ČSN 73 1001 ($i_{mp} > 1 \%$) 50 vzoriek predstavuje preliačivé zeminy a 50 vzoriek má $i_{mp} < 1 \%$, ide teda o nepreliačivé zeminy.

Preliačivosť spraše sme prognózovali na základe kritérií ČSN 73 1001, SNiP II-15-74, N. J. Denisova, J. Fedu, I. P. Ivanova a RSN 28-78 a porovnávali sme ich s laboratórne stanovenými hodnotami koeficienta pomernej preliačivosti i_{mp} . (Výsledky prognózy preliačivosti spraši podľa uvedených kritérií ukazuje tab. 2.)

ČSN 73 1001 v čl. 51 označuje za preliačivú sprašovú zeminu, ktorej stupeň nasýtenia $S_r < 0,6$ a súčasne

$$\frac{e_n - e'_L}{1 + e_n} > -0,1 \quad [3.1]$$

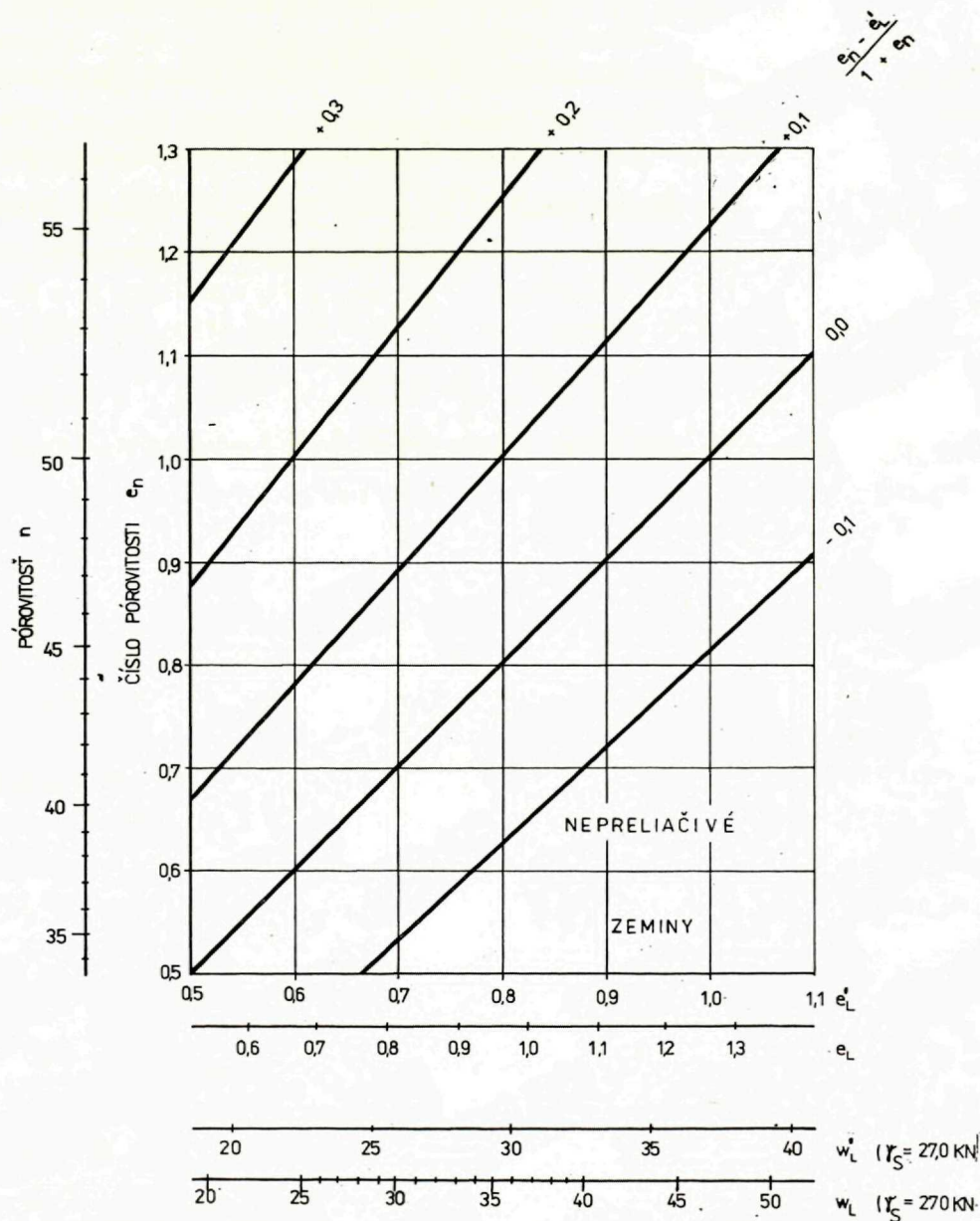
Pritom druhá časť kritéria vychádza z čísla pórovitosti v prirodzenom uložení (e_n) a čísla pórovitosti určeného z vlhkosti na medzu tekutosti (e'_L) stanovenej skúškou podľa Vasiljeva. Jeho grafické znázornenie a vymedzenie oblasti preliačivých zemín je zrejmé z obr. 1.

Použitie uvádzaného kritéria komplikuje fakt, že sa vychádza z vlhkosti na medzu tekutosti podľa Vasiljeva (w'_L). V súčasnej laboratórnej praxi sa vlhkosť na medzi te-

kutosti stanovuje podľa Casagrandeho (w_L), to znamená, že získané výsledky treba prepočítať a iba potom stanoviť číslo

pórovitosti (e'_L).

Druhá časť kritéria [3.1] má okrem už komplikovaného prevodu ($w_L \rightarrow w'_L \rightarrow e'_L$)



Obr. 1. Nomogram na určenie $e_n - e'_L / 1 + e_n$

Fig. 1. Nomogram for the determination of $e_n - e'_L / 1 + e_n$

aj taký nedostatok, že sa pri stanovení vlhkosti na medzi tekutosti skúša zemina v umele prehriatom stave.

