

ODREĐJIVANJE FAKTORA STIŠLJIVOSTI I PRORAČUN NOSIVOSTI TLA ISPOD ŠIROKOG TEMELJA

Miroljub Samardaković i Djordje Djordjević

S obzirom na potrebu uvođenja uticaja relativne stišljivosti u proračun nosivosti tla ispod širokih temelja, u radu se daje 12 tabela faktora relativne stišljivosti tla (C_c, C_q, C_γ) za praktičnu primenu rešenja Brinch Hansen-Vesić. Zbog obimnosti ovih tabela, predlaže se originalni skraćeni postupak sa tri tabele (dijagrama) i daje primer proračuna nosivosti tla ispod širokog temelja pravougaonog oblika, urađen na oba načina.

1. REŠENJE BRINCH HANSEN-VASIĆ ZA PRORAČUN NOSIVOSTI TLA ISPOD ŠIROKOG TEMELJA

U radovima Vasića (1973, 1975) pokazano je da sa povećanjem širine stope plitkog temelja raste relativna stišljivost, a smanjuje se čvrstoća na smicanje tla. Tako je priraštaj nosivosti tla sve manji i ona teži nekoj graničnoj veličini koja odgovara nosivosti dubokog temelja istih dimenzija u datom tlu. Međutim, računaska nosivost određena konvencionalnim rešenjima (Terzaghi, Brinch Hansen i naši propisi) povećava se linearno sa širinom stope. Zbog toga prvi autor (1983) za primenu u praksi predlaže rešenje Brinch Hansen-Vesić, koje u istom članku analizira uz pomoć računskog programa za sve oblike i dimenzije stope u različitim vrstama tla. Opšti zaključak je da rešenje treba primenjivati pre svega za proračun dozvoljenog opterećenja u pogledu loma tla ispod širokih

temelja (ploča), jer se ispod njih nosivost tla smanjuje za 60% od one sračunate konvencionalnim rešenjem.

U navedenom radu autora rešenje Brinch Hansen-Vesić dato je jednačinama (5)-(35), u obliku:

$$q_{fc} = cN_c s_c d_c i_c c_c + qN_q s_q i_q c_q + 0,5 \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma c_\gamma \quad (1)$$

Koeficijenti C_c, C_q i C_γ nazvani su faktorima stišljivosti i određuju se jednačinama (5)-(11), (14), (16) i (31)-(34) a ostale veličine računaju se iz preostalih jednačina ili se dobijaju iz tabela i dijagrama na standardan način, kao za rešenje Brinch Hansen-a.

Vesić (1973, 1975) daje dve tabele i na osnovu njih dva dijagrama iz kojih se mogu očitati veličine $C_q = C_\gamma$, kao i tabelu kritičnog indeksa krutosti tla $(I_{RCR})^*$, ali samo za dva granična oblika stope ($L/B=1$ i $L/B>5$), što je nedovoljno za bitno pojednostavljenje proračuna.

2. TABELE ZA ODREĐJIVANJE FAKTORA STIŠLJIVOSTI C_c, C_q i C_γ

U želji da olakšaju primenu rešenja Brinch Hansen-Vesić u inženjerskoj praksi, autori su, koristeći elektronski računar, uradili tabele faktora stišljivosti C_c i $C_q = C_\gamma$, čije su veličine određene prema jednačinama navedenim u pomenutom radu prvog autora.

Za oblike stope $L/B=1, 1,5, 2, 3, 5$ i 10 tabele 1-12 dimenzionisane su tako da se linearnom interpolacijom sa dovoljnom tačnošću mogu odrediti C_c i $C_q = C_\gamma$ za uobičajene veličine ugla unutrašnjeg trenja (ϕ) i indeksa krutosti tla (I_R). Veličine u zgradi date su zbog tačnije interpolacije i umesto njih treba čitati jedinicu.

U tabeli 13, za iste oblike stope (L/B) date su i veličine kritičnog indeksa krutosti (I_{RCR}), ma da njegovo upoređivanje sa I_R nije neophodno pošto se za $I_R \geq I_{RCR}$ iz tabela dobija $C_c = C_q = C_\gamma = 1$.

*) U koliko je indeks krutosti (I_R) tla za dati temelj veći od kritičnog indeksa (I_{RCR}), smatra se da je tlo relativno nestišljivo i tada su faktori stišljivosti jednaki jedinici.

Tabela 1. Veličine faktora stišljivosti C_c za $L/B=1$

F1 (STEPENI)												
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
1	I	0.440	0.371	0.306	0.245	0.191	0.143	0.103	0.070	0.044	0.026	0.013
2.5	I	0.679	0.591	0.501	0.413	0.328	0.251	0.184	0.127	0.081	0.047	0.024
5	I	0.859	0.772	0.674	0.570	0.465	0.363	0.271	0.190	0.123	0.073	0.038
10	I	(1.040)	0.966	0.872	0.760	0.637	0.511	0.389	0.278	0.184	0.110	0.058
25	I	(1.279)	(1.247)	(1.180)	(1.075)	0.938	0.780	0.613	0.451	0.307	0.188	0.101
50	I	1.000	1.000	1.000	(1.371)	(1.236)	(1.059)	0.855	0.545	0.447	0.279	0.152
100	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.184)	0.915	0.649	0.413	0.229
250	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.056)	0.690	0.391
500	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.015)	0.585

Tabela 2. Veličine faktora stišljivosti $C_q=C_y$ za $L/B=1$

F1 (STEPENI)												
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
1	I	1.000	0.772	0.587	0.457	0.317	0.224	0.152	0.093	0.059	0.033	0.016
2.5	I	1.000	0.852	0.703	0.562	0.433	0.322	0.228	0.153	0.095	0.054	0.027
5	I	1.000	0.917	0.806	0.579	0.548	0.423	0.310	0.214	0.137	0.080	0.041
10	I	1.000	0.988	0.924	0.821	0.694	0.557	0.422	0.300	0.197	0.117	0.061
25	I	1.000	(1.089)	(1.107)	(1.056)	0.948	0.801	0.634	0.465	0.317	0.194	0.104
50	I	1.000	(1.173)	(1.269)	(1.277)	(1.199)	(1.053)	0.863	0.555	0.456	0.285	0.155
100	I	1.000	(1.263)	1.000	1.000	1.000	(1.386)	(1.174)	0.918	0.654	0.417	0.231
250	I	1.000	(1.393)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.055)	0.692	0.393
500	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.015)	0.586

Tabela 3. Veličine faktora stišljivosti C_c za $L/B=1,5$

F1 (STEPENI)												
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
1	I	0.400	0.334	0.272	0.215	0.165	0.121	0.085	0.057	0.035	0.020	0.010
2.5	I	0.639	0.550	0.460	0.373	0.292	0.220	0.157	0.106	0.066	0.037	0.018
5	I	0.819	0.728	0.627	0.522	0.419	0.322	0.235	0.161	0.102	0.058	0.029
10	I	1.000	0.919	0.819	0.703	0.580	0.456	0.340	0.238	0.153	0.089	0.045
25	I	(1.239)	(1.195)	(1.115)	(1.001)	0.859	0.701	0.540	0.388	0.257	0.153	0.079
50	I	1.000	1.000	(1.378)	(1.261)	(1.136)	0.955	0.755	0.556	0.375	0.227	0.119
100	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.290)	(1.049)	0.792	0.546	0.337	0.180
250	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.253)	0.890	0.563	0.307
500	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.285)	0.830	0.460

Tabela 4. Veličine faktora stišljivosti $C_q=C_y$ za $L/B=1,5$

F1 (STEPENI)												
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
1	I	1.000	0.759	0.565	0.414	0.295	0.204	0.135	0.085	0.050	0.027	0.013
2.5	I	1.000	0.837	0.679	0.532	0.403	0.293	0.203	0.133	0.081	0.045	0.022
5	I	1.000	0.901	0.778	0.644	0.510	0.385	0.276	0.186	0.116	0.065	0.032
10	I	1.000	0.971	0.892	0.778	0.645	0.507	0.375	0.261	0.166	0.096	0.048
25	I	1.000	(1.071)	(1.069)	(1.001)	0.881	0.729	0.565	0.407	0.268	0.159	0.082
50	I	1.000	(1.153)	(1.225)	(1.210)	(1.115)	0.960	0.769	0.570	0.385	0.233	0.122
100	I	1.000	(1.242)	1.000	1.000	1.000	(1.263)	(1.046)	0.798	0.553	0.342	0.182
250	I	1.000	(1.369)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.245)	0.892	0.567	0.309
500	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.281)	0.831	0.462

