ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: BUDOWNICTWO z. 81 Nr kol. 1292

Rudolf MACIEJOŃCZYK, Henryk GLIŃSKI

PROGRAMY KOMPUTEROWE W DYDAKTYCE I PRACACH LABORATORYJNYCH Z TECHNOLOGII BETONU

Streszczenie. W referacie przedstawiono założenia przyjęte do opracowania trzech programów komputerowych, sposób i przykłady ich wykorzystania w dydaktyce i pracach badawczych z technologii betonu. Umożliwiają one ocenę - na podstawie badań laboratoryjnych - przydatności kruszywa do betonu, oraz projektowanie i analizę składów betonów w zależności od własności składników i parametrów składów.

COMPUTER PROGRAMS IN THE TEACHING OF THE CONCRETE TECHNOLOGY

Summary. The developer computer programs make it possible to perform a detailed analysis of aggregate properties and concrete parameters in the process of concrete mix design. In the paper the assumptions for development of 3 computer programs, ways and examples of their applications in the teaching process and research work in the field of concrete technology are presented.

EDV - PROGRAMME FÜR BETONTECHNOLOGIE UND BETONVORFERTIGUNG IN DER DIDAKTIK UND IM LABOR

Zusammenfassung. Es wurden drei EDV - Programme dargestellt - Vorraussetzungen zu ihrer Bearbeitung, Art und Beispiele der Nutzung in der Didaktik und in Forschungsarbeiten im Bereich der Betontechnologie und Betonvorfertigung. Auf Grund von Labortesten ermöglichen sie Sowohl die Auswertung der Qualität des Zuschlages für Beton als auch Planung und Analyse der Betonzusammensetzungen abhängig von den Komponenteneigenschaften und den Mischungsverhältnissen.

1. WPROWADZENIE

Od kilku lat w dydaktyce przedmiotu "materiały budowlane z technologią betonu" oraz w laboratoryjnych pracach badawczych z zakresu technologii betonu, prowadzonych w Katedrze

Procesów Budowlanych Politechniki Śląskiej, wykorzystuje się trzy oryginalne dydaktyczne programy komputerowe. Umożliwiają one ocenę - na podstawie badań laboratoryjnych - przydatności kruszyw naturalnych i łamanych do betonu oraz projektowanie i analizę własności betonów zwykłych, w zależności od zadanych 4÷10 parametrów. Ze względu na zastosowaną prostotę procedur obsługi umożliwiają ponadto wykonanie szybkich analiz i obliczeń symulacyjnych wybranych własności betonów w zależności od zadanych cech technicznych składników i składów betonów.

W artykule omówiono podstawy teoretyczne, założenia przyjęte do opracowania przez autorów artykułu wspomnianych programów i przykłady stosowania ich w pracy dydaktycznej.

Programy te o tytułach:

I. Analiza granulometryczna i charakterystyka przydatności kruszywa do betonu;

II. Projektowanie betonu zwykłego;

III. Projekt i analiza składu betonu;

zajmują łącznie 300 kB pamięci. Można je uruchomić na dowolnym mikrokomputerze klasy IBM PC, XT/AT/386/486 z twardego dysku lub dyskietki. Wydruki wyników można uzyskać na dowolnej drukarce 9- lub 24-igłowej.

2. OMÓWIENIE ZAŁOŻEŃ I ZAKRESU PROGRAMÓW

2.1. Program "Analiza granulometryczna i charakterystyka przydatności kruszywa do betonu"

Program obejmuje moduły wejściowy, obliczeniowy i wyjściowy (graficzny).

Moduł wejściowy umożliwia wprowadzenie - na podstawie badań laboratoryjnych lub przyjęciu wartości liczbowych - następujących parametrów charakteryzujących kruszywo:

⇒ wyniki ważenia 1÷3 próbek (naważek) o masie 1000÷4000 g, lub

⇒ składu granulometrycznego 1÷3 różnych kruszyw złożonych z frakcji $f_1 \div f_9$ lub $f_1 \div f_{10}$

⇒ do wykonania wspólnej krzywej przesiewu; w %

Moduł obliczeniowy pozwala na obliczenie:

⇒ średniej arytmetycznej masy naważek lub 2÷3 różnych kruszyw, w g i w % oraz wartości liczbowych opisujących krzywe przesiewu kruszywa,

⇒ punktu piaskowego (0÷2 mm) - P_p; %

⇒ punktu pyłowo-piaskowego (0÷0,125 mm) - P_{pl}; %

⇒ wskaźnika uziarnienia U - wg Kuczyńskiego,

⇒ powierzchni właściwej dla kruszywa naturalnego i łamanego F, w dm^3/kg,

⇒ wodożądności W_k dla pięciu normowych konsystencji mieszanek betonowych - K1 do K5, dm^3/kg.