Pri hnutí podlieha najväčším zmenám

plazma, ktorá je hlavným indikátorom fyzikálno-mechanických zmien spráše a jej reakcie na vonkajšie vplyvy. S výskytom plazmy, ktorú tvoria hlavne ílové mine-

Chronologický prehľad kritérií preliačivosti
Chronological review of criterions used for structural collapse

Tab. 1

	AUTOR	ROK	KRITÉRIUM PRELIAČIVOSTI
1	DENISOV	1951	$K = \frac{e'_L}{e_n} < 1,0$
2	DENISOV	1951	$\frac{e_n^p - e_w^p}{1 + e_n^p} > 0,02$
3	PRIKLONSKÝ	1952	$K_d = \frac{e'_L - e_n}{e'_L - e_p} < 0$
4	IVANOV	1956	$w_{kr} = \frac{17,3 \cdot (n - 28)}{\gamma_s (n - 0,01n)} > w_n$
5	FEDA	1964	$K = \frac{\frac{w}{S_r} - w_p}{l_p} > 0,85$
6	ČSN 731001	1966	$\frac{e_n - e'_L}{1 + e_n} > -0,1, \quad S_r < 0,6$
7	SNiP II-15-74	1974	$P = \frac{e'_L - e_n}{1 + e_n} < 0,1 \text{ až } 0,24, \quad S_r < 0,8$
8	RSN 28-78	1978	$i_{mp}^{(r)} = -0,13 + 4,22e_n - 0,12w_n$
9	RSN 28-78	1978	$i_{mp}^{(r)} = -0,09 - 3,56e_n - 186 \frac{w_n}{w_p}$

Prognóza preliačivosti spraše
Prognostics of loess susceptibility to subsidence

Tab. 2

	AUTOR	KRITÉRIUM PRELIAČIVOSTI	PRELIAČIVÉ Z. $i_{mp} \geq 1,0 \%$		NEPRELIAČ. Z. $i_{mp} < 1,0 \%$	
			POČET VZORIEK N = 50		POČET VZORIEK N = 50	
			PRELIAČIVÉ	NEPRELIAČIVÉ	PRELIAČIVÉ	NEPRELIAČIVÉ
1	ČSN 73 1001	$Pr = f(S_r, e_n, e_L)$	45	5	3	47
2	SNiP II-15-74	$Pr = f(S_r, e_n, e_L, l_p)$	50	—	34	16
3	DENISOV	$K = f(e_n, e_L)$	37	13	43	7
4	FEDA	$K_L = f(W_n, S_r, W_p, l_p)$	25	25	—	50
5	IVANOV	$W_{KR} = f(n, j_s)$	41	9	3	47
6	RSN 28-78	$i_{mp}^{(r)} = f(e_n, W_n)$	44	6	8	42
7	RSN 28-78	$i_{mp}^{(r)} = f(e_n, W_n, W_p)$	40	10	1	49

rály, sú späť také fyzikálne vlastnosti, ako je štruktúra, plasticita, chemické vlastnosti, púťanie a uvoľňovanie iónov vody a pod.

Ílové minerály s ostatným minerálnym skeletom spraše vytvárajú také štruktúrne agregáty, že sa zemina nespráva plasticke. Po rozrušení prirodzenej štruktúry agregátov intenzívnym spracovaním v laboratóriu sa vlastnosti ílových minerálov prejavujú intenzívnejšie ako v prirodzenom stave.

Analýza kritéria ČSN 73 1001 čl. 51 ukázala, že sa jeho druhá časť pre spomenuté

nedostatky. zúčastňuje na prognóze preliačivosti vo veľmi malej miere (vidieť to z tab. 3). Rozhodujúcim faktorom pri určovaní typu spraše z hľadiska preliačivosti zostáva prvá časť kritéria.

Sovietska norma SNiP-15-74 pokladá za preliačivé zeminy, ktorých stupeň nasýtenia $S_r < 0,8$ a ukazovateľ P určený podľa nižšie uvedeného vzťahu je menší ako hodnoty uvedené v tabuľke.

$$P = \frac{e'_L - e_n}{1 + e_n}$$

[3.2]

Číslo plasticity I'_p	Ukazovateľ P
$0,01 \leq I'_p \leq 0,10$	0,10
$0,10 \leq I'_p \leq 0,11$	0,17
$0,11 \leq I'_p \leq 0,24$	0,24

Oblasti preliačivých zemín určené v závislosti od čísla plasticity I'_p (vychádza sa z w_L stanovenej skúškou podľa Vasiljeva) ukazuje obr. 2.

Druhá časť kritéria označila za preliačivé všetky skúmané vzorky, prvá časť spomedzi 50 nepreliačivých vzoriek iba 16.

Kritérium dáva najnepriaznivejšie výsledky spomedzi testovaných, a preto je jeho aplikácia na naše spráše nevhodná. Navyše sa východiskové fyzikálne parametre nezhodujú s parametrami zaužívanými u nás.

N. I. Denisov (1951) predpovedá preliačivosť zemín na základe koeficienta K, ktorý definuje ako

$$K = \frac{e'_L}{e_n} \quad [3.3]$$

Za preliačivé označuje zeminy s $K < 1,0$. Pre veľmi preliačivé zeminy udáva $K = 0,5-0,75$, pre nepreliačivé zeminy $K = 1,5-2,0$. Kritérium neurčuje jednoznačne hranicu medzi preliačivými a nepreliačivými zeminami. Ak uvažujeme, že zeminy, ktorých $K > 1,0$, sú nepreliačivé, potom kritérium vyhovuje asi na 80 %.

J. Feda (1964) zostavil vzťah na určenie preliačivosti zeminy v závislosti od parametra w_n , S_r , w_p a I_p . Za preliačivé zeminy pokladá také, ktorých

$$K_L = \frac{\frac{w_n}{S_r} - w_p}{I_p} > 0,85 \quad [3.4]$$

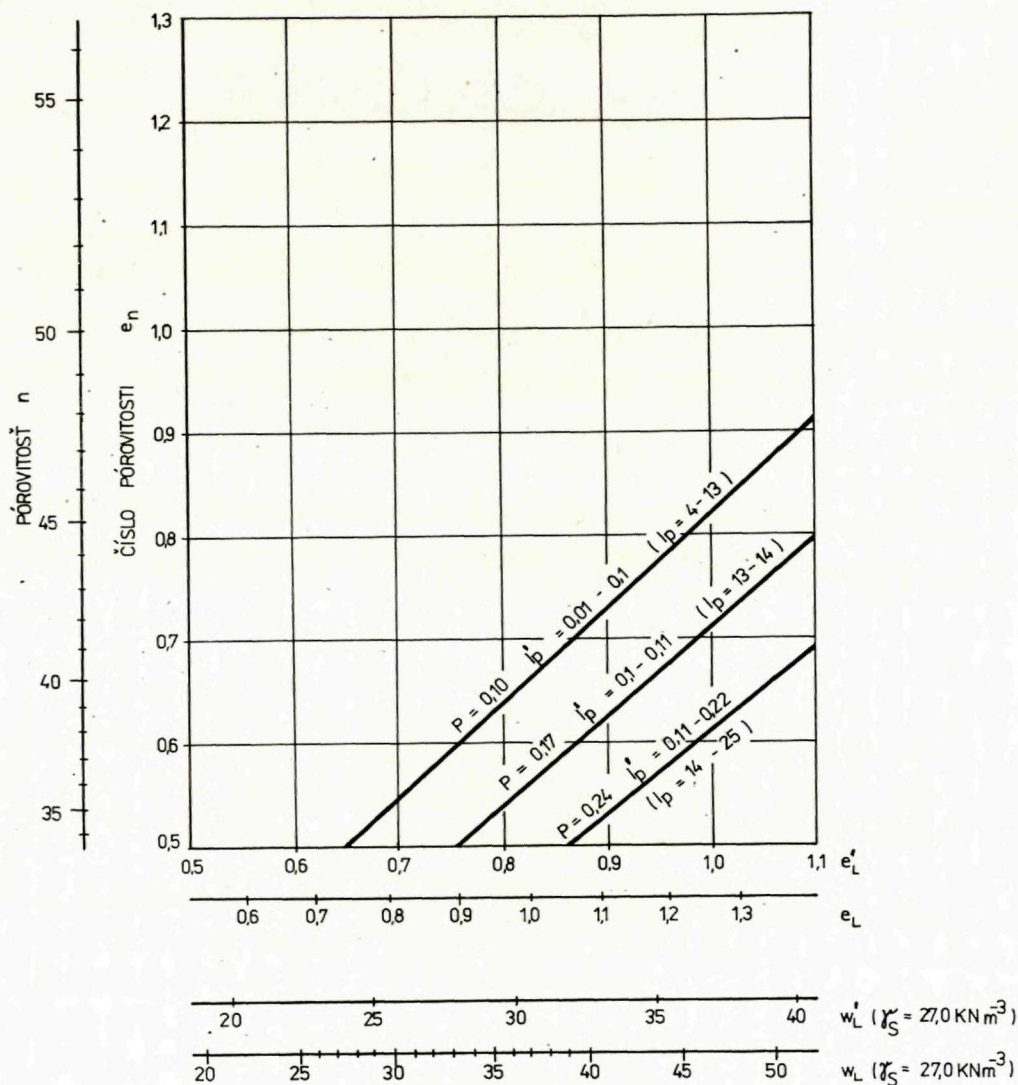
Spraš skúmaného regiónu podľa tohto kritéria vykazuje preliačivosť v 25 prípadoch.

Podľa I. P. Ivanova (1956) možno za

Analýza kritéria ČSN 73 1001 na určenie typu spráše
Analysis of the ČSN 73 1001 Czechoslovak Standard criterion of loess type determination

Tab. 3

	PRELIAČIVÉ SPRAŠE $i_{mp} > 1,0 \%$				NEPRELIAČIVÉ SPRAŠE $i_{mp} \leq 1,0 \%$			
	PRELIAČIVÉ PODĽA KRIT.		NEPRELIAČIVÉ PODĽA KRIT.		PRELIAČIVÉ PODĽA KRIT.		NEPRELIAČIVÉ PODĽA KRIT.	
PRVÁ ČASŤ KRITÉRIA	$S_r \leq 0,6$	46	$S_r > 0,6$	4	$S_r \leq 0,6$	3	$S_r > 0,6$	47
DRUHÁ ČASŤ KRITÉRIA	$\frac{e_n e'_L}{1+e_n} > -0,1$	49	$\frac{e_n e'_L}{1+e_n} \leq -0,1$	1	$\frac{e_n e'_L}{1+e_n} > -0,1$	40	$\frac{e_n e'_L}{1+e_n} \leq -0,1$	10
PRVÁ A DRUHÁ ČASŤ KRITÉRIA	$\frac{e_n e'_L}{1+e_n} > -0,1$ $S_r \leq 0,6$	45	$\frac{e_n e'_L}{1+e_n} \leq -0,1$ $S_r > 0,6$	5	$\frac{e_n e'_L}{1+e_n} > -0,1$ $S_r \leq 0,6$	3	$\frac{e_n e'_L}{1+e_n} \leq -0,1$ $S_r > 0,6$	47

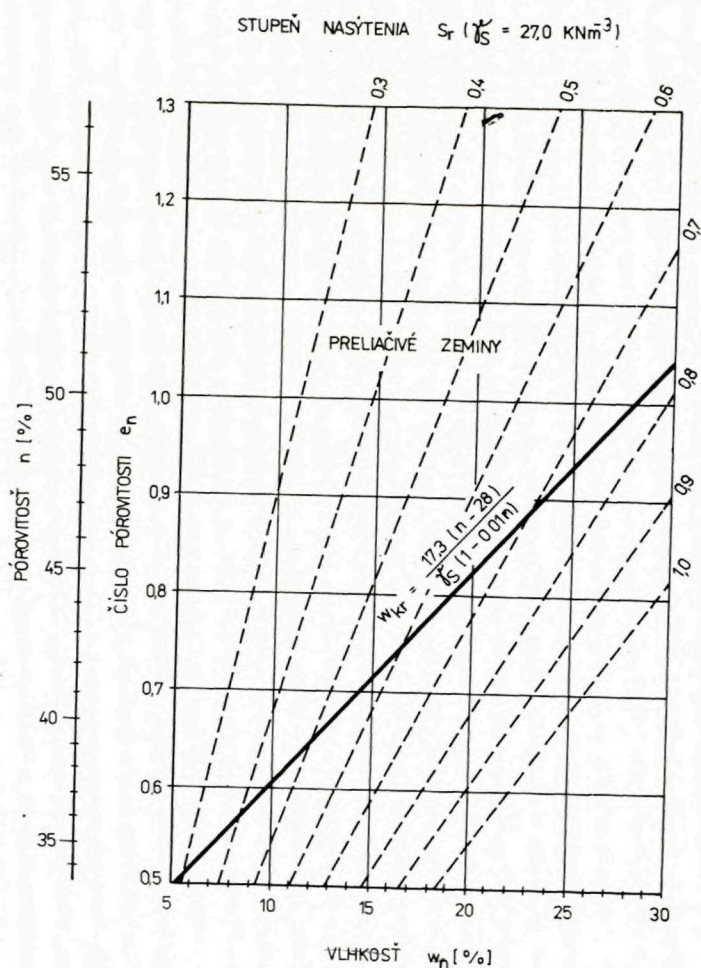
Obr. 2. Nomogram na určenie $P = e'_L - e_n / 1 + e_n$ Fig. 2. Nomogram for the determination of $P = e'_L - e_n / 1 + e_n$

preliačivú pokladať zeminu s menšou ako kritickou vlhkosťou ($w_n < w_{kr}$). Kritickú vlhkosť určuje podľa jednoduchého empirického vzorca v závislosti od n a γ_s takto:

$$w_{kr} = \frac{17,3 (n - 28)}{\gamma_s (1 - 0,01 n)} \quad [3.5]$$

Na obr. 3 je diagram závislosti $w_{kr} = f(n, \gamma_s)$ za predpokladu $\gamma_s = 27 \text{ kNm}^{-3}$. Vyplýva z neho, pri akej pórovitosti a vlhkosti môžu zeminy vykazovať preliačivosť.

Kritérium pomerne dobre odhaduje preliačivosť spráše skúmanej oblasti. Spo-



Obr. 3. Kritérium preliačivosti podľa Ivanova

Fig. 3. Loess susceptibility to subsidence according to Ivanov

medzi 50 vzoriek, v ktorých sa preukázala preliačivosť, v 5 prípadoch neoznačuje vzorky za preliačivé, v 4 prípadoch $w_{kr} = w_n$. Kritérium je vhodné pre svoju jednoduchosť a pohotovosť.

Norma Bieloruskej SSR RSN 28-78 uvádza empirické vzorce, podľa ktorých možno odhadnúť hodnotu koeficienta pomernej preliačivosti:

$$i_{mp}^{(r)} = -0,13 + 4,22 e_n - 0,12 w_n \quad (0/0) \quad [3.6]$$

$$i_{mp}^{(r)} = -0,99 + 3,56 e_n - 1,86 w_n/w_p \quad (0/0) \quad [3.7]$$

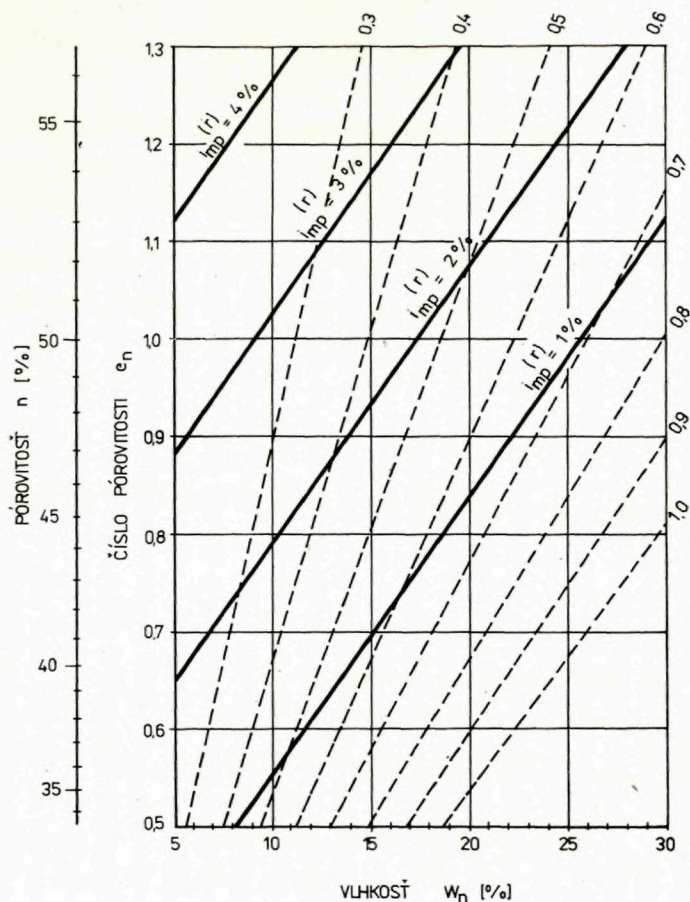
Na posúdenie preliačivosti sa odporúča

brať väčšiu z dvoch hodnôt.

