Paskaidrojošais pamatatskaites papildu materiāls pielikumu formātā (identifikācijas, mērdati, izpētes rezultātu apkopojums, skaidrojumi, t.sk. analīze)

Pamatatskaite. TEHNISKĀS APSEKOŠANAS REZULTĀTI (būvtehniskajā inspicēšanā iegūtās informācijas koncentrēts apkopojums). Būves konstruktīvās daļas tehniskā stāvokļa novērtējums, veicot betona struktūru resursu izpēti. Objekts: — būves ar kadastra Nr. 1300 018 0907 053 austrumu pusē esošais lieko dūņu uzkrāšanas tvertnes bloks (adrese: Mežmalas iela 41, Jūrmala, LV2011).

Paketes saturs (dokuments kvalificēts kā neatņemams pamatatskaites papildinājums)

Preambula. Ar betona konstrukcijām saistāmā bāzes informācija izpildu dokumentācijā.
P1. Mērījumu vietu un betona paraugu izurbumu vietu lokācijas plānā (shēmas).
P2. Izpētes procesa fotoilustratīvā vizualizācija (ar papildu ieteikumiem).
P3. Objektā veikto sklerometrisko mērījumu dati, ultraskaņas ātrums konstrukciju betonā (t.sk. statistiskās apstrādes rezultāti).
P4. Korozijbīstamības novērtēšana:
— mērvietu lokācijas (cilindrisko betona paraugu izurbumos),
— korozijbīstamības līmeņa mērījumu rezultāti.
P5. Izurbto paraugu stiprība spiedē (testēšanas pārskats).
P6. Mērījumu rezultātu analīze.

Preambula. Papildinformācija atskaites pamatdaļā iekļautajām ziņām.
Ar betona konstrukcijām saistāmā bāzes informācija t.sk. no dokumentāliem avotiem.

[X] Izpildu dokumentācija. (Arhivēta objektā.)
Dūņu rezervuārs AB 4-7. Sējums Nr. 19, projekts Nr. 2001/LV/16/P/PE/008.
Līgums Nr. 2 (12.04.2005.). Jauno notekūdeņu attīrīšanas iekārtu celtniecība Slokā, Jūrmalā. Pasūtītājs: SIA "Jūrmalas ūdens". Būvuzņēmējs: "YIT Construction Ltd." filiāle Latvijā / SIA "YIT Celtniecība". Būvprojekta autori: "YIT Construction Ltd." filiāle Latvijā, SIA "A-Projekts", SIA "Inženiertehniskie projekti".

Lieko dūņu uzkrāšanas tvertnes būvdarbi sākušies 2006. gada aprīlī (attiecīgi sekojot pāļu un pamatnes plātnes izbūvei).

Saskaņā ar ierakstiem segto darbu pieņemšanas aktos (sk. [X]), sienu stiegrošana sākta 29.08.2006. Betona bāzes datus sk. atskaites pamatdaļā 3. lp. (piegāde — SIA "HC Betons"). Betonam dominējoši izmantots gan normālas agrīnās stiprības cements CEM I 42,5 N, gan arī portlandkompozītcementi ar trasa piedevu un augstu agrīno stiprību CEM II/A-T 42,5 R (satur 6 .. 20 % trasa; 19,7 m³ betona) un CEM II/B-T 42,5 R (satur 21 .. 35 % trasa; 12,0 m³ betona); Ū/C — 0,49 … 0,53; maksimālais frakciju izmērs — 16 mm (ir arī norāde par granīta šķembu izmantošanu); konsistence — S3; gaisa saturs — 4,0 % (sk. [X] 117. … 118. lp., tas uzskatāms par pieņemamu līmeni).

Atkāpe. Nav norāžu par sulfātizturīgu cementu izmantošanu. Portlandkompozītcementu tipi gan satur pucolāna piedevu — tā var uzlabot sulfātizturību —, taču normālas agrīnās stiprības cementa lietošana nav salīdzināma ar sulfātizturīga cementa izmantošanu. Virknē deklarāciju ([X] 113. … 116. lp.) betona sastāvos esošais gaisa daudzums nav norādīts.

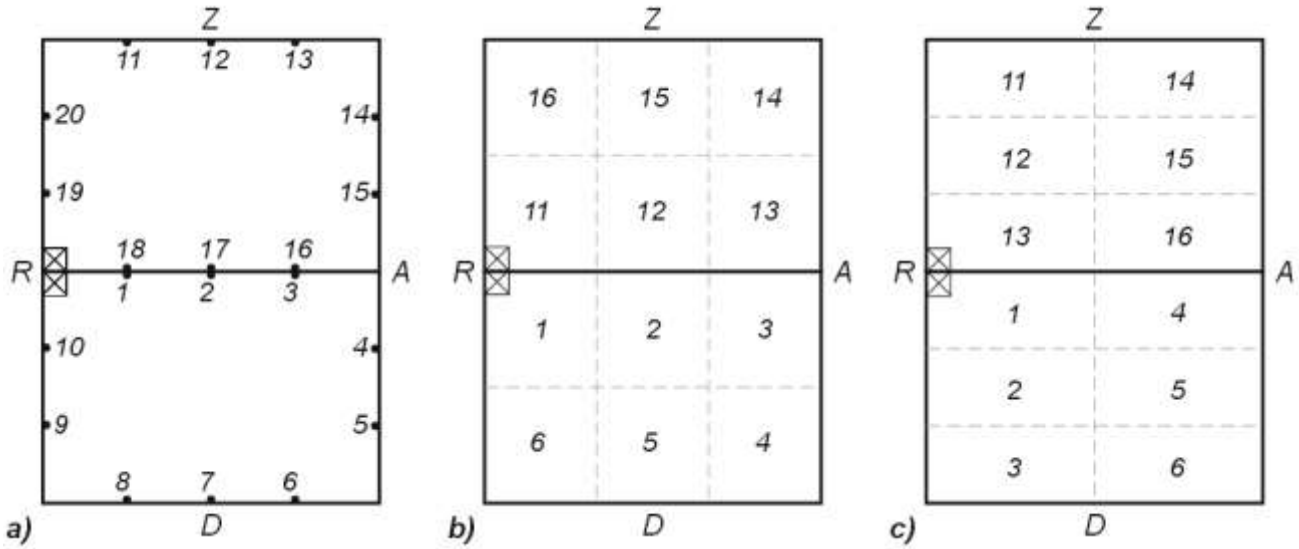
Sienu betonēšana pabeigta 20.10.2006.

Tvertnes pārseguma segto darbu (stiegrošanas un betonēšanas) pieņemšanas akti datēti attiecīgi ar 2006. gada 18. un 19. oktobri — šai konstrukcijai izmantots tāds pats stiegrojums kā sienām (sk. atskaites pamatdaļu, 3. lp.), bet betonam (atšķirībā no sienām) ir minētas norādes tikai par stiprības klasi (B30) un ūdensnecaurlaidību (W8).

Tvertnes pamatkonstrukciju izbūves darbi pilnībā pabeigti 29.01.2007.

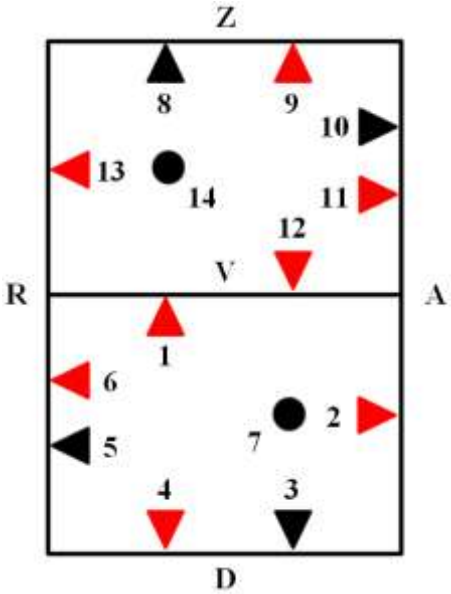
Shematiskie plāni, ar lokalizācijām

Konstrukciju betona sklerometrisko mērījumu un zondāžas ar ultraskaņu izpildes vietas



Mērvietu izvietojums objekta iekšpusē, to identifikācija:
— sienām (*a*), pārsegumam (*b*), grīdai (*c*).

Piesaiste atbilstīgi debespusēm: — *Z*, *A*, *D*, *R*.



Cilindrisko betona paraugu
izurbumu vietu lokācijas plānā:

V — vidus starpsiena

● — grīdā (2 gab.);
▲ — sienas apakšējā jeb dūņu zonā (8 gab.);
▲ — sienas augšdaļā jeb virsdūņu līmenī (4 gab.).

Fotoilustratīvā vizualizācija, ar atsevišķiem papildu ieteikumiem



◄ F01. att.
Skats uz objektu no DA puses



▲ F02. att.
Plaisas un izsāļojumi A puses fasādē



▲ F03. att.
Viena no bojājumu joslām
D puses fasādē



▲ F04. att.
Tilpnes iekšskata fragments
(griesti, sienas)



▲ F05. att.
D puses bloks, plaisa DA stūrī pārsegumā



F06. att. ►
DA stūrī esošās plaisas zona tuvplānā,
lokāli atdalīts aizsargpārklājums



◄ F07. att.
Griesti (pārsegums): —
aizsargpārklājumā mikroplaisas ar izsāļojumiem

Papildu norāde, saistībā ar aizsargpārklājuma
lokālu plaisāšanu / atdalīšanos
(sk. F06. … F07. att.).
Atjaunošanas darbu ietvaros izklaudzināt
plaisājumu zonas,
vietās, kur šī kārta atdalās, pārklājumu atjaunot



◄ F08. att.
Ventilācijas izvada vieta pārsegumā
(remontējams izdrupums)



F09. att. ►
Tipiska plaisa aizsargpārklājumā telpas stūrī sienu salaidumā
(izfrēzējama, aizpildāma kā šuve)



◄ F10. att.
Sienas virsmas papildu tīrīšana
ar špakteļlāpstiņu
pirms mērījumu izpildes



F11. att. ►
Virsmas spiedes stiprības pārbaude
ar etalonāmuru sklerometru "ИПС-МГ4.03"



▲ F12. att.
Sklerometra "ИПС-МГ4.03" pults pārbaudes laikā



▲ F13. att.
Grīdas zondāža ar ultraskaņu, izmantojot testeri "УК1401"



▲ F14. att.
Virsmas mitruma mērīšana ar mērierīci "Tramex Concrete Moisture Encounter"



▲ F15. att.
Cilindrveida parauga izurbšana no sienas



▲ F16. att.
Izurbuma vieta grīdā



F17. att. ►
No konstrukcijām izurbtie 14 betona cilindri



◄ F18. att.
Attāluma līdz stiegrai mērīšana izurbuma vietā



F19. att. ►
Korozijas intensitātes pārbaude
ar mērierīci "CANIN"



◄ F20. att.
Atgriezenisko aktīvo dūņu sadales kamera,
kas piekļaujas objekta R puses sienai



▲ F21. att.
Pārseguma perimetrālās kontūras šķautnes profils
korodē



◄ F22. att.
Margas rūsē



F23. att. ►
Pārseguma virspuse ar hidroizolējošo nosegumu:
— nokrišņu laikā veidojas peļķes

P3.1. tabula

Sklerometrijas rādītāji objekta sienu betonam (mērījumi objekta iekšpusē), novērtējot betona spiedes stiprību

Mēr-vieta	Virsmas spiedes stiprība R_{sp} (MPa)						Vidējais rādītājs R_{vid}	Vidējā kvadrātiskā novirze S	Variācijas koeficients ν (%)	Koriģētā stiprība*	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.				R_{sp}^{kor}	R_{vid}^{kor}
1V-⮟	18,6	21,7	24,7	17,1	22,2	24,6	21,5	3,10	14,4	30,1	32,4
2V-⮟	18,2	25,4	25,6	25,3	25,9	24,8	24,2	2,96	12,2	33,9	
3V-⮟	27,6	21,2	26,2	18,6	26,1	22,7	23,7	3,48	14,7	33,2	
4A-⮟	21,7	27,1	25,9	34,6	31,0	29,4	28,3	4,45	15,7	39,6	36,3
5A-⮟	20,8	32,8	28,7	20,9	19,9	18,3	23,6	5,79	24,6	33,0	
6D-⮟	36,6	30,8	28,4	27,1	21,9	34,9	30,0	5,38	18,0	41,9	39,1
7D-⮟	22,5	32,3	19,0	29,5	21,3	33,4	26,3	6,15	23,4	36,9	
8D-⮟	21,7	29,3	24,1	29,6	33,1	26,6	27,4	4,12	15,0	38,4	
9R-⮟	16,8	17,5	28,9	25,0	17,2	18,6	20,7	5,06	24,5	28,9	28,4
10R-⮟	19,5	25,9	19,9	18,6	17,6	18,1	19,9	3,05	15,3	27,9	
1V-⮝	42,1	37,9	36,8	39,9	41,0	47,0	40,8	3,62	8,9	48,9	59,3
2V-⮝	44,8	53,8	52,3	50,9	41,5	53,9	49,5	5,17	10,4	59,4	
3V-⮝	57,7	66,1	58,0	61,9	44,5	59,1	57,9	7,27	12,6	69,5	
4A-⮝	44,8	36,9	45,2	49,4	38,2	45,1	43,3	4,76	11,0	51,9	55,2
5A-⮝	44,7	51,9	60,1	45,4	46,6	43,5	48,7	6,30	12,9	58,4	
6D-⮝	38,3	37,9	26,0	40,3	30,6	36,1	34,9	5,46	15,6	41,8	48,8
7D-⮝	23,8	36,5	31,6	37,8	36,0	31,7	32,9	5,15	15,6	39,5	
8D-⮝	49,7	55,7	58,5	49,7	58,3	53,8	54,3	3,95	7,3	65,1	
9R-⮝	51,3	55,2	34,4	42,4	35,7	47,4	44,4	8,40	18,9	53,3	54,8
10R-⮝	55,7	46,2	46,6	41,2	44,2	47,8	47,0	4,87	10,4	56,3	
11Z-⮟	36,0	45,6	32,8	41,7	43,1	30,2	38,2	6,15	16,1	53,5	46,9
12Z-⮟	38,2	32,1	30,9	27,0	32,7	33,7	32,4	3,66	11,3	45,4	
13Z-⮟	34,2	32,0	27,9	21,3	30,7	32,7	29,8	4,68	15,7	41,7	
14A-⮟	38,5	33,6	24,7	37,2	34,6	37,5	34,4	5,08	14,8	48,1	43,8
15A-⮟	29,9	32,1	29,6	29,3	26,7	21,6	28,2	3,66	13,0	39,5	
16V-⮟	38,6	38,0	39,3	42,4	28,7	35,2	37,0	4,69	12,7	51,8	47,3
17V-⮟	28,0	33,0	35,5	35,7	37,6	36,9	34,5	3,53	10,2	48,2	
18V-⮟	29,1	39,1	25,7	24,4	26,9	33,5	29,8	5,57	18,7	41,7	
19R-⮟	25,7	24,4	25,1	31,1	25,5	22,1	25,7	2,97	11,6	35,9	38,5
20R-⮟	32,0	23,4	37,4	37,3	21,5	24,5	29,4	7,15	24,4	41,1	
11Z-⮝	33,5	29,4	25,3	24,2	29,8	27,9	28,4	3,36	11,9	34,0	44,5
12Z-⮝	31,7	42,6	38,4	36,7	40,3	30,0	36,6	4,91	13,4	43,9	
13Z-⮝	43,8	46,8	49,3	42,3	46,0	49,0	46,2	2,79	6,0	55,4	
14A-⮝	37,6	49,8	33,5	29,9	31,2	41,4	37,2	7,48	20,1	44,7	42,7
15A-⮝	28,9	32,8	34,9	39,8	29,3	37,4	33,9	4,37	12,9	40,6	
16V-⮝	40,4	39,6	45,2	48,5	48,9	50,0	45,4	4,51	9,9	54,5	55,3
17V-⮝	39,6	39,0	42,6	42,4	44,2	42,6	41,7	2,00	4,8	50,1	
18V-⮝	49,9	56,7	57,8	46,0	45,0	50,6	51,0	5,31	10,4	61,2	
19R-⮝	48,9	53,8	43,3	47,6	44,4	47,7	47,6	3,71	7,8	57,1	63,1
20R-⮝	56,9	56,1	58,4	63,9	51,2	58,3	57,5	4,11	7,1	69,0	

● Mērvietu lokalizācijas. 1 … 20 — mērvieta (vertikālais šķēlums), sk. shēmu P1.1. lp.
Papildinformācija. Siena: V — vidus starpsiena; A, D, R, Z — mērvieta attiecīgajā sienā atbilstīgi debespusei.
Līmenis: ⮟ ~ 1,1 m augstumā virs grīdas; ⮝ ~ 1,0 m zem pārseguma.

● Mērījumi objektā veikti sienu virsmām, kuras sedz aizsargpārklājums.

* — Spiedes koriģētā stiprība iegūta, ievērojot no sienām izurbtajiem betona paraugiem konstatēto rezultātu atšķirību: — proti, no vienas puses, ir rezultāti, kas iegūti, mērījumus izpildot ar aizsargpārklājumu segtajai virsmai, un, no otras puses, ir rezultāti, kas iegūti, mērījumus veicot tieši betonam. Sk. 5. pielikumā esošās norādes: attiecīgā atšķirība apakšlīmenim ⮟ → +40 %, augšlīmenim ⮝ → +20 %.

P3.2. tabula

Sklerometrijas rādītāji objekta grīdas plātnes betonam, novērtējot tā spiedes stiprību

Mērvieta	Virsmas spiedes stiprība R_{sp} (MPa)						Vidējais rādītājs R_{vid}	Vidējā kvadrātiskā novirze S	Variācijas koeficients ν (%)	Koriģētā stiprība*	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.				R_{sp}^{kor}	R_{vid}^{kor}
1G	44,0	29,2	31,8	39,5	33,2	36,6	35,7	5,44	15,2	41,1	46,9
2G	39,8	40,9	46,1	37,0	40,7	46,7	41,9	3,78	9,0	48,1	
3G	37,9	36,0	34,1	46,4	34,8	36,1	37,6	4,53	12,1	43,2	
4G	41,0	45,5	33,9	47,3	41,8	39,8	41,6	4,70	11,3	47,8	
5G	34,1	42,2	42,0	39,0	43,8	34,9	39,3	4,06	10,3	45,2	
6G	49,0	52,8	55,1	43,9	42,0	48,4	48,5	5,01	10,3	55,8	
11G	36,5	36,1	42,3	49,2	42,3	45,7	42,0	5,11	12,2	48,3	42,4
12G	36,2	39,1	38,4	42,0	33,5	34,4	37,3	3,18	8,5	42,9	
13G	34,1	38,0	34,5	34,6	43,4	35,9	36,8	3,56	9,7	42,3	
14G	37,5	40,9	44,5	41,5	41,1	44,4	41,7	2,60	6,2	47,9	
15G	25,3	25,7	21,8	35,3	34,9	32,8	29,3	5,74	19,6	33,7	
16G	33,0	27,7	34,8	36,9	36,9	37,3	34,4	3,69	10,7	39,6	

- Mērvietu lokalizācijas. 1G … 16G — mērvieta (grīda), sk. shēmu P1.1. lp.
- Mērījumi objektā veikti grīdas virsmai, kuru sedz aizsargpārklājums.
- * — Spiedes koriģētā stiprība iegūta, ievērojot no grīdas izurbtajiem betona paraugiem konstatēto rezultātu atšķirību: — proti, no vienas puses, ir rezultāti, kas iegūti, mērījumus izpildot ar aizsargpārklājumu segtajai virsmai, un, no otras puses, ir rezultāti, kas iegūti, mērījumus veicot tieši betonam. Sk. 5. pielikumā esošās norādes: atšķirība → +15 %.

P3.3. tabula

Sklerometrijas rādītāji objekta pārseguma plātnes betonam, novērtējot tā spiedes stiprību

Mērvieta	Virsmas spiedes stiprība R_{sp} (MPa)						Vidējais rādītājs R_{vid}	Vidējā kvadrātiskā novirze S	Variācijas koeficients ν (%)	Koriģētā stiprība*	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.				R_{sp}^{kor}	R_{vid}^{kor}
1P	25,8	28,1	27,5	30,8	28,6	32,4	28,9	2,37	8,2	33,2	43,2
2P	30,2	28,7	35,0	30,8	23,8	40,8	31,6	5,80	18,4	36,3	
3P	39,0	47,1	38,8	41,0	40,2	49,8	42,7	4,64	10,9	49,0	
4P	30,9	40,2	24,6	40,9	43,8	43,0	37,2	7,72	20,7	42,8	
5P	45,1	45,5	39,9	40,9	48,2	40,5	43,4	3,40	7,8	49,9	
6P	50,5	31,6	42,1	52,4	34,1	39,1	41,6	8,47	20,3	47,9	
11P	42,6	30,0	39,9	38,0	41,1	46,0	39,6	5,42	13,7	45,5	45,5
12P	41,9	51,1	42,1	35,5	41,1	41,5	42,2	5,02	11,9	48,5	
13P	28,5	28,7	30,8	30,7	26,1	39,1	30,7	4,48	14,6	35,2	
14P	46,3	51,7	51,8	41,3	48,7	54,8	49,1	4,80	9,8	56,5	
15P	28,0	40,1	35,9	43,4	43,4	43,8	39,1	6,22	15,9	45,0	
16P	46,5	44,9	36,2	34,1	32,0	28,0	37,0	7,32	19,8	42,5	

- Mērvietu lokalizācijas. 1P … 16P — mērvieta (pārseguma apakšpuse), sk. shēmu P1.1. lp.
- Mērījumi objektā veikti pārseguma apakšvirsmai, kuru sedz aizsargpārklājums.
- * — Spiedes koriģētā stiprība iegūta, pielietojot to pašu atšķirību, kāda noteikta no grīdas plātnes izurbto betona paraugu mērījumu rezultātiem: — proti, no vienas puses, ir rezultāti, kas iegūti, mērījumus izpildot ar aizsargpārklājumu segtajai virsmai, un, no otras puses, ir rezultāti, kas iegūti, mērījumus veicot tieši betonam. Pieņemtā atšķirība ir +15 % (sk. piezīmi zem P3.2. tabulas).

P3.4. tabula

Ultraskaņas izplatīšanās ātrums sienu betonā (mērījumi objekta iekšpusē)

Mēr-vieta	Ultraskaņas garenviļņu ātrums v_u (m/s)						Vidējais rādītājs $v_{u\,vid}$	Vidējā kvadrātiskā novirze S	Variācijas koeficients ν (%)	Virsmas mitrums W_i (%)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.				
1V-⮟	4670	4600	4760	4520	4490	4550	4598	101	2,21	3,2
2V-⮟	4790	4950	4890	4840	4660	4750	4813	103	2,15	2,7
3V-⮟	4840	4890	4760	4960	4640	4810	4817	110	2,29	3,2
4A-⮟	4780	4810	4810	4890	4790	4590	4778	100	2,09	3,4
5A-⮟	4660	4760	4500	4720	4450	4500	4598	131	2,85	3,9
6D-⮟	4420	4420	4550	4310	4450	4590	4457	101	2,26	3,2
7D-⮟	4550	4460	4520	4600	4630	4550	4552	60	1,31	3,2
8D-⮟	4760	4700	4560	4550	4720	4720	4668	90	1,93	3,4
9R-⮟	4400	4370	4290	4360	4270	4490	4363	79	1,82	4,4
10R-⮟	4290	4230	4310	4310	4130	4340	4268	77	1,81	5,1
1V-⮝	4570	4670	4720	4660	4670	4620	4652	51	1,10	3,8
2V-⮝	4780	4730	4790	4760	4780	4760	4767	22	0,45	3,6
3V-⮝	4890	4850	4920	5100	4920	4840	4920	94	1,92	3,3
4A-⮝	4780	4630	4620	4600	4320	4460	4568	159	3,47	3,0
5A-⮝	4490	4410	4310	4660	4460	4370	4450	121	2,72	3,3
6D-⮝	4720	4660	4290	4760	4730	4730	4648	179	3,84	3,4
7D-⮝	4550	4420	4640	4670	4570	4550	4567	87	1,91	3,6
8D-⮝	4700	4350	4520	4570	4590	4570	4550	115	2,52	3,7
9R-⮝	4890	4820	4790	4870	4840	4750	4827	52	1,07	2,6
10R-⮝	4480	4720	4690	4780	4630	4760	4677	110	2,35	3,1
11Z-⮟	4810	4870	4780	4790	4810	4840	4817	33	0,69	3,5
12Z-⮟	4840	4790	4890	4920	4890	4840	4862	47	0,97	3,2
13Z-⮟	4850	4840	4790	4780	4810	4840	4818	29	0,61	3,6
14A-⮟	4850	4870	4890	4670	4720	4850	4808	90	1,88	3,0
15A-⮟	4840	4760	4890	4780	4810	4950	4838	71	1,48	3,2
16V-⮟	4870	4720	4730	4820	4700	4870	4785	78	1,62	3,7
17V-⮟	4790	4790	4720	4970	4790	4810	4812	84	1,74	3,1
18V-⮟	4940	5000	4980	4980	5030	5000	4988	30	0,60	3,4
19R-⮟	4140	4440	4450	4360	4400	4270	4343	119	2,74	4,1
20R-⮟	4310	4690	4560	4500	4490	4290	4473	152	3,40	3,3
11Z-⮝	4600	4600	4560	4530	4420	4390	4517	91	2,01	3,9
12Z-⮝	4640	4690	4600	4790	4620	4630	4662	70	1,49	3,8
13Z-⮝	4670	4690	4780	4640	4760	4670	4702	56	1,18	3,9
14A-⮝	4930	4790	4600	4530	4820	4870	4757	157	3,31	3,5
15A-⮝	4690	4530	4750	4690	4900	4400	4660	174	3,74	3,0
16V-⮝	4730	4570	4670	4640	4780	4730	4687	76	1,61	4,0
17V-⮝	4670	4570	4630	4460	4600	4480	4568	83	1,82	3,7
18V-⮝	4670	4550	4760	4790	4760	4660	4698	90	1,91	4,1
19R-⮝	4890	4890	4920	4980	4700	4790	4862	100	2,06	4,0
20R-⮝	5070	4970	4970	4980	4930	4980	4983	46	0,93	4,0

- Mērvietu lokalizācijas. 1 … 20 — mērvieta (vertikālais šķēlums), sk. shēmu P1.1. lp.
  Papildinformācija.
  Siena: V — vidus starpsiena; A, D, R, Z — mērvieta attiecīgajā sienā atbilstīgi debespusei.
  Līmenis: ⮟ ~ 1,1 m augstumā virs grīdas; ⮝ ~ 1,0 m zem pārseguma.
- Mērījumi objektā veikti sienu virsmām, kuras sedz aizsargpārklājums.

P3.5. tabula

Ultraskaņas izplatīšanās ātrums grīdas plātnes betonā

Mēr-vieta	Ultraskaņas garenviļņu ātrums v_u (m/s)						Vidējais rādītājs $v_{u\ vid}$	Vidējā kvadrātiskā novirze S	Variācijas koeficients ν (%)	Virsmas mitrums W_i (%)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.				
1G	4900	4890	4790	4730	4870	4700	4813	86	1,79	4,5
2G	4870	4790	4700	4720	4850	4870	4800	76	1,58	5,0
3G	4720	4720	4780	4690	4890	4690	4748	77	1,62	5,0
4G	4850	4700	4700	4620	4980	4900	4792	139	2,91	6,0
5G	4640	4660	4640	4780	4720	4720	4693	56	1,20	4,6
6G	4930	4850	5080	4920	4850	4930	4927	84	1,71	5,7
11G	4760	4600	4730	4820	4810	4750	4745	79	1,67	7,0
12G	4590	4660	4640	4810	4730	4730	4693	79	1,68	6,0
13G	4660	4630	4790	4780	4570	4660	4682	87	1,85	7,0
14G	5000	4980	4890	4870	5050	5000	4965	70	1,41	4,2
15G	4660	4460	4520	4450	4550	4500	4523	77	1,69	7,0
16G	4850	4980	4620	4670	4660	4630	4735	147	3,09	7,0

- Mērvietu lokalizācijas. 1G … 16G — mērvieta (grīda), sk. shēmu P1.1. lp.
- Mērījumi objektā veikti grīdas virsmai, kuru sedz aizsargpārklājums.

P3.6. tabula

Ultraskaņas izplatīšanās ātrums pārseguma plātnes betonā

Mēr-vieta	Ultraskaņas garenviļņu ātrums v_u (m/s)						Vidējais rādītājs $v_{u\ vid}$	Vidējā kvadrātiskā novirze S	Variācijas koeficients ν (%)	Virsmas mitrums W_i (%)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.				
1P	4530	4260	4260	4270	4530	4320	4362	132	3,03	3,3
2P	4560	4460	4490	4570	4480	4410	4495	61	1,36	3,5
3P	4640	4480	4310	4530	4570	4550	4513	113	2,49	3,2
4P	4600	4420	4360	4530	4440	4370	4453	94	2,11	4,0
5P	4950	4800	4480	4560	4560	4560	4652	182	3,91	3,7
6P	4550	4560	4620	4530	4560	4560	4563	30	0,66	4,5
11P	4440	4550	4420	4460	4560	4490	4487	58	1,29	4,0
12P	4490	4420	4630	4620	4570	4660	4565	93	2,03	4,2
13P	4180	4390	4480	4480	4560	4490	4430	134	3,02	4,0
14P	4630	4400	4590	4600	4680	4660	4593	101	2,19	4,7
15P	4590	4620	4480	4590	4780	4660	4620	99	2,13	3,9
16P	4420	4450	4300	4370	4400	4460	4400	59	1,34	3,5

- Mērvietu lokalizācijas. 1P … 16P — mērvieta (pārseguma apakšpuse), sk. shēmu P1.1. lp.
- Mērījumi objektā veikti griestu līmenī, t.i., pārseguma apakšvirsmai, kuru sedz aizsargpārklājums.

P4.1. tabula

Betona paraugu izurbumu lokalizācijas (sk. P1.1. lp.)

Parauga Nr.	Vietas apzīmējums	Izurbumu vietu piesaiste (attālumi)		Stiegru aizsargājošā betona slāņa minimālais biezums
		x	y	
1	1pV	205 mm no R sienas	108 mm virs grīdas	20 mm
2	2pA	264 mm no Z sienas	110 mm virs grīdas	120 mm
3	3pD	190 mm no A sienas	103 mm zem pārseguma	70 mm
4	4pD	196 mm no R sienas	106 mm virs grīdas	65 mm
5	5pR	138 mm no D sienas	101 mm zem pārseguma	40 mm
6	6pR	165 mm no Z sienas	114 mm virs grīdas	100 mm
7	7pG	185 mm no A sienas	201 mm no D sienas	110 mm
8	8pZ	199 mm no R sienas	99 mm zem pārseguma	–
9	9pZ	167 mm no A sienas	141 mm virs grīdas	45 mm
10	10pA	118 mm no Z sienas	99 mm zem pārseguma	65 mm
11	11pA	175 mm no D sienas	149 mm virs grīdas	100 mm
12	12pV	168 mm no A sienas	128 mm virs grīdas	55 mm
13	13pR	200 mm no D sienas	145 mm virs grīdas	105 mm
14	14pG	275 mm no R sienas	175 mm no D sienas	105 mm

- Paraugu izurbumvietu apzīmējumi šeit: — 1p(..) … 14p(..).
- Papildinformācija par paraugu izurbumvietu lokalizāciju apzīmējumiem.
  V — vidus starpsiena; G — grīda; A, D, R, Z — attiecīgā siena atbilstīgi debespusei.

P4.2. tabula

Stiegrojuma korozijas bīstamības līmeņa izpētes rezultāti paraugu izurbumu vietās objektā

Parauga Nr.	Konstrukcija	Stiegrojuma korozijbīstamības līmeni raksturojošais rādītājs (mV)						Vidējais rādītājs (mV)		Vidējā kvadrātiskā novirze S (mV)	Variācijas koeficients ν (%)
		1.	2.	3.	4.	5.	6.				
1	V	–167	–169	–160	–171	–170	–180	–170	–116	6	3,8
12		–96	–78	–23	–60	–88	–31	–63		30	48,3
2	A	–25	–37	–17	–28	–41	–45	–32	–42	11	33,0
10		–37	–60	–89	–57	–40	–55	–56		19	33,0
11		–90	–41	–44	–8	–35	–10	–38		30	78,4
3	D	–56	–10	–57	+33	–8	–96	–32	–55	46	142,3
4		–61	–60	–85	–80	–99	–85	–78		15	19,4
5	R	–105	–109	–158	–129	–153	–147	–134	–316	23	17,1
6		–395	–405	–396	–405	–394	–402	–400		5	1,27
13		–426	–418	–415	–399	–410	–426	–416		10	2,5
8	Z	Stiegrojums izurbumā netika konstatēts									
9		–50	–48	–45	+30	–60	–14	–31	–31	34	108,3
7	G	–154	–140	–118	–172	–127	–119	–138	–216	21	15,5
14		–252	–303	–316	–252	–369	–275	–295		45	15,2

- Mērvietu lokalizācijas (1 … 14 — izurbuma vietas) sk. shēmā P1.1. lp.
  Stiegrojuma korozijas intensitāti raksturojošie potenciālu starpības rādītāji:
  - virs –200 mV — stiegrojuma korozijas nav vai tā konstatējama ļoti minimāli;
  - –200 ... –350 mV — jārēķinās ar stiegrojuma korozijas attīstību;
  - zem –350 mV — korozijas (tās gala produktu) intensitāte struktūrā ir paaugstināta.

Rīgas Tehniskā universitāte
Ilgtspējīgo būvmateriālu un inženiersistēmu institūts

Ķīpsalas iela 6A-539, Rīga, LV-1048
e-mail: https://ibii.rtu.lv

Pasūtītājs: **SIA "Būve un bilance"**

Testēšanas objekts: Cilindra formas betona paraugi, izurbti no konstrukcijām
Objekts: Slokas NAI lieko dūņu uzkrāšanas tvertne
Konstrukcijas: Sienas un grīdas
Paraugu piegādes datums: 09.06.2026.
Paraugu pārbaudes datums: 14.07.2026.
Testēšanas veids: Pārbaude uz spiedi saskaņā ar LVS EN 12504-1:2019

Paraugu vizuālās apskates un testēšanas rezultāti

Pasūtītāja apzīmējums	Izurbtā cilindra izmēri		Pildvielas tips, maksimālais rupjums	Gaisa ieslēgumu maksimālie izmēri, mm	Atzāģētā posma garums *b*, mm	Stiegrojuma raksturotāji testējamam paraugam		Parauga raksturotāji pirms izlīdzināšanas		Parauga blīvums, kg/m^3	Augstums pēc izlīdzināšanas *h*, mm	Attiecība *h/d*	Graujošā slodze *F*, kN	Stiprība spiedē	
	garums *l*, mm	diametrs *d*, mm				*a*, mm	*D*, mm	h_1, mm	*m*, kg					f_c, MPa	f_c, kG/cm^2
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*
1-1	193	93,3	$G_{\S}$ 17	4	7,42	27; 38; 42	12; 10; 12	85,3	1,465	**2512**	92,1	0,99	396,6	**58,0**	**592**
2-1	195	94,0	$G_{\S}$ 22	6	5,00	123	14	87,7	1,445	**2376**	97,9	1,04	357,8	**51,6**	**526**
3-1	198	94,1	$G_{\S}$ 22	5	7,57	73	12	84,6	1,396	**2377**	94,6	1,01	327,0	**47,1**	**480**
4-1	200	94,3	$G_{\S}$ 29	4	6,14	87	12	73,7	1,205	**2343**	84,4	0,90	343,4	**49,2**	**502**
5-1	197	93,6	$G_{\S}$ 16	4	5,57	47	10	84,1	1,342	**2320**	92,6	0,99	368,9	**53,6**	**547**
6-1	199	94,2	$G_{\S}$ 14	6	5,00	97; 110	10; 12	75,7	1,205	**2284**	86,3	0,92	360,6	**51,8**	**528**
7-1	183	93,7	$GD_{\S}$ 27	5	5,00	–	–	84,4	1,368	**2356**	90,9	0,97	353,7	**51,4**	**524**
8-1	207	94,4	$G_{\S}$ 24	7	8,32	–	–	83,4	1,345	**2304**	90,8	0,96	352,7	**50,4**	**514**
9-1	194	94,1	$G_{\S}$ 25	6	7,52	47	16	85,8	1,497	**2512**	94,1	1,00	366,5	**52,8**	**538**
10-1	191	94,1	$G_{\S}$ 25	3	7,67	67	10	86,1	1,437	**2400**	92,3	0,98	355,4	**51,1**	**521**
11-1	185	94,5	$G_{\S}$ 23	5	5,00	85; 98	12; 10	75,4	1,234	**2335**	87,5	0,93	405,3	**57,9**	**590**
12-1	198	94,1	$G_{\S}$ 23	7	5,00	87; 105	12; 10	75,9	1,246	**2361**	88,6	0,94	355,6	**51,2**	**522**
13-1	201	93,9	$GD_{\S}$ 21	5	9,46	110; 131	12; 12	82,9	1,324	**2308**	92,9	0,99	341,3	**49,4**	**504**
14-1	205	94,1	$GD_{\S}$ 23	5	14,57	101	16	81,0	1,312	**2333**	91,1	0,97	342,9	**49,4**	**504**

Paskaidrojumi un pieņemtie apzīmējumi tabulai:

4. kolonna: $GD_{š}$ 20: D — dolomīta; G — granīta; $_{š}$ — šķembas; 20 — daļiņu maksimālais izmērs, mm;
6. kolonna: *b* — attālums no cilindra gludās virsmas līdz testēšanas paraugam;
7. kolonna: *a* — attālums no cilindra gludās virsmas līdz stiegras virsmai; 8. kolonna: *D* — stiegrojuma diametrs;
9. kolonna: h_1 — parauga augstums pirms izlīdzināšanas; 10. kolonna: *m* — parauga masa pirms izlīdzināšanas.

Paraugu īpatnības un specifiskās pazīmes:

1. Paraugiem Nr. 7, 13 un 14 konstatētas gan dolomīta, gan granīta šķembu pildvielas. Pārējo paraugo struktūrā ir tikai granīta šķembas. Šo paraugu šķērsgriezumā fiksēta t.s. aukstā šuve — dāžādu betona sastāvu sajaukums, skat. 1. att.;
2. Paraugiem Nr. 3, 7, 10, 13, 14 konstatēti lokāli betona nodrupumi vai tukšumi (2. ... 4. att.).



1. att.



2. att.



3. att.



4. att.

Piezīmes:
1. Pirms pārbaudes paraugi tika sazāģēti ar dimanta ripzāģi pie pastāvīgas ūdens padeves betona zāģējamā stendā. Paraugu galu virsmas izlīdzināja ar cementa un smalkās kvarca smilts (0-0.2) javu.
2. Paraugu virsmu mitrums testēšanas brīdī — gaissauss.
3. Paraugi tika pārbaudīti spiedes mašīnā "Controls" 50-C56G2, sērijas Nr. 07011020, 1. precizitātes klase (± 1 %).
4. Iegūtie spiedes stiprības rādītāji ir pielīdzināmi betona kubiskai stiprībai (skat. LVS EN 12504-1:2019 8.2. nodaļā).

RTU Ilgtspējīgo būvmateriālu un inženiersistēmu institūta pētnieks, Dr.sc.ing. U. Lencis

2026. gada 15. jūlijā

Mērījumu rezultātu analīze
Dzelzsbetona konstrukciju materiālu negraujošās / daļēji graujošās pārbaudes

Konstrukciju betona virsmas zonas stiprība pielīdzināma betona spiedes stiprības rādītājiem pārbaudīto konstrukciju virsslāņos. To noteica ar etalonāmuru sklerometru "ИПС-МГ4.03". Savukārt ar testeri "УК1401" papildus fiksēja ultraskaņas izplatīšanās ātrumu betonā (šie rezultāti raksturo betona struktūras blīvumu jeb noblīvējuma pakāpi, kā arī viendabību — salīdzinoši blīvāku betonu raksturo lielāks ultraskaņas izplatīšanās ātrums). Tā kā ultraskaņas ātrums betonā ir būtiski atkarīgs no pārbaudāmā materiāla mitruma pakāpes, katrā skaņošanas zonā ar testeri "Tramex Concrete Moisture Encounter" noteica virsmas mitrumu. Tāpat izpildīja konstrukciju stiegrojuma korozijas intensitātes pārbaudi ar mērierīci "CANIN", fiksējot korozijprodukta esamības līmeni betonā. Faktisko betona stiprību izlases veidā pārbaudīja, laboratorijā saspiežot no konstrukcijām izurbtos betona paraugus.

A. Sklerometrijas un ultraskaņas ātruma dati

Ar sklerometru un ultraskaņas testeri izpildīto mērījumu vietu lokācijas plānā tvertnes bloku sienām, pārsegumam un grīdai sk. 1. pielikumā P1.1. lp. Ar abām mērierīcēm katrā mērvietā tika izpildīts pa 6 ieskaites mērījumiem. Dati un iegūtie rezultāti apkopoti 3. pielikumā.

Sklerometriskie un ultraskaņas mērījumi objektā faktiski izpildīti, mērierīces kontaktējot ar konstrukciju virsmu. Visas monolītā dzelzsbetona konstrukciju virsmas tvertnes iekšpusē sedz attiecīgs aizsargpārklājums (tā sastāvs ir uz cementa bāzes). Lai ar sklerometru objektā noteiktā betona spiedes stiprība būtu korekti tieši attiecināma uz konstrukcijas betona struktūru, izmanto korekcijas koeficientu. Tā vērtība noteikta, salīdzinot rezultātus, kas iegūti, laboratorijā mērījumus izpildot gan uz izurbto betona paraugu aizsargpārklājuma virsmas, gan uz betona (pēc dominējošā vairākumā gadījumu 5 … 15 mm biezā aizsargpārklājuma atzāģēšanas). Izpildīto salīdzinošo mērījumu vidējās procentuālās atšķirības pa konstrukcijām un raksturīgākajām pozīcijām sk. P6.1. tabulā. Sklerometrisko datu atšķirības sienu apakšdaļai ir ~ 40 %, augšdaļai — ap 20 %, grīdai — ap 15 %. No pārseguma paraugi netika izurbti, tādēļ attiecīgais korekcijas faktors tika saistīts ar uzklātā aizsargpārklājuma vizuāli fiksēto raupjumu / līdzenumu. Proti, konstatēts, ka pārseguma virsmas struktūras izskats ir līdzīgs grīdas raupjumam, savukārt sienām (jo sevišķi t.s. dūņu aizpildes apjomā) šis raupjums ir izteiktāks. Jo virsma raupjāka, jo lielāka bija sklerometrisko datu atšķirība.

P6.1. tabula

Izurbtie betona paraugi, sklerometrisko datu atšķirības:
mērījumu izpilde —
a) uz aizsargpārklājuma [R_{vid}^{0}],
b) uz betona virsmas (pēc aizsargpārklājuma atzāģēšanas) [R_{vid}^{1}]

Pozīcija	R_{vid}^{0} / R_{vid}^{1} *
Sadalošā vidus starpsiena	–39%
A puses siena	–44%
R puses siena	–26%
D puses siena	–20%
Z puses siena	–26%
— sienu apakšlīmenis (dūņu zona)	–36%
— sienu augšlīmenis (virsdūņu zona)	–22%
Sienas caurmērā	–31%
Grīda	–13%

* Paraugiem betona virsmas lokalizācija kvalificēta, atzāģējot 5 … 15 mm biezo aizsargpārklājumu.

Sienām objektā mērījumi izpildīti divos līmeņos — aptuveni 1,1 m augstumā virs grīdas un ~ 1 m zem pārseguma. Sklerometrijas un ultraskaņas ātruma rezultātu koncentrētu apkopojumu skat. attiecīgi P6.2. un P6.3. tabulā. Detalizētos pārbaužu rezultātus un to galvenos statistiskās apstrādes parametrus (vidējo rādītāju, vidējo kvadrātisko novirzi jeb standartkļūdu S un variācijas koeficientu ν) izvērstā veidā skat. 3. pielikuma P3.1. un P3.4. tabulā.

P6.2. tabula

Sklerometriskās pārbaudes rezultātu apkopojums: — sienu betons

Sienas lokalizācija	Tvertnes bloks, līmeņi // virsmas spiedes stiprība (MPa)							
	D bloks			Z bloks			Pavisam kopā	
	apakša	augša	kopā	apakša	augša	kopā		
Vidus starpsiena	32,4	59,3	45,8	47,3	55,3	51,3	48,5	–
A puses siena	36,3	55,2	45,7	43,8	42,7	43,2	44,5	45,3
R puses siena	28,4	54,8	41,6	38,5	63,1	50,8	46,2	
D puses siena	39,1	48,8	43,9	–	–	–	43,9	44,8
Z puses siena	–	–	–	46,9	44,5	45,7	–	
Vidēji:	34,0	54,5	44,3	44,1	51,4	47,7	46,0	

Redzams, ka tvertnes sienu betonam augšlīmenī virsmas spiedes stiprība ir augstāka. Savukārt vidējie virsmas spiedes stiprības rezultāti caurmērā ir ar visai mazu izkliedi.

Abos tvertnes blokos R puses sienai apakšējā jeb zemūdens līmenī fiksēti viszemākie virsmas spiedes stiprības rādītāji. (Līdzīgi par R puses sienu kā salīdzinoši problemātiskākie atsevišķi izdalās dati arī par betona struktūras blīvumu un stiegrojuma korozijas intensitāti, skat. tālāk.)

P6.3. tabula

Ultraskaņas garenviļņu izplatīšanās ātruma analīze: — sienu betons

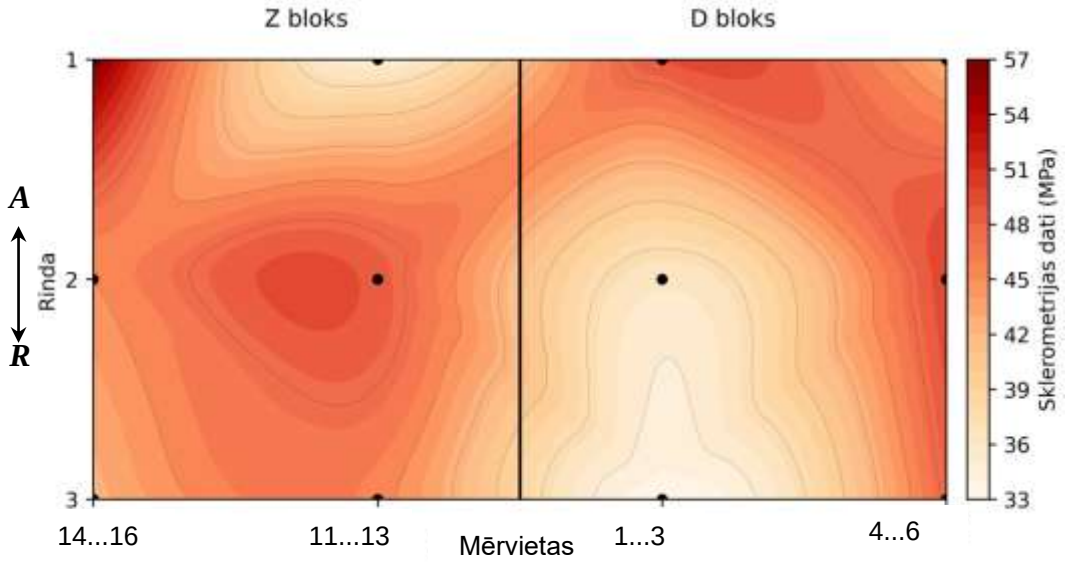
Sienas lokalizācija	Tvertnes bloks, apskatītie līmeņi // ultraskaņas ātrums (m/s)							
	D bloks			Z bloks			Pavisam kopā	
	apakša	augša	kopā	apakša	augša	kopā		
Vidus starpsiena	4743	4779	4761	4862	4651	4756	4759	–
A puses siena	4688	4509	4599	4823	4708	4766	4682	4641
R puses siena	4316	4752	4534	4408	4923	4665	4600	
D puses siena	4559	4588	4574	–	–	–	4574	4652
Z puses siena	–	–	–	4832	4627	4729	–	
Vidēji:	4576	4657	4617	4731	4727	4729	4673	

Koncentrēts sklerometrijas un ultraskaņas ātruma datu apkopojums pārseguma betonam virsmas izklājuma veidā redzams attiecīgi P6.1. un P6.2. att. Detalizēti pārbaužu rezultāti un to galvenie statistiskās apstrādes parametri izvērstā veidā atrodami P3.3. un P3.6. tabulā.

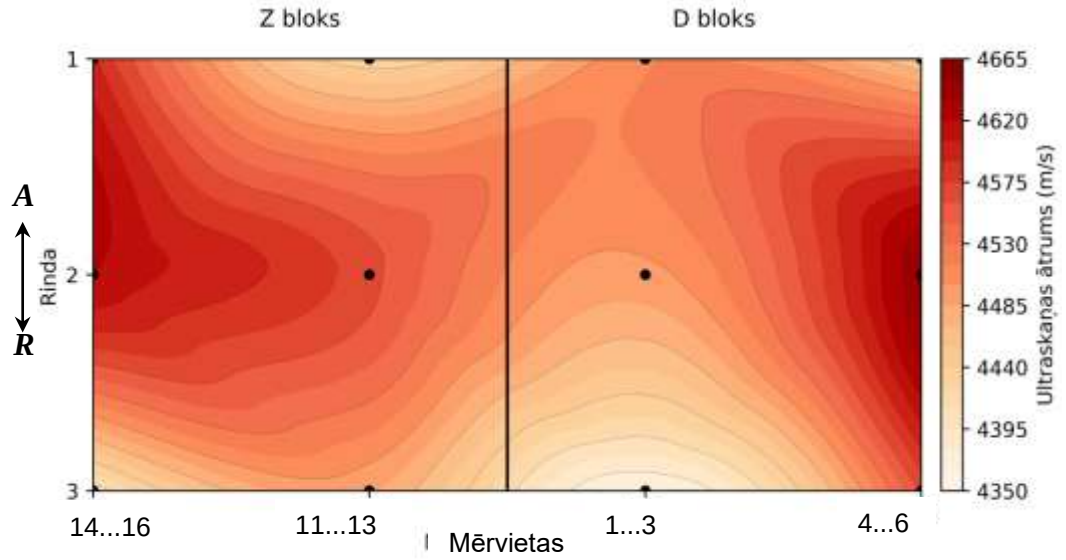
Virsmas izklājumi liecina, ka pārseguma betona virsmas spiedes stiprībai ir gan augstākas, gan zemākas stiprības zonas. Šāda aina norāda uz lokālām betona kvalitātes atšķirībām. Salīdzinot sklerometrijas un ultraskaņas datus izklājumos, redzama daļēja savstarpēja saistība starp ar abām negraujošajām testēšanas metodēm iegūtajiem rezultātiem. Paaugstinātas virsmas spiedes stiprības zonas kopumā sakrīt ar lielāku ultraskaņas ātrumu, un otrādi.

Kopumā ar abām metodēm iegūtie rezultāti norāda uz pozitīvu korelāciju. Šāda sakarība ir loģiska, jo lielāks ultraskaņas ātrums raksturo blīvāku un viendabīgāku betona struktūru ar mazāku porainību un plaisu esamību. Vājinājumu zemāks īpatsvars savukārