

Rudolf MACIEJOWICZ

TABLICE LICZBOWE SKŁADÓW BETONÓW ZWYKŁYCH

Streszczenie. W artykule podano podstawy teoretyczne obliczania, sposób wykorzystania i przykłady graficznego opracowania tablic liczbowych teoretycznych składów betonów zwykłych. Do obliczeń wykorzystano minikomputer MERA 60.

1. WPROWADZENIE

W praktyce budowlanej, np. w wytwarzniach mieszanek betonowych oraz w pracy dydaktycznej na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej, często wymagane jest szybkie obliczenie lub sprawdzenie składów betonów dla różnych właściwości kruszyw, cementów i wytrzymałości betonów wykonanych z mieszanek różnych konsystencji. Brak gotowych tablic z obliczeniami teoretycznymi składami betonów zwykłych - podobnych np. do tablic z parametrami przekrejów konstrukcji żelbetowych lub drewnianych - zmusza do kalkulatorowego wykonywania pracochłonnych obliczeń.

Znane w literaturze polskiej opracowania z tego zakresu są albo niepełne [2] - tylko dla jednej konsystencji mieszanki betonowej, albo wymagają uprzedniego badania wielu parametrów mieszanki próbnej [1]. W większości bowiem przypadków tablice i monogramy stanowią ilustracje lub niezbędno zestawienia liczbowe dla określonej metody projektowania betonu.

Tablice teoretycznych składów dla wszystkich normowych klas betonów zwykłych, wykonanych z zastosowaniem kruszyw naturalnych i łamanych oraz normowych marek cementów dla pięciu konsystencji mieszanek betonowych, a także dla dowolnych wytrzymałości betonu i cementu opracował autor przy współpracy pracownika ITiOB Politechniki Śląskiej mgr inż. J. Madej'sa (obliczane na minikomputerze MERA-60) - przygotowując je do wydania skryptowego [3].

2. PODSTAWY TEORETYCZNE WYKONANYCH OBLCZEŃ

Składy betonów obliczono, opierając się na trzech warunkach podstawowych projektowania betonów zwykłych: wytrzymałość na ściskanie, sumie absolutnych objętości składników i ciężkości - wg normy PN-75/B-06250 - "Beton zwykły".

Warunek wytrzymałości (Bolomey'a)

$$R_b^u = A_1 \left(\frac{C}{W} - 0,5 \right), \quad (\text{MPa}) \quad \text{dla } \frac{C}{W} < 2,5 \quad (1)$$

$$R_b^u = A_2 \left(\frac{C}{W} + 0,5 \right), \quad (\text{MPa}) \quad \text{dla } \frac{C}{W} \geq 2,5 \quad (1a)$$

przy założeniu

$$1,2 < \frac{C}{W} \leq 3,2$$

Warunek szczelności (sumy absolutnych objętości)

$$\frac{C}{G_c} + \frac{K}{G_k} + W = 1000 \quad (\text{dm}^3) \quad (2)$$

Warunek ciekłości (konsystencji)

$$C \cdot W_c + K \cdot W_k = W \quad (\text{dm}^3). \quad (3)$$

w obliczeniach przyjęto:

$G_c = 3,1$ - gęstość pozorną cementu, kg/dm^3 ,

$G_k = 2,65$ - gęstość pozorną kruszywa naturalnego, kg/dm^3 ,

$G_k = 2,90$ - gęstość pozorną kruszywa łamanego, kg/dm^3 .

Wodożność mieszanek kruszywa przyjęto w przedziale:

$$0,015 \leq W_k \leq 0,085 \quad \text{dm}^3/\text{kg} \quad \text{co } 0,001 \quad \text{dm}^3/\text{kg}$$

Wodożność cementu dla pięciu normowych konsystencji mieszanek betonowych przyjęto o wartościach:

$W_c = 0,23 \text{ dm}^3/\text{kg}$ - dla konsystencji wilgotnej,

$W_c = 0,25 \text{ dm}^3/\text{kg}$ - dla konsystencji gęstoplastycznej,

$W_c = 0,27 \text{ dm}^3/\text{kg}$ - dla konsystencji plastycznej,

$W_c = 0,29 \text{ dm}^3/\text{kg}$ - dla konsystencji półciekłej,

$W_c = 0,32 \text{ dm}^3/\text{kg}$ - dla konsystencji ciekłej.

3. ZAKRES WYKONANYCH OBLCZEN

Obliczenia teoretycznych składów betonów dla różnych parametrów składników wykonano w dwóch graficznych układach tabelarycznych, z zastosowaniem minikomputera MERA 60.

Układ I tablic

Zawiera wartości liczbowe składów następujących normowych klas betonów zwykłych dla kruszyw naturalnych i żamanych: B 7,5, B 10, B 15, B 20, B 25, B 30, B 35, B 40, B 50 i odpowiadających im wytrzymałości umownych R_b^u : 11,14, 20, 27, 33, 40, 45, 50, 60 (MPa) - dla przeciętnych warunków wykonania betonu. Uwzględniono marki cementów: 25, 35, 40, 45, 55 (MPa).

Układ tablicy - wydruku komputerowego jest następujący:

Klasa betonu B . . . Wytrzymałość umowna $R_b^u = \dots$ (MPa)

Lp.	Charakterystyka składników:					
	Kruszywo G _k = ...	cement ...	A = ...	R/A = ...	C/W = ...	
	wodozadność W _k	wilgotne W _c = 0,23	gestopl. W _c = 0,25	plastycz. W _c = 0,27	półciękła W _c = 0,29	ciekła W _c = 0,32
	C,W,K,G _b	C,W,K,G _b	C,W,K,G _b	C,W,K,G _b	C,W,K,G _b	C,W,K,G _b
1	0,015					
2	0,016					
.....						
70	0,084					
71	0,085					

W kolumnach pionowych obliczono wartości liczbowe cementu, kruszywa i wody, przypadające na 1 m^3 betonu oraz gęstość betonu (C, W, K, G_b) dla pięciu normowych konsystencji mieszank betonowych ($W_c = 0,23, W_c = 0,25, W_c = 0,27, W_c = 0,29, W_c = 0,32$, podając składy betonów w wierszach w zależności od zmiennych wartości wodozadporności mieszanki kruszywa - W_b).

Jedna tablica zawiera więc od 1-355 teoretycznych składów betonów dla jednej wytrzymałości (klasy) betonu i jednej marki cementu. Łącznie w tym układzie otrzymano 76 таблиц.

W wydrukach pominięto składy, w których ilość cementu w 1 m^3 betonu jest niższa od 150 kg/m^3 oraz przekracza 600 kg/m^3 .

Układ II tablic

Zawiera wartości liczbowe składowych betonów o dowolnej wytrzymałości na ścisanie, wykonanych z cementów różnych wytrzymałości dla kruszyw naturalnych i żamanych oraz pięciu normowych konstytucji mieszanek betonowych.

Układ ten wzoruje się na tablicach opracowanych przez T. Kluza i K. Eymana [2], lecz rozszerzony jest dla pozostałych normowych czterech koncentracji mieszanek betonowych. Tablice zawierają więc składy betonów dla zmieniających się, co 0,02 wartości współczynników $C_{n'}$.

Skok wskaźnika $\frac{C}{W}$ o wielkości 0,02 przyjęto po analizie obliczonych wstępnie zawartości cementu w 1 m³ betonu dla różnych wartości $\frac{C}{W}$. Dla koncentracji półciekłej i ciekłej oraz wysokich wartości W_k wyliczone zawartości cementu w kolejnych wierszach różnią się nie więcej niż o 10,0%.

Przyjęcie większego skoku wartości $\frac{C}{W}$ od 0,02 zmniejszyłoby dokładność obliczeń składników betonu, szczególnie przy wysokich wartościach $\frac{C}{W}$, W_k i rzadszych koncentracjach mieszanek betonowych.

Wzór tablicy w układzie II:

Lp.	$\frac{C}{W} = \dots$		kruszywo $G_k = \dots$		cement $G_c = 3,1$	
	wodożdno. W_k	wilgotna $W_c = 0,23$	gęstopl. $W_c = 0,25$	plastyczna $W_c = 0,27$	półciekła $W_c = 0,29$	ciekła $W_c = 0,32$
	C, W, K, G_b	C, W, K, G_b	C, W, K, G_b	C, W, K, G_b	C, W, K, G_b	C, W, K, G_b
1	0,015					
2	0,016					
.....					
70	0,084					
71	0,085					

Każda tabela zawiera także od 1-355 teoretycznych składów betonów dla jednej wartości $\frac{C}{W}$; łącznie w tym układzie otrzymano 222 tablice.

Przykłady składów betonów otrzymanych z obliczeń komputerowych podaje tablice nr T.2.18, T. 2.22 i T.3.46 - przygotowane do wydania skryptowego.

4. SPOSÓB KORZYSTANIA Z TABLIC

Z tablic w układzie I dla wymaganych parametrów betonu: klasy lub wytrzymałości umownej i koncentracji mieszanki betonowej dla posiadanej lub zalecanej marki cementu można odczytać potrzebne ilości składników C,W,K znając tylko wodożdność mieszanki kruszywa W_k . Wartość W_k można ustalić doświadczalnie lub obliczyć tabelarycznie na podstawie znajomości ujiarnienia posiadonego kruszywa i przyjęcia wartości wskaźników wodożdności dla poszczególnych frakcji z odpowiednich tablic wg Instrukcji ITB dla laboratoriów betonowych lub wg [1],[2].

W przypadku braku odpowiedniego kruszywa, skład ziarnowy mieszanki należy dobrąć z warunku $W_k + j = \min$ lub zalecanej wartości punktu piaskowego dla wymaganej zawartości zaprawy w 1 m³ betonu.

W celu ustalenia (kontroli lub doboru) składu betonu o dowolnej wytrzymałości na ściskanie (układ II) i cementu o dowolnej (nienormowej) wytrzymałości na ściskanie, należy wyliczyć wartość $\frac{C}{W}$ ze wzoru wytrzymałościowego i w tablicach odszukać potrzebne wartości C, W i K - postępując jak poprzednio.

5. PODSUMOWANIE

Zastosowanie minikomputera MERA 60 do projektowania betonu pozwoliło na opracowanie tablic umożliwiających szybkie ustalenie jakościowe i ilościowe (kontrolę lub dobrą) składników praktycznie wszystkich możliwych teoretycznych składów betonów zwykłych, bez konieczności każdorazowego wykonywania pracochłonnych obliczeń. Wykonane obliczenia w postaci wydruków i tablic zawierają teoretyczne receptury 1 m³ betonu. Tablice zawierają także niektóre teoretyczne składy mieszanek betonowych trudnych lub niemożliwych do praktycznego wykonania. Może to wystąpić przy zawartości w 1 m³ betonu cementu i wody poniżej 150 kg, kruszywa powyżej 2000 kg.

Dla rzeczywistych właściwości stosowanych składników i warunków wykonania, wymagane jest zawsze wykonanie zarobów próbnych, sprawdzenie właściwości świeżej mieszanki i etwardniającego betonu oraz dokonanie ewentualnej korekty ilości składników w 1 m³ betonu. Ponadto należy sprawdzić czy spełnione są określone wymagania normowe, np. dotyczące minimalnej zawartości pyłów, cementu, zawartości zaprawy itp. Opracowane tablice mogą znaleźć zastosowanie w zakładach prefabrykacji betonowej.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa: Technologia betonu, cz. 1, 2. Arkady, Warszawa 1972.
- [2] Kluz T., Eymar K.: Projektowanie betonów. Arkady, Warszawa 1969.
- [3] Maciejkończyk R.: Tablice i nomogramy projektowania betonów zwykłych - praca niepublikowana, ITiOB Politechniki Śląskiej, Gliwice 1984.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ТАБЛИЦЫ СОСТАВОВ БЕТОНОВ

Резюме

В статье представлены теоретические основы сличения, способы использования и примеры таблиц теоретических составов бетонов. Таблицы рассчитаны при помощи миникомпьютера Мера 60.

TABLES FOR CONCRETE CONSTITUTIONS DESIGN

Summary

In the paper tables for concrete constitutions design theoretical bases, ways of application, and examples of graphic preparation of numerical theoretical ordinary constitutions of concrete are presented.

The calculations were carried out using the minicomputer MERA 60.

CHARAKTERYSTYKA SKŁADNIKÓW: KRUSZYWO G_k = 2.65

CEMENT MARKI 40

A = 20.0

R/A = 1.35

C/W = 1.03

L.P	MORDOZA- DNOŚCI	WILGOTNA W _c =0.23	GESTOPLAST. W _c =0.25	PLASTYCZNA W _c =0.27	FOLCIEKŁA W _c =0.29	CIEKŁA W _c =0.32
		C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b
1	0.015	115 62 2386 2563	122 66 2370 2558	130 70 2352 2552	140 75 2331 2546	156 84 2293 2533
2	0.016	122 66 2371 2559	130 70 2354 2554	138 75 2334 2547	148 80 2312 2540	165 89 2273 2527
3	0.017	129 70 2355 2554	137 74 2337 2548	146 79 2317 2542	156 84 2294 2534	174 94 2253 2521
4	0.018	136 73 2340 2549	144 78 2321 2543	153 83 2300 2536	164 88 2276 2528	182 99 2233 2514
5	0.019	142 77 2323 2544	151 81 2305 2537	160 87 2283 2530	171 93 2258 2522	191 103 2214 2508
6	0.020	149 80 2310 2539	158 85 2290 2533	168 91 2267 2526	179 97 2241 2517	199 108 2195 2502
7	0.021	155 84 2295 2534	164 89 2274 2527	175 94 2250 2519	186 101 2224 2511	207 112 2176 2493
8	0.022	162 87 2280 2529	171 92 2259 2522	182 98 2234 2514	194 105 2207 2506	215 116 2158 2489
9	0.023	168 91 2266 2525	178 96 2244 2518	189 102 2219 2510	201 109 2190 2500	223 121 2140 2484
10	0.024	174 94 2252 2520	184 100 2229 2513	195 106 2203 2504	208 113 2174 2495	231 126 2122 2478
11	0.025	180 97 2238 2515	191 103 2214 2508	202 109 2188 2499	215 116 2158 2489	239 129 2104 2472
12	0.026	186 101 2224 2511	197 106 2200 2503	209 113 2172 2494	222 120 2142 2484	246 133 2087 2466
13	0.027	192 104 2210 2506	203 110 2185 2498	215 116 2158 2489	229 124 2126 2479	253 137 2070 2460
14	0.028	198 107 2197 2502	209 113 2171 2493	222 120 2143 2485	236 127 2111 2474	261 141 2054 2456
15	0.029	204 110 2184 2498	215 116 2157 2488	228 123 2128 2479	243 131 2095 2469	268 145 2037 2450
16	0.030	210 113 2170 2493	221 120 2144 2485	234 127 2114 2475	249 135 2080 2464	275 149 2021 2445
17	0.031	215 116 2157 2488	227 123 2130 2480	241 130 2100 2471	256 138 2065 2459	282 152 2005 2439
18	0.032	221 119 2145 2485	233 126 2117 2476	247 133 2086 2466	262 142 2051 2455	289 156 1990 2435
19	0.033	227 122 2132 2481	239 129 2104 2472	253 137 2072 2462	268 145 2036 2449	295 160 1974 2429
20	0.034	232 125 2119 2476	245 132 2090 2467	259 140 2058 2457	274 148 2022 2444	302 163 1959 2424
21	0.035	237 128 2107 2472	250 135 2078 2463	265 143 2045 2453	281 152 2008 2441	309 167 1944 2420
22	0.036	243 131 2095 2469	256 138 2065 2459	270 146 2032 2448	287 155 1994 2436	315 170 1930 2415
23	0.037	248 134 2082 2464	261 141 2052 2454	276 149 2019 2444	293 158 1981 2432	321 174 1915 2410
24	0.038	253 137 2070 2460	267 144 2040 2451	282 152 2006 2440	298 161 1967 2426	328 177 1901 2406
25	0.039	259 140 2059 2458	272 147 2028 2447	287 155 1993 2435	304 164 1954 2422	334 180 1887 2401
26	0.040	264 143 2047 2454	277 150 2015 2442	293 158 1980 2431	310 168 1941 2419	340 184 1873 2397
27	0.041	269 145 2035 2449	283 153 2003 2439	298 161 1968 2427	316 171 1928 2415	346 187 1859 2392
28	0.042	274 148 2024 2446	288 156 1992 2436	304 164 1956 2424	321 174 1916 2411	352 190 1846 2388
29	0.043	279 151 2013 2443	293 158 1980 2431	309 167 1943 2419	327 177 1903 2407	357 193 1833 2383
30	0.044	284 153 2001 2438	298 161 1968 2427	314 170 1931 2415	332 179 1891 2402	363 196 1820 2379
31	0.045	288 156 1990 2434	303 164 1957 2424	319 173 1920 2412	337 182 1878 2397	369 199 1807 2375
32	0.046	293 158 1979 2430	308 166 1945 2419	324 175 1908 2407	343 185 1866 2394	374 202 1794 2370
33	0.047	298 161 1969 2428	313 169 1934 2416	329 178 1896 2403	348 188 1854 2390	380 205 1782 2367
34	0.048	303 164 1958 2425	318 172 1923 2413	334 181 1885 2400	353 191 1843 2387	385 208 1769 2362
35	0.049	307 166 1947 2420	323 174 1912 2409	339 183 1874 2396	358 194 1831 2383	390 211 1757 2358
36	0.050	312 169 1937 2418	327 177 1902 2406	344 186 1863 2393	363 196 1819 2378	396 214 1745 2353
37	0.051	316 171 1926 2413	332 179 1891 2402	349 189 1852 2390	368 199 1808 2375	401 217 1733 2351
38	0.052	321 173 1916 2410	337 182 1880 2399	354 191 1841 2386	373 202 1797 2372	406 219 1722 2347
39	0.053	325 176 1906 2407	341 184 1870 2395	359 194 1830 2383	378 204 1786 2368	411 222 1710 2343
40	0.054	330 178 1896 2404	346 187 1860 2393	363 196 1819 2378	383 207 1775 2365	416 225 1699 2340
41	0.055	334 181 1886 2401	350 189 1849 2388	368 199 1809 2376	387 209 1764 2360	421 227 1687 2335
42	0.056	338 183 1876 2397	354 192 1839 2385	372 201 1799 2372	392 212 1754 2358	426 230 1676 2332
43	0.057	343 185 1866 2394	359 194 1829 2382	377 204 1788 2369	397 214 1743 2354	430 233 1665 2328
44	0.058	347 187 1857 2391	363 196 1819 2378	381 206 1778 2365	401 217 1733 2351	435 235 1655 2325
45	0.059	351 190 1847 2388	367 199 1810 2376	386 208 1768 2362	406 219 1722 2347	440 238 1644 2322
46	0.060	355 192 1838 2385	372 201 1800 2373	390 211 1758 2359	410 222 1712 2344	444 240 1634 2318
47	0.061	359 194 1828 2381	376 203 1790 2369	394 213 1748 2355	414 224 1702 2340	449 243 1623 2315
48	0.062	363 196 1819 2378	380 205 1781 2366	398 215 1739 2352	419 226 1692 2337	453 245 1613 2311
49	0.063	367 198 1810 2375	384 208 1771 2363	403 218 1729 2350	423 229 1682 2334	458 247 1603 2308
50	0.064	371 201 1801 2373	388 210 1762 2360	407 220 1720 2347	427 231 1673 2331	462 250 1593 2305
51	0.065	375 203 1792 2370	392 212 1753 2357	411 222 1710 2343	431 233 1663 2327	467 252 1583 2302
52	0.066	379 205 1783 2367	396 214 1744 2354	415 224 1701 2340	436 235 1654 2325	471 254 1573 2298
53	0.067	383 207 1774 2364	400 216 1735 2351	419 226 1692 2337	440 238 1644 2322	475 257 1564 2296
54	0.068	387 209 1766 2362	404 218 1726 2348	423 229 1683 2335	444 240 1635 2319	479 259 1554 2292
55	0.069	390 211 1757 2358	408 220 1717 2345	427 231 1674 2332	448 242 1626 2316	483 261 1545 2289
56	0.070	394 213 1749 2356	412 223 1708 2343	431 233 1665 2329	452 244 1617 2313	487 263 1535 2285
57	0.071	398 215 1740 2353	415 225 1700 2340	435 235 1656 2326	456 246 1608 2310	491 266 1526 2283
58	0.072	401 217 1732 2350	419 227 1691 2337	438 237 1647 2322	460 248 1599 2307	495 268 1517 2280
59	0.073	405 219 1723 2347	423 229 1683 2335	442 239 1639 2320	463 250 1590 2303	499 270 1508 2277
60	0.074	409 221 1715 2345	426 231 1674 2331	446 241 1630 2317	467 253 1582 2302	503 272 1499 2274
61	0.075	412 223 1707 2342	430 232 1666 2328	450 243 1622 2315	471 255 1573 2299	507 274 1491 2272
62	0.076	416 225 1699 2340	434 234 1658 2326	453 245 1613 2311	475 257 1565 2297	511 276 1482 2269
63	0.077	419 227 1691 2337	437 236 1650 2323	457 247 1605 2309	478 259 1556 2293	514 278 1473 2265
64	0.078	423 229 1683 2335	441 238 1642 2321	460 249 1597 2306	482 260 1548 2290	518 280 1465 2263
65	0.079	426 230 1675 2331	444 240 1634 2318	464 251 1589 2304	485 262 1540 2287	522 282 1457 2261
66	0.080	430 232 1667 2329	448 242 1626 2316	467 253 1581 2301	489 264 1531 2284	525 284 1448 2257
67	0.081	433 234 1660 2327	451 244 1618 2313	471 255 1573 2299	493 266 1523 2282	529 286 1440 2255
68	0.082	436 236 1652 2324	455 246 1610 2311	474 256 1565 2295	496 268 1515 2279	532 288 1432 2252
69	0.083	440 238 1645 2323	458 247 1603 2308	478 258 1557 2293	499 270 1508 2277	536 290 1424 2250
70	0.084	443 239 1637 2319	461 249 1595 2305	481 260 1550 2291	503 272 1500 2275	539 292 1416 2247
71	0.085	446 241 1630 2317	464 251 1588 2303	484 262 1542 2288	506 274 1492 2272	543 293 1408 2244

CHARAKTERYSTYKA SKŁADNIKÓW: KRUSZYWO G_s = 2.65 CEMENT MARKI 35 A = 18.0 R/A = 1.00 C/U = 2.33

L.P.	WODOZAWODNOSC	WILGOTNA W=0.23	GESTOFPLAST. W=0.25	PLASTYCZNA W=0.27	POLCIERKLA W=0.29	CIEKLA W=0.32
		C W K G _b				
1	0.015	174 75 2304 2553	191 82 2270 2543	211 90 2230 2531	236 101 2180 2517	287 123 2078 2466
2	0.016	184 79 2284 2547	202 86 2249 2537	223 95 2207 2525	249 107 2155 2511	302 129 2049 2460
3	0.017	194 83 2264 2541	212 91 2228 2531	234 100 2184 2518	261 112 2130 2503	316 136 2020 2472
4	0.018	203 87 2245 2535	222 95 2207 2524	245 105 2162 2512	274 117 2106 2497	330 142 1992 2464
5	0.019	213 91 2226 2530	233 100 2187 2520	256 110 2140 2506	285 122 2082 2489	344 147 1965 2454
6	0.020	222 95 2207 2524	243 104 2167 2514	267 114 2118 2499	297 127 2059 2483	357 153 1939 2449
7	0.021	232 99 2189 2520	253 108 2147 2508	278 119 2097 2494	309 132 2036 2477	370 159 1913 2442
8	0.022	241 103 2171 2515	262 112 2128 2502	288 123 2077 2488	320 137 2014 2471	383 164 1888 2435
9	0.023	249 107 2153 2509	272 116 2109 2497	298 128 2056 2482	331 142 1992 2465	395 169 1864 2428
10	0.024	258 111 2136 2505	281 120 2091 2492	308 132 2036 2476	341 146 1971 2458	407 174 1840 2421
11	0.025	267 114 2119 2500	290 124 2072 2486	318 136 2017 2471	352 151 1950 2453	418 179 1817 2414
12	0.026	275 118 2102 2495	299 128 2055 2482	328 140 1998 2466	362 155 1929 2446	430 184 1795 2409
13	0.027	284 122 2086 2492	308 132 2037 2477	337 144 1979 2460	372 159 1909 2440	441 189 1773 2403
14	0.028	292 125 2069 2486	317 136 2020 2473	346 148 1961 2455	382 164 1890 2436	452 194 1751 2397
15	0.029	300 129 2053 2482	325 139 2003 2467	355 152 1943 2450	391 168 1871 2430	462 198 1730 2390
16	0.030	308 132 2037 2477	334 143 1986 2463	364 156 1925 2445	401 172 1852 2425	472 202 1710 2384
17	0.031	316 135 2022 2473	342 147 1969 2458	373 160 1908 2441	410 176 1834 2420	482 207 1690 2379
18	0.032	323 139 2006 2468	350 150 1953 2453	382 164 1891 2437	419 180 1815 2414	492 211 1670 2373
19	0.033	331 142 1991 2464	358 153 1937 2448	390 167 1874 2431	428 183 1798 2409	502 215 1651 2368
20	0.034	338 145 1976 2459	366 157 1922 2445	398 171 1857 2426	437 187 1780 2404	511 219 1632 2362
21	0.035	346 148 1962 2456	374 160 1906 2440	406 174 1841 2421	445 191 1763 2399	520 223 1614 2357
22	0.036	353 151 1947 2451	381 163 1891 2435	414 178 1825 2417	454 194 1747 2395	529 227 1596 2352
23	0.037	360 154 1933 2447	389 167 1876 2432	422 181 1810 2413	462 198 1730 2390	538 231 1579 2348
24	0.038	367 157 1919 2443	396 170 1861 2427	430 184 1794 2408	470 201 1714 2385	547 234 1562 2343
25	0.039	374 160 1905 2439	403 173 1847 2423	438 188 1779 2405	478 205 1698 2381	555 238 1545 2338
26	0.040	381 163 1892 2436	411 176 1833 2420	445 191 1764 2400	486 208 1683 2377	563 241 1529 2333
27	0.041	388 166 1878 2432	418 179 1819 2416	452 194 1750 2396	493 211 1668 2372	571 245 1513 2329
28	0.042	394 169 1865 2428	425 182 1805 2412	460 197 1735 2392	501 215 1653 2369	579 248 1497 2324
29	0.043	401 172 1852 2425	431 185 1791 2407	467 200 1721 2388	508 218 1638 2364	587 252 1482 2321
30	0.044	407 175 1839 2421	438 188 1778 2404	474 203 1707 2384	516 221 1624 2361	594 255 1467 2316
31	0.045	414 177 1826 2417	445 191 1765 2401	481 206 1693 2380	523 224 1610 2357	
32	0.046	420 180 1814 2414	451 193 1752 2396	487 209 1680 2376	530 227 1596 2353	
33	0.047	426 183 1801 2410	458 196 1739 2393	494 212 1667 2373	537 230 1582 2349	
34	0.048	432 185 1789 2406	464 199 1726 2389	501 215 1654 2370	543 233 1569 2345	
35	0.049	439 188 1777 2404	470 202 1714 2386	507 217 1641 2365	550 236 1555 2341	
36	0.050	444 190 1765 2399	476 204 1702 2382	513 220 1628 2361	556 238 1542 2336	
37	0.051	450 193 1754 2397	483 207 1690 2380	520 223 1616 2359	563 241 1529 2333	
38	0.052	456 196 1742 2394	489 209 1678 2376	526 225 1603 2354	569 244 1517 2330	
39	0.053	462 198 1731 2391	494 212 1666 2372	532 228 1591 2351	575 247 1505 2327	
40	0.054	468 200 1719 2387	500 214 1654 2368	538 231 1579 2348	582 249 1492 2323	
41	0.055	473 203 1708 2384	506 217 1643 2366	544 233 1568 2345	588 252 1480 2320	
42	0.056	479 205 1697 2381	512 219 1632 2363	550 236 1556 2342	593 254 1469 2316	
43	0.057	484 207 1686 2377	517 222 1620 2359	555 238 1545 2338	599 257 1457 2313	
44	0.058	489 210 1676 2375	523 224 1609 2356	561 240 1533 2334		
45	0.059	495 212 1665 2372	528 226 1599 2353	566 243 1522 2331		
46	0.060	500 214 1655 2369	534 229 1588 2351	572 245 1512 2329		
47	0.061	505 216 1644 2365	539 231 1577 2347	577 247 1501 2325		
48	0.062	510 219 1634 2363	544 233 1567 2344	583 250 1490 2323		
49	0.063	515 221 1624 2360	549 235 1557 2341	588 252 1460 2320		
50	0.064	520 223 1614 2357	554 238 1547 2339	593 254 1469 2316		
51	0.065	525 225 1605 2355	559 240 1537 2336	598 256 1459 2313		
52	0.066	530 227 1595 2352	564 242 1527 2333			
53	0.067	535 229 1585 2349	569 244 1517 2330			
54	0.068	540 231 1576 2347	574 246 1507 2327			
55	0.069	544 233 1566 2343	579 248 1498 2325			
56	0.070	549 235 1557 2341	583 250 1489 2322			
57	0.071	554 237 1548 2339	588 252 1479 2319			
58	0.072	558 239 1539 2336	593 254 1470 2317			
59	0.073	563 241 1530 2334	597 256 1461 2314			
60	0.074	567 243 1521 2331				
61	0.075	571 245 1513 2329				
62	0.076	576 247 1504 2327				
63	0.077	580 249 1496 2325				
64	0.078	584 250 1487 2321				
65	0.079	588 252 1479 2319				
66	0.080	592 254 1471 2317				
67	0.081	597 256 1462 2315				
68	0.082					

C/N = 2.10

KRUSZYWO NATURALNE $\theta_c = 2.65$ CEMENT $\theta_c = 3.1$

L.P.	WODOZAMIENOSC	WILGOTNA, $W=0.23$	GESTOPLAST, $W=0.25$	FLASTYCZNA, $W=0.27$	FOLCIEKLA, $W=0.29$	CIEKLA, $W=0.32$
		C W K G _b				
1	0.015	154 73 2324 2551	154 73 2324 2551	167 80 2296 2543	182 87 2264 2533	212 101 2202 2515
2	0.016	151 72 2330 2553	163 78 2305 2546	177 84 2276 2537	193 92 2242 2527	223 106 2178 2507
3	0.017	160 76 2312 2548	172 82 2286 2540	186 89 2256 2531	203 97 2221 2520	234 112 2154 2500
4	0.018	168 80 2295 2543	180 86 2268 2534	195 93 2237 2525	213 101 2200 2514	246 117 2130 2473
5	0.019	176 84 2278 2537	189 90 2250 2529	204 97 2217 2519	222 106 2179 2508	256 122 2107 2486
6	0.020	184 87 2261 2532	197 94 2232 2524	213 102 2199 2513	232 110 2159 2501	267 127 2085 2479
7	0.021	191 91 2245 2527	206 98 2215 2518	222 106 2180 2508	241 115 2139 2495	277 132 2063 2472
8	0.022	199 95 2228 2522	214 102 2198 2513	231 110 2162 2502	250 119 2120 2490	288 137 2041 2466
9	0.023	207 98 2212 2518	222 106 2181 2508	239 114 2144 2497	259 124 2101 2484	297 142 2020 2459
10	0.024	214 102 2197 2513	230 109 2164 2503	247 118 2126 2491	268 128 2082 2478	307 146 2000 2453
11	0.025	221 105 2181 2508	237 113 2148 2498	256 122 2109 2486	277 132 2064 2473	317 151 1979 2447
12	0.026	229 109 2166 2503	245 117 2131 2493	264 126 2092 2481	286 136 2045 2467	326 155 1960 2441
13	0.027	236 112 2151 2499	253 120 2115 2488	272 129 2075 2476	294 140 2028 2462	335 160 1940 2435
14	0.028	243 116 2136 2494	260 124 2100 2483	280 133 2058 2471	302 144 2010 2456	344 164 1921 2429
15	0.029	250 119 2121 2490	267 127 2084 2479	287 137 2042 2466	310 148 1993 2451	353 168 1902 2424
16	0.030	257 122 2074 2486	274 131 2069 2474	295 140 2026 2461	318 152 1976 2446	362 172 1884 2418
17	0.031	263 125 2092 2481	282 134 2054 2470	302 144 2010 2456	326 155 1959 2441	370 176 1866 2413
18	0.032	270 129 2078 2477	289 137 2039 2465	310 147 1995 2452	334 159 1943 2436	379 180 1848 2407
19	0.033	277 132 2064 2473	295 141 2025 2461	317 151 1979 2447	342 163 1927 2431	387 184 1831 2402
20	0.034	283 135 2051 2469	302 144 2010 2456	324 154 1964 2443	349 166 1911 2426	395 188 1814 2397
21	0.035	290 138 2037 2465	309 147 1996 2452	331 158 1950 2438	356 170 1894 2422	403 192 1797 2392
22	0.036	296 141 2024 2460	315 150 1982 2448	338 161 1935 2434	364 173 1880 2417	411 195 1781 2387
23	0.037	302 144 2010 2456	322 153 1968 2444	345 164 1921 2429	371 177 1865 2413	418 199 1765 2382
24	0.038	308 147 1997 2453	328 156 1955 2440	351 167 1906 2425	378 180 1851 2408	426 203 1749 2377
25	0.039	314 150 1985 2449	335 159 1941 2436	358 170 1892 2421	385 183 1836 2404	433 206 1734 2373
26	0.040	320 153 1972 2445	341 162 1928 2432	364 174 1879 2417	391 186 1822 2399	440 210 1718 2368
27	0.041	326 155 1959 2441	347 165 1915 2428	371 177 1865 2412	398 190 1807 2395	447 213 1703 2364
28	0.042	332 158 1947 2437	353 168 1902 2424	377 180 1852 2408	405 193 1794 2391	454 216 1689 2359
29	0.043	338 161 1935 2434	359 171 1890 2420	383 183 1838 2404	411 196 1780 2387	461 219 1674 2355
30	0.044	344 164 1923 2430	365 174 1877 2416	390 185 1825 2400	417 199 1766 2383	468 223 1660 2350
31	0.045	349 166 1911 2426	371 177 1865 2412	396 188 1813 2397	424 202 1753 2379	474 226 1646 2346
32	0.046	355 169 1899 2423	377 179 1853 2409	402 191 1800 2393	430 205 1740 2375	481 229 1632 2342
33	0.047	360 172 1887 2419	382 182 1840 2405	407 194 1788 2389	436 208 1727 2371	487 232 1619 2338
34	0.048	366 174 1876 2416	388 185 1829 2401	413 197 1775 2385	442 210 1714 2367	493 235 1606 2334
35	0.049	371 177 1864 2412	394 187 1817 2398	419 200 1763 2382	448 213 1702 2363	500 238 1592 2330
36	0.050	376 179 1853 2409	399 190 1805 2394	425 202 1751 2378	454 216 1690 2359	506 241 1580 2326
37	0.051	382 182 1842 2406	404 193 1794 2391	430 205 1739 2374	459 219 1677 2356	512 244 1567 2322
38	0.052	387 184 1831 2402	410 195 1783 2388	436 207 1728 2371	465 221 1665 2352	518 246 1555 2318
39	0.053	392 187 1820 2399	415 198 1771 2384	441 210 1716 2367	471 224 1654 2348	523 249 1542 2315
40	0.054	397 189 1810 2396	420 200 1760 2381	446 213 1705 2364	476 227 1642 2345	529 252 1530 2311
41	0.055	402 191 1799 2393	425 203 1750 2378	452 215 1694 2361	482 229 1630 2341	535 255 1518 2308
42	0.056	407 194 1789 2389	430 205 1739 2374	457 218 1683 2357	487 232 1619 2338	540 257 1507 2304
43	0.057	412 196 1778 2386	435 207 1728 2371	462 220 1672 2354	492 234 1608 2335	546 260 1495 2301
44	0.058	417 198 1768 2383	440 210 1718 2368	467 222 1661 2351	497 237 1597 2331	551 262 1484 2297
45	0.059	421 201 1758 2380	445 212 1707 2365	472 225 1650 2348	503 239 1586 2328	556 265 1473 2294
46	0.060	426 203 1748 2377	450 214 1697 2362	477 227 1640 2344	508 242 1575 2323	561 267 1462 2290
47	0.061	431 205 1738 2374	455 217 1687 2359	482 230 1630 2341	513 244 1565 2322	567 270 1451 2287
48	0.062	435 207 1729 2371	460 219 1677 2356	487 232 1619 2338	518 246 1554 2318	572 272 1440 2284
49	0.063	440 209 1719 2368	464 221 1667 2353	492 234 1609 2335	522 249 1544 2315	577 275 1429 2281
50	0.064	444 212 1709 2365	469 223 1657 2350	496 234 1599 2332	527 251 1534 2312	581 277 1419 2278
51	0.065	449 214 1700 2363	474 225 1648 2347	501 239 1589 2329	532 253 1524 2309	586 279 1409 2274
52	0.066	453 216 1691 2360	478 228 1638 2344	506 241 1580 2326	537 256 1514 2306	591 281 1399 2271
53	0.067	458 218 1681 2357	482 230 1629 2341	510 243 1570 2323	541 258 1504 2303	596 284 1389 2268
54	0.068	462 220 1672 2354	487 232 1619 2338	515 245 1561 2320	546 260 1495 2300	
55	0.069	466 222 1663 2351	491 234 1610 2335	519 247 1551 2317	550 262 1485 2297	
56	0.070	470 224 1654 2349	496 236 1601 2333	523 249 1542 2315	555 264 1476 2295	
57	0.071	475 226 1645 2346	500 238 1592 2330	528 251 1533 2312	559 266 1466 2292	
58	0.072	479 228 1637 2343	504 240 1583 2327	532 253 1524 2309	564 268 1457 2289	
59	0.073	483 230 1628 2341	508 242 1574 2325	536 255 1515 2306	568 270 1448 2286	
60	0.074	487 232 1620 2338	512 244 1566 2322	540 257 1506 2304	572 272 1439 2284	
61	0.075	491 234 1611 2336	516 246 1557 2319	545 259 1497 2301	576 274 1430 2281	
62	0.076	495 236 1603 2333	520 248 1549 2317	549 261 1489 2299	580 276 1422 2278	
63	0.077	499 237 1594 2331	524 250 1540 2314	553 263 1480 2296	584 278 1413 2276	
64	0.078	503 239 1586 2328	528 252 1532 2312	557 265 1472 2293	588 280 1405 2273	
65	0.079	506 241 1578 2326	532 253 1524 2309	561 267 1463 2291	592 282 1396 2271	
66	0.080	510 243 1570 2323	536 255 1515 2307	565 269 1455 2288	596 284 1388 2268	
67	0.081	514 245 1562 2321	540 257 1507 2304	568 271 1447 2286		
68	0.082	518 247 1554 2318	544 259 1499 2302	572 272 1439 2283		
69	0.083	521 249 1546 2316	547 261 1492 2299	576 274 1431 2281		
70	0.084	525 250 1539 2314	551 262 1484 2297	580 276 1423 2279		
71	0.085	529 252 1531 2311	555 264 1476 2295	583 278 1415 2276		



T. 3.91

C/W = 3.00						KRUSZYWO NATURALNE $\theta_c=2.65$						CEMENT $\theta_c = 3.1$					
L.P.	WODOZA-	WILGOTNA, $W=0.23$	GESTOPLAST, $W=0.25$	PLASTYCZNA, $W=0.27$	POLCIERKLA, $W=0.29$	CIEKLA, $W=0.32$											
	DNOSC	U_k	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b				
1	0.015	307 102 2116 2526	363 121 2018 2503	445 148 1877 2470	573 191 1655 2418												
2	0.016	323 108 2088 2519	381 127 1987 2496	465 155 1841 2462	596 199 1614 2409												
3	0.017	339 113 2061 2513	399 133 1956 2488	485 162 1807 2454													
4	0.018	354 118 2034 2507	416 139 1927 2482	504 168 1774 2446													
5	0.019	369 123 2008 2501	433 144 1898 2475	523 174 1742 2438													
6	0.020	384 128 1983 2495	449 150 1870 2468	540 180 1711 2431													
7	0.021	398 133 1958 2489	464 155 1843 2462	557 186 1681 2424													
8	0.022	412 137 1934 2483	480 160 1816 2456	574 191 1652 2418													
9	0.023	425 142 1911 2478	494 165 1791 2450	590 197 1625 2411													
10	0.024	438 146 1888 2472	509 170 1766 2444														
11	0.025	451 150 1866 2467	523 174 1742 2438														
12	0.026	464 155 1844 2462	536 179 1718 2433														
13	0.027	476 159 1822 2457	549 183 1695 2428														
14	0.028	488 163 1802 2452	562 187 1673 2422														
15	0.029	500 167 1781 2448	575 192 1651 2417														
16	0.030	511 170 1761 2443	587 196 1630 2412														
17	0.031	523 174 1742 2438	599 200 1609 2408														
18	0.032	533 178 1723 2434															
19	0.033	544 181 1704 2430															
20	0.034	555 185 1686 2425															
21	0.035	565 188 1668 2421															
22	0.036	575 192 1651 2417															
23	0.037	585 195 1633 2413															
24	0.038	595 198 1617 2409															

T. 3.92

C/W = 3.02						KRUSZYWO NATURALNE $\theta_c=2.65$						CEMENT $\theta_c = 3.1$					
L.P.	WODOZA-	WILGOTNA, $W=0.23$	GESTOPLAST, $W=0.25$	PLASTYCZNA, $W=0.27$	POLCIERKLA, $W=0.29$	CIEKLA, $W=0.32$											
	DNOSC	U_k	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b	C U K G _b				
1	0.015	313 104 2108 2525	371 123 2007 2501	456 151 1860 2467	592 196 1624 2412												
2	0.016	329 109 2080 2518	390 129 1975 2494	477 158 1823 2459													
3	0.017	343 114 2052 2512	407 135 1944 2487	497 163 1788 2450													
4	0.018	361 119 2025 2505	425 141 1914 2480	517 171 1755 2443													
5	0.019	376 124 1999 2499	442 146 1885 2473	535 177 1722 2435													
6	0.020	390 129 1974 2493	458 152 1857 2466	553 183 1691 2428													
7	0.021	405 134 1949 2488	474 157 1830 2460	571 189 1661 2421													
8	0.022	419 139 1925 2482	489 162 1803 2454	587 195 1632 2414													
9	0.023	432 143 1901 2477	504 167 1777 2448														
10	0.024	446 148 1878 2471	518 172 1752 2442														
11	0.025	459 152 1855 2466	532 176 1728 2436														
12	0.026	471 156 1833 2461	546 181 1704 2431														
13	0.027	484 160 1812 2456	559 185 1681 2426														
14	0.028	496 164 1791 2451	572 190 1658 2420														
15	0.029	508 168 1770 2446	585 194 1637 2415														
16	0.030	519 172 1750 2442	597 198 1615 2410														
17	0.031	531 176 1731 2437															
18	0.032	542 179 1712 2433															
19	0.033	552 183 1693 2428															
20	0.034	563 186 1675 2424															
21	0.035	573 190 1657 2420															
22	0.036	584 193 1639 2416															
23	0.037	593 197 1622 2412															