Na obr. 4 je diagram závislosti $i_{mp}^{(r)} = f(e_n, w_n)$ a na obr. 5 a 6 $i_{mp}^{(r)} = f(e_n, w_n, w_p)$. Diagramy vymedzujú oblasti preliačivých zemín a odhadujú aj veľkosť koeficienta pomernej preliačivosti.

Kritérium $i_{mp}^{(r)} = f(e_n, w_n, w_p)$ dáva o niečo nižšie hodnoty preliačivosti ako spomenuté kritérium $i_{mp}^{(r)} = f(e_n, w_n)$ a zároveň poskytuje lepšie výsledky v odhade preliačivosti.

Z analýzy kritérií preliačivosti vyplývalo, že pre spráš skúmaného regiónu dobre vyhovujú uvedené kritériá, podľa

STUPEŇ NASÝTENIA $S_r (\gamma_s = 27,0 \text{ kNm}^{-3})$ 

Obr. 4. Nomogram na určenie $i_{mp}^{(r)}$ (podľa RSN 28-78). $i_{mp}^{(r)} = -0,13 + 1,22 e_n - 0,12 w_n$ [%]; pre $\sigma = 0,2 \text{ MPa}$
 Fig. 4. Nomogram for the determination of $i^{(r)}$ (according to RSN 28-78). $i_{mp}^{(r)} = 0,13 + 1,22 e_n - 0,12 w_n$ [%], for $\sigma = 0,2 \text{ MPa}$

ktorých sa pohotovo odhaduje aj veľkosť koeficienta pomernej preliačivosti na základe jednoduchých fyzikálnych parametrov.

Okrem kritérií preliačivosti uvedených v tab. 1 sa u nás aj v cudzine používajú aj ďalšie kritériá vychádzajúce z praktických skúseností (platné pre vymedzené regióny).

W. G. Holtz a J. W. Hilf (1966) odporúčajú ako kritériá nasledujúce hodnoty:

a) objemovej tiaže suchej zeminy: pre $\gamma_d < 12,8 \text{ kNm}^{-3}$, možno očakávať vysokú preliačivosť; $\gamma_d = 12,8 - 14,4 \text{ kNm}^{-3}$, spraš

je mierne preliačivá; ak $\gamma_d > 14,4 \text{ kNm}^{-3}$, spraš nie je preliačivá.

b) prirodzenej vlhkosti: ak $w_n < 10$ %, je spraš maximálne náchylná na preliačenie; $w_n = 10 - 15$ %, spraš je suchá, ale s vysokou pevnosťou; $w_n = 15 - 20$ %, spraš sa približuje k podmienkam po prevlhčení; $w_n > 20$ %, spraš je spravidla takmer nasýtená a pod zaťažením plne konsoliduje;

c) objemovej tiaže a medze tekutosti: ak je objemová tiaž taká malá, že vlhkosť po premáčaní je vyššia ako vlhkosť na medzi tekutosti, treba očakávať malú

pevnosť v šmyku a vysokú schopnosť na preliačenie už pri malom zaťažení.

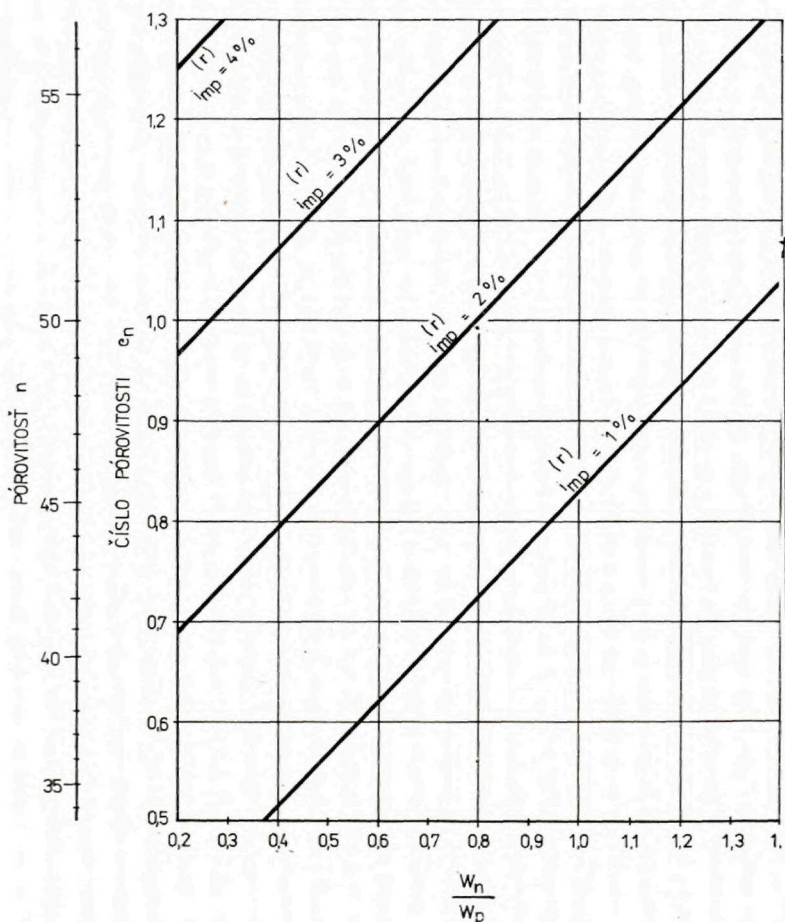
V. Mencl (1955) udáva, že ak zemina obsahuje viac ako 10–15 % frakcie pod 0,005 mm a objemová tiaž suchej zeminy je väčšia ako 15,0–16,0 kNm⁻³, zemina nie je preliačivá.

D. Schalek (1975) označuje za preliačivú takú zeminu, ktorej pórovitosť $n \leq 45\%$, objemová tiaž suchej zeminy $\gamma_d \leq 15,5$

kNm⁻³ a stupeň nasýtenia $S_r < 0,6$.

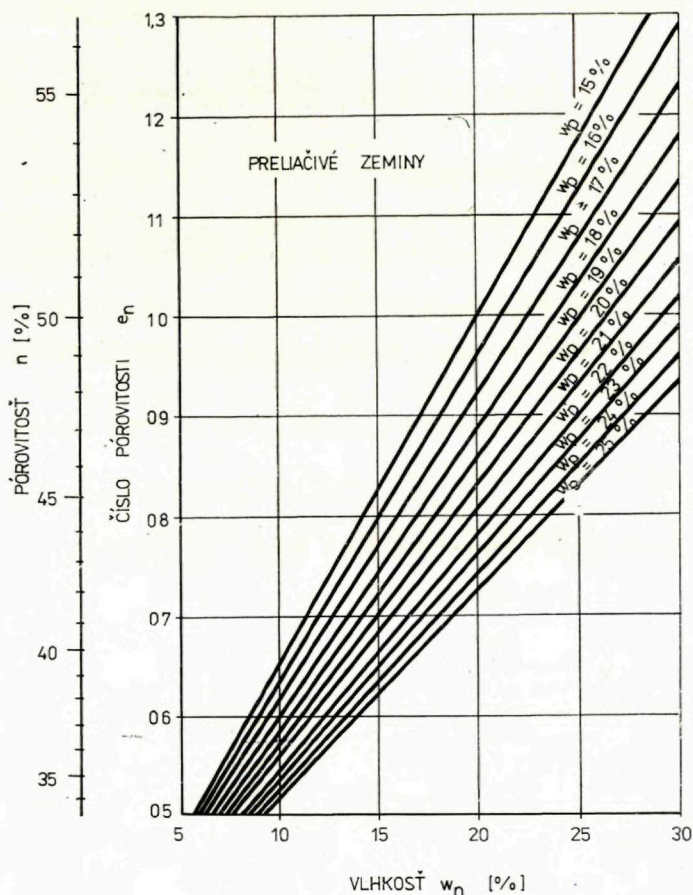
V. F. Razorenov a A. V. Jakovlev (1971) uvádzajú, že podmienkam preliačivosti vyhovuje spráš, ktorej $n \geq 47\%$ ($e \geq 0,88$), $\gamma_d \leq 15,5$ kNm⁻³ a $S_r \leq 0,6$.

Na základe výskumov vlastností spráše Trnavskej pahorkatiny možno predpovedať preliačivosť takej spráše, ktorej $S_r < 0,6$ a $n > 41\%$.



Obr. 5. Nomogram na určenie $i_{\text{imp}}^{(r)}$ podľa RSN 28–78). $i_{\text{imp}}^{(r)} = -0,09 + 3,56 e_n - 1,86 W_n W_p [^\circ/\circ]$; pre $\sigma = 0,2$ MPa

Fig. 5. Nomogram for the determination of $i_{\text{imp}}^{(r)}$ (according to RSN 28–78). $i_{\text{imp}}^{(r)} = -0,09 + 3,56 e_n - 1,86 W_n W_p [^\circ/\circ]$, for $\sigma = 0,2$ MPa



Obr. 6. Hranice preliačivosti $i_{mp}^{(r)} = 1 \text{ ‰}$ pre $w_p = 15\text{--}25 \text{ ‰}$ (podľa RSN 28—78);
 $i_{mp}^{(r)} = (0,09 + 3,56 e_n - 1,86 w_n/w_p) \text{ ‰}$
 Fig. 6. Subsidiability limits $i_{mp}^{(r)} = 1 \text{ ‰}$ for $w_p = 15\text{--}25 \text{ per cent}$ (according to
 RSN 28—78), $i_{mp}^{(r)} = 0,09 + 3,56 e_n - 1,86 w_n/w_p \text{ ‰}$

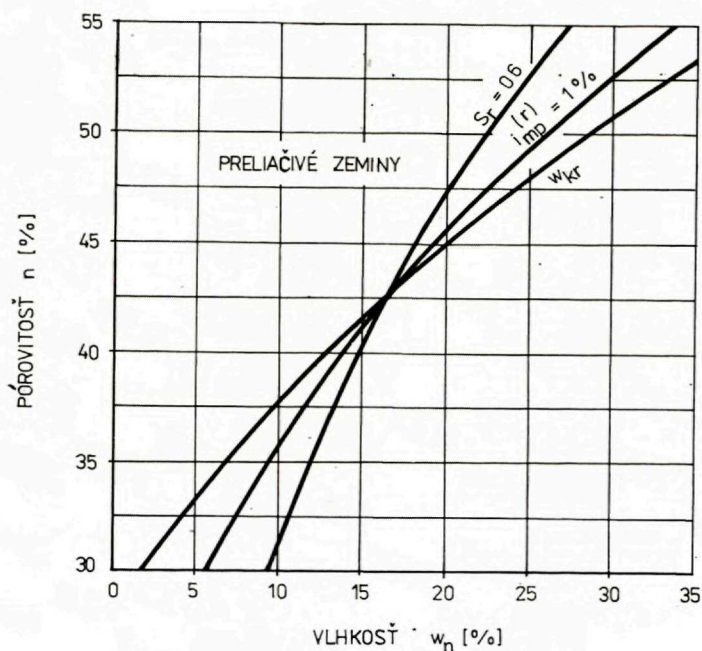
Záver

Analýzou a porovnaním v ČSSR aj v zahraničí používaných kritérií bolo možno dospieť k náhľadu, že preliačivosť spraše uvedeného regiónu pomerne dobre prognozujú kritériá RSN 28-78 (rov. 3.6 a 3.7). Dobře vyhovuje aj kritériám kritickej vlhkosti I. P. Ivanova (rov. 3.5) a kritériu $S_r < 0,6$ (pre spraš s väčšou pórovitosťou ako 41 ‰).

