

AVTOMATSKI PRESKUSNI SISTEM ZA PREVERJANJE KVALITETE ULTRAZVOČNE MERILNE KOMORE

AUTOMATIC TESTING SYSTEM FOR ULTRASONIC MEASURING CHAMBER

Rudi Čop

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, Pot pomorščakov 4, 6320 Portorož, Slovenija

Prejem rokopisa - received: 2000-01-12; sprejem za objavo: accepted for publication: 2000-03-21

Pri razvoju ultrazvočne merilne komore za merjenje kinetike hidratacije me je predvsem zanimala njena kvaliteta kot pripomoček za opravljanje meritev. Zato sem potreboval potrdilo stabilnosti temperature in vlage v njej v daljšem časovnem obdobju. Ta preskus sem izpeljal tako, da sem uporabil grafični programski jezik HP VEE za nadzor standardnih merilnih inštrumentov. Uporabljeni grafični programski jezik je namenjen razvijanju merilnih programov na osebnih računalnikih v programskem okolju windows. Z njegovo uporabo sem si skrajšal razvojni čas potrebnega programskega orodja za 60%. Razviti računalniški program mi je posredoval nadzorovane merilne podatke o ultrazvočni komori, ki sem jih lahko zelo enostavno uporabil pri potrjevanju njene kvalitete.

Ključne besede: beton, preskus merilne komore, grafično programiranje, kinetika hidratacije, strižno ultrazvočno valovanje

While developing a measuring chamber for the ultrasonic determination of the kinetics of hydration my interest concentrated on its quality of measurement. This required the testing of its stability of temperature and humidity longitudinally. The testing was conducted using the HP VEE graphical programming language for standard instrumental control. The graphical programming language used is based on PC hardware and the Windows programming environment which decreased the development time by an impressive 60 percent. The development program offers traceable data connected to the ultrasonic measuring chamber, which can then be quickly accessed for further use.

Key words: concrete, test of measuring chamber, graphical programming language, kinetics of hydration, shear ultrasonic waves

1 UVOD

Pri razvoju posebnih vrst betona v laboratoriju in pri prenosu rezultatov iz laboratorija v proizvodnjo sem pogrešal ustrezne merilne metode za določevanje njegove plastičnosti (posed), stisljivosti (vgradljivost, poroznost) in hitrosti vezave svežega betona (kinetika hidratacije). Obstoječe standardne metode niso ustrezale pogojem pri prevzemanju surovin za industrijsko proizvodnjo. Te surovine so bile v prevelikih količinah in so imele spremenljive fizikalne lastnosti in spremenljive lastnosti vezave v cementnem glenu.

Probleme določevanja lastnosti svežih vrst betona bodo lahko rešili le z medsebojnim povezovanjem posameznih znanstvenih in tehničnih disciplin ter uporabnikov. To sodelovanje bo pomembno pri zagotavljanju celovite kakovosti v gradbeništvu (Total Quality Management)¹. Rezultati tega sodelovanja bodo nove merilne metode in novi merilni inštrumenti, uporabni v vsakdanji gradbeni praksi.

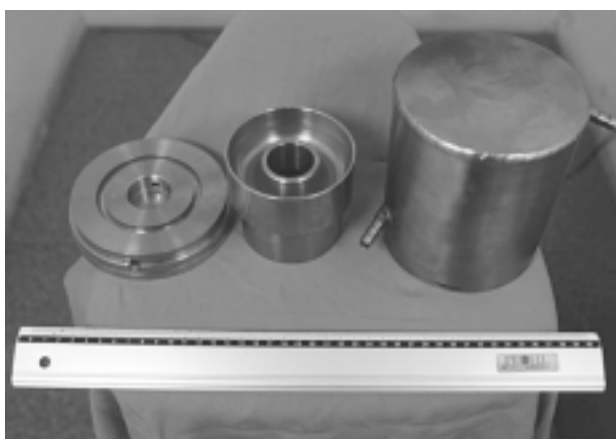
2 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Za potrebe naftne industrije je D'Angeto et al.² razvil merilnik začetka strjevanja cementnega glena, pripravljene po predpisih API (American Petroleum Institut). Uporaben je tudi za druge uporabnike betona, ki potrebujejo podatek o začetku njegove vezave. Dobi se