Tabela 5. Veličine faktora stišljivosti C_c za $L/B=2$

FI (STEPENI)												
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	1	0.380	0.316	0.255	0.200	0.152	0.111	0.077	0.051	0.031	0.017	0.008
2.5	1	0.619	0.530	0.440	0.354	0.275	0.205	0.145	0.097	0.060	0.035	0.016
5	1	0.799	0.706	0.604	0.500	0.398	0.303	0.218	0.148	0.092	0.052	0.026
10	1	0.980	0.896	0.792	0.675	0.552	0.431	0.318	0.219	0.140	0.080	0.040
25	1	(1.219)	(1.169)	(1.084)	0.955	0.822	0.665	0.507	0.360	0.235	0.137	0.070
50	1	(1.399)	(1.395)	(1.342)	(1.259)	(1.089)	0.907	0.710	0.517	0.344	0.205	0.105
100	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.227)	0.987	0.736	0.501	0.304	0.159
250	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.166)	0.817	0.509	0.272
500	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.180)	0.750	0.408

Tabela 6. Veličine faktora stišljivosti $C_q=C_y$ za $L/B=2$

FI (STEPENI)												
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	1	1.000	0.752	0.556	0.403	0.285	0.195	0.128	0.079	0.046	0.024	0.011
2.5	1	1.000	0.830	0.667	0.518	0.389	0.280	0.192	0.124	0.074	0.040	0.019
5	1	1.000	0.894	0.754	0.627	0.492	0.368	0.261	0.175	0.107	0.059	0.029
10	1	1.000	0.962	0.876	0.758	0.622	0.484	0.355	0.243	0.153	0.087	0.045
25	1	1.000	(1.061)	(1.050)	0.974	0.850	0.696	0.535	0.379	0.247	0.144	0.073
50	1	1.000	(1.143)	(1.204)	(1.178)	(1.075)	0.916	0.726	0.531	0.354	0.211	0.108
100	1	1.000	(1.231)	(1.380)	1.000	(1.351)	(1.205)	0.988	0.744	0.509	0.309	0.162
250	1	1.000	(1.357)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.161)	0.820	0.513	0.275
500	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.177)	0.752	0.410

Tabela 7. Veličine faktora stišljivosti C_c za $L/B=3$

FI (STEPENI)												
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	1	0.360	0.298	0.239	0.186	0.140	0.101	0.070	0.045	0.027	0.015	0.007
2.5	1	0.599	0.510	0.421	0.336	0.259	0.191	0.134	0.088	0.054	0.029	0.014
5	1	0.779	0.684	0.582	0.477	0.377	0.284	0.203	0.136	0.084	0.046	0.022
10	1	0.960	0.873	0.767	0.649	0.526	0.406	0.297	0.203	0.127	0.072	0.035
25	1	(1.199)	(1.144)	(1.053)	0.931	0.786	0.630	0.475	0.334	0.215	0.124	0.061
50	1	(1.379)	(1.367)	(1.307)	(1.197)	(1.044)	0.861	0.667	0.480	0.315	0.185	0.093
100	1	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.370)	(1.166)	0.928	0.684	0.459	0.274	0.141
250	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.085)	0.750	0.460	0.241
500	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.084)	0.678	0.362

Tabela 8. Veličine faktora stišljivosti $C_q=C_y$ za $L/B=3$

FI (STEPENI)												
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	1	1.000	0.746	0.547	0.392	0.274	0.186	0.120	0.074	0.042	0.022	0.010
2.5	1	1.000	0.822	0.655	0.504	0.375	0.267	0.181	0.115	0.068	0.036	0.017
5	1	1.000	0.886	0.751	0.610	0.474	0.351	0.246	0.162	0.098	0.053	0.025
10	1	1.000	0.954	0.861	0.738	0.600	0.462	0.335	0.227	0.141	0.078	0.038
25	1	1.000	(1.052)	(1.032)	0.948	0.819	0.664	0.503	0.354	0.227	0.130	0.064
50	1	1.000	(1.133)	(1.183)	(1.147)	(1.037)	0.874	0.685	0.495	0.326	0.191	0.096
100	1	1.000	(1.220)	(1.356)	(1.337)	(1.312)	(1.150)	0.932	0.694	0.468	0.280	0.144
250	1	1.000	(1.346)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.083)	0.754	0.464	0.244
500	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.083)	0.680	0.364

Tabela 9. Veličine faktora stišljivosti C_c za $L/B=5$

FI (STEPENI)														
I	I											I		
I	IR	I										I		
I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	I	
I	1	I	0.344	0.284	0.226	0.175	0.131	0.094	0.064	0.041	0.024	0.013	0.006	I
I	2.5	I	0.583	0.494	0.405	0.322	0.246	0.180	0.125	0.082	0.049	0.026	0.012	I
I	5	I	0.763	0.667	0.564	0.460	0.361	0.270	0.191	0.127	0.077	0.042	0.020	I
I	10	I	0.944	0.854	0.746	0.628	0.506	0.388	0.281	0.190	0.118	0.065	0.031	I
I	25	I	(1.183)	(1.123)	(1.029)	0.904	0.758	0.603	0.451	0.314	0.200	0.114	0.056	I
I	50	I	(1.363)	(1.345)	(1.279)	(1.164)	(1.008)	0.826	0.634	0.452	0.294	0.170	0.085	I
I	100	I	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.325)	(1.119)	0.884	0.645	0.428	0.253	0.128	I
I	250	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.357)	(1.024)	0.701	0.424	0.219	I
I	500	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.013)	0.625	0.329	I

Tabela 10. Veličine faktora stišljivosti $C_c = C_{q\gamma}$ za $L/B=5$

FI (STEPENI)														
I	I											I		
I	IR	I										I		
I	I	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	I
I	1	I	1.000	0.741	0.539	0.384	0.267	0.179	0.115	0.070	0.040	0.020	0.009	I
I	2.5	I	1.000	0.817	0.646	0.494	0.364	0.257	0.173	0.109	0.064	0.034	0.015	I
I	5	I	1.000	0.880	0.740	0.597	0.461	0.338	0.235	0.153	0.092	0.049	0.023	I
I	10	I	1.000	0.947	0.849	0.722	0.583	0.445	0.320	0.214	0.132	0.072	0.034	I
I	25	I	1.000	(1.045)	(1.017)	0.928	0.796	0.640	0.481	0.334	0.212	0.120	0.059	I
I	50	I	1.000	(1.125)	(1.166)	(1.125)	(1.007)	0.842	0.654	0.468	0.305	0.176	0.087	I
I	100	I	1.000	(1.212)	(1.337)	(1.357)	(1.274)	(1.108)	0.890	0.556	0.437	0.258	0.130	I
I	250	I	1.000	(1.336)	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.338)	(1.024)	0.705	0.428	0.222	I
I	500	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.012)	0.628	0.331	I

Tabela 11. Veličine faktora stišljivosti C_c za $L/B=10$

FI (STEPENI)													
I	IR	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
I	1	I	0.332	0.273	0.216	0.167	0.124	0.088	0.060	0.038	0.022	0.012	0.005
I	2.5	I	0.571	0.482	0.394	0.311	0.237	0.172	0.119	0.077	0.046	0.024	0.011
I	5	I	0.751	0.655	0.551	0.447	0.349	0.260	0.183	0.120	0.073	0.039	0.018
I	10	I	0.932	0.840	0.731	0.612	0.491	0.374	0.269	0.181	0.111	0.061	0.029
I	25	I	(1.171)	(1.108)	(1.011)	0.834	0.738	0.583	0.434	0.300	0.189	0.106	0.052
I	50	I	(1.351)	(1.329)	(1.259)	(1.140)	0.983	0.800	0.611	0.432	0.278	0.160	0.078
I	100	I	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.293)	(1.086)	0.852	0.617	0.407	0.238	0.119
I	250	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.309)	0.931	0.665	0.399	0.204
I	500	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.386)	0.962	0.588	0.306

Tabela 12. Veličine faktora stišljivosti $C_c = C_{q\gamma}$ za $L/B=10$

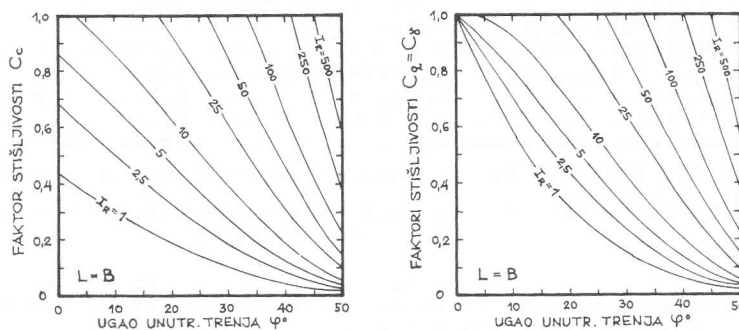
F1 (STEPENI)													
I	IR	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
I	1	I	1.000	0.737	0.533	0.378	0.261	0.174	0.111	0.057	0.033	0.019	0.008
I	2.5	I	1.000	0.812	0.639	0.486	0.356	0.250	0.167	0.105	0.061	0.032	0.014
I	5	I	1.000	0.875	0.733	0.588	0.451	0.329	0.227	0.147	0.087	0.046	0.021
I	10	I	1.000	0.942	0.840	0.711	0.570	0.433	0.309	0.205	0.125	0.068	0.032
I	25	I	1.000	(1.039)	(1.006)	0.913	0.779	0.622	0.464	0.321	0.202	0.113	0.054
I	50	I	1.000	(1.119)	(1.154)	(1.105)	0.985	0.819	0.632	0.449	0.290	0.166	0.081
I	100	I	1.000	(1.205)	(1.323)	(1.336)	(1.247)	(1.078)	0.860	0.629	0.416	0.243	0.121
I	250	I	1.000	(1.329)	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.292)	0.932	0.671	0.403	0.206
I	500	I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	(1.375)	0.963	0.592	0.303

Tabela 13. Veličine kritičnog indeksa krutosti I_{RCR}

I		FI (STEPENI)											
I	L/B	I	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	1	1	8	11	14	20	29	43	69	119	225	486	1257
1	1.5	1	10	13	17	24	36	55	90	159	311	698	1899
1	2	1	10	14	19	27	40	62	102	183	365	837	2354
1	3	1	11	15	21	30	44	70	117	212	429	1003	2868
1	5	1	12	16	22	32	48	77	129	258	488	1160	3382
1	10	1	12	17	24	34	52	82	140	289	557	1293	3827
1	1000	1	13	18	25	36	55	88	151	282	591	1440	4325

3. SKRAĆENI POSTUPAK ZA ODREĐJIVANJE NOSIVOSTI q_{fc}

Na osnovu analize uticaja relativne stišljivosti (i faktora stišljivosti) na nosivost tla ispod širokih temelja, prvi autor (1983) predložio je skraćeni postupak za određivanje q_{fc} za stopu proizvoljnog oblika ($L/B \geq 1$), koristeći samo Tabele 1 i 2 za stopu oblika kvadrata ili kruga ($L=B$) ili, na osnovu njih ovde uradjene, dijagrame za C_c i $C_q = C_\gamma$ date na sl.1, kao i tabelu tzv. koeficijenata oblika (K_L), datu kao Tabela 14.



SL. 1

Tabela 14. Veličine koeficijenata oblika (K_L)

L/B	Ugao unutrašnjeg trenja ϕ°			
	10	20	30	40
1	1	1	1	1
1,5	0,95	0,93	0,89	0,84
2	0,93	0,90	0,84	0,77
2,5	0,92	0,88	0,81	0,74
3	0,91	0,86	0,79	0,71
4	0,90	0,85	0,76	0,68
5	0,89	0,84	0,75	0,66
10	0,88	0,81	0,73	0,63

Predložen je sledeći skraćeni postupak:

- a) za dati temelj širine B i tlo indeksa krutosti I_R , iz Tabele 1 i 2 ili dijagrama sa sl.1, odrediti veličine C_c i $C_q = C_\gamma$ (kao da je $L=B$), a zatim

$$K_1 = [2C_c + (D+B/2)C_q] / (2+DB/2) \quad (2)$$

- b) iz tabele 14, za oblik L/B stope datog temelja i ugao unutrašnjeg trenja tla, odrediti veličinu K_L a zatim

$$K = K_1 K_L \quad (3)$$

- c) za dati temelj pomoću jednačine (1), zanemariivši uticaj relativne stišljivosti tla tj. uz pretpostavku da je $C_c = C_q = C_\gamma = 1$, odrediti nosivost tla q_f .

- d) na kraju, odrediti nosivost tla uzevši u obzir uticaj relativne stišljivosti tla preko koeficijenata K, tako da je

$$q_{fc} = K q_f \quad (4)$$

4. PRIMER PRORAČUNA NOSIVOSTI TLA ISPOD ŠIROKOG TEMELJA

Za potrebe fundiranja stambene zgrade $P+11+P_k$ na Bulevaru Lenjina u Nišu, na zahtev "Nišprojekta" u Nišu, određena je računaska nosivost i dozvoljeno opterećenje tla po na-

vedenom rešenju Brinch Hansen-Vesić.

Zgrada je na krutoj temeljnoj ploči ispod celog objekta, dimenzija $L=45,30$ m i $B=22,40$ m, sa dubinom fundiranja $D=2,00$ m od praktično horizontalne površine terena.

Istražne radove u tlu izvršio je "Geoprojekt" iz Niša. Na osnovu utvrđenog sastava i sklopa terena, u kome se čvrstoća slojeva generalno povećava sa dubinom, moglo se zaključiti da je zona ekspanzije ispod temelja tanja nego što se računa po primenjenom rešenju, tako da je stvarni prosečni geostatički napon (q_B) u njoj manji, a time i indeks krutosti tla (I_R) veći od sračunatog. Time je dobijena računaska nosivost nešto manja od stvarne (prema ovoj teoriji), čime se išlo u korist sigurnosti, što je uzeto u obzir pri odabiranju faktora sigurnosti za proračun dozvoljenog opterećenja.

Na osnovu geomehaničkog elaborata i očekivanog najvišeg nivoa podzemne vode za proračun su usvojeni sledeći prosečni pokazatelji tla:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 19 \text{ kN/m}^3 & \phi &= 26,5^\circ & M_v &= 9000 \text{ kN/m}^2 \\ \gamma_2 = \gamma' &= 10,3 \text{ kN/m}^3 & C &= 12 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4.1 Rešenje Brinch Hansen - Vesić

$$\begin{aligned} \phi &= 26,5^\circ & B/L &= 22,40/45,30 = 0,50 \\ \text{tg}\phi &= 0,499 & L/B &= 1/0,5 = 2,00 \\ \sin\phi &= 0,446 \end{aligned}$$

Faktori nosivosti (iz tabela datih od autora ovog rada u drugom članku ovog Zbornika):

$$N_c = 23,09 \quad N_q = 12,52 \quad N_\gamma = 13,50$$

Faktori oblika, dubine i nagiba rezultante:

$$s_c = 1 + (B/L) (N_q/N_c) = 1 + 0,50 \cdot 12,52/23,09 = 1,27$$

$$s_q = 1 + (B/L) \text{tg}\phi = 1 + 0,50 \cdot 0,499 = 1,25$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 B/L = 1 - 0,4 \cdot 0,50 = 0,80$$

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 D/B = 1 + 2 \cdot 0,499 (1 - 0,466)^2 2,00/22,40 = 1,03$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \operatorname{tg} \phi) = 1,03 - (1 - 1,03) / (23,09 \cdot 0,499) = 1,03$$

$$d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

Odredjivanje indeksa krutosti tla:

$$v = (1 - \sin \phi) / (2 - \sin \phi) = (1 - 0,446) / (2 - 0,466) = 0,36$$

$$E = M_V (1 - v - 2v^2) / (1 - v) = 9000 (1 - 0,36 - 0,36^2) / (1 - 0,36) = 5344 \text{ kN/m}^2$$

$$G = 0,5E / (1 + v) = 0,5 \cdot 5344 / (1 + 0,36) = 1965 \text{ kN/m}^2$$

$$q_B = \gamma_2 (D + B/2) = 10,3 (2,00 + 22,40/2) = 136 \text{ kN/m}^2$$

$$I_R = G / (C + q_B \operatorname{tg} \phi) = 1965 / (12 + 136 \cdot 0,499) = 24,6 \sim 25$$

Kritičan indeks krutosti (Tabela 13):

$$I_{RCR} = 84 > I_R$$

Faktori stišljivosti za $L/B=2$ (Tabele 5 i 6):

$$c_c = 0,644$$

$$c_q = c_\gamma = 0,647$$

Nosivost bez uticaja relativne stišljivosti tla:

$$q = \gamma_1 D = 19 \cdot 2,00 = 38 \text{ kN/m}^2$$

$$q_f = c N_c s_c d_c i_c + q N_q s_q d_q i_q + 0,5 \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma =$$

$$= 12 \cdot 23,09 \cdot 1,27 \cdot 1,03 \cdot 1 + 38 \cdot 12,52 \cdot 1,25 \cdot 1,03 \cdot 1 +$$

$$+ 0,5 \cdot 10,3 \cdot 22,40 \cdot 13,50 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 =$$

$$= 362,4 + 612,5 + 1245,9 = 2221 \text{ kN/m}^2$$

Nosivost sa uticajem relativne stišljivosti:

$$\begin{aligned} q_{fc} &= 362,4 \cdot c_c + 612,5 \cdot C_q + 1245,9 \cdot C_\gamma = \\ &= 362,4 \cdot 0,644 + 612,5 \cdot 0,647 + 1245,9 \cdot 0,647 = \\ &= 233,4 + 396,3 + 806,1 = \underline{1436 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

Koeficijent smanjenja nosivosti zbog uticaja relativne stišljivosti tla:

$$K = q_{fc} / q_f = 1436 / 2221 = 0,647$$

4.2 Skraćeni postupak, samo sa tebelama 1 i 2

- a) za određeno $I_R = 25$ i dato $\phi = 26,5^\circ$, iz tabela 1 i 2 (ili sa dijagrama na sl.1), koje odgovaraju odnosu $L/B = 1$:

$$C_c = 0,730$$

$$C_q = C_\gamma = 0,751$$

$$K_1 = [2C_c + (D+B/2)C_q] / (2+D+B/2) =$$

$$= [2 \cdot 0,730 + (2,00 + 22,40/2) 0,751] / (2 + 2,00 + 22,40/2) = 0,748$$

- b) za oblik stope $L/B = 2$ i $\phi = 26,5^\circ$, iz tabele 14, koeficijent oblika:

$$K_L = 0,861$$

Koeficijent smanjenja nosivosti:

$$K = K_1 K_L = 0,748 \cdot 0,861 = 0,644$$

- c) nosivost za datu stopu bez uticaja stišljivosti tla (određjena u tački 4.1):

$$q_f = 2221 \text{ kN/m}^2$$

- d) nosivost za datu stopu sa uticajem relativne stišljivosti:

$$q_{fc} = K q_f = 0,644 \cdot 2221 = \underline{1430 \text{ kN/m}^2}$$

5. Z A K L J U Č A K

Kako se vidi, tabelama datim u ovom članku postigao je pak određivanje veličina faktora stišljivosti tla (c_c, c_q, c_γ) znatno se pojednostavljuje za primenu rešenja Brinch Hansen-Vesić u praksi. Skraćenim postupkom i ove tabele se eliminišu, tako da su umesto tabela 1-12 sada potrebne samo tabele 1 i 2 (ili dva dijagrama sa sl.1) i tabela 14, a tačnost rešenja ostaje ista, kako se vidi iz uradjenog primera za široki temelj.

B I B L I O G R A F I J A

- ... (1980), *Elaborat geotehničkih uslova fundiranja stambene zgrade P+11+P_K na Bulevaru Lenjina u Nišu*, Geoprojekt, Niš.
- Samardaković, M. (1983), *relativna stišljivost tla i uticaj dimenzija stope na nosivost tla ispod širokog temelja*, Zbornik radova 4, Građevinski fakultet, Niš
- Vesić, A. (1973), *Analysis of ultimate loads of shallow foundations*, Proceedings ASCE, Journal Soil Mech Found. Div, 99, SMI, pp 45-73.
- Vesić, A. (1975), *Bearing capacity of shallow foundations*, Chap. 3 in *Foundation Engineering Handbook* (editors Winterkorn, H.F. and Fang, H.-Y), VanNostrand Reinhold Comp., New York, pp. 121-147.

A B S T R A C T

Determination of the compressibility factors and bearing capacity of wide shallow foundations

In the paper 12 tables of the compressibility factors (c_c, c_q, c_γ) for practical use of Brinch Hansen-Vesić solution for bearing capacity of wide footings are given. Because of great number of this tables, an original shorter procedure with three tables (Diagrams) is proposed. The numerical example of bearing capacity solution of a wide rectangular footing is added.