

VENDIM
Nr.679, datë 22.10.2004

PËR MIRATIMIN E RREGULLAVE TEKNIKE PËR PËRDORIMIN E BETONEVE
STRUKTURE

Në mbështetje të nenit 100 të Kushtetutës dhe të nenit 18 të ligjit nr.8402, datë 10.9.1998 “Për kontrollin dhe disiplinimin e punimeve të ndërtimit”, të ndryshuar, me propozimin e Ministrit të Rregullimit të Territorit dhe të Turizmit, Këshilli i Ministrave

VENDOSI:

1. Miratimin e rregullave teknike për përdorimin e betoneve strukturore, sipas tekstit që i bashkëlidhet këtij vendimi.

2. Ngarkohen ministritë, institucionet dhe personat fizikë a juridikë për zbatimin e këtij vendimi.

Ky vendim hyn në fuqi pas botimit në Fletoren Zyrtare.

KRYEMINISTRI
Fatos Nano

RREGULLA TEKNIKE PËR
PËRDORIMIN E BETONEVE STRUKTURE

1.Të përgjithshme

Në zbatim të ligjit nr.8402, datë 10.9.1998 “Për kontrollin dhe disiplinimin e punimeve të ndërtimit”, neni 18, janë hartuar rregullat teknike për përdorimin e betoneve strukturore.

Ky material shërben për të përcaktuar kushtet operative për ruajtjen e karakteristikave të kërkuara gjatë përdorimit të betoneve strukturore nga subjektet prodhuese. Zhvillimet e teknologjisë së prodhimit të materialeve të ndërtimit dhe të përdorimit të tyre, kërkojnë njohje dhe prezantim të kushteve operative të këtyre materialeve në përputhje me standardet europiane dhe rregullat teknike të harmonizuara.

Rregullat teknike të parashikuara në këtë material trajtojnë:

- betonin e zakonshëm dhe betonet me rezistencë të lartë,
- dhe evidentojnë tregues rreth jetëgjatësisë së përdorimit të strukturave betonarme, të cilat janë rezultat i studimeve dhe eksperimentimeve në këtë fushë, edhe në nivel ndërkombëtar;
- përdorimin e betonit për qëllime strukturore, të armuar ose jo, të zakonshëm ose të paranderur, me përjashtim të betoneve të lehtë.

2. Përcaktime

2.1 Me termin “Beton”, do të kuptojmë përcaktimin në vartësi të klasës së ekspozimit, të dimensionit nominal dhe maksimal të inerteve, të klasës së konsistencës dhe parashikimit të kohës në përdorim, duhen mbajtur parasysh zgjedhjet e llojit dhe të klasës së çimentos.

2.2 Me termin “përbërje”; do të kuptojmë raportet çimento, inert, ujë, aditiv (shtesa) dhe shtesa eventuale, të përcaktuara në mënyrë që të kënaqë kërkesat dhe të minimizojë fenomenet e veçimit të inerteve dhe të kapilaritetit të betonit të freskët.

2.3 “Punueshmëri” e përcaktuar edhe me termin “konsistencë” në standardet në fuqi, është një tregues i përmbajtjes dhe të sjelljes së betonit në intervalin e kohës, nga momenti i prodhimit deri në vendosjen në kallëpe në vepër ose në intervalin ndërmjet procesit të prodhimit dhe atij përfundimtar nëse kërkohet.

3.Punueshmëria

Subjekti prodhues duhet të mbajë parasysh që punueshmëria e betoneve përcaktohet nga lloji i strukturës që betonohet, nga mënyra e vendosjes në objekt, koha dhe distanca e transportit.

Karakteristikat e kërkuara të jetëgjatësisë dhe rezistencës mekanike mund të jenë efektivisht të arrira, vetëm nëse transporti, vendosja në vepër dhe stazhionimi janë respektuar me korrektësi.

Në recepturën e përbërjes së betonit duhet të përcaktohen karakteristikat e brumit të freskët në përputhje me rezistencën mekanike dhe jetëgjatësinë e betonit të ngurtësuar.

Vetitë e betonit të freskët të lidhura me punueshmërinë janë:

a) Stabiliteti ose aftësia e brumit për t'i qëndruar veprimit të jashtëm. Uniformizimi i shpërndarjes së përbërësve.

b) Lëvizshmëria ose lehtësia me të cilën brumi rrjedh në kallëpë ose forma deri sa të arrijë në nivelin e arsyeshëm.

c) Kompaktësia ose lehtësia me të cilën brumi vendoset në kallëpe ose formë dhe lehtësia e daljes së ajrit që ai përmban;

Lëvizshmëria dhe stabiliteti duhet të jenë në raport me konsistencën ose qëndruar të brumi, dhe varen nga përmbajtja e ujit, temperatura dhe prezenca e shtesave të ndryshme.

Në rastet kur konsistenca nuk paraqet të gjithë treguesit e punueshmërisë së përzierjes, në teknologjinë e betonit është pranuar që punueshmëria e betonit të freskët të kontrollohet nëpërmjet matjes së konsistencës, duke qenë kështu mënyra më e thjeshtë dhe e shpejtë e kontrollit.

Matja e konsistencës

Për matjen e konsistencës duhen mbajtur parasysh se:

- Konsistenca, si punueshmëri, është rezultat i shumë vetive reologjike, e për pasojë nuk është e ndjeshme vetëm nga përcaktimet sasiore, por edhe nga vlerësimet relative mbi bazë të sjelles së betonit dhe metodave përcaktuese të provave.

- Asnjëra nga metodat e provave të propozuara ose në përdorim për matjen e konsistencës nuk është plotësisht e pranueshme, prandaj treguesit e betonit të freskët duhet të ndryshohen nga metoda në metodë.

- Lidhur me këtë në përgjithësi ndjeshmëria maksimale e çdo metode i perket fushave të ndryshme të punueshmërisë dhe sipas veçantisë së strukturës dhe kushteve të vendosjes në vepër, zgjidhet metoda e pranueshme e kontrollit të klasës së konsistencës.

Metodat e matjes së konsistencës janë:

ulja e konusit Abrahams;

prova Vèbè;

treguesi i kompaktësisë;

treguesi i shtrirjes (përhapjes).

Mbi këto metoda është i bazuar klasifikimi i betonit në funksion të konsistencës, (Tabelat 1-4).

Tabela nr.1: Klasa e konsistencës sipas uljes së konusit

Klasa e konsistencës	Ulja e konusit në mm	Emërtimi
S 1	Nga 10 në 40	i njomë
S 2	Nga 50 në 90	plastik
S 3	Nga 100-150	gjysmë i rrjedhshëm
S 4	Nga 160-210	i rrjedhshëm
S 5	> 210	shumë i rrjedhshëm

Tabela nr.2: Klasa e konsistencës sipas metodës Vèbè

Klasa e konsistencës	Koha Vèbè në sek
V 0	≥ 31
V 1	Nga 30 deri 21
V 2	Nga 20 deri 11

V 3	Nga 10 deri 6
V 4	Nga 5 deri 3

Tabela nr.3: Klasa e konsistencës sipas treguesit të kompaktësisë

Klasa e konsistencës	Treguesi i kompaktësisë
C 0	≥ 1.46
C 1	Nga 1.45 deri 1.26
C 2	Nga 1.25 deri 1.11
C 3	Nga 1.10 deri 1.04

Tabela nr.4: Klasa e konsistencës sipas treguesit të shtrirjes

Klasa e konsistencës	Shtrirja në mm
FB 1	≤ 340
FB 2	nga 350 deri 410
FB 3	nga 420 deri 480
FB 4	nga 490 deri 550
FB 5	nga 560 deri 620
FB 6	≥ 630

Metoda më e përdorur për matjen e konsistencës së betonit është ajo e uljes së konusit. Në paraqitje, kemi tri forma të uljes së konusit, sipas figurës nr.1.

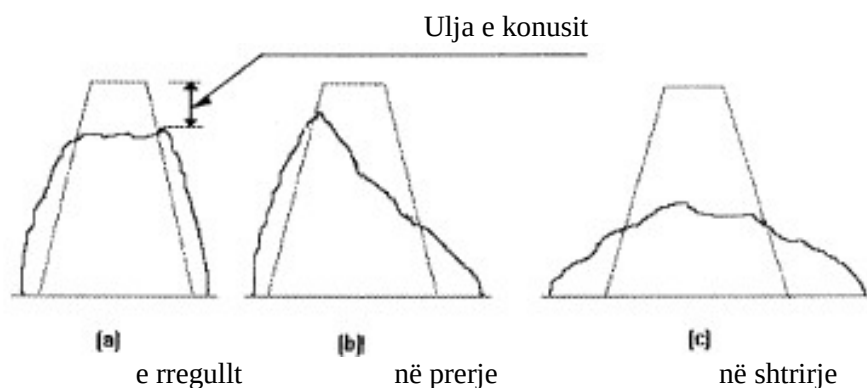


Figura nr.1: Format e uljes së konusit

Forma e parë, me ulje të konusit në mënyrë uniforme pa prishje të masës së betonit, tregon përbërje të përshtatshme të përzierjes.

Forma e dytë, me ulje asimetrike (prerje), shpesh tregon mungesën e kohezionit dhe manifestohet me lehtësinë që ka brumi për t'u shpërbërë. Në rast se prova përsëritet dhe rezultati nuk ndryshon, atëherë betoni nuk duhet lejuar të vendoset në vepër.

Forma e tretë me ulje përgjithësisht të shtrirë, tregon për një përzierje të varfër ose përzierje me shumë ujë.

Përzierjet shumë të thata të betoneve kanë një ulje shumë të vogël të konusit, gati zero; në këtë rast është më mirë të përdoret metoda Vebë.

Përzierjet me konsistencë plastike e gjysmë të rrjedhshme janë shumë më të ndjeshme

ndaj metodës së uljes së konusit.

Ka raste që për përziejet e varfra, të afta për të qëndruar, një ulje e rregullt e konusit për momentin mund të shndërrohet në një ulje asimetrike ose të shtrirë. Në këtë rast, duhet vërtetuar fenomeni për të evituar vlerat e ndryshme të uljes së konusit për kampione të së njëjtës përzierje.

Për betone të rrjedhshme dhe shumë të rrjedhshme është e preferueshme metoda e matjes së konsistencës me anë të provës së shtrirjes.

Në përgjithësi, koha dhe zgjedhja e njërës prej metodave të provës, rekomandon një interpretim me kujdes të rezultateve, kur ato janë jashtë kufijve të mëposhtëm;

-ulja e konusit <10mm >210 mm

-koha Vëbë < 5 sek >30 sek.

-treguesi kompaktësisë < 1.04 >1.45

-shtrirja <340 mm > 620 mm

Faktorët që influencojnë në punueshmërinë e përzierjes

Gjatë punueshmërisë së betonit, duhet mbajtur parasysh se ajo influencohet nga shumë faktorë; nga përmbajtja e ujit, karakteristikat kokrrizore të inerteve, koha e transportit, temperatura e mjedisit, karakteristikat e çimentos, si dhe nga shtesat (aditivët).

Humbja e punueshmërisë

Meqenëse punueshmëria është një veti e betonit të freskët që zvogëlohet gradualisht gjatë hidratimit të çimentos, subjekti prodhues duhet të ketë parasysh që:

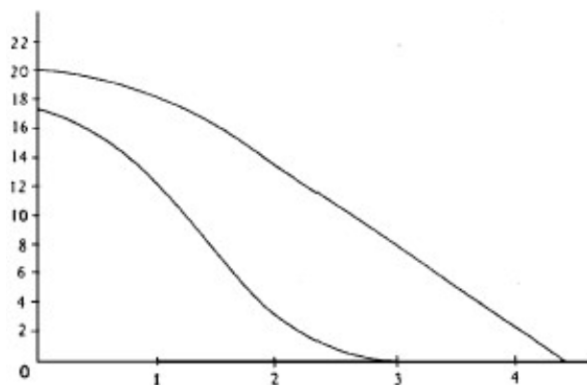
brumi ta ruajë punueshmërinë jo vetëm në momentin e transportit, por sidomos gjatë kohës së hedhjes në vepër të tij;

nëse intervali i kohës ndërmjet prodhimit, transportit dhe vendosjes në vepër nuk është i shkurtër, e për më tepër nëse temperatura e ambientit është e lartë, punueshmëria fillestare duhet të jetë më e madhe se ajo që kërkohet për t'u vendosur në vepër; në praktikë në kantiere ndodh që përpara hedhjes në kallëpe i shtojnë ujë ose superfluidifikantë;

të mbahet parasysh se humbja e punueshmërisë është një fenomen që vihet re në orën e parë ose maksimumi në dy orët e para nga momenti i prodhimit të betonit.

Në grafikun e figurës nr.2 tregohet ecuria e humbjes së punueshmërisë së një betoni me konsistencë fillestare të rrjedhshme (shiko tabelën. nr.1)

Ulja e konusit (cm)



koha e punueshmërisë në orë

Figura nr.2: Ecuria e humbjes së punueshmërisë së brumit të betonit

Përshpejtimi i humbjes së punueshmërisë mund të verifikohet, pa ndryshimin e periudhës së ngurtësimit, me përdorimin e shtesave (aditive) që zvogëlojnë sasinë e ujit.

Nisur nga kushtet fillestare, temperatura e përbërësve influencon mbi sasinë e ujit të nevojshëm për formimin e brumit dhe punueshmërinë fillestare të tij. Në mënyrë orientuese, në tabelën e mëposhtme tregohen vlerat e punueshmërisë së një betoni në funksion të temperaturës së mjedisit.

Temperatura oC	Punueshmëria sipas uljes së konit në cm
5	15
10	13
20	9
30	6
40	5

Në veçanti vërehet se për temperatura 40 – 50 oC, ulet punueshmëria e betonit dy herë, krahasuar me temperaturën 20 oC

4. Staxhionimi

Subjekti që merret me prodhimin e materialeve të ndërtimit, gjatë procesit të ngurtësimit të betonit së bashku me kujdesin që duhet treguar gjatë transformimit të tij në material me rezistencë mekanike, duhet kujdesur edhe për mënjanimin e lindjes së plasaritjeve. Me këtë përkujdesje gjatë periudhës së staxhionimit pas vendosjes në vepër, betoni fiton karakteristikat e tij sidomos në sipërfaqen e tij.

Kujdesi që duhet treguar gjatë fazës së fillimit të ngurtësimit të betonit lidhet me:

a) shmangien e tharjes së sipërfaqes së betonit si shkak i parë, sepse uji është i nevojshëm për hidratimin e çimentos dhe për zhvillimin e reaksionit pucolanik, në rastin e përdorimit të çimentove me përzierje, dhe shkak i dytë, evitimi i krijimit të porozitetit në sipërfaqen e ngurtësuar të betonit. Tharja e menjëhershme krijon premisa për depërtim në armaturë e për rrjedhojë aktivizimin e substancave agresive të pranishme në ambient.

Në punimet e shtresave dhe të ngjashme me to, humbja e lagështisë në fazën në të cilën brumi është akoma plastik mund të krijojë plasaritje. Në përgjithësi, kujdesi për tharjen e sipërfaqes (staxhionim i kujdesshëm) kërkon ngjeshjen e mirë të shtresës së betonit pranë armaturës, mënjanimin e plasaritjeve dhe garantimin e realizimit të rezistencës mekanike të dëshiruar të betonit.

b) shmangien e ngrirjes së ujit të brumit të çimentos përpara se betoni të arrijë një shkallë ngurtësimi të pranueshme.

c) mënjanimin përgjatë zonës ku kryet betonimi, të tronditjeve dhe lëvizjeve të ndryshme të shoqëruara me ndryshime temperature, pasi kanë prirje për të krijuar plasaritje.

Sjellja e betonit gjatë procesit të staxhionimit varet:

a) Nga përbërja e tij;

- raporti u/ç, tipi dhe klasa e çimentos, si dhe tipi dhe klasa e shtesave.

Një beton i prodhuar me raportin u/ç të ulët, por me një çimento me ngurtësim të shpejtë, e arrin më shpejt rezistencën sipërfaqësore të betonit e cila siguron një zvogëlim të shkallës së depërtueshmërisë në shtresën mbrojtëse të armaturës, prandaj kërkon një kohë më të vogël të staxhionimit krahasuar me betonet e prodhuara me çimento që hidratohen me ngadalë, ose betone që janë prodhuar me çimento me shtesa në sasi të konsiderueshme të natyrës pucolanike.

b) nga temperatura e tij:

Kjo mund të rritet gjatë reaksionit ekzotermik ndërmjet çimentos dhe ujit. Shpejtësia ngurtësimit është e ndryshueshme, gjë që varet edhe nga temperatura e pëzierjes së betonit, p.sh. në temperaturë 35oC, shpejtësia e ngurtësimit është sa dyfishi krahasuar me temperaturën 20oC dhe në temperaturë 10oC, sa gjysma e temperaturës 20oC.

Temperatura e betonit në vepër varet nga kushtet mjedisore, (temperatura, lagështia relative, prezenca ose mungesa e erës) nga temperatura e përbërësve të betonit, dozimi materialeve, tipi dhe klasa e çimentos, përmasat e elementit strukturor dhe sistemi i izolimit të kallëpit të armaturës.

Elementet me seksion të ngushtë të kallëpit dhe pa izolim termik, të ekspozuar që në fillim në mjedis me temperaturë të ulet dhe të përgatitur me çimento me nxehtësi hidratimi të ulët, e kanë të nevojshme kujdesin dhe mbikëqyrjen gjatë staxhionimit.

Në rastin e fenomenit të ngricave, përpara se betoni të arrijë një rezistencë të nevojshme në shtypje ($\geq 5 \text{ N/mm}^2$), materiali pëson një dëm të përhershëm.

Pragut të vlerës ($\geq 5 \text{ N/mm}^2$) i korrespondon një shkallë hidratimi e mjaftueshme për të

realizuar një vetëtharje të shoqëruar me formimin e një volumi poresh që krijohet nga largimi i ujit, në mënyrë që betoni të mund të ngurtësohet pa u dëmtuar.

Koha e nevojshme që i duhet betonit për të arritur një vlerë të mjaftueshme rezistencë në shtypje, duhet të përcaktohet eksperimentalisht.

c) Nga kushtet mjedisore gjatë dhe pas staxhionimit:

Në kushtet e staxhionimit, subjekti prodhues duhet të ketë parasysh:

Një lagështi e ulët relative e ajrit, qëndrimi në diell dhe era e fortë, shpejtojnë tharjen e betonit jo shumë të mbrojtur në periudhën fillestare të dehidratimit.

Deri në momentin që hidratimi i çimentos nuk është zhvilluar për 10-20 orë, avullimi i ujit nga sipërfaqja e ekspozuar e betonit bëhet si në një sipërfaqe të lagur, përderisa uji i djersitjes del nga sipërfaqja. Për këtë ka rëndësi të veçantë që, gjatë 24 orëve të para pas hedhjes në vepër, tharja të mos tejkalohet, nëse duam që të mos kemi plasaritje nga tkurrja plastike.

Sasia efektive e ujit që mund të humbasë një sipërfaqe betoni e ekspozuar dhe e lagur, mund të gjykohe sipas figurave nr.3 dhe 4.

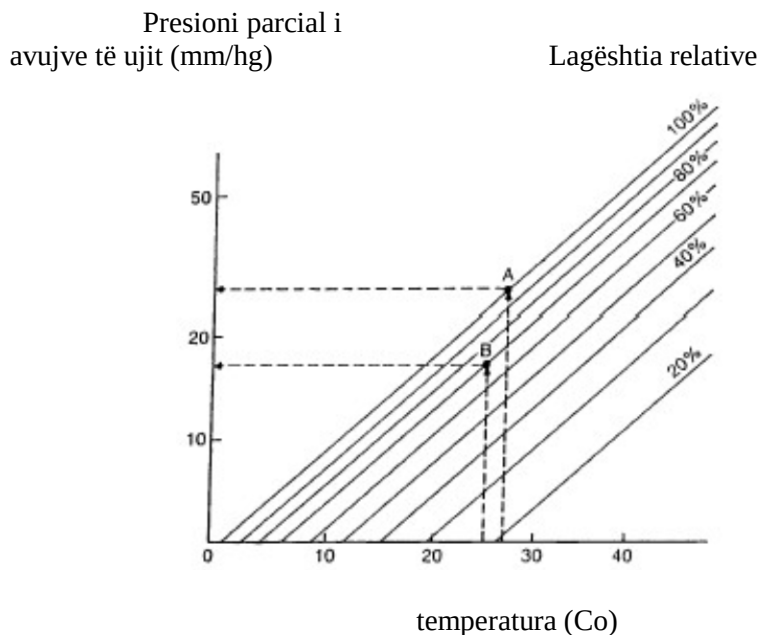


Figura nr.3: Presioni parcial i avujve të ujit në funksion të temperaturtës

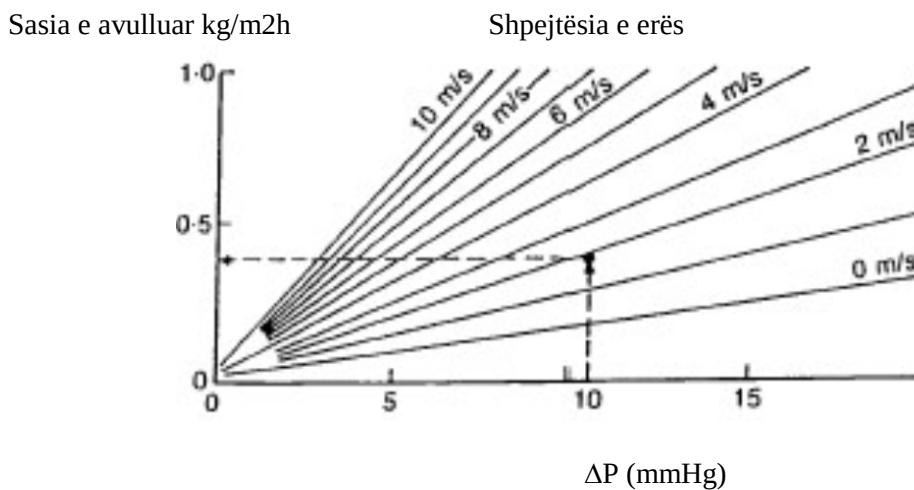


Figura nr.4: Shpejtësia e avullimit në funksion të shpejtësisë së erës dhe presionit parcial të avullit

Shënim. Diagramet e figurave nr.3 dhe 4 janë marrë nga botimi i Komitetit European të Betonit (CEB) “Betonet strukturore jetëgjata”.

Faktorët vendimtarë që përcaktojnë shpejtësinë e avullimit janë shpejtësia e erës dhe diferenca Δp ndërmjet presionit parcial të avullit mbi shtresën e ujit në sipërfaqen e betonit dhe presionit parcial të ajrit të ambjentit.

Përdorimin e diagramës mund ta ilustrojmë me një shembull në të cilin temperatura e ujit dhe e betonit të jetë 27 °C dhe lagështia relative LR mbi shtresën e ujit të jetë 100% (pika A e fig. 3); për ajër në temperaturën 25°C dhe LR= 70% (pika B), diferenca Δp rezulton $(27 - 16,5) = 10,5$ mm hg.

Nëse arrihet një shpejtësi e erës nën 2 m/sek, figura nr.4 na jep një shpejtësi avullimi 0,39 kg/m²h.

Nuk mund të jepet një rregull i përgjithshëm rreth shpejtësisë së avullimit nga sipërfaqja e betonit në fazën fillestare të ngurtësimit, duke pasur parasysh vartësinë e kësaj shpejtësie nga lloji i betonit e veçanërisht nga tendenca në tharje e tij. Për betone të përgatitur me çimento Portland të zakonshme, standardi i ACI (Instituti Amerikan i Betonit) rekomandon kujdes të veçantë, nëse shpejtësia e avullimit është afër 1kg/m² h. Në rastin e çimentove me shtesa, të cilat djersitin (avullojnë) më pak ujë, ky prag është shumë më i ulët.

Pra një avullim i ngadalësuar i ujit të përzierjes zvogëlon riskun e tkurrjes plastike të betonit, por nuk duhet gjithashtu të harrojmë që ajo të shpie në formimin e një betoni me strukturë poroze, veçanërisht në afërsi të sipërfaqes.

4.1 Kontrolli i diferencës së temperaturës gjatë staxhionimit.

Për të kontrolluar diferencën e temperaturës gjatë staxhionimit duhet të mbahet parasysh:

- Stabilizimi i saktë i kufijve të pranueshëm të diferencës së temperaturës, që janë të pranueshme në seksionin gjatësor të elementit në fazën e ngurtësimit, nuk është i mundur, pasi ato varen jo vetëm nga përzierja e brumit dhe karakteristikat e zhvillimit të rezistencës, por edhe nga forma gjeometrike e elementit strukturor dhe nga shpejtësia e arritjes së ekuilibrit termik me ambientin, pas heqjes së kallëpit.

- Respektimi i limiteve të mëposhtme për të kufizuar nderjet e betonit me origjinë termike;

- a) një diferencë temperature jo më shumë se 20°C mbi seksionin e elementit pas heqjes së armaturës, gjatë ftohjes;

- b) një difference temperature jo më shumë se 10-15°C përgjatë nyjeve të ndërtimit dhe për struktura me përmasa të ndryshueshme.

4.2 Staxhionimi i zakonshëm

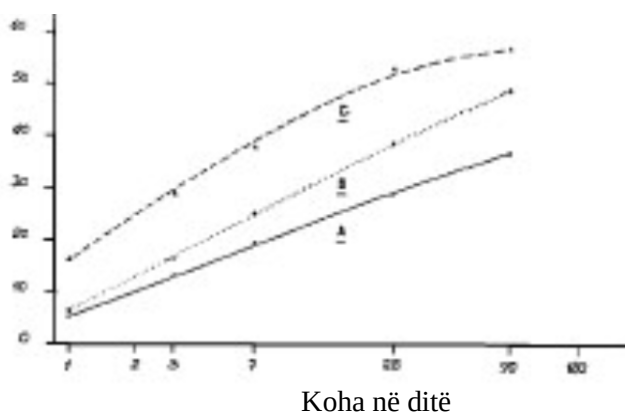
Subjekti prodhues duhet të mbajë parasysh percaktimin e “zakonshëm” të staxhionimit i cili kryhet në temperaturën e ambientit në intervalin e temperaturave 5-35°C, duke përjashtuar çdo ndërhyrje të jashtme si ngrohje ose ftohje.

4.2.1 Efekti i kohës dhe i lagështirës

Në kushtet e temperaturës dhe të lagështisë konstante zhvillohet një reaksion hidratimi me ecuri të rregullt. Zhvillimi i rezistencës në shtypje të betonit në funksion të klasës së çimentos, në krahasim me çdo faktor tjetër të përbërjes, paraqet një ecuri tipike si në figurën nr.5.

Ngurtësimi dhe fortësimi i brumit të çimentos varet nga prezenca e vazhdueshme e ujit. Betoni në momentin e hedhjes në vepër përmban një sasi uji të lirë që siguron hidratimin e çimentos. Procesi i hidratimit (pra ngurtësim) mund të rritet në mënyrë të konsiderueshme kur tensioni i avujve në poret e brumit të çimentos i afrohet vlerave të ngopjes (LR >90%).

Rezistenca në shtypje N/mm²



Klasa e çimentos, A 32.5, B;42.5, C 52.5, sasia e çimentos 350 kg/m³ U/Ç 0.50

Figura nr.5 Shembuj të zhvillimit të rezistencës në shtypje të betonit me përbërje të njëjtë, në raport me tri klasa çimentoje

Rezistenca në shtypje N/mm²

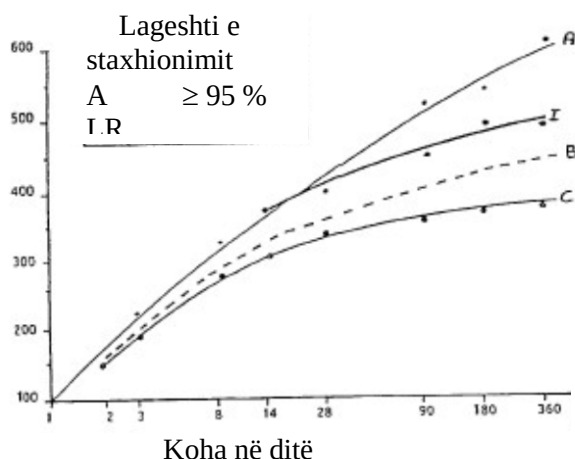


Figura nr.6 Efektet e kushteve të ndryshme të staxhionimit në lagështi mbi zhvillimin e rezistencës së betonit, prova mbi mostra kubike me brinjë 10 cm. CNR,Boll. Ufficiale

Në figurën nr.6 është treguar zvogëlimi i zhvillimit të rezistencës së mostrave të betonit të ruajtura në ambient të thatë ose me lagështi relative mesatare(50 dhe 75 %) krahasuar me atë të mostrave të trajtuara në ambient me lagështi (LR > 95%).

Mostrat e lëna për hidratim ditët e para në ambient me lagështi (kurba I) paraqesin në fakt një zhvillim më të lehtë të rezistencës krahasuar me atë të mostrave të ruajtura në ambient me lagështi për një kohë më të zgjatur.

Efektet e lagështisë së staxhionimit në mënyrë sasiore evidentohen në dokumentin e CEN -it ku trajtohet realizimi i strukturave (CEN/TC 104 doc.179 1995).

Kohëzgjatja e staxhionimit varet kryesisht nga kushtet klimatike të rajonit ku është hedhur betoni. Një ndarje ndërmjet klasave klimatike jepet në tabelën nr.5.

Tabela nr.5 Klasat klimatike

Klasa klimatike	Përkufizimi	Lagështia relative mesatare
L	e lagësht	> 80%
K	e kufizuar	nga 65-80%

Th	e thatë	nga 45-65%
ShTh	shumë e thatë	< 45 %

Staxhionimi i duhur duhet të zgjasë derisa hidratimi të arrijë një gradë të tillë që të sigurojë një rezistencë relative sipas koeficientëve të paraqitur në tabelën nr.6.

Tabela nr.6-Vlera e përputhshmërisë së rezistencës(*) së betonit në fund të periudhës së staxhionimit

Klasa klimatike	Raporti i përputhshmërisë
L	0,10
K	0,40
Th	0,50
ShTh	0,69

(*) Përputhshmëria e rezistencës është raporti ndërmjet rezistencës mesatare të betonit në fund të periudhës së staxhionimit me rezistencën mesatare 28-ditore të betonit të përgatitur, i staxhionuar dhe provuar në përputhje me S SH EN ISO 2735/2 dhe S SH EN ISO 74102/1.

Përsa i përket përcaktimit të kohës optimale për mbajtjen e staxhionimit të zakonshëm, ai është një problem kompleks.

Për të realizuar këtë, do të jetë ajo e përcaktimit të vlerës limit të depërtueshmërisë që duhet të arrihet në shtresat sipërfaqësore të betonit në kufijtë e staxhionimit të duhur.

Në gjendjen aktuale nuk janë përcaktuar dhe pranuar akoma vlerat limit të depërtueshmërisë dhe mënyrat sipas së cilës maten vetitë e shtresave sipërfaqësore të betonit të përgatitur, si dhe kohëzgjatja e staxhionimit të duhur, e cila mund të përcaktohet me referim të rezistencës mekanike në sipërfaqe.

Pra duhet mbajtur parasysh se nuk ka një korrespondencë të ngushtë ndërmjet depërtueshmërisë dhe rezistencës.

Prandaj, nëse rëndësia e veprës ose kushtet ekstreme të ekspozimit e kërkojnë, atëherë rekomandohet të kryhen prova të depërtueshmërisë në laborator sipas S SH EN ISO 7031, ose standarde të tjera të barasvlefshme me të, mbi mostra të ngjashme me strukturën, që janë stazhionuar në kushte të "njëjta", ose nga karrota e nxjerrë nga e njëjta strukturë.

Në tabelën nr.7 është paraqitur koha minimale e staxhionimit, në ditë, rekomanduar nga SSH EN 206-1, për strukturat e ekspozuara në ambient të thatë, të lagësht ose me agresivitet të dobët.

Kur kushtet e ekspozimit janë më të vështira, koha e staxhionimit në ditë, e paraqitur në tabelën 7, duhet të rritet për të qenë të sigurtë që shtresa mbrojtëse e armaturës është pothuajse e paarritshme nga depërtimi i substancave që gjenden në ambientin e ekspozimit.

Tabela nr.7

Zhvillimi i rezistencës së betonit	I shpejtë			mesatar			I ngadaltë		
Temperatura e betonit (0C)	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Kondicioni ambjental gjatë staxhionimit									
1. I paekspozuar direkt në diell L R e ajrit rreth $\geq 80\%$	2	2	1	3	3	2	3	3	2
2. I ekspozuar mesatarisht në diell ose nga erërat me shpejtësi mesatare LR > 50 %	4	3	2	6	4	3	8	5	4
3. I ekspozuar në diell të nxehtë ose në erëra me	4	3	2	8	6	5	10	8	5

shpejtësi të madhe LR < 50 %									
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Shpejtësia e zhvillimit të rezistencës së betonit mund të vlerësohet sipas tabelës nr. 8 (S SH EN 206-1). Vlerat e dhëna në tabelë janë relative edhe për çimenton Portland 42.5R dhe 32.5R.

Shpejtësia e rritjes së rezistencës	Raporti U/Ç	Klasa e rezistencës së çimentos
E shpejtë	< 0.5	42.5R
Mesatare	0.5 – 0.6	42.5R
E lehtë	Në të gjitha	klasat

Treguesit relativë të dhënë më sipër mbi kushtet e staxhionimit, për të arritur një mosdepërtueshmëri të shtresës sipërfaqësore nuk marrin në konsideratë aspektet e sigurisë strukturore, në relacion me atë që duhet të përcaktohet një kohë minimale për të arritur rezistencën e dëshiruar pas disarmimit.

4.3 Staxhionimi i përshpejtuar me avull me trysni të ulët

Ndërmjet llojeve të ndryshme të staxhionimit të përshpejtuar, që në mënyrë esenciale realizohet nëpërmjet një sasie nxehtësie, ai më i përhapuri është duke ngrohur nëpërmjet trajtimit me avull.

Ai konsiston në efektin e kombinuar të nxehtësisë me lagështinë mesatare, ndaj betonit të freskët të hedhur në formë, pra të avujve të ujit në trysni të ambientit.

Një trajtim i përshtatshëm mund të realizohet për 24 orë ose edhe në kohë më të shkurtër duke realizuar një rezistencë mekanike rreth 60% të rezistencës 28-ditore trajtuar në kushte normale (200 C dhe lagështi relative 100%)

Në rastin kur betoni staxhionohet në temperaturë më të rritur, rezistenca është më e ulët se ajo e staxhionuar në kushte normale. Trajtimi i betonit me avull me presion të ulët realizohet duke u ndarë në disa faza; faza e parastaxhionimit, faza e rritjes së temperaturës, faza e mbajtjes së temperaturës konstante dhe faza e ftohjes. Fig nr.7.

Temperatura e avullit në element

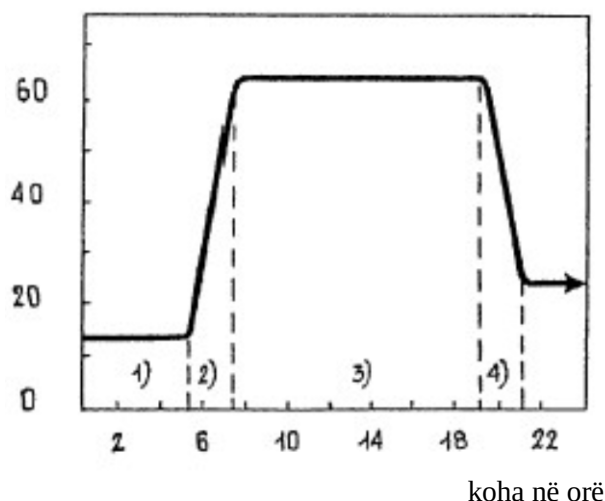


Figura nr.7 Shembulli i staxhionimit me avull me presion të zakonshëm (temperatura fillestare e brumit 13 0C

- 1-parastaxhionimi nga 2 deri 6 h
- 2- ngrohje jo më shumë se 200C/h

3-periudha e temperaturës maksimale
4-ftohje jo më pak se 10 oC

Karakteristikat e fazave kanë një influencë përcaktuese në rezistencën përfundimtare. Gjithashtu trajtimi me avull varet edhe nga lloji i çimentos së përdorur.

Është e nevojshme që më përpara, të kryen prova eksperimentale mbi kampionë të ndryshëm për të përcaktuar veprimet e trajtimit të parashikuar duke pasur parasysh rregullat dhe kufijtë e secilës fazë të parashikuar në S SH EN 206-1.

Përdorimi i shtesave superfluidifikante në betonet me raport shumë të ulët u/ç, kërkon një grafik staxhionimi të ndryshëm me avull me presion të ulët, pasi përdorimi i tyre ndikon në rritjen e rezistencës mekanike në intervalin e 24 orëve të para.

5. PËRSHKRIME PËR BETONIN

5.1 Specifikimi i betonit

Specifikimi i betonit zakonisht bëhet nga projektuesit teknologë si “përzierje e projektuar” në përputhje me vetitë e kërkuara (beton me cilësi të garantuar) dhe duke pasur parasysh:

- Sipas kërkesës së përdoruesit, betoni mund të specifikohet edhe si “përzierje e porositur” (beton me përbërje sipas kërkesës), duke përshkruar përbërjen në bazë të rezultateve të provave paraprake, të zbatuara sipas procedurave të përcaktuara ose në bazë të eksperiencës afatgjatë me betone që kanë karakteristikat të ngjashme. Me “përzierje të projektuar”, kuptohet një beton, për të cilin projektuesi ka përgjegjësinë të përcaktojë qartë vetitë e kërkuara dhe karakteristikat e mëvonshme dhe për të cilat prodhuesi është përgjegjës, si për prodhimin dhe furnizimin e një përzierje në përputhje me vetitë e kërkuara, ashtu dhe për karakteristikat e mëvonshme. Me “përzierje të porositur” kuptohet një beton, për të cilin projektuesi përcakton paraprakisht, përbërjen e përzierjes dhe materialet që do të përdoren.

- Në rastin e një betoni me përbërje sipas kërkesës, detyrimisht duhet të paraqitet një dokumentacion i provave paraprake të kryera, për të garantuar që përbërja e kërkuar, është e përshtatshme për të kënaqur të gjitha kërkesat që kanë të bëjnë me vetitë e brumit të betonit të përgatitur dhe të ngurtësuar, duke pasur parasysh materialet përbërëse të përdorura dhe kushtet e veçanta të kantierit.

Të dhënat kryesore, që janë tregues në të gjitha rastet, për betonet me veti të garantuara përfshijnë:

klasën e rezistencës.

përmasat maksimale nominale të agregatëve,

përshkrimin e përbërjes së betonit në bazë të qëllimit të përdorimit (p.sh. klasën e ekspozimit ambiental, beton i thjeshtë ose i armuar, normal ose i paranderur);

klasën e konsistencës,

e.1) Karakteristikat e betonit të ngurtësuar:

- rezistenca ndaj penetrimit të ujit deri në fazën e përshkueshmërisë,
- rezistenca ndaj ciklit ngrirje-shkrirje,
- rezistenca ndaj aksioneve të kombinuara të ngrirjes dhe agjentëve shkrirës,
- rezistenca ndaj veprimeve kimike,
- kërkesa teknike shtesë.

e.2) Karakteristikat e përzierjes:

- lloji i çimentos,
- klasa e konsistencës,
- përmbajtja e ajrit,
- çlirimi i nxehtësisë gjatë hidratimit,
- kërkesa të veçanta në lidhje me agregatet,
- kërkesa të veçanta në lidhje me rezistencën ndaj reaksionit alkal-silic,
- kërkesa të veçanta në lidhje me temperaturën e përzierjes,
- kërkesa teknike shtesë.

Në rastin e betonit të parapërgatitur në fabrikë, merren në konsideratë kushtet shtesë në lidhje me transportin dhe procedurat e kantierit (koha dhe frekuenca e shpërndarjes, transporti me autobetonierë ose transportier shirit etj).

5.2 Betoni i ngurtësuar

5.2.1 Rezistenca në shtypje

Rezistenca në shtypje e betonit duhet të shprehet nëpërmjet rezistencës karakteristike, e përcaktuar si vlera mesatare (luhatja 5%) e të gjitha vlerave të mundshme të rezistencave të matura mbi mostrat e betonit. Rezistenca duhet të përcaktohet me metodat e parashikuara në standardet si më poshtë.

Klasat e rezistencës në shtypje

Betoni është i klasifikuar në bazë të rezistencës në shtypje, e shprehur si rezistencë karakteristike R_{ck} ose f_{ck} . Rezistenca R_{ck} përcaktohet në bazë të vlerave të marra nga provat në shtypje pas 28 ditësh mbi kubikët me brinjë 150 mm; ndërsa rezistenca karakteristike f_{ck} përcaktohet në bazë të vlerave të marra nga provat në shtypje pas 28 ditësh mbi cilindrin me diametër 150 mm dhe lartësi 300 mm; vlerat e paraqitura në tabelë, të shprehura në N/mm², rezultojnë të përfshira në njërin prej klasifikimeve të mëposhtme:

- beton jostrukturor 8/10 – 12/5
- beton i zakonshëm 16/20 – 45/55
- beton me karakteristika të larta 50/60 – 60/75
- beton me rezistencë të lartë 70/85 – 100/115

Klasat e rezistencës për betonet normale

Klasa e rezistencës	f_{ck} N/mm ²	R_{ck} N/mm ²	Kategoritë e betonit
K 8/10 K 12/15	8 12	10 15	Jo strukturorë
K 16/20 K 20/25 K 25/30 K 30/37 K 35/45 K 40/50 K 45/55	16 20 25 30 35 40 45	20 25 30 37 45 50 55	Të zakonshëm
K 50/60 K 55/67 K 60/75	50 55 60	60 67 75	Veti të larta
K 70/85 K 80/95 K 90/105 K 100/115	70 80 90 100	85 95 106 115	Rezistencë e lartë

Rezistenca në tërheqje

Rezistenca në tërheqje e betonit duhet të jetë e përshkruar dhe e matur ose si rezistencë “indirekte” (për lindje të plasaritjeve, $f_{ct,sp}$, prova braziliane; në përkulje, $f_{ct,fl}$, prova mbi tri pika; respektivisht S SH UNI 6135 dhe S SH UNI 6130) ose si rezistencë direkte (prova aksiale, f_{ct} , RILEM CPC7 ose S SH ISO 4108), ose standarde të tjera të barasvlefshme me to.

Rezultatet e marra me metodat e provave të sipërshënuara mund të kenë ndryshime shumë të vogla nga njëra-tjetra.

Klasat e rezistencës në tërheqje

Betoni mund të klasifikohet në bazë të rezistencës së tij karakteristike në tërheqje f_{ctk} , siç jepet në tabelën e mëposhtme:

Klasat e rezistencës në tërheqje aksiale për betonet me peshë normale

Klasa e rezistences në tërheqje	f_{ctk} N/mm ²
T 1.0	1.0
T 1.5	1.5

T 2.0	2.0
T 2.5	2.5
T 3.0	3.0
T 3.5	3.5
T4.0	4.0

5.2.3. Energjia prej thyerjes

Në mungesë të provave specifike të tërheqjes direkte ose indirekte , energjia e thyerjes mund të vlerësohet me relacionin e mëposhtëm

$$GF = 0.2\alpha F f 0,7cm \text{ (J/m}^2 \text{ ose N/m)}$$

ku $\alpha F = (10+1.25da)$, ku da varion nga 8 deri në 32 mm, dimensionin maksimal i agregatit.

Shprehja e mësipërme vlen për betonet e përgatitura pa shtesa pluhur silici, duke qenë këta të fundit të karakterizuar nga një qëndrueshmëri më e vogël (energji më e vogël në thyerje) dhe një ndjeshmëri më e vogël ndaj dimensionit maksimal të agregatit.

Ky përcaktim është në përputhje me rekomandimet e RILEM TC50 (Materiale dhe struktura rekomanduese, vol.18,1985).

Rezistencat karakteristike

Rezistencat karakteristike të betonit janë dhe duhet të shprehen si më poshtë:

- Rezistenca e betonit nëpërmjet rezistencës karakteristike R_{ck} ose f_{ck} , siç është treguar më lart, dhe përcaktohet në bazë të vlerave të marra pas 28 ditësh mbi kubikët me brinjë 150 mm ose cilindrat 150/300 mm (raporti diametër / lartësi).

- Rezistenca mesatare në shtypje f_{ctm} mund të shprehet gjithashtu, përafërsisht, me rezultatet e provës në shtypje indirekte pas 28 ditësh ose nëpërmjet relacionit (FIP – CEB Model Code 90 dhe EC2):

$$f_{ctm}=0.30 f_{ck}^{2/3}=0.27 R_{ck}^{2/3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Rezistenca karakteristike në shtypje f_{ck} (nëse kërkohet) mund të merret e barabartë me $0.70 f_{ctm}$.

Standardet e referimit dhe metodat e provave

Procedurat dhe metodat për përgatitjen dhe ruajtjen e mostrave dhe për kryerjen e provave, janë objekt i standardeve të mëposhtme ose me standarde të tjera të barasvlefshme me to:

S SH UNI 6126 dhe 6128, përcakton respektivisht mënyrat për marrjen e kampioneve të betonit në kantier dhe për ruajtjen në laboratorin e betoneve eksperimentale;

S SH UNI 6127 dhe 6129, përcakton mënyrat për përgatitjen dhe staxhionimin e mostrave të betonit respektivisht të marra në kantier dhe të përgatitura në laborator;

S SH UNI 6130, i referohet formave dhe dimensioneve të mostrave të betonit për provat e rezistencës mekanike dhe armaturave respektive. Ky standard përshkruan përdorimin, në rrugë normale, të mostrave kubike për shkatërrimin në shtypje në drejtim të tërthortë të plasaritjes, të mostrave prizmatike me seksion katror për shkatërrimin në shtypje në drejtim të tërthortë të plasaritjes, të mostrave prizmatike me seksion katror për shkatërrimin në shtypje në drejtim të tërthortë të përkuljes.

Për proven e shkatërrimit në shtypje dhe tërheqjes indirekte, parashikohet që, në raste të veçanta, mund të shfrytëzohen mostra cilindrike me lartësi sa dyfishi i diametrit;

S SH UNI 6131, përcakton kriteret dhe mënyrat për marrjen e kampioneve të betonit dhe përgatitjen e mostrave;

S SH UNI 6132 dhe 6134, përcakton procedurat që duhen ndjekur për përcaktimin e rezistencës në shtypje të mostrave për këtë qëllim dhe, respektivisht , të mbetjeve të prizmeve të shkatërruar nga përkulja;

S SH UNI 6133, kryerja e provave në tërheqje direkte dhe indirekte;

S SH UNI 6186, ka të bëjë me presat hidraulike të projektuara dhe të ndërtuara

posaçërisht për provat në shtypje mbi materialet, si betoni, të cilat paraqesin deformime të vogla para shkatërrimit;

Duke iu referuar provave të shkatërrimit në shtypje, besueshmëria dhe përsëritja e rezultateve, janë të lidhura me metodat e realizimit të saktësuar në standardet.

Në veçanti:

Deformimet e rrafshtësisë në sipërfaqen e mostrës, mbi kufirin që përcakton standardi ($100 \mu\text{m} = 0.10 \text{ mm}$), mund të shkaktojnë një zvogëlim të dukshëm të rezistencës të marrë nga prova

Shpejtësia e rritjes së ngarkimit më shumë nga ajo e parashikuar në standard ($0.5 \pm 0.20 \text{ N/mm}^2/\text{s}$), shkakton një rritje të rezistencës në shtypje dhe zvogëlimi i ngarkimit, ulje të saj.

Për matjen e rezistencës në shtypje përdoren zakonisht kubikët, por si alternativë mund të përdoren dhe mostra cilindrike ose prizmatike. Në këtë rast, nevojitet rrafshimi dhe eventualisht lëmimi i sipërfaqes ose mbulimi me një shtresë të hollë çimento, me rezistencë dhe ashpërsi të përshtatshme.

Gjatë shtypjes nuk është e këshillueshme të procedohet duke vendosur ndërmjet kampioneve dhe pllakave të presës, materiale të deformueshme: në këtë mënyrë do të konstatoheshin vlera më të ulëta të rezistencës, meqënëse përhapja gjatësore e shtresës së deformueshme synon ta thyje përsëgjati.

Vlerat e rezistencës në shtypje për kampionin varen nga gjeometria dhe dimensionet e mostrave. Për të pasur parasysh këto ndikime, duhen përdorur koeficientët e konvertimit të raportuar në tabelat e mëposhtme:

Koeficientët e konvertimit ndërmjet rezistencës në shtypje të matur në kube me dimensione të ndryshme

Brinja (mm)	100	150	200	250	300
Treguesit e rezistencës në shtypje të kubikëve	110%	100%	95%	92%	90%

Koeficientët e konvertimit ndërmjet rezistencës në shtypje të matur në cilindra me dimensione të ndryshme dhe me raport të njëjtë $h/d = 2.00$

Raporti h/d (mm/mm)	100/200	150/200	200/400	250/500	300/600
Treguesit e rezistencës në shtypje në cilindrë me dimension H/d	110 %	100 %	95 %	92 %	90 %

Koeficientët e konvertimit ndërmjet rezistencës në shtypje të kubikëve me brinjë $l = 150 \text{ mm}$ dhe cilindrave me diametër $D = 150 \text{ mm}$, $h = 300 \text{ mm}$

Rez. Kubit $< 25 \text{ N/mm}^2$	$R_{\text{cilindrit}} = 0.80 R_{\text{kubit}}$
Rez.kub $\leq 25 \text{ e } < 60 \text{ N/mm}^2$	$R_{\text{cilindrit}} = 0.83 R_{\text{kubit}}$
Rez Kubit $\geq 60 \text{ N/mm}^2$	$R_{\text{cilindrit}} = 0.85 R_{\text{kubit}}$

Koeficientët e konvertimit ndërmjet rezistencës në shtypje të matur mbi cilindrë që kanë

diametër të njëjtë, por me raport të ndryshëm h/d

Raporti h/d	1.00	2.00	4.00
Treguesit e rezistencës në shtypje të cilindrave me raport h/d	118 %	100 %	92 %

Koeficientët e konvertimit të treguar në tabelat e mësipërme nuk kanë lidhje mes tyre.

Në përgjithësi mostrat e mëdha japin rezistencë më të vogël se mostrat e vogla, mostrat cilindrike rezistencë më të vogël se mostrat kubike dhe mostrat e holla një rezistencë më të vogël se mostrat e trasha.

Përveç kësaj, sa më e madhe të jetë rezistenca në shtypje e betonit në provë, aq më shumë raporti i konvertimit tenton drejt njësisë.

6. JETËGJATËSIA DHE JETA NË PËRDORIM

6.1 Jetëgjatësia e betonit dhe jetëgjatësia e strukturës

Për të realizuar jetëgjatësinë e betonit dhe jetëgjatësinë e strukturës duhet te mbahen parasysh rregullat e mëposhtme:

- Për efektet e jetës në përdorim, duhet bërë dallimi ndërmjet jetëgjatësisë potenciale të betonit, i marrë si material për t'u përdorur në kushte ambientale të veçanta, dhe jetëgjatësisë së vërtetë të betonit në vepër, pra me vetitë që ai ka në kontekst me strukturën.

- Duke u nisur nga ajo, që çdo fenomen dëmtimi që manifestohet në një strukturë, është pasojë e mospërputhjes ndërmjet cilësive lokale të betonit dhe kushteve lokale të ekspozimit, duket qartë se jeta në shërbim që është e lidhur me betonin si material, do të mund të ishte me të vërtetë e lidhur me strukturën, në qoftë se cilësia e betonit nuk do të rrezikohej, nëse konditat e ekspozimit të matura në vëndin e ndërtimit, nuk do të pësojnë me kalimin e kohës ndryshime të rëndësishme.

- Faktorët që ndikojnë negativisht në ndryshimet cilësore lokale të betonit mund ta kenë origjinën:

- a) nga kompleksiteti i arkitekturës dhe projektit të zgjedhur;

- b) nga adoptimet jo të përshtatshme gjatë zbatimit të punimeve, ose kur janë të përshtatshme nuk janë zbatuar në mënyrë korrekte;

- c) nga kontrolli i pamjaftueshëm i cilësisë;

- d) nga përdorimi i materialeve të papërshtatshme në ndërhyrjet e restaurimit.

Siç specifikohet në këtë paragraf, përbërja e betonit ka si qëllim realizimin e një materiali me depërtueshmëri të vogël, pra është e rëndësishme për qëndrueshmërinë e strukturës që të evitohen:

- a) prezenca e boshllëqeve e shkaktuar nga ngjeshja e papërshtatshme ose nga një shpërndarje johomogjene e betonit në kallëp;

- b) formimi i plasaritjeve nga tkurrja plastike;

- c) ndërprerja e parakohshme e staxhionimit mbrojtës;

- d) reduktimi i shtresës mbrojtëse të hekurit nën kufirin minimal të parashikuar.

- Për të arritur qëndrueshmërinë, betoni duhet të ketë një koeficient të depërtueshmërisë K, më të vogël ose të barabartë me 1.10 – 11 m/s ose një rezistencë të depërtimit të ujit sipas ISO 7031 – 1994, ose standarde të tjera të barasvlefshme me të, me vlerë maksimale jo më të madhe se 50 mm dhe vlerë mesatare jo më të madhe se 20 mm.

Duhet konsideruar kështu ekuivalente dy kufijtë e mëposhtëm, që janë të lidhur me padepërtueshmërinë e një betoni:

- koeficienti i depërtueshmërisë $K \leq 1.10 - 11 \text{ m/s}$

- thellësia mesatare e depërtimit të ujit $\leq 20 \text{ mm}$

- Vlera mesatare e depërtimit jo më shumë se 20 mm, në të cilën materiali ruan një padepërtueshmëri të përshtatshme, nuk ka shpjegim fizik, por është një konkluzion mbi bazën e kërkimeve eksperimentale. Kontrolli i depërtueshmërisë nëpërmjet provave të depërtimit të ujit, është i nevojshëm vetëm në rastin e punimeve me rëndësi të veçantë, duke mbajtur parasysh

kërkesat që rrjedhin nga studimet laboratorike, të cilat zbatohen në fazën e zgjedhjes së raportit të përgatitjes së betonit, si dhe verifikimet e cilësisë së betonit në punë gjatë marrjes së karrotës. Në praktikën e zakonshme, kontrolli i cilësisë së betoneve jetëgjatë është akoma më i thjeshtë, ai duhet të bazohet në matjen e rezistencës në shtypje (rezistenca karakteristike).

- Kriteri ka si pikë referimi relacionin depërtueshmëri–raport ujë/çimento- rezistencë mekanike. Zvogëlimi i raportit ujë/çimento, zvogëlon volumin e poreve kapilare ose të depërtueshme nga substancat në ambientin e ekspozimit dhe si pasojë zvogëlon depërtueshmërinë, ndërkohë që rrit rezistencën mekanike. Edhe pse nuk ka një relacion të shprehur mirë të rënies lineare të grafikut midis depërtueshmërisë dhe rezistencës, kontrolli i qëndrueshmërisë nëpërmjet rezistencës rezulton mjaft i pranueshëm. Shkalla e besueshmërisë është padyshim më e madhe se nga kontrolli që rrjedh prej matjes së raportit ujë/çimento, duke marrë parasysh që metodat për vlerësimin e dozimit të ujit dhe çimentos në një beton nuk janë të thjeshta e mbi të gjitha nuk janë mjaft të sakta.

- Tabela 11 tregon se rezistenca karakteristike për jetëgjatësi pothuajse gjithmonë do të jetë më e lartë krahasuar me rezistencën që merret në përgjithësi në konsideratë në llogaritjet strukturore. Në të njëjtat rrethana, klasa e betonit që do të parashikohet në projekt, përcaktohet në bazë të kërkesave për jetëgjatësi, edhe se në një farë mënyre do të rezultojë mjaft e madhe në krahasim me kërkesat statike.

- Ndërprerja e parakohshme e staxhionimit ka efekte negative të dukshme mbi depërtueshmërinë, sepse shkakton një ulje të shkallës të hidratimit të lidhësave. Në temperaturë të zakonshme shpejtësia e hidratimit të çimentos ulet në vlera të papërfillshme, nëse lagështia relative brenda përzierjes zbret nën 80 %.

- Kur stazhoni mi mbrojtës ndërpritet dhe uji që nuk ka reaguar akoma është larguar për shkak të tharjes së shpejtë të betonit për të ekuilibruar lagështinë e tij të brendshme me atë të ajrit, poroziteti i krijuar mundëson depërtimin e substancave që gjenden në ambient–pra poret që përcaktojnë depërtueshmërinë, të cilësuar edhe si pore kapilare – do të rezultojnë mjaft më të larta, pavarësisht nga përdorimi i raportit të ulët ujë/çimento. Për këtë, depërtueshmëria do të jetë më e madhe tamam në pjesët më të skajshme, pra në ato zona të strukturës, të cilat janë parashikuar të ngadalësojnë depërtimin e agjentëve të jashtëm. Përveç faktorëve të përmendur, në qëndrueshmërinë e strukturës influencojnë mikroklima dhe detajet e projektit.

- Mikroklima përfaqëson kushtet e ekspozimit, që ekzistojnë në të vërtetë në kontakt me sipërfaqen e strukturës. Kjo mund të jetë e ndryshme nga makroklima dhe në referim me strukturën, e ndryshme nga zona në zonë; për shkaqe të ndryshme ndikojnë detajet e projektit dhe situatat e veçanta që manifestohen gjatë shërbimit. Prandaj natyra dhe shkalla e dëmtimit në kohë, varen nga pajtueshmëria e madhe ose e vogël midis mikroklimës dhe cilësive të pjesshme të betonit në vepër.

- Persa i përket gjendjes aktuale të njohurive, nuk është e mundur që të merren vendime nga një analizë e riskut, të projektosh në funksion të jetës në shërbim nuk përjashton apriori nevojën e kryerjes së ndërhyrjeve të mirëmbajtjes me qëllim ruajtjen e funksionit të konstruksionit.

- Qëllimi është që në çdo rast të kufizohen efektet shkatërruese nga depërtimi i substancave potencialisht agresive që janë të pranishme në ambientin e ekspozimit dhe kështu të zvogëlohet numuri, intensiteti dhe rëndësia e ndërhyrjeve të mirëmbajtjes.

6.1.1 Jetëgjatësia

Proceset që rrezikojnë qëndrueshmërinë e një strukture betoni të armuar, të ekspozuar në ambient natyral, duke bërë përjashtim për relacionin alkal–agregat, janë:

1. veprimet kimike, 2. korrozioni i armaturës dhe 3. ciklet e ngrirje shkrirjes.

- Agjentët agresivë që kanë efekt shkatërrues për nyjet lidhëse të betonit, janë të paraqitur në tabelën 9, bashkë me shkallën e veprimit të shkaktuar nga koncentrimi i tyre.

Tabela nr.9

Agjentët agresivë	Shkalla e veprimit
-------------------	--------------------

Në ujë PH	e dobët XA1 6,5-5,5	e mesme XA2 5,5-4,5	e fortë XA3 4,5-4,0
CO2 agresiv (mg CO2/l)	15-30	30-60	60-100
Jonet amon (mg NH4+/l)	15-30	30-60	60-100
Jonet magnez (mg MG2+/l)	100-300	300-1500	1500-3000
Jonet sulfat (mg SO42-/l)	200-600	600-3000	3000-6000
Agjentët agresivë në terren			
Jonet sulfat (mg SO42-/lkg te terrenit të tharë	2000-6000	6000-12000	>12000

Korrozioni i hekurit në beton është një proces elektrokimik i përbërë nga një anodë ku hekuri tretet, një katodë ku prodhohen jone OH – dhe konsumohet oksigjen i gaztë dhe një elektrolit për kalimin e rrymës.

Derisa pH i fazës së lëngët që përshkon poret e nyjeve është në nivelin e tij natyral, pra në intervalin 13 – 13,8 dhe koncentrimi i joneve klorur, shprehur si përqindje në peshë mbi përmbajtjen e çimentos, nuk e tejkalon kufirin kritik, varion nga 0,2 deri 0,4 %, reaksioni anodik është i kontrolluar nga një shtresë e hollë prej oksidi ferrik pasiv nga karakteristikat, tamam për të ndërtuar një barrierë efikase ndërmjet metalit dhe poreve të lëngut. Por kur alkaliniteti i lëngut të poreve neutralizohet nga anhidridi karbonik i ajrit dhe pH zbritet më poshtë se 11,5 ose kur në fazën e lëngët koncentrimi i klorureve që depërtojnë nga ambienti i jashtëm kalon nivelin kritik, shtresa e hollë pasive shkatërrohet dhe mund të fillojë procesi i korrozionit aktiv.

Koncentrimi në volum i anhidridit karbonik në ajër është rreth 0,03 – 0,04 në zonat rurale, por mund të arrijë deri 0,4% në disa zona urbane.

- Depërtimi i anhidridit karbonik kryhet sipas një zone avancimi mjaft të qartë dhe në reaksion janë të përziera të gjitha fazat e hidratimit të brumit të çimentos. Anhidridi karbonik reagon si acidi karbonik, prandaj reaksioni zhvillohet nëse në poret e betonit është prezent një lagështi minimale. Duke pasur parasysh se në praktikë, për të arritur pjesën e avancuar të karbonatimit, anhidridi karbonik duhet të përhapet nëpërmjet shtresës së betonit tashmë të karbonatuar, në rast se poret janë plot me ujë, shpejtësia e karbonatimit ndodh me atë ngadalësi me të cilën anhidridi karbonik përhapet nëpërmjet fazës së lëngët. Jonet klorur depërtojnë në nyjet lidhëse të betonit me difuzion dhe avancojnë më shpejt se procesi i karbonatimit.

- Depërtimi ndodh si në betonin e ngopur me ujë ashtu dhe në atë të tharë pjesërisht. Kloruret reagojnë vetëm me aluminatin trekalçik për të formuar kloraluminatin trikalçik të hidratuar, por reaksioni është më pak determinues për sa i takon ngadalësimin të depërtimit.

- Faktorët ambientale që nxisin procesin e korrozionit janë anhidridi karbonik dhe/ose kloruret; përse kohë që metali është në pasivitet, ndihmojnë për të mbajtur aktiv procesin e lagështisë relative të ajrit, që ndodhet brenda betonit dhe furnizimin me oksigjen, i domosdoshëm për të mbajtur aktiv reaksionin katodik.

- Shpejtësia e korrodimit rritet me rritjen e temperaturës dhe lagështisë relative të brendshme të betonit: ajo bëhet e dukshme kur kjo e fundit kalon 75%, arrin maksimumin në rreth 95%, ndërsa bie me shpejtësi dhe bëhet e papërfillshme gjatë mbingopjes, për shkak të shpejtësisë së ulët me të cilën oksigjeni përhapet në poret e mbushura ose pothuajse të mbushura me ujë.

Përrshkrimi i mësipërm sugjeron se faktori kontrollues për shpejtësinë e korrozionit është mbi të gjitha rezistenca specifike e betonit: janë konsideruar kritike vlerat e rezistencës specifike më të vogla se 5000 – 10000 Ωcm.

Në kushtet e një klime të thatë, kur rezistenca specifike e betonit mund të kalojë 100.000 Ω cm, procesi i korrozionit është i frenuar edhe në prezencë të një koncentrimi të lartë të klorurit,

edhe pse poroziteti pa ujë lehtëson depërtimin e oksigjenit.

Përveç procesit të korrozionit, edhe procesi i ngrirje shkrirjes dhe ai kimik influencohen nga shkalla e mbingopjes së betonit, pra dhe nga kushtet e lagështisë së ambientit të ekspozimit.

Në të gjitha proceset e dëmtimit është prezent uji: faktor i rëndësishëm është gjendja e lagështisë në beton, që mbahet konstante kur lagështia e jashtme është në gjendje të pandryshueshme. Kur kjo e fundit është e paqëndrueshme, duhet pasur parasysh se betoni merr ujë nga ambienti më shpejt sesa e largon atë dhe për pasojë lagështia mesatare e brendshme tenton të jetë më e lartë se lagështia e ambientit.

Ky parim vlen edhe për strukturat në ambiente detare, në zonat bregdetare, dhe kjo do të thotë që edhe gjatë periudhës jo të lagësht, betoni vazhdon të jetë pothuajse i ngopur. Influenca nga lagështia e brendshme e betonit në lloje të ndryshme të proceseve është e evidentuar në tabelën 10.

Tabela nr.10

Lagështia relative LR e betonit	Reaksioni i karbonatimit	Korrozioni i hekurit në beton		Ciklet e ngrirje shkrirjes	Veprimi kimik
		•	♦		
Shumë e ulët <45%	1	0	0	0	0
e ulët 45-65%	3	1	1	0	0
E mesme 65-85%	2	3	3	0	0
E lartë 85-98%	1	2	3	2	1
Shumë e lartë	0	1	1	1	3

0 = rrezik i parëndësishëm

1 = rrezik i pranueshëm

2 = rrezik i mesëm

3 = rrezik i lartë

• beton i karbonatuar

♦ beton i ndotur nga kloruret

Substancat natyrale më të zakonshme që aktivizohen në prezencë të lagështisë së betonit janë: anhidridi karbonik, i nevojshëm për karbonatimin, oksigjeni, i nevojshëm për korrozionin, jonet e klorurit, që nxisin korrozionin duke e nxjerrë jashtë funksionit hekurin e armaturës, acidet, që zgjidhin nyjet e çimentos, sulfatet, që japin reaksion bymues me çimenton, alkalet e çliruara nga hidratimi i çimentos, që mund të reagojnë eventualisht me disa tipe agregatesh.

Masat mbrojtëse që duhet të adoptohen në rastin e reaksionit alkal – agregat dhe në rastin e veprimeve nga substancat që vijnë nga ambiente jonatyrle (p.sh. nga punimet dhe shkarkimet industriale) kërkojnë zgjidhje të situatave të veçanta. Për reaksionet alkal – agregat është i këshillueshëm konsultimi me një ekspert kompetent për fushën përkatëse.

Për betonin, si material, përbërja dhe komponentet e aftë për të garantuar qëndrueshmërinë janë të përcaktuar kryesisht mbi bazën e kërkimeve laboratorike duke studjuar sjelljen e mostrave dhe nganjëherë të elementeve strukturore gjeometrike dhe kufizimin e përmasave, gjithnjë në kampione të përgatitur me kujdes dhe të ruajtur në kushte ekspozimi të përcaktuara dhe të kontrolluara mirë.

Kriteret mbi bazën e të cilëve përcaktohet qëndrueshmëria e betonit i referohen tipit dhe

përmbajtjes së çimentos, raportit ujë/çimento dhe shtresës mbuluese të hekurit.

Këto kritere janë të përbashkëta për të gjitha standardet që kanë të bëjnë me qëndrueshmërinë: me rritjen e intensitetit të veprimit rritet përmbajtja minimale e çimentos, ulet raporti u/ç dhe rritet shtresa mbuluese e hekurit. Megjithatë, duhet pasur parasysh se kontrolli i cilësisë së betonit është bazuar mbi rezistencën karakteristike në shtypje, sa më e madhe është qëndrueshmëria aq më e madhe është rezistenca karakteristike.

Në tabelën 11 dhe 12 janë dhënë respektivisht përshkrimet për rezistencën referuar ekspozimit në ambient dhe klasave të ekspozimit në funksion të kushteve ambientale.

Tabela nr.11
(çimento Portland 32.5R,dmax aggr.20-32 mm)

U/cmax	Përmbajtja minimale e çimentos (kg/m ³)	Rezistenca karakteristike minimale R _{ck} (N/mm ²)	Klasat e ekspozimit Sipas tabelës. 12
0,60	280	30	XC1, XC2
0,55	300*	37	XC3, XF1, XA1, XD1
0,50	320*	37-40	XS1, XD2, XF2 XA2, XF3, XC4
0,45	350*	45	XS2, XS3, XA3, XD3, XF4

Kur ambienti është objekt i cikleve të ngrirje-shkrirjes së përshkruar, përdoren agregate që nuk ngrijnë dhe shtesa aerante.

Shfaqja e filluskave të ajrit e ul rezistencën mekanike potenciale të brumit, por ndërkohë kjo mund të shmanget duke modifikuar raportin e përbërjes ose duke reduktuar raportin u/ç dhe/ose duke rritur përmbajtjen e çimentos.

Për zgjedhjen e trashësisë minimale të shtresës mbuluese të hekurit, i referohemi klasës së ekspozimit të betonit (tabela 12).

Tabela nr.12 – Klasat e ekspozimit në funksion të kushteve ambientale (S SH EN 206-1)

Emërtimi i klasave	Përshkrimi i ambientit të ekspozimit	Shembuj të kushteve ambientale (titull informativ)
1 – asnjë risk nga korrozioni i armaturave ose nga veprimi mbi betonin		
X0	shume i thatë	brënda ndërtesave me lagështi relative shumë të ulët
2 – korrodimi i armaturës i shkaktuar nga karbonatimi i betonit		
XCI	i thatë	brënda ndërtesave me lagështi relative të ulët
XC2	i lagësht, rrallëhere i thatë	pjesë të strukture në kontakt me lëngjet themelet
XC3	lagështi mesatare	brënda ndërtesave me lagështi nga mesatare në të lartë; betoni në pjesët e jashtme i mbrojtur nga shiu
XC4	periodikisht i thatë dhe i lagur	sipërfaqet në kontakt direkt me ujin të papërfshira në klasën XC2
3- korrozioni i shkaktuar nga kloruret		
XD1	lagështi mesatare	sipërfaqe të ekspozuara ndaj spërkatjeve direkte të ujit me përmbajtje kloruri
XD2	i lagur, rrallëhere i thatë	pishina; beton i ekspozuar ndaj ujit industrial me përmbajtje kloruri
XD3	periodikisht i thatë dhe i lagur	pjesë të urave; dysheme; soleta të parkimeve për automjeteve
4 – korrozioni i shkaktuar nga kloruret e ujit të detit		

XS1	ekspozimi ndaj kriprave detare por jo në kontakt direkt me ujin e detit	struktura në bregdet ose në afërsi të tij
XS2	i zhytur	pjesë të strukturave detare
XS3	në zonat detare, në zonat objekt i spërkatjeve	pjesë të strukturave detare
5 – veprimi nga ciklet ngrirje/shkrirje		
XF1	shkallë mesatare e mbingopjes, në mungese të agjentëve shkrirës	sipërfaqe vertikale të ekspozuara në shi dhe ngrica
XF2	shkallë mesatare e mbingopjes, në prezencë të agjentëve shkrirës	sipërfaqe vertikale të punimeve rrugore të ekspozuara ndaj ngricave dhe agjentëve shkrirës në ambjent mjegulle
XF3	shkallë e lartë e mbingopjes, në mungese të agjentëve shkrirës	sipërfaqë horizontale të ekspozuara në shi dhe ngrica
XF4	shkallë e lartë e mbingopjes, në prezencë të agjentëve shkrirës	bazamente rrugësh e urash të ekspozuar ndaj agjentëve shkrirës, sipërfaqe vertikale dhe horizontale të ekspozuara ndaj spërkatjeve ujore me përmbajtje të agjentëve shkrirës dhe ndaj ngricave
6 – veprimi kimik		
XA1	agresiviteti i dobët (sipas tabelës 9)	
XA2	agresiviteti i mesëm (sipas tabelës 9)	
XA3	agresiviteti i fortë (sipas tabelës 9)	

Për punimet në të cilat klasat e ekspozimit kërkojnë një beton me rezistencë karakteristike minimale që ndryshon në kufijtë nga 37÷40 N/mm², rekomandohet një shtresë mbuluese hekuri minimumi 30 mm; për punimet në të cilat klasat e ekspozimit kërkojnë një beton me rezistencë minimale > 40 N/mm², shtresa minimale e rekomanduar është 40 mm.

Për të siguruar vlerat minimale të përcaktuara, konstruktori duhet të parashikojë një shtresë hekuri me trashësi nominale më të madhe se të paktën 5 mm të vlerës minimale të përshkruar.

Në kushtet e një agresiviteti kimik, të cilët janë pasqyruar qartë në tabelën 9, dhe për strukturat në det, të vendosura në zonat detare ose që janë objekt i spërkatjeve, rekomandohet (CEB 1995) një përmbajtje minimale e çimentos prej 370 kg/m³ dhe një raport u/ç prej 0,4

6.2 Jeta në përdorim

Gjatë jetës në përdorim duhet mbajtur parasysh elementet e mëposhtme;

- Jeta në shërbim është koha gjatë së cilës strukturat dhe/ose materialet ruajnë vetitë e tyre, duke mbajtur nivelin e sigurisë dhe të efikasitetit funksional të projektit, për çfarëdo veprimi dhe kushtesh ambientale të parashikuara, që bëhen të vlefshme me një mirëmbajtje normale.

- Në përputhje me të dhënat e literaturës, betonët e qëndrueshëm të specifikuar në tabelën 11 do të duhet të sigurojnë një jetë në shërbim për rreth 40 – 50 vjet, me kusht që struktura të jetë e konstruktuar sipas rregullave teknike dhe t'i qëndrojë kushteve të ekspozimit të parashikuara në projekt.

- Pjesa më e madhe e informacioneve që janë të disponueshëm për momentin, kanë të bëjnë me jetën në shërbim të strukturave që janë objekt i karbonatimit (konstruksionet e banesave dhe të infrastrukturës nuk janë të ekspozuara ndaj cikleve të ngrirje-shkrirjes ose ambienteve detare) dhe të strukturave objekt i depërtimit të klorureve (konstruksionet në det, infrastrukturën rrugore dhe autostradat të ekspozuara në veprimet e ngrirjes në të cilat, për të shkrirë akullin, përdoren kripëra shkrirëse).

- Hapat e ndjekura për të stabilizuar jetën në shërbim të strukturave që janë objekt i

Të dhënat e mbledhura mbi gjendjen e konservimit të strukturave të ekspozuara në kushte të ndryshme ambientale, kanë demonstruar se procesi i depërtimit të CO₂ e Cl mund të interpretohet me një përafërsi të pranueshme, duke u mbështetur në ligjin e thjeshtë të difuzionit. Diagrama e figurës 8 tregon vitet e jetës në punë në funksion të klasës së rezistencës dhe të një trashësie të caktuar të shtresës mbuluese të hekurit.

Për kloruret është përcaktuar një nivel kritik 0,4% mbi peshën e çimentos. Për të kufizuar shpejtësinë e depërtimit të klorureve duhen përdorur betone me klasë rezistence të lartë, që do të thotë të përdoren raporte të ulta u/ç, superfluidificante, çimentoja preferohet e tipit 42,5 R, përmbajtja e çimentos është mirë të jetë mbi 300 kg/m³. Përmbajtja e lartë e çimentos e ul shpejtësinë e depërtimit në radhë të parë sepse i jep betonit një kapacitet të lartë të kombinimeve në kontakt me substancat agresive, në radhë të dytë sepse krijon një rritje të volumit të pjesëzave të çimentos, duke zvogëluar proporcionalisht kontaktin agregat–pjesëza të çimentos, që duket që është hallka e “dobët” e një zinxhiri rezistent.

Mbi bazë të konsideratave të mësipërme, rezulton se një rritje të trashësisë së shtresës mbuluese të hekurit nuk mund ta kompensojë as rritja e raportit u/ç, as rritja e përmbajtjes së çimentos.

7. Betoni me veti të larta dhe me rezistencë të lartë

Për të përcaktuar karakteristikat fiziko – mekanike të disa betoneve, mund t’u referohemi rregullave teknike që janë të vlefshme për betonet që kanë rezistencë karakteristike $R_{ck} \leq 55$ N/mm² dhe mund të aplikohen të dhënat që përmbahen në paragrafin e mëposhtëm 8.3.

- Për betonet që kanë rezistencë karakteristike $R_{ck} > 75$ N / mm² (betone me rezistencë të lartë – R.L.) dokumentacionet e projektit, që duhen prezantuar në Këshillin e Rregullimit të Territorit, duhet të përfshijnë modelimin e materialit, të kryer mbi bazën e dokumenteve specifike teorike dhe eksperimentale, për më tepër një arsyetim të përshtatshëm të rregullave të kalkulimeve të adoptuara.

- Përdorimi i betoneve në struktura komplekse, të ngarkuara shumë ose me dimensione të mëdha, ose të ekspozuara në kushte ambientale ekstreme, i përcakton si betone “me veti të larta”, që karakterizohen nga:

- rezistencë e lartë, shpejtësi në ngurtësim dhe punueshmëri;
- deformime nga tkurrja dhe viskoziteti;
- kompaktësi (ngjeshje) e madhe, në aspekte pozitive për qëndrueshmërinë.

Është tashmë praktikë të përcaktohet në 50 N/mm² pragu i “vetive të larta” ($f_{ck} \geq 50$ N/mm²; $R_{ck} \geq 60$ N/mm²), ndërsa për betonet e klasës superiore, (nga K 60/75 deri në K 100/115), flitet për “rezistencë të lartë”. Në veçanti deri në klasën K 60/75, janë sigurisht akoma të vlefshme metodat e llogaritjes dhe të rezultateve eksperimentale, frut i studimeve të kryera në të kaluarën mbi betonet e zakonshëm.

Siç është thënë në paragrafin 5.2.1, betoni me rezistencë të lartë që trajtohet në këtë material, përfshin klasat superiore nga K 60/75 deri në K100/115, me një numër klasash që prezantojnë rezistencën karakteristike në shtypje pas 28 ditësh të maturimit të lagështisë. Numri i parë i është referuar rezistencës së mostrave cilindrike me diametër 150 mm dhe lartësi 300 mm, i dyti rezistencës së mostrave kubike me brinjë 150 mm. Kur mostrat janë me dimensione të ndryshme nga ato të përcaktuara, mund të përdoren koeficientët e konvertimit që sugjerohen në paragrafin 6.2.5, të cilët japin një përafërsi të pranueshme.

Për prodhimin, maturimin dhe shkatërrimin e mostrave, adoptohen metodat që përdoren për betonin e zakonshëm ose konvencional, me shënimin për t’u përdorur vetëm në kallëpe metalikë.

Në raport me të dhënat nga mostrat e betonit konvencional, rezultatet e matjeve janë shumë të ndryshme në varësi nga metodat e provave, për këtë rekomandohet që metodat e përcaktuara nga standardet të mbikëqyren rigorozisht.

Në mënyrë që të bëhet e mundur arritja e një standardi të kërkuar është e nevojshme që:

- teknikët e laboratorit të kenë një dokument eksperience në sektorin e betoneve V.L dhe R.L.;

- laboratorit i caktuar për analizimin e provave të betonit të freskët në kantier, duhet të jetë i pajisur me aparatura të një niveli teknik të përshtatshëm dhe mbi të gjitha me funksionim të garantuar.

Për një përdorim korrekt të betoneve V.L. dhe R.L. duhet hartuar një plan për sigurimin e cilësisë, në të cilin duhet të përshkruhen në detaje karakteristikat e brumit të freskët dhe të atij të ngurtësuar që duhen kontrolluar, mënyrat dhe frekuenca e kontrolleve, vlerat kufi që duhen respektuar dhe laboratorit përgjegjës i provave. Është gjithashtu e domosdoshme, që në planin për sigurimin e cilësisë, të jenë të përcaktuara masat që duhen adoptuar në rastin e shmangieve nga vlerat kufi dhe, gjithashtu personat përgjegjës për marrjen e vendimeve përfundimtare.

Metoda e projektimit të betoneve V.L. dhe R.L. nuk ndryshon në thelb nga ajo që përdoret për betonet e zakonshëm. Meqënëse në gjendjen aktuale të njohurive, nuk është e mundur që projektimi i brumit të bazohet në karakteristikat e materialeve përbërës, raporti i përbërjes zgjidhet në bazë të punueshmërisë, qëndrueshmërisë, rezistencës për një staxhionim të dhënë dhe anës ekonomike.

Studimi i përzierjeve të provës kërkon një punë mjaft të madhe të laboratorit dhe përcaktimi i raporteve optimale është mjaft më i vështirë se sa për betonet e zakonshëm. Në veçanti duhet kontrolluar me shumë kujdes përshtatshmëria midis çimentos dhe shtesave, veprim mjaft kompleks, kur përdoret një kombinacion shtesash me funksione të ndryshme.

7.1 Materialet përbërës

Përbërja e betonit me rezistencë $R_{ck} > 55 \text{ N/mm}^2$, karakterizohet në mënyrë të veçantë nga përdorimi:

- i çimentove të klasave 42,5 R dhe 52,5R me një dozim të lartë;
- i raportit u/ç që në përgjithësi është $\leq 0,35$;
- i superfluidifikantit dhe eventualisht nga shtesa të tjera;
- i mineraleve shtesë (hira fluturues, skorje të granuluar në furrë, pluhur silici).

7.1.1 Çimento

Subjektet prodhuese duhet të kenë parasysh se;

- Faktorët që ndikojnë në rezistencën fillestare dhe atë përfundimtare të çimentos janë përbërja e klinkerit dhe imtësia e bluarjes. Faktor i rëndësishëm i përbërjes është raporti ndërmjet silikatit trekalcik (C3S) dhe silikatit bikalcik (C2S): i pari hidratohet më shpejt, duke çliruar një sasi të konsiderueshme të nxehtësisë, i dyti në mënyrë më të ngadaltë. Prandaj një klinker me përmbajtje të madhe të C3S premtan një arritje të shpejtë të rezistencës, ndërkohë që ai që përmban kryesisht C2S, e arrin rezistencën me shpejtësi më të vogël, por rezistenca përfundimtare është gjithashtu e kënaqshme.

- Bluarje e imët do të thotë një sipërfaqe specifike më e madhe pra një shpejtësi më e madhe e hidratimit: për pasojë, faktori i imtësisë influencon veçanërisht në përfundimin e rezistencës fillestare.

- Përgjithësisht preferohet të përdoret një sasi çimento minimalisht e domosdoshme për të arritur rezistencën e dëshiruar. Kriteri është i vlefshëm, përveçse për motive të dukshme ekonomike, mbi të gjitha për të kufizuar sasinë e energjisë së çliruar gjatë procesit të hidratimit, si dhe për të kontrolluar tkurrjen, pra dhe plasaritjet e shkaktuara nga tkurrja. Për një rezistencë të dhënë, përmbajtja optimale e çimentos është e kushtëzuar nga karakteristikat e rërës dhe të agregatit të madh. Megjithatë, një tejkalim i çimentos mund të ketë nevojë për një sasi të tillë uji, që mund të sjellë një rënie të rezistencës përfundimtare.

7.1.2 Raporti ujë/çimento

Raportet u/ç në përgjithësi ndodhen në intervalin 0,35 – 0,22; kufiri 0.35 për raportin u/ç i korrespondon vlerës për të cilën sistemi i poreve kapilare bëhet i ndërprerë mbas afërsisht një dite të staxhionimit në ambient me lagështi. Arritja e ndërprerjes kapilare mbas disa orësh staxhionimi bën të mundur, që strukturat që kanë pësuar një cikël staxhionimi të mbrojtur me kohëzgjatje konform standardeve, të kenë në momentin e heqjes nga forma karakteristika të kënaqshme qëndrueshmërie.

Një porozitet kapilar i ulët dhe i ndërprerë siguron që shpejtësia e depërtimit të substancave që përmban ambienti i ekspozimit të jetë mjaft e ulët.

7.1.3 Shtesat

- Për të mbajtur punueshmërinë e kërkuar në raportet e ulta u/ç të përshkruara, është i domosdoshëm përdorimi i superfluidifikanteve, prej nga aktiviteti duhet të jetë aq më i madh sa më i vogël është raporti u/ç. Së bashku me superfluidifikantët përdoren shpesh edhe ngadalësues për të ngadalësuar humbjen e punueshmërisë së brumit, aerantë kur struktura është e ekspozuar

ndaj cikleve të ngrirje-shkrirjes, dhe nganjëherë frenues të korrozionit të armaturës.

- Për shkak të përmbajtjes së lartë të çimentos, përzierjet e betonit V.L dhe R.L kanë tendencën të ngurtësohen mjaft shpejt, pavarësisht nga temperatura pak a shumë e moderuar e ambientit. Me ngadalësuesit shtyhet fillimi i stadi në të cilin procesi i hidratimit bëhet i shpejtë, duke provokuar ngurtësimin e masës, megjithatë pikërisht përzierjet e ngadalësuara kanë tendencë më të madhe të tkurrjes plastike, përmbajtja e lartë e çimentos është faktor i reduktimit të kapilaritetit sipërfaqësor dhe, nëse ngurtësimi është i vonuar, aq më e madhe është koha në dispozicion për çfaqjen e plasaritjeve nga tkurja plastike.

- Rreziku i plasaritjeve është konkret në rastin e strukturave të përbëra nga elemente me sipërfaqe horizontale, veçanërisht në rastin e lastrave dhe dysHEMEVE. Subjekti prodhues këshillohet në këto raste të shfrytëzojë menjëherë mbas hedhjes së, përzierjes elemente të staxhionimit që formojnë në sipërfaqe të betonit një membranë mbrojtëse. Me zvogëlimin e humbjes së lagështisë nga sipërfaqja e ekspozuar e brumit rreziku i plasaritjes bëhet shumë i vogël.

- Aspektet e qëndrueshmërisë nga ngrica të betoneve R.L nuk janë plotësisht të përcaktuara. Në betonet konvencionale aerantet e përmirësojnë rezistencën ndaj ngricës në varësi të dimensioneve të flluskave të ajrit që përmban betoni, të distancës ndërmjet flluskave dhe të përshkueshmërisë së brumit të ngurtësuar. Në shpejtësinë e shpërbërjes ndikojnë përmbajtja e lagështisë së brumit në momentin që arrihet temperatura e ngrirjes, numri i cikleve dhe shpejtësia e ngrirje-shkrirjes, prania e kripërave kundër ngrirjes në ambientin e ekspozimit dhe sasia e tyre në material.

- Në betonet R.L, mbase për shkak të prezencës së shtesave të tjera ose për motive të tjera akoma të pasqaruara, flluskat e ajrit të futura me aerantët arrijnë dimensione më të mëdha dhe kështu, për sasi të njëjta përmbajtjeje ajri, distanca reciproke është më e madhe se ajo e rekomanduar për rezistencën ndaj ngricës të betoneve të zakonshëm. Nga ana tjetër, nuk është përcaktuar akoma nëse betonet R.L kërkojnë për rezistencën ndaj cikleve të ngrirje-shkrirjes një sistem flluskash ajri me të njëjtat karakteristika me ato që kërkohen për betonet e zakonshëm.

- Duhet pasur parasysh që qëndrueshmëria ndaj ngricës është edhe funksion i shpërndarjes dimensionale të poreve në brumin e çimentos. Meqënëse temperatura e ngrirjes së ujit që ndodhet në pore ulet duke zvogëluar dimensionet e poreve, në dimensionet tipike të poreve të betoneve R.L. ekziston mundësia që temperaturat e ulta të ambientit nuk mjaftojnë për ngurtësimin e ujit në përbërjen e betonit. Gjithashtu, për shkak të zvogëlimit të përshkueshmërisë së betonit, ka shumë pak mundësi që përmbajtja e ujit në momentin e ngrirjes të arrijë shkallën e kërkuar të ngopjes, sepse rritja e volumit që shoqëron kalimin e gjendjes lëng – masë e ngurtë, i jep shkas fenomeneve të rrezikshme. Është reale të supozosh se strukurat me beton R.L. me raportin u/ç të barabartë ose më të vogël se 0.3 nuk e arrijnë kurrë ngopjen kritike, në qoftë se ato vendosen në mënyrë korrekte në punë.

- Në stadin aktual të eksperiencës, përdorimi i aerantëve është kërkesë për betonet me rezistencë jo më të madhe se 70 N/mm², megjithatë duhet pasur parasysh nga subjekti prodhues se për sa përmendëm më sipër, është e arsyeshme që ndërmjet provave të kryhet edhe rezistenca e cikleve të ngrirje-shkrirjes të materialit edhe kur klasa e rezistencës së betonit është më e madhe se kufiri i sipërpërmendur dhe, edhe kur temperaturat e ekspozimit të arritura në muajt e dimrit nuk janë më tepër se poshtë zeros.

- Aktualisht, frenuesi i korrozionit i favorshëm për përdorim, nisur nga rezultatet e mira laboratorike dhe ecurinë pozitive të vërtetuara në aplikimet e para praktike, është nitriti i kalciumit. Pikërisht kjo përzierje, është gjithashtu edhe një përshpejtues i ngurtësimit. Megjithatë nëse kushtet e vendosjes në punë nuk përputhen me punueshmërinë e kërkuar të brumit, solucioni i nitritit të kalciumit duhet të shtohet në fund të punimeve.

- Duhet mbajtur parasysh, gjithashtu se volumi i solucionit që përdoret, rreth 25 litra për m³ të brumit, është një masë e rëndësishme në sasinë e përgjithshme të ujit të nevojshëm për brumin dhe për këtë ka shumë mundësi, që pikërisht para se të shtohet ky ujë, punueshmëria gjatë përzierjes në betonierë të jetë shumë e vështirë. Problemi zgjidhet me përdorimin e ngadalësuesve ose me shtimin e një sasive të madhe të shtesave që ulin konsistencën (superfluidificantë): zgjatja e kohës së ngurtësimit balancon efektin përshpejtues të nitritit.

- Në teknologjinë e betoneve V.L. dhe R.L. praktika e ridozimit të shtesave që ulin

konsistencën në fund të punës, me qëllim kompensimin e humbjes së punueshmërisë, është mjaft e përdorshme.

- Kur shtesat përfshijnë edhe aerantë për qëndrueshmërinë ndaj ciklit të ngrirje-shkrirjes, rekomandohet të kontrollohet efekti i dozës së shtuar të superflidifikantëve për përmbajtjen e ajrit. Pikërisht ky efekt çfaqet në mënyra të ndryshme sipas llojit të brumit dhe natyrës së përbërësve.

7.1.4 Minerale shtesë

Mineralet shtese luajnë një rol të rëndësishëm në karakteristikat e betoneve.

- Minerale shtesë shpesh kritike për ndikimin në vetitë e betoneve V.L dhe R.L, duhet të përdoren për të përmirësuar karakteristikat e rezistencës mekanike apo për të përmirësuar qëndrueshmërinë. Pjesa më e madhe e të dhënave nga literatura ka të bëjë me përdorimin e hirave fluturues, të skorieve të granuluar të furnaltave dhe të shtesave kuarcore. Ky i fundit është një nënprodukt i prodhimit të silicit metalik të lidhjes ferro – silic të prodhuar nga silici amorf (85 – 98%), në pjesëza sferike me diametër sa gjysma e diametrit të kokrrizave të çimentos.

- Hirrat fluturuese dhe skorjet e granuluar e ngadalësojnë rritjen fillestare të rezistencës por ndikojnë në përfitim të rezistencës përfundimtare. Brenda disa kufijve ngadalësimi fillestar mund të kompensohet duke rritur shkallën e imtësisë dhe duke vepruar mbi kushtet e staxhionimit. Me skorjet e granuluar të furnaltës efekti negativ mbi rezistencën fillestare është i rëndësishëm kur përmbajtja e shtesave është e lartë dhe temperatura e staxhionimit është relativisht e pranueshme. Duke zëvendësuar një pjesë të çimentos me pluhur silici, arrihet një përmirësim i rezistencës gjatë staxhionimit me një rritje të kënaqshme të rezistencës përfundimtare, prandaj përdorimi i pluhurit të silicit eviton përdorimin e dozave shumë të larta të çimentos.

- Mënyra më e thjeshtë për të përfutur një beton me rezistencë mbi 80 N/mm² dhe punueshmëri të përshtatshme është shtesa e pluhurit të silicit. Veprimi pozitiv të pluhurit të silicit mbi rezistencën e ndihmojnë, përveç reagimit të spikatur të materialit përballë hidroksidit të kalciumit që është dukshëm superior në krahasim me shtesat e tjera të përmendura, edhe efekte të natyrës thellësisht fizike të rikorrigjuara në dimensionet submikronike të pjesëzave. Në fazën fillestare pjesëzat e pluhurit të silicit e përshpejtojnë procesin e hidratimit të çimentos sepse reagojnë si qendra për hidratet gjatë formimit: për pasojë rezistenca në një ditë është më e madhe se në rastin e mungesës së shtesave.

- Si kontribut mbi rezistencën përfundimtare është konsideruar i rëndësishëm efekti mbushës (efekti “filler”): pjesëzat e pluhurit të silicit, për shkak të dimensioneve të vogla, të mund të futen në boshllëqet ekzistuese ndërmjet pjesëzave të çimentos, kështu produkti i reaksionit silic amorf – hidroksid kalciumi i bën shumë kompakte nyjet lidhëse. Në këtë mënyrë zvogëlohet ndjeshëm depërtueshmëria dhe, në pjesët e kontaktit brumë – agregat, arrihet një përmirësim i ndjeshëm i forcës lidhëse, duke ndikuar në pakësimin e produkteve të padëshirueshme (hidroksid kalciumi dhe ettringite) në zonën e ndërmjetme.

- Hirrat fluturuese dhe skorjet e granuluar përmirësojnë qëndrueshmërinë ndaj veprimit të sulfatëve, luajnë rol në reduktimin e reaksionit alkal / agregat, zvogëlojnë nxehtësinë e çliruar në procesin e hidratimit dhe sjellin zvogëlimin e depërtueshmërisë.

- Në prani të hirrave fluturuese kërkesa për ujë rezulton më e vogël për një punueshmëri të dhënë. Në fund të aktivitetit pocolanik, përbërja e hirrave fluturuese duhet të jetë e natyrës siliko – aluminoze, me një përmbajtje të ulët të oksideve bazikë (CaO).

- Betonet me hirra fluturuese kanë qëndrueshmëri ndaj cikleve të ngrirje-shkrirjes nëse në brumin e freskët mund të realizohet dhe të mbahet një sistem flluskash me dimensionet dhe distancat e kërkuara. Ky objektiv mund të arrihet, me një sasi normale aerantësh, vetëm në rastet kur përmbajtja e karbonit të hirrave fluturuese është e barabartë ose më e vogël se vlera e dhënë nga standardi evropian EN 450.

- Hirrat fluturuese dhe skorjet e granuluar të furnaltave duhet të përdoren vetëm me çimenton portland dhe nuk duhet të shtohen asnjëherë në një çimento me shtesa të tjera. Mospërdorimi nuk ka të bëjë me pluhurin e silicit, që zakonisht është përdorur në kombinacionet me çimenton portland dhe me hirrat fluturuese.

- Pluhuri i silicit, i cili ka një sipërfaqe specifike rreth 50 herë më shumë se ajo e çimentos, zotëron një veprim të qartë pocolanik, prandaj e përmirëson mjaft qëndrueshmërinë e betonit në pjesën më të madhe të veprimeve kimike. Veçanërisht është efikas veprimi mbi

përshkueshmërinë, që rezulton mjaft i vogël në krahasim me atë të një betoni me të njëjtën rezistencë në shtypje që nuk përmban pluhur silici. Edhe duke supozuar se poroziteti total mbetet pothuajse i palëvizshëm, çimento me pluhur silici jep shkas, duke u hidratuar, për një brumë me pore më të shpërndara dhe kështu me dimensione më të vogla.

- Me një zvogëlim të dukshëm të poreve dhe një raport të ulët u/ç, betonet me pluhur silici do të mund të ishin rezistente ndaj ngricave pa përdorimin e aerantëve ose me një sistem flluskash me karakteristika të ndryshme nga ato të betoneve të zakonshëm.

- Duke pritur që studimet laboratorike dhe rezultatet e kërkimeve të japin përgjigje definitive është e rekomandueshme, siç është evidentuar deri tani, që provat për cilësinë e betonit të parashikojnë kontrollin e rezistencës ndaj ngrirjes.

- Përmbajtja e pluhurit të silicit përgjithësisht kufizohet në intervalin 5 – 10% (përqindja në peshë i referohet totalit çimento+shtesa). Kryerja e provave për të stabilizuar përbërjen optimale duhet si për koston për njësi të materialeve, disa herë më e madhe se ajo e çimentos, ashtu dhe për të arritur punueshmërinë e dëshiruar, e cila kërkon një zgjedhje të kujdesshme të përmbajtjes së substancave që rrisin rrjedhshmërinë, nëse është e nevojshme të kombinuara me shtesa të tjera. Rekomandohet që ulja e konit të betonit që përmban pluhur silici të jetë 20-25 mm më e madhe se ajo që do të kërkohej në rastin e një betoni me punueshmëri të njëjtë por pa shtesa minerale.

- Rreziku i plasaritjeve nga tkurrja në tharje është më i madh në prezencë të pluhurit të silicit, sepse prezenca e një materiali me një sipërfaqe të madhe specifike si pluhuri i silicit shkakton një zvogëlim të mëtejshëm të kapilaritetit mjaft më të ulët për betonet V.L, dhe R.L.

- Staxhionimi i betoneve me pluhur silici duhet të trajtohet me shumë kujdes; një tharje e parakohshme shkakton humbje më të madhe të rezistencës në krahasim me atë që mund të ndodhte në një beton me raport të barabartë u/ç pa përmbajtje të pluhurit të silicit.

- Të dhënat e literaturës sugjerojnë që, për betonet R.L me raport u/ç rreth 0,30 në përmbajtje të pluhurit të silicit, zgjatja e kohës së staxhionimit të lagësht, mbi 7 ditë, nuk ka efekte të dukshme përse i përket rezistencës, sepse brumi i ngurtësuar bëhet i pakalueshëm nga uji. I njëjti fenomen ndodh mjaft më vonë me betonet që përmbajnë shtesa më pak aktive se sa pluhuri i silicit.

7.1.5 Agregatet

Agregati ka një rol kyç në prodhimin e betonit R.L sepse kufizon rezistencën potenciale që përfitohet.

Nuk njihen as mekanizma nëpërmjet të cilëve të manifestohen veprime kufizuese as veti fizike dhe kimike të materialeve vërtet të pranueshme. Agregatet e zakonshme me karakteristika të mira lejojnë që të arrihet një rezistencë deri 120 – 140 N/mm², por vetëm me disa tipe agregatesh është e mundur të arrihet rezistenca prej 170 N/mm².

Opinion i pranuar është që faktor mbizotërues të jetë forca e lidhjeve që stabilizon kontaktin mes agregatit dhe brumit të çimentos dhe jo rezistenca mekanike e gurëve që me disa përjashtime, rezultojnë përgjithësisht të përshtatshëm. Forca lidhëse e pjesëve të kontaktit ka lidhje me mineralogjinë dhe strukturën sipërfaqësore të gurit dhe me përbërjen e brumit.

Një tregues rreth natyrës së pjesëve lidhëse mund të nxirret nga kurba sforcim – deformim e betonit, duke ndjekur një provë të ngarkim-shkarkimit brenda intervalit elastik. Shtimi (shtrirja) i cikleve të paqëndrueshëm varet nga karakteristikat mekanike të gurëve dhe nga lidhjet ndërmjet pjesëve: nëse rezistenca mekanike e gurëve është brenda kufijve normalë të pranimit, shtimi më i madh ose më i vogël (isteresi) është tregues i një force lidhëse më të dobët ose më të fortë.

Nga të dhënat e literaturës rezulton se për të mbajtur rezistencën optimale preferohet të përdoren agregate me dimension maksimal nominal mjaft të ulët, deri në 10 -12 mm, sepse ulët në këtë mënyrë tensioni mes pjesëve të kontaktit, meqënëse pjesa sipërfaqësore e agregatit është më e madhe për njësi vëllimi.

Duhet nënvizuar gjithashtu se në betonet R.L përqendrimit e tensioneve në sipërfaqet e kontaktit janë më të ulta sepse diferenca midis modulit të elasticitetit të agregatit dhe brumit është më e vogël. Megjithatë zvogëlimi i dimensionit nominal sjell një rritje të përmbajtjes optimale të çimentos dhe ka gjithashtu një efekt negativ mbi rezistencën në tërheqje nga shtypja. Megjithëse tendenca është ndaj zgjedhjes së dimensioneve maksimale nominale nën 20 mm, nuk

mungojnë këtu rastet kur janë përdorur me sukses agregate deri në 19 -25 mm. Ashtu si në betonet e zakonshëm agregati, përveçse influencon në rezistencën mekanike, është përcaktues edhe për modulën e elasticitetit, tërheqjen, viskozitetin dhe, në rastin e dyshemeve, edhe në rezistencën në rryerje.

Rëra influencon në nevojën e kërkesës për ujë, përmbajtjen e një agregati të madh dhe në punueshmërinë për finitura. Është e preferueshme që granulometria e saj të jetë e madhe me qëllim zvogëlimin e aftësisë ngjitesë të brumit, përgjithësisht i lartë për shkak të përmbajtjes së lartë të çimentos, për këtë arsye sasia e materialit të imët nën 0.25 mm duhet të mbahet e ulët.

Për rërën preferohen materiale të përbërë nga pjesëza të rrumbullakta dhe me sipërfaqe të lëmuara; pra materiale që kërkojnë më pak ujë, për agregatet e mëdhenj preferenca është për gurët me strukturë sipërfaqësore me rrudha, pra për materiale që sigurojnë një lidhje më të mirë në pjesët e kontaktit.

Një gur me kënde dhe thepa ka efekt negativ mbi punueshmërinë, sepse rrit kërkesën për ujin që nevojitet dhe kështu shkakton një rritje të raportit u/ç që nga ana e tij do të çonte në një zvogëlim të rezistencës së lidhjeve të kontaktit. Prandaj zgjedhja ndërmjet çakullit dhe zallit është një problem optimizmi.

Për të evituar ndarjen e agregatit të madh gjatë vendosjes në punë është e preferueshme të përdoret një granulometri e vazhduar. Kërkesat për pranimin e rërës dhe të agregatit të madh duhet të jenë konform standardeve S SH EN 206-1.

7.2 Punueshmëria e betoneve strukturore me rezistencë të lartë

Punueshmëria si element i rëndësishëm në prodhimin e betoneve ka karakteristikat si më poshtë:

- Përdorimi i betoneve strukturore me rezistencë të lartë shoqërohet zakonisht me një densitet të lartë të armaturës, për të siguruar një vendosje të përshtatshme në punë është e nevojshme që betoni të ketë punueshmëri të lartë. Është i zakonshëm përcaktimi i vlerës së uljes së konit më shumë se 200 mm.

- Punueshmëria e arritur nga sasi të larta të substancave shumë të rrjedhshme është nganjëherë më e ulët se ajo që rezulton nga përmbajtja e lartë e ujit, në të cilën brumi tenton të jetë më pak i punueshëm dhe kështu nevojitet në disa raste një përpunim më i zgjatur.

- Substancat me rrjedhshmëri të madhe influencojnë mbi punueshmërinë në funksion të kohës. Për të pasur punueshmërinë e dëshiruar në momentin e hedhjes, shpesh kërkohet një sasi shtesë në fund të procesit.

7.3 Vetitë mekanike të betoneve me veti të larta dhe rezistencë të lartë

7.3.1 Rezistenca në shtypje

Metodat e përcaktimit të vetive kryesore të betoneve i referohen një materiali me rezistencë cilindrike më të vogël se 45 N/mm².

- Për betonet V.L dhe R.L raportet mes rezistencave të arritura në 7 dhe 28 ditë variojnë nga 0.80 deri në 0.90, ndërsa për betonin e zakonshëm variojnë nga 0.70 deri në 0.75; raportet tipike ndërmjet rezistencave në 7 dhe 95 ditë për betonin R.L janë të barabartë me rreth 0.73, për betonin me rezistencë mesatare në 0.65.

- Duhet pranuar se shpejtësia më e madhe e rritjes së rezistencës për betonet V.L dhe R.L i detyrohet në radhë të parë temperaturës më të madhe të brendshme që kërkon nxehtësi më të madhe hidratimi, dhe në radhë të dytë distancës më të vogël ndërmjet pjesëzave të çimentos për një raport të ulët raportit u/ç.

- Arritja e rezistencës pas 28 ditësh, për betonet V.L dhe R.L është në përgjithësi më e vogël e krahasuar me ato që vihen re në betonet e zakonshëm, kryesisht për shkak të mungesës së një sasi të tepërt uji për të shoqëruar hidratimin.

- Për një beton që përmban pluhur silici, përse i përket rezistencës pas 28 ditësh është më e vogël e krahasuar me atë të betoneve që kanë të njëjtin raport u/ç, por që nuk përmbajnë pluhur silici.

Kurba sforcim – deformim

Diferencat thelbësore ndërmjet kurbave sforcim – deformim në shtypje të betoneve me $R_{ck} > 55 \text{ N/mm}^2$ (në veçanti për betonet me $R_{ck} > 75 \text{ N/mm}^2$) dhe të atyre të zakonshëm janë:

- një gjatësi më e madhe e vijës së drejtë (lineare) në kurbën ngjitëse;
- deformim pak më i madh në sforcimin maksimal;
- pjerrësi më e madhe e vizës zbritëse, tregues i një sjellje më të ndjeshme.

Përgjigjja më e qartë deri në tensionin maksimal është konsekuencë e përmirësimit të kontaktit brum-agregat; një linearitet më i madh i vizës së fillimit është tregues i faktit se në nivele të ulta të ngarkesës mikroplasaritjet janë më të vogla në pjesët e kontaktit.

Duke qënë se në betonet V.L dhe R.L diferenca e ashpërsisë ndërmjet brumit të çimentos dhe agregatit është më e vogël, si rrjedhojë shpërndarja e brendshme e tensioneve, rezulton më homogjene, pra me koncentrim të tensionit më të vogël dhe me mikroplasaritje më pak.

Në rastin e kurbës tension – deformim duhet nënvizuar se në degën zbritëse, deformimi i matur është një deformim i “mesëm”, këtu jep një kontribut maksimal çarja progresive dhe lokalizimi i procesit plasaritës, në atë masë sa në degën zbritëse është më korrekte të flitet për kurbën sforcim – hapje e plasaritjes.

Betonet V.L dhe R.L janë më pak të fortë (kanë fortësi më të vogël), pra e humbin më shpejt rezistencën ndaj rritjes së deformimit në degën zbritëse dhe strukturat e tyre, pa armaturë, janë më pak të përkulshme, ose më pak të deformueshme.

Energjia e thyerjes është një parametër i materialit i lidhur ngushtë me rezistencën në tërheqje dhe me dimensionin maksimal të agregatit, i vlefshëm në modelimin e sjelljes në tërheqje të betonit (faza e plasaritjes).

Prezenca e pluhurit të silicit redukton në mënyrë drastike energjinë e plasaritjes, që kalon nga 100 – 200 J /m² në 50 – 100 J/m².

Rezistenca në tërheqje

Rezistenca në tërheqje direkte, tenton të reduktohet në vlerat e 5% të rezistencës në ngjeshje mbi cilindrin f_c .

Për vlerësimin e rezistencës në tërheqje direkte në funksion të rezistencës në ngjeshje vlen akoma relacioni i propozuar dhe i pranuar për betonet e zakonshme:

$$f_{ct} = 0,3f_{ck}^{2/3} = 0,27R_{ck}^{2/3} \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

ku f_{ct} merret si rezistencë mesatare,

rezistenca karakteristike vlerësohet me $0,9 f_{ct}$.

Për vlerësimin e rezistencës në tërheqje indirekte për humbje të plasaritjes, (prova braziliene) standardet DIN 1045(1992) japin relacionet e mëposhtme, të vlefshme për të gjithë betonet me f_{ck} nga 35 deri në 115 N/mm²:

$$f_{ct,sp} = 0,59 \sqrt{f_c} \text{ (N/mm}^2\text{)} .$$

ku f_c përcaktohet mbi cilindrat me $d = 150 \text{ mm}$ dhe $h = 300 \text{ mm}$. Megjithatë një vlerësim analog merret me relacionin e dhënë në Model Code 90:

$$f_{ct,sp} = 1,11f_{ct} = 0,33f_c^{2/3} \text{ (N/mm}^2\text{)} .$$

Rezistenca në tërheqje indirekte nga përkulja, (prova në tre pika) është rreth 1.4 – 1.6 herë e rezistencës në tërheqje direkte; veçanërisht sipas Model Code 90:

$$f_{ct,fl} = 1,50f_{ct} = 0,40 f_c^{2/3} \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

Vihet në dukje se, duke qënë efekti i dimensioneve të provave shumë i fortë në provën indirekte në këputje, mostrat kampione duhet të përgatiten rigorozisht sipas standardit S SH UNI 6130.

Moduli i elasticitetit

Moduli i elasticitetit duhet të shihet i lidhur ngushtë me vetitë e brumit të çimentos dhe ato të agregatit; përveç kësaj, meqënëse përzierjet e betoneve me $R_{ck} > 55 \text{ N/mm}^2$ që përmbajnë shtesa kimikate dhe shpesh shtesa pocolanike, përveç se karakterizohen nga një raport i ulët u/ç dhe përmbajtjes së llojeve të veçanta të agregateve, efektet mbi modulin e elasticitetit mund të jenë të kënaqshme.

Megjithatë, për agregatet e zakonshme vazhdon të jetë i vlefshëm si vlera e modudit të elasticitetit ($\sigma_c \leq 0,5f_c$) e njëjta shprehje tashmë e adopuar më gjerësisht për betonet e zakonshëm (Model Code 90, EC2).

$$E_c = 9500f_c^{2/3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

të cilës i korrespondon vlera tangente me origjinën;

$$E_{c0} = 1,2E_c \approx 11000f_c^{1/3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

me f_c nënkuptohet rezistenca mesatare në shtypje.

Koeficienti i Poisson i betoneve V.L dhe R.L në fushën elastike mund të variojë nga 0,18 deri në 0,24 në funksion të nivelit të rezistencës.

Mbi bazë të këtyre vlerave moduli Poisson është i krahasueshëm me vlerat që merren për betonet e zakonshëm.

Tkurrja

Tkurrja, për betonet me rezistencë në shtypje deri në 80 – 85 N/mm², shpejtësia fillestare e tkurrjes është më e madhe, ndërsa mbas tre muajve të parë, tkurrja për betonet me rezistencë të ulët dhe të lartë është përafërsisht e njëjtë.

Në fakt për shkak të rritjes relative të përmbajtjes së çimentos dhe sasisë relative të ulët të ujit, në betonet me rezistencë të lartë ka tendencë të ketë epërsi “tkurrja e brendshme” (vetëtharja e detyruar prej bashkimit të ujit në hidrate) në krahasim me tkurrjen prej “tharjes” (shkëmbimi i ujit me ambientin e ekspozuar), fenomeni i parë është më i shpejtë se i dyti, i cili duke qenë i natyrës difuzive, është më i ngadaltë. Megjithatë prezenca e pluhurit të silicit tenton të shpejtojë edhe tkurrjen nga tharja.

Epërsia e procesit të vetëtharjes shpjegon edhe faktin se përse tkurrja tenton të jetë përafërsisht proporcionale me volumin në përqindje të ujit, në krahasim me raportin u/ç, edhe pse është më i pranueshëm zvogëlimi i raportit u/ç nëpërmjet përdorimit të “superfluidifikantëve” në krahasim me rritjen e përmbajtjes së çimentos.

Rrëshqitja viskoze

Rrëshqitja viskoze, merret si deformim që ndryshon në kohë nën ngarkesa konstante, rezulton më e vogël në betonet e zakonshëm. Në veçanti në mostrat e pangurtësuar koeficienti i viskozitetit (raporti ndërmjet deformimit viskoz dhe deformimit elastik fillestar) rezulton rreth 25 – 50% më i ulët.

Gjithashtu koeficienti i viskozitetit duhet të mbahet konstant (viskoelasticiteti linear) deri në përqindjen më të lartë të rezistencës në shtypje ($\sigma \leq 0,7f_c$ për betonet R.L. ; $\sigma \leq 0,5f_c$ për betonet e zakonshëm).

Deformacionet e vogla viskoze të vërejtura mund të shpjegohen me:

- ngurtësimin e përshpejtuar prej pluhurit të silicit, që e redukton viskozitetin “vetjak” ose “atë bazë” (pra në mungesë të shkëmbimit të lagështisë me ambientin e ekspozimit) edhe pse vendosja nën ngarkesë është e parakohshme;

- mungesën e viskozitetit “nga tharja”.

Për viskozitetin (rrëshqitës) nga tërheqje ekziston kufi i përcaktuar; provat me 35% të rezistencës tregojnë që deformimi viskoz rritet me zmadhimin e raportit U/Ç dhe zvogëlimin e raportit Inert/çimento.

Përfundime:

Rregullat e mësipërme përdoren për realizimin e strukturave të betonuara në vend ose parafabrikate, të prodhuara në impiante të përqendruara ose linjat e prodhimit të parafabrikateve. Materiali përshkruan konditat operative për ruajtjen e karakteristikave të veçanta të betonit në mbështetje të akteve ligjore e teknik në fuqi.