ga lahko na osnovi meritve časa začetka prevajanja strižnega ultrazvočnega valovanja skozi cementni glen. Zato je v merilni komori predvidena ločena namestitve oddajniškega in sprejemniškega ultrazvočnega pretvornika na obeh straneh preskušane vzorca.

Skupina raziskovalcev pod vodstvom dr. J. Stepišnika je na inštitutu Jožefa Stefana v Ljubljani opravila meritve lastnosti svežih cementnih past s strižnimi ultrazvočnimi valovi³. Z meritvijo koeficienta refleksije strižnega ultrazvočnega valovanja so spremljali hidratacijo sveže cementne paste v različnih razmerah. Iz dobljenih rezultatov so izračunali prečni modul elastičnosti in dinamično viskoznost. Pri nas ta merilna metoda v preteklosti ni bila posebno zapazena in je zato niso razvijali naprej^{3,4}.

Od vseh novejših metod, ki sem jih preizkusil za določevanje reoloških lastnosti cementnega glena, je dala najbolj spodbudne rezultate metoda s strižnimi ultrazvočnimi valovi. Predhodne meritve so mi potrdile, da temperatura najbolj vpliva na hitrost hidratacije in da jo je treba nadzorovati vsaj na 1% natančno. Naslednji najvplivnejši zunanji parameter je relativna vlažnost zraka. Po standardu DIN 50008 se uporabljajo različne solne raztopine kot etaloni za relativno vlažnost zraka. Na osnovi vseh teh ugotovitev je bila narejena merilna komora (**Slika 1**), ki bi lahko ustrezala pogojem industrijskega laboratorija in v kateri bi se lahko opravljale meritve po standardu, ki predpisuje zunanje



Slika 1: Razstavljena ultrazvočna merilna komora za določevanje kinetike hidracije s strižnimi ultrazvočnimi valovi

Figure 1: Dismantled ultrasonic measuring chamber for measure of kinetics of hydration by ultrasonic shear waves

razmere ob zorenju standardnih epruvet iz cementne malte JUS B.C8.022 (CSA Standard A5, ASTM Standard C190). Ker je temperatura v njej stabilizirana z vodo, ki kroži skozi njeno zunanjo steno, je treba nadzorovati temperaturo in vlago v njej le še zaradi začetnega in občasnega preverjanja.

3 REŠITEV PROBLEMA

Podrobnejša analiza stroškov za različne primerne merilne sisteme je pokazala, da ni največji strošek sama merilna in računalniška oprema⁵, temveč njen programski del. Pri izbiri posameznih sestavnih delov sem posebno pazil na to, da sem poleg zagotovila za kvaliteto same merilne opreme dobil tudi ustrezna in preizkušena programska orodja zanj in dodatno pomoč pri razvoju merilnega sistema. Izbrani merilni sistem sem izdelal iz sestavnih delov COTS (Commercial Off The Shelf System). Med seboj sem povezal odprta sistema strojne in programske opreme. Preskusni in nadzorni programi so tekli v programskem okolju windows na strojni opremi PC. Tako sestavljen sistem dovoljuje zelo nagel razvoj preskusnih metod in daje množico zelo naglo razločljivih podatkov, ki so hitro dosegljivi in primerni za nadaljnjo obdelavo (**Slika 2**).

Za izdelavo uporabniško orientiranega merilnega programa sem uporabil grafični programski jezik HP VEE^{6,7}. Program sem izdelal tako, da sem na ekranu med seboj povezal objekte. Vanj sem vključil tudi programe, napisane v tekstovnih programskih jezikih.

Vsak objekt v grafičnem programskem jeziku se lahko na zaslonu prikaže v dveh oblikah: kot ikona ali pa v odprti obliki. Odprta oblika objekta je od ikone večja in popolnejša. Vhodne točke objekta so na desni strani objekta, izhodne pa na njegovi levi. Vhodne nadzorne točke ima objekt na svoji zgornji strani, izhodne pa na spodnji. Vsak objekt lahko vsebuje tudi nadzorni pro-



Slika 2: Blokova shema merilnega sistema, narejenega iz sestavnih delov COTS

Figure 2: The block diagram of measuring system made by connecting together the COTS components

gram, ki ga lahko poljubno pregledujemo in tudi spreminjamo. V objektu so lahko polja, v katerih se prikazujejo vrednosti konstant. Nekatere od teh se lahko samo prikažejo, nekatere pa lahko tudi spreminjamo z novimi vnosi vrednosti s tipkovnico ali z njihovo izbiro z miško.

Z medsebojno povezavo posameznih vhodnih in izhodnih točk na objektih je določena smer širjenja podatkov skozi program. Operacije v posameznem objektu se ne izvršijo toliko časa, dokler ni vseh vhodnih podatkov. Prevajanje teh podatkov skozi objekt je od leve proti desni. Njihova obdelava se konča, ko se vzpostavi izhodno stanje na pravih izhodnih točkah.

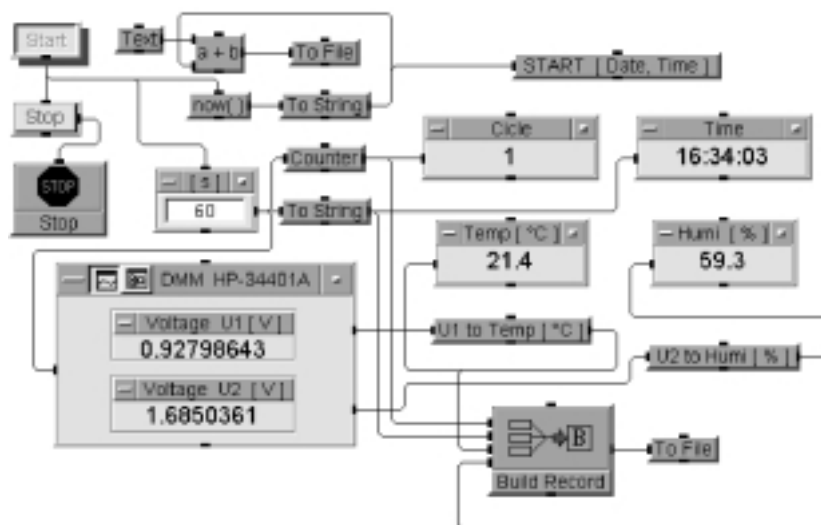
Izdelovanje programa z grafičnim programskim jezikom je zelo odvisno od tehničnih in oblikovnih sposobnosti programerja. V primeru, da dobro poznamo merilno opremo, je tako programiranje zelo kreativno in nam je lahko celo v zabavo. Grafični programski jezik omogoča enostaven in intuitiven način pisanja programov za merilne in nadzorne sisteme (**Slika 3**).

V grafičnem programskem jeziku izdelan program za merjenje lastnosti ultrazvočne merilne komore sem predhodno temeljito preveril, nato pa zanj izdelal njegovo izvršilno obliko. Končna, prevedena oblika tako izdelanega programa se vede enako kot izvršilni programi, izdelani na osnovi programskih jezikov, pri katerih se programi pišejo v alfa-numeričnih znakih. HP VEE je zelo prilagodljiv in prenosljiv programski jezik, ker teče v različnih programskih okoljih.

4 MERITVE IN REZULTATI

Sestavljeni merilni sistem sem preveril tako, da sem z njim najprej meril znane električne veličine, nato pa velikost izhodnih napetosti iz merilne sonde HTT-2, izdelek IEVT iz Ljubljane. Ta merilna sonda pretvarja temperaturo z natančnostjo $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ in relativno vlažnost zraka z natančnostjo $\pm 2\%$ v izhodna električna signala od 0,5 do 2,5 V. Meritve so mi potrdile uporabnost merilnega sistema za merjenje temperature in relativne vlažnosti zraka v neprekinjenem obdobju 120 ur.

Po zagonu ultrazvočne merilne komore in njenega sistema za uravnavanje temperature v njej sem meril temperaturo in vlago v komori v več zaporednih



Slika 3: Osnovni del merilnega programa, izdelanega v grafičnem programskem jeziku HP VEE, za merjenje lastnosti ultrazvočne merilne komore

Figure 3: The basic part of the measuring program made by the graphical programming language HP VEE

časovnih obdobjih po 48 ur. Sproti mi je merilni sistem določeval največje in najmanjše dosežene vrednosti. Dodatno sem vse v datoteki na trdem disku shranjene merilne podatke obdelal še z programskim orodjem Origin⁸. Z njim sem merilne rezultate predstavil grafično in jih tudi statistično analiziral. Tako sem potrdil, da ultrazvočna merilna komora zadošča zahtevam, ki jih predpisujejo standardi za zorenje standardnih epruvet iz cementne malte.

Pri predhodnih meritvah merjenja toplote hidratacije in pri meritvah kinetike hidratacije cementne paste s strižnimi ultrazvočnimi valovi sem izdelal merilni program Theta s programskim jezikom C++. Za določitev lastnosti ultrazvočne merilne komore sem izdelal nov, zelo podoben program z grafičnim programskim jezikom HP VEE, za katerega sem porabil le še 40% časa, ki sem ga potreboval za izdelavo programa Theta. Preveril sem uporabnost in točnost novega merilnega programa tudi v daljšem časovnem obdobju. Merilni sistem sem sestavil modularno in ga zato lahko preoblikujem v nov merilni sistem, kar je največja pridobitev. To naglo preoblikovanje mi omogoča tudi ponovna uporaba že oblikovanih modulov iz obstoječe knjižnice programov. Zato predvidevam, da se mi bo močno skrajšal razvojni čas merilnega sistema za merjenje kinetike hidratacije s

strižnimi ultrazvočnimi valovi, ki ga potrebujem za dokončanje zastavljene naloge.

5 LITERATURA

- ¹ Haselwander, B., Flohrer, C., Non-destructive testing in civil engineering from contractors point of view. *Proceedings for the International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering*, Berlin, 26.-28.09.1995, 39-43
- ² D'Angelo, R. et al., Method for measuring cement thickening times. *United States Patent*, 5 412 990, 1995, May 9
- ³ Stepišnik, J., Lukač, M., Kucuvan, I., Measurement of cement hydration by ultrasonics. *Ceramic Bulletin*, 60 (1981) 4, 481-483
- ⁴ Valič, M., Stepišnik, J., Čop, R., A study of hydration of cement pastes with the reflection of ultrasonic shear waves method. *Program and booklet of abstracts: 5th Conference in materials and technologies*, Portorož, October 1-3, 1997. Ljubljana: Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, 1997, 125
- ⁵ Colton, G., Automotive test-putting the brake on hidden cost. Applications. *Test System News*, Loveland (USA): Hewlett-Packard, december 1997, 7
- ⁶ Helsel, R., Graphical programming: a tutorial for HP VEE. Hewlett-Packard professional books. Upper Saddle River (USA): Prentice Hall PTR, 1995
- ⁷ How to use HP VEE. Edition 1. Palo Alto (USA): Hewlett-Packard, januar 1995
- ⁸ Origin: Technical Graphics and Data Analysis in Windows. Tutorial Manual, Reference Manual, Version 3.5, Northampton (USA): Microcal Software, 1994