Hranice preliačivosti uvedených kritérií na základe parametrov w_n , n , resp. e , sú zrejmé z obr. 7, čo poukazuje na veľmi príbuzné hranice preliačivosti.

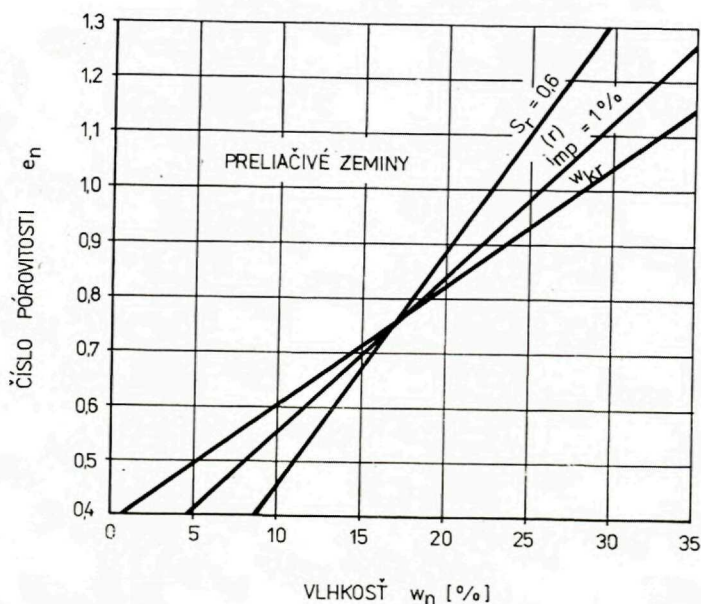
Na základe výskumov vlastností spraše Trnavskej pahorkatiny možno očakávať preliačivosť takej spraše, ktorá vykazuje $S_r < 0,6$ a $n > 41 \text{ ‰}$.

Kritérium preliačivosti podľa ČSN 73 1001 nevystihuje preliačivosť skúmanej spraše v celom rozsahu.



Obr. 7. Hranice preliačivosti na základe w_n a n , resp. pri $\gamma_s = 27,0 \text{ KNm}^{-3}$, $[i_{\text{imp}}^{(r)}] = -0,13 + 4,22 e_n - 0,12 w_n$ [‰]; $w_{\text{kr}} = 17,3 \cdot (n - 28) / \gamma_s (1 - 0,01 n)$

Fig. 7. Limits of susceptibility to subsidence using w_n and n respectively at $\gamma_s = 27,0 \text{ KNm}^{-3}$ $[i_{\text{imp}}^{(r)}] = -0,13 + 4,22 e_n - 0,12 w_n$ [‰]; $w_{\text{kr}} = 17,3 (n - 28) / \gamma_s (1 - 0,01 n)$



Preliačivosť spráše závisí hlavne od dvoch fyzikálnych parametrov, a to pórovitosti a stupňa nasýtenia zeminy. Vysoká pórovitosť spráša je predpokladom vzniku

preliačivých deformácií, ale rozhodujúcim faktorom je stupeň nasýtenia zeminy. Okrem spomenutých parametrov majú na preliačivosť výrazný podiel rozličné špe-

cifiká mineralogickej skladby zeminy, jej genézy a nerovnaké typy štruktúrnych väzieb, ale tie pomocou zaužívaných fyzikálnych parametrov vyjadriť nemožno.

Recenzoval M. Matula

LITERATÚRA

- Denisov, N. J. 1951: Strojitel'nyje svojstva lessa i lessovidnykh suglinkov. *Moskva*.
 Fedá, J. 1966: Structural stability of subsident loess soil from Praha — Dejvice. *Eng. geology* 1, 3.
 Holtz, W. G. — Hilf, J. W. 1966: Prosadki gruntov v osnovanii vyzvannyje ich nasýščenijem. In: *Sbor. mech. grunt. i fundamentostrojenije. Moskva*.
 Ivanov, I. P. 1956: Inženersko-geologičeskije svojstva lessovykh porod Srednego Pridneprovja a jugozapadnogo sklona Sredne-Russkoj vozvyšennosti. *Leningrad*.
 Mencl, V. 1955: Mechanika zemin. *Praha, NČSAV*.
 Razorenov, V. F. Jakovlev, A. V. 1971: Issledovanie izmenitosti pokazatelej sžimajemosti i prosadočnosti lessovykh gruntov. Osnovaniya, fundamenty i mehanika grutov. III. *Vsesojuznoje sovešč., Kiev*.

- Schalek, D. 1975: Mechanické aspekty štruktúrneho kolapsu spraši. *Stavebnický časopis (Bratislava)*, 23, č. 1.
 ČSN 73 1001 Základová pôda pod plošnými základmi. *Praha 1966*.
 SNiP II-15-74 Stroitel'nyje normy i pravila. *Moskva, Strojizdat 1975*.
 RSN 28-78. Instrukcija po učetu osobennostej lessovykh gruntov pri projektirovanii jestestvennykh osnovanij na teritorii BSSR. *Minsk, Gosstroj BSSR 1979*.

Symbole použité v článku: e_n — číslo pórovitosti v prirodzenom uložení, e'_L — číslo pórovitosti pri vlhkosti na medzi tekutosti stanovenej skúškou podľa Vasiljeva, w_n — vlhkosť v prirodzenom uložení, w_L — vlhkosť na medzi tekutosti stanovenej skúškou podľa Casagrandeho, w'_L — vlhkosť na medzi tekutosti stanovenej skúškou podľa Vasiljeva, w_p — vlhkosť na medzi plasticity, w_{kr} — kritická vlhkosť z hľadiska preliačivosti, I_p — číslo plasticity, ak sa vychádza z w_L , I'_p — číslo plasticity, ak sa vychádza z w'_L , S_r — stupeň nasýtenia, γ_s — merná tiaž, γ_d — objemová tiaž vysušenej zeminy, σ — normálové napätie, i_{mp} — koeficient pomernej preliačivosti, $i_{mp}^{(r)}$ — výpočtová hodnota koeficienta pomernej preliačivosti.

Criteria of loess susceptibility to subsidence and the suitability of their use in engineering geology

PAVLA RYBÁROVÁ — JÁN ŠAJGALÍK

In early stages of build foundations design for areas covered by loess, the criteria which enable prognostic appreciation of possible structural collapse in foundation soils are needed. With the aim to judge on the suitability of hitherto used distinctive features the results of laboratory tests on loess susceptibility to subsidence were analyzed using about 100 samples from the Trnavská pahorkatina hilly country in Western Slovakia. 50 samples proved subsidable foundation soils according to the criteria of the Czechoslovak State Standard ČSN 73 1001 when the coefficient of relative subsidability $i_{mp} > 1 \%$. For the remaining 50 samples i_{mp} value proved to be under 1% and these are classified as not subsidable foundation soils.

Prognostic appreciation of loess susceptibility

to subsidence (structural collapse) was made according to the requirements of the Czechoslovak State Standard ČSN 73 1001, Soviet State Standard SNiP II-15-74, Denisov's (1951), Fedá's (1966) and Ivanov's (1956) criteria and based on the Belorussian Standard RSN 28-78. Another procedure was the comparison of the obtained prediction with values of the coefficient of relative subsidability. Results of prognostic appreciation according to different criteria used are in tab. 2.

The Czechoslovak State Standard ČSN 73 1001 indicates as susceptible to subsidence those foundation soils of loess composition which have the degree of saturation (S_r) less than 0.6 and, at the same time

$$\frac{e_n - e'_L}{1 + e_n} > -0.1$$

The application of this criterion is however hindered by the circumstance that it is set out from the moisture at the creep limit determined by the Vasiliev's test (w'_L) whereas this value is determined currently in Czechoslovak laboratories using the Casagrande's test (w_L). Another insufficiency relies in that the moisture at the creep limit is not determined on soil samples at a natural state. Hence the second criterion (see equation 3.1 in the Slovak text) influences but to a small degree the prediction of a subsidable loess. An analysis of the Soviet State Standard SNIP 15-74 showed that its use to loess soils in question is inappropriate. Moreover, initial physical parameters are not used in Czechoslovakia. The criterion of loess susceptibility to subsidence according to Denisov (1951, equation 3.3. in the Slovak text) fulfils the conditions in question roughly to 80 per cent.

According to Ivanov (1956) foundation soils with moisture under the critical value ($w_n < w_{kr}$) are susceptible to subsidence (structural collapse).

The value of critical moisture is determined from the equation (3.5). This criterion predicts relatively well the susceptibility to subsidence in loess and it is suitable even for the investigated area. Within 50 samples proved as susceptible to subsidence by the recent analysis there were only five cases when $w_{kr} = w_n$. The criterion is suitable also by its simplicity and availability.

The Standard of the Bielorrussian SSR RSN 28-78 introduces empiric formulas (equations 3.6 and 3.7) allowing immediate estimation of the relative subsidability coefficient value. Graphical plots (fig. 4 and 5) allow to delimit areas of foundation soils which are susceptible to subsidence and also to estimate the relative subsidability coefficient value.

It is obvious from the analysis that those criterions which easily allow to estimate even the value of the relative subsidability coefficient based on simple physical parameters are the most suitable in practice.

Besides the criterions indicated in tab. 1 several further criterions are used in Czechoslovakia and abroad being set out from the practice. Their validity is restricted to certain areas. E. g. volume weight of the dry

foundation soil, natural moisture, volume weight and the creep limit value are criterions used by Holtz — Hilf (1966). The criterion used by Mencl (1953) is derived from the volume weight of the dry foundation soil and from its mechanical texture. Porosity and saturation degree are the physical parameters used in criterions proposed by Schalek (1975) or Razorenov — Yakovlev (1971) a. o. In the investigated area, loess as foundation soil may be assigned as susceptible to subsidence in cases when the degree of saturation value (S_r) is less than 0.6 and porosity is higher than 41 per cent.

The analysis and comparison of different criterions allowed to assume that structural collapse of loess is depending on two physical properties i. e. on porosity and the degree of saturation. High porosity of loess is condition for the development of depressional deformations however decisive role is played at the same time by the degree of saturation. Besides indicated parameters a pronounced influence on the generation of subsidence have several features in the mineralogical composition of foundation soils, their mode of origin and different types of their structural bond. Most of these features cannot be expressed by currently used physical parameters.

The analysis of criterions used to the determination of loess susceptibility to structural collapse illuminates advantages and drawbacks of single methods and should promote the designer to predict foundation soil subsidence already at early stages of build foundation design.

Preložil I. Varga

Appendix

Symbols used: e_n — porosity number in natural occurrence, e'_L — porosity number when moisture at the creep limit is determined by the Vasiliev's test, w_n — moisture in natural occurrence, w_L — moisture at the creep limit determined by Casagrande's test, w'_L — moisture at the creep limit determined by Vasiliev's test, w_p — moisture at the limit of plasticity, w_{kr} — critical moisture for structural collapse, I_p — plasticity number if deduced from w_L , I_p^p — plasticity number if deduced from w'_L , S_r — degree of saturation, γ_s — specific weight, γ_d — volume weight of dry soil, σ — standard tension, i_{mp} — coefficient of relative subsidability, $i_{mp}^{(r)}$ — coefficient of relative subsidability when calculated,