Moduł wyjściowy umożliwia graficzne przedstawienie składu granulometrycznego na tle krzywych granicznych wg PN-88/B-06250, dla dwóch wariantów uziarnienia kruszywa: I - do 16 mm, II - do 31,5 mm.

Z wyjątkiem wartości naważek kruszywa i danych personalnych, które wpisuje się do pamięci komputera posługując się klawiaturą, pozostałe parametry dla danego kruszywa wybiera się kursorem. W pamięci komputera wpisane są bowiem literaturowe wartości liczbowe opisujące własności kruszyw, np. wskaźniki wodne poszczególnych frakcji kruszywa, gęstości nasypowe i objętościowe, wskaźniki do obliczenia powierzchni właściwej.

2.2. Program "Projektowanie betonu zwykłego"

Do programu obliczeń przyjęto algorytmy otrzymane z przekształcenia wzorów do projektowania betonu metodą trzech równań podstawowych. [1][3].

W obliczeniach przyjęto $1,2 \leq C/W \leq 3,2$

$G_c = 3,1$ - 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.

Wodożądność mieszanek kruszywa:

$0,015 \leq W_k \leq 0,085$ dm^3/kg co 0,001 dm^3/kg

Wodożądność cementu dla pięciu normowych konsystencji mieszanek betonowych:

$W_c = 0,23 \div 0,32$ dm^3/kg.

Wartość współczynnika A - według normy [3].

Obliczenia składów betonu dla różnych parametrów składników zaprojektowano dla następujących normowych klas betonów zwykłych, dla kruszyw naturalnych i łamanych: B7.5, B10, B12.5, B15, B20, B30, B35, B40, B50 i marek cementów: 25, 35, 40, 45 i 55 (MPa)[4].

Program oblicza zawartość cementu, kruszywa i wody (C, W, K) dla pięciu normowych konsystencji mieszanek betonowych K-1 do K-5, podając składy betonu w zależności od wartości wodożądności mieszanki kruszywa naturalnego (G_k=2,65) lub łamanego (G_k=2,9) -

W_k. Pominięto składy, w których zawartość cementu w 1 m^3 betonu jest niższa od 150 kg/m^3 lub przekracza 600 kg/m^3.[1][4].

Kursorem wybiera się wartości liczbowe dla (widocznych na ekranie komputera) następujących PARAMETRÓW BETONU:
klasę betonu, markę cementu, konsystencję mieszanki betonowej, rodzaj kruszywa (naturalne, łamane) i wodożądność kruszywa.

Uzyskuje się wartości liczbowe SKŁADNIKÓW BETONU w kg/m^3: cement, woda, kruszywo.

Zastosowanie kursora do zmiany parametrów wyjściowych umożliwia natychmiastowe odczytanie składników betonu na ekranie monitora już przy zmianie tylko jednego parametru. Jest to szczególnie przydatne do szybkiego obliczania i sprawdzania poprawności obliczeń receptur i projektowania składów betonów oraz symulacji komputerowej zależności własności betonu od parametrów składu.

2.3. Program "Projekt i analiza składu betonu"

Program składa się z trzech części (widocznych na ekranie monitora) o nazwach:

I ZAŁOŻENIA,
II. SKŁAD 1 m^3 BETONU, kg
III. CHARAKTERYSTYKA SKŁADU (dla $W_{ik} = 0$)

W części I ZAŁOŻENIA możliwe jest zadawanie przy użyciu kursora 10 różnych parametrów wyjściowych: klasę betonu, markę cementu, konsystencję mieszanki betonowej, rodzaj kruszywa (naturalne, łamane), wodożądność, gęstość nasypową i objętościową kruszywa, zawartość piasku 0÷2 mm, zawartość piasku (pyłu) 0÷0,125 mm, wilgotność kruszywa.

W części II otrzymuje się wartości liczbowe składu 1 m^3 betonu, w kg; cementu, wody i kruszywa, oraz wartości C/W i W/C dla kruszywa suchego (dla $W_{ik} = 0$) i dla kruszywa o założonej wilgotności.

W części III dla kruszywa suchego otrzymuje się parametry charakteryzujące skład 1 m^3 betonu, zawartości: żwiru, piasku, pyłu (0÷0,125 mm) - kg, jamistość kruszywa J_i %, objętość cementu i pyłu - V_{cpl} - %, objętość zaczynu V_c - %, objętość zaprawy V_{zp} - %.

Wyniki obliczeń komputerowych można odczytać bezpośrednio na ekranie monitora lub - po wpisaniu danych personalnych - uzyskać w postaci wydruku komputerowego.

3. Przykłady wykorzystania obliczeń komputerowych w dydaktyce i laboratoryjnych pracach badawczych

Przykład 1

Na podstawie badań laboratoryjnych trzech próbek wykonać analizę granulometryczną kruszywa naturalnego, ocenić jego przydatność do betonu zwykłego, a następnie zaprojektować z niego mieszankę betonową dobrze urabialną konsystencji plastycznej do wykonania betonu klasy B15, mając do dyspozycji cement portlandzki marki 25. Dla wykonanej mieszanki sprawdzić, czy spełnia zalecane normą PN-88/B-06250 warunki: zawartość zaprawy V_{zp} = 450÷550 dm^3/m^3 oraz cementu łącznie z drobnym piaskiem (0÷0,125 mm) - V_{cpl} = 80 dm^3/m^3 betonu.

Charakterystykę kruszywa przedstawiono w tablicach i na rysunku. Obliczone parametry składu dla kruszywa o wilgotności w_{ik} - w tablicy.

Krzywa granulometryczna badanego kruszywa mieści się między normowymi krzywymi granicznymi dla betonu zwykłego, posiada dużą powierzchnię właściwą F = 409,075 dm^2/kg wynikającą z zawartości frakcji 0÷0,25 mm (krzywa przesiewu w tym przedziale pokrywa się z górną krzywą graniczną). Punkt piaskowy P_p = 31,5 % wskazuje na wystarczającą zawartość piasku w stosie okruchowym. Przedstawione parametry kruszywa gwarantują uzyskanie mieszanki betonowej dobrze urabialnej. Zaprojektowana mieszanka spełnia przyjęte założenia. Należy wykonać zarób próbny o obliczonym składzie i sprawdzić, czy mieszanka betonowa i stwardniały beton spełniają przyjęte założenia.

Przykład 2

Korzystając z programu II „Projektowanie betonu zwykłego" obliczyć składy betonów klas B15, B20, B25, B30, B35, B40, wykonanych z cementu portlandzkiego marki 45 i kruszywa naturalnego o wodożądności W_k = 0,030 dm^3/kg - dla dwóch konsystencji - K-1, K-4, a następnie zawartości cementu w 1 m^3 betonu przedstawić w postaci zależności graficznych od wymienionych klas.

Przykład 3

Wykonać analizę zawartości cementu w 1 m^3 betonu dla 2 kruszyw naturalnych K1 i K2 opisanych wodożądnościami W_{k1} = 0,020 dm^3/kg i W_{k2} = 0,060 dm^3/kg w zależności od pięciu

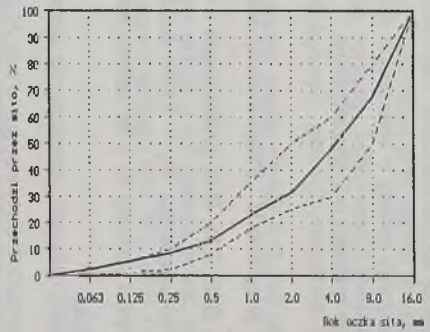
POLITECHNIKA SLASKA, KATEDRA PROCESOW BUDOWLANYCH

Analiza sitowa i charakterystyka przydatnosci kruszywa do betonu

Student: Piotr Kowalski Sem: IV grupa: 3 data: 10. 5.1995

SYMBOL	FRAKCJA	POZOSTAJE NA SICIE						PRZECHODZI PRZEZ SITO	
		OTWOR SITA	ILOSCI WAGOWE W GRAMACH Z PRZESIEWU PROBKI			SREDNIA ARYTMETYCZNA		OTWOR SITA	SUMA
	mm	mm	NR 1	NR 2	NR 3	w g	w %	mm	w %
61	0 ÷ 0.063	0	70.0	80.0	90.0	80.0	2.0	0.063	2.0
62	0.063 ÷ 0.125	0.063	150.0	120.0	100.0	123.3	3.1	0.125	5.1
63	0.125 ÷ 0.25	0.125	180.0	60.0	160.0	133.3	3.3	0.25	8.4
64	0.25 ÷ 0.5	0.25	250.0	200.0	120.0	190.0	4.7	0.5	13.1
65	0.5 ÷ 1	0.5	450.0	420.0	350.0	406.7	10.2	1	23.3
66	1 ÷ 2	1	350.0	400.0	250.0	333.3	8.3	2	31.6
67	2 ÷ 4	2	550.0	750.0	630.0	643.3	16.1	4	47.7
68	4 ÷ 8	4	750.0	700.0	900.0	783.3	19.6	8	67.3
69	8 ÷ 16	8	1250.0	1270.0	1400.0	1306.7	32.7	16	100.0
	RAZEM		4000.0	4000.0	4000.0		100.0		298.5

Krzywa przesiewu ———— Krzywe graniczne - - - - -



Punkt piaskowy

P_p = 31.600 %

Wskaznik uziarnienia:

U = 6.015

U_d = 6.660

U_g = 5.300

Rys. 1

Wodozadnosc kruszywa W_k (dm³/kg) dla konsystencji:				
wilgotnej	gertoplastycznej	plastycznej	polciekłej	ciekłej
0.034	0.042	0.049	0.054	0.063

Powierzchnia wlaciwa (dm²/kg)	
krusz. naturalne	krusz. łamane
409.075	613.612

Opracowali H.Gliński R.Maciejończyk 1993 r.

KATEDRA PROCESOW BUDOWLANYCH program dydaktyczny

PARAMETRY BETONU

Klasa betonu : B 15 Rb=19.5 MPa
Marka cementu : 25 (Mpa)
Konsystencja : plastyczna Wc=0.27 dm3/kg
Kruszywo : naturalne Gk=2650 kg/m3
Wodozadnosc kruszywa : Wk= 0.049 dm3/kg

SKLADNIKI BETONU na 1 m3

Cement : 352.1 kg
Woda : 186.0 kg
Kruszywo : 1856.1 kg

wybierz param. zmien parametr d wydruk składu p wydruk plik K koniec

Imie i NAZWISKO : Piotr Kowalski
data: 10. 5.1995 godz. 18: 0

PAREMETRY BETONU:
Klasa betonu : B 15 Rb=19.5 MPa
Marka cementu : 25 (Mpa)
Konsystencja : plastyczna Wc=0.27 dm3/kg
Kruszywo : naturalne Gk=2650 kg/m3
Wodozadnosc : Wk= 0.049 dm3/kg

SKLADNIKI BETONU na 1 m3
Cement : 352.1 kg
Woda : 186.0 kg
Kruszywo : 1856.1 kg

PROJEKT I ANALIZA SKLADU BETONU

ZALOZENIA:
KLASA BETONU : B 15 Rb=19.5 MPa
marka cementu : 25 (MPa)
konsystencja mieszanki betonowej : plastyczna Wc=0.27 dm3/kg

KRUSZYWO:
rodzaj : naturalne Gk=2650 kg/m3
wodozadnosc kruszywa Wk = 0.049 dm3/kg
gestosc nasypowa kruszywa Gn = 2020 kg/m3
gestosc objetosciowa ziarn Go = 2650 kg/m3
zawartosc piasku 0÷2.0 mm Pp = 31.5 %
zawartosc pyłu 0÷0.125 mm Ppł = 5.0 %
wilgotnosc kruszywa Wik = 2.8 %

SKLAD 1 m3 BETONU kg C/W= 1.89 W/C= 0.53

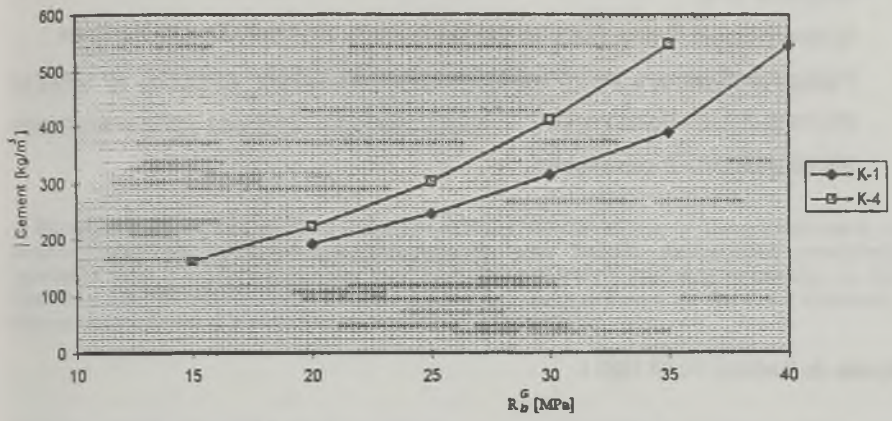
Wik = 0 % Cement C= 352.1 Woda W= 186.0 Kruszywo K=1856.1
Wik = 2.8 % Cement C= 352.1 Woda W= 134.0 Kruszywo K=1908.0

CHARAKTERYSTYKA SKLADU (dla Wik=0):
zwir z =1271.4 kg piasek P = 584.7 kg pył Pł = 92.8 kg
jamistosc kruszywa j = 23.8 %
objetosc cementu i pyłu Vcpł = 148.6 dm3
objetosc zaczynu Vc = 299.6 dm3
objetosc zaprawy Vzp = 520.2 dm3

(C) H.Gliński R.Maciejończyk 1994

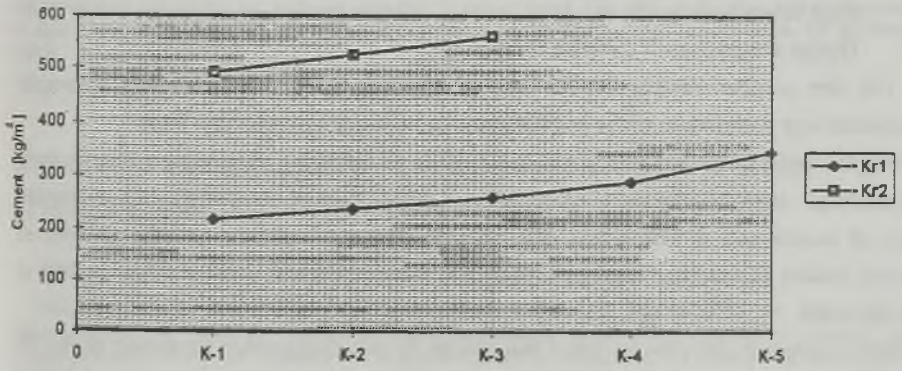
wybierz param. zmien parametr d wydruk składu p wydruk plik K koniec

normowych konsystencji mieszanek betonowych; odczytane z monitora zawartości cementu przedstawić w postaci zależności graficznych.



Rys. 2. Zależność wytrzymałości gwarantowanej betonu od zawartości cementu marki 45 w 1 m^3 betonu i konsystencji mieszanki betonowej K-1 i K-4

Fig. 2. Relationshop between the compressive strength, „grade 45" cement content and for concrete mixes K -1 and K -4 stiffnes



Rys.3. Zależność zawartości cementu w 1 m^3 betonu od konsystencji mieszanki betonowej i wodożądności kruszywa W_{k1} = 0,020 dm^3/kg i W_{k2} = 0,060 dm^3/kg

Fig. 3. Relationship between the cement content in one cubic meter of concrete, mix stiffnes and aggregate water W_{k1} = 0,020 dm^3/kg i W_{k2} = 0,060 dm^3/kg

LITERATURA

[1] Praca zbiorowa: Budownictwo betonowe. Technologia betonu, cz. 1 i 2, Arkady, Warszawa 1972.

[2] R.Maciejończyk: Tablice liczbowe składów betonów zwykłych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 843, Seria Budownictwo, Z.62/1985.

[3] PN-75/B-06250 - Beton zwykły.

[4] PN-88/B-06250 - Beton zwykły.

Recenzent: Dr hab. inż. Zbigniew Rusin
Profesor Politechniki Świętokrzyskiej

Wpłynęło do Redakcji 30.05.1995 r.

Abstract

In the paper the assumptions for the development of 3 computer programs are presented. Names of the programs:

I. Concrete aggregate granulometric analysis and characteristic of suitability;

II. Plain concrete design;

III. Design and analysis of concrete composition.

The first program enables, on the basis of laboratory tests, calculation of 6 aggregate parameters and presentation of the granulometric composition in a graphical form.

Into the programs I and II the numerical values of following technological factors were incorporated: water/cement ratio, coefficients of water, demand for cement and aggregate, types of cement acc. to Polish standards, strength classes of concrete, specific gravities of cement, natural and crushed aggregate, aggregate moisture content, sand and dust content in the aggregate.

These 2 programs are used to design and analyse the mix composition depending on the 10 initial parameters.