



TK05 DIGITĀLIE RISINĀJUMI BETONAM

Tehniskā specifikācija

1. daļa. Betona stiprības
noteikšana ar betona
brieduma metodi (BBM)



Latvijas
Betona
Savienība

BETONA STIPRĪBAS NOTEIKŠANA AR BETONA BRIEDUMA METODI (BBM)

Šo dokumentu ir izstrādājusi Latvijas Betona savienības (LBS) tehniskā komiteja Nr. 5 “TK05 Digitālie risinājumi betonam”. Latvijas Betona savienība ir nevalstiska organizācija, kas apvieno betona nozares uzņēmumus un akadēmiskos pārstāvjus ar mērķi veicināt betona un dzelzsbetona zinātnes attīstību, kā arī tehniskos un tehnoloģiskos risinājumus nozarē. Tehniskā komiteja Nr. 5 ir izveidota, lai risinātu konkrētas ar betona digitalizāciju saistītas tēmas, tostarp Betona Brieduma Metodes izstrādi un citu digitālu instrumentu un ierīču pielietošanas metodikas izstrādi Latvijā ražotam betonam un betona nozarei. Komitejā darbojas dažādi betona nozares eksperti, un šī dokumenta izstrādē piedalījušies šādi komitejas locekļi:

Autori:

- **Nikita Gorbatko**, Mag.Eng., SIA “Adventum Tech”
- **Jānis Zāle**, Latvijas Betona savienība / SIA “Schwenk Latvija”
- **Jānis Kudiņš**, SIA “Betona pētījumu centrs”
- **Eva Dzene**, A/S “Sakret Holdings”
- **Sandra Guzlēna**, Phd. SIA “Dzelzbetons MB”
- **Ulvis Skadiņš**, Profesors, Dr.sc.ing., Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte



1. PIELIETOJUMA JOMA

Šī prakse nosaka vispārīgos principus un procedūru netiešai betona spiedes stiprības novērtēšanai būvlaukumā, izmantojot betona brieduma (no angļu valodas: *maturity*) metodi. Metode pamatojas uz pieņēmumu, ka betona mehānisko īpašību attīstība ir tieši saistīta ar cementa hidratācijas procesu, kura norise ir atkarīga no betona temperatūras un laika.

Brieduma metode ļauj netieši novērtēt konstrukcijā esošā betona stiprību, pamatojoties uz informāciju (datiem) par vidējo betona temperatūru noteiktā cietēšanas laikā.

Šīs prakses mērķis ir nodrošināt vienotu un praktiski piemērojamu pieeju netiešai betona stiprības novērtēšanai būvniecības laikā, lai veiktu drošu un efektīvu būvdarbu plānošanu un izpildi. Tā var paaugstināt tādu būvdarbu efektivitāti, kuru veikšanā nepieciešamas zināt:

- veidņu un pagaidu balstu izmantošanas ilgumu;
- trošu spriegošanas darbu uzsākšanas brīdi;
- betona kopšanas ilgumu karstos vasaras apstākļos;
- betona kopšanas ilgumu ziemas temperatūras apstākļos;
- konstrukcijas gatavību satiksmes atvēršanai uz ceļiem vai tiltiem;
- pieļaujamo brīdi konstrukcijas ekspluatācijas vai citu būvdarbu posmu uzsākšanai.

Šī prakse pamatojas uz standartā ASTM C1074 aprakstīto metodi betona stiprības novērtēšanai, izmantojot brieduma metodi.

Šī metode neaizstāj standarta laboratoriskās betona stiprības pārbaudes, bet papildina esošās kvalitātes kontroles procedūras, nodrošinot nepārtrauktu informāciju par betona stiprības attīstību konstrukcijā un var kalpot par pamatu svaigbetona konstrukciju stiprības noteikšanai.

2. NORMATĪVĀS ATSAUCES

Šī prakse pamatojas uz šādiem standartiem:

- **LVS EN 13670** – Betona konstrukciju izgatavošana
- **LVS EN 206** – Betons. Tehniskie noteikumi, darbu izpildījums, ražošana un atbilstība
- **LVS 156-1** – Betons. Latvijas nacionālais pielikums standartam EN 206 “Betons. Tehniskie noteikumi, darbu izpildījums, ražošana un atbilstība”
- **LVS EN 12390-2** – Sacietējuša betona testēšana. 2. daļa: Stiprības testu paraugu sagatavošana un sacietināšana
- **LVS EN 12390-3** – Sacietējuša betona testēšana. 3. daļa: Testa paraugu spiedes stiprība
- **ASTM C1074** – Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method

Citi piemērojamie standarti, kas saistīti ar betona paraugu izgatavošanu, kopšanu un mehānisko īpašību noteikšanu.

Ja atsauces dokumenti tiek atjaunināti vai aizstāti ar jaunākām versijām, piemērojamas to aktuālās redakcijas.



3. TERMINOLOĢIJA

Šajā praksē lietotie termini tiek interpretēti saskaņā ar attiecīgajiem betona un būvniecības terminoloģijas standartiem. Papildus tiek lietoti šādi specifiski termini.

Betona brieduma metode – Betona stiprības novērtēšanas metode, kas pamatojas uz pieņēmumu, ka viena betona sastāva paraugi, kuri sasniedz vienādu brieduma indeksu, sasniedz līdzīgu stiprību.

Brieduma indekss – Skaitliska vērtība, kas raksturo betona temperatūras un laika kumulatīvo ietekmi uz cementa hidratācijas procesu.

Stiprības–brieduma attiecība – Empīriskā sakarība starp betona stiprību un brieduma indeksu, kas noteikta laboratorijā, izmantojot konkrēta betona sastāva paraugus.

4. METODES PAMATPRINCIPS

Betona stiprības attīstība ir saistīta ar cementa hidratācijas reakcijām, kuru intensitāti nosaka temperatūra un laiks. Augstāka temperatūra paātrina hidratācijas procesu, savukārt zemāka temperatūra to palēnina.

Brieduma metode pamatojas pieņēmumā, ka viena betona sastāva paraugi, kuri sasniedz vienādu brieduma indeksu, sasniedz līdzīgu stiprību neatkarīgi no konkrētā temperatūras un laika režīma, kādā šis betona briedums ir sasniegts.

Brieduma indekss tiek aprēķināts, izmantojot betona temperatūras vēsturi un vienu no divām matemātiskām funkcijām:

- temperatūras–laika faktora funkciju (Nurse–Saul metode);
- ekvivalentā vecuma funkciju (Arrhenius pieeja).

Praktiskajā būvniecībā visbiežāk tiek izmantota temperatūras–laika faktora funkcija tās vienkāršības un pietiekamas precizitātes dēļ.



5. STIPRĪBAS-BRIEDUMA INDEKSA NOTEIKŠANA

Pirms betona brieduma metodes izmantošanas būvlaukumā ir jānosaka stiprības-brieduma indekss konkrētam betona sastāvam, jeb jāveic betona sastāva kalibrācija.

Šo attiecību nosaka laboratorijā, izgatavojot betona paraugus no materiāliem un proporcijām, kas atbilst projektā paredzētajam betonam. Paraugos tiek ievietoti temperatūras sensori, lai reģistrētu betona temperatūras attīstību sacietēšanas laikā.

Paraugu spiedes stiprība tiek noteikta dažādos vecumos, vienlaikus aprēķinot attiecīgo stiprības-brieduma indeksu. Iegūtie dati tiek izmantoti, lai izveidotu stiprības-brieduma attiecības līkni, kas kalpo par pamatu betona stiprības novērtēšanai konstrukcijā.

Ja tiek mainīts betona sastāvs, piemēram, cementa tips, piedevas vai ūdens-cementa attiecība, stiprības-brieduma indekss ir jānosaka no jauna.

6. TEMPERATŪRAS MĒRĪŠANA KONSTRUKCIJĀ

Lai novērtētu konstrukcijā esošā betona stiprību, ir nepieciešams reģistrēt betona temperatūras vēsturi no tā ierīkošanas brīža katras 15 minūtes.

Temperatūras sensori vai betona brieduma monitoringa ierīces tiek uzstādīti konstrukcijā pirms betonēšanas vai tūlīt pēc betona iestrādāšanas.

Sensoru izvietojums jāizvēlas tā, lai tie būtu pilnībā iestrādāti betonā. Pareiza sensora novietošana ir būtiska precīzai betona brieduma un faktisko temperatūru noteikšanai, tāpēc izvietošanas principi mainās atkarībā no konstrukcijas veida.

Sensoru izvietojums jānosaka tā, lai tie atspoguļotu kritiskās konstrukcijas zonas, kurās temperatūras režīms un stiprības attīstība ir būtiski konstrukcijas drošībai.

Temperatūras dati tiek reģistrēti regulāros intervālos, kas nodrošina pietiekamu precizitāti betona agrīnā vecuma temperatūras izmaiņu noteikšanai.

7. KONSTRUKCIJĀ ESOŠĀ BETONA STIPRĪBAS NOVĒRTĒŠANA

Pamatojoties uz konstrukcijā izmērīto temperatūras vēsturi, tiek aprēķināts betona brieduma indekss, izmantojot tos pašus parametrus, kas tika izmantoti laboratorijas kalibrācijas procesā.

Izmantojot aprēķināto stiprības–brieduma indeksu un laboratorijā noteikto stiprības–brieduma attiecību, tiek noteikta konstrukcijas betona prognozētā spiedes stiprība.

Ja konstrukcijā ir uzstādīti vairāki sensori, novērtējums jāveic, ņemot vērā kritiskāko konstrukcijas punktu.



8. VERIFIKĀCIJA UN KVALITĀTES KONTROLE

Pirms kritisku būvdarbu veikšanas, kuru drošība ir tieši atkarīga no betona stiprības, var būt nepieciešams veikt papildu verifikācijas pārbaudes.

Pārbaudēm jābūt tādām, kas ļauj pārliecināties par konstrukciju betona faktisko stiprību. Šādas pārbaudes var ietvert negraujošās stiprības noteikšanas metodes vai no konstrukcijas pāņemto paraugu (cilindru) stiprības pārbaude ar graujošo metodi.

Ja verifikācijas rezultāti būtiski atšķiras no prognozētajām vērtībām, stiprības–brieduma attiecība ir jāpārskata un, ja nepieciešams, jānosaka no jauna.

9. METODES IEROBEŽOJUMI

Betona brieduma metode ir piemērojama tikai tad, ja betonam tiek nodrošināti apstākļi, kas ļauj turpināt cementa hidratācijas procesu.

Ja betons priekšlaicīgi izžūst vai tiek pakļauts ekstremāliem vides apstākļiem, stiprības novērtējums var kļūt neprecīzs.

Augsta betona temperatūra agrīnā sacietēšanas stadijā var paātrināt stiprības attīstību, bet vienlaikus samazināt betona ilgtermiņa stiprības potenciālu.

Prognozētās stiprības precizitāti ietekmē arī betona sastāva izmaiņas un neatbilstības starp laboratorijā kalibrēto maisījumu un būvlaukumā izmantoto betonu.

10. ATBILDĪBA PAR METODES PIEMĒROŠANU

Par betona brieduma noteikšanas metodes pareizu piemērošanu būvniecības procesā ir atbildīgas visas iesaistītās puses.

Betona piegādātājs ir atbildīgs par betona sastāva stabilitāti, betona brieduma indeksa un laboratorijas kalibrācijas datu nodrošināšanu.

Būvdarbu veicējs ir atbildīgs par sensoru pareizu uzstādīšanu, aizsardzību un datu reģistrēšanu būvlaukumā.

Būvuzraugs vai projekta galvenais inženieris ir atbildīgs par datu interpretāciju un lēmumu pieņemšanu attiecībā uz turpmākajiem būvdarbiem.





Latvijas
Betona
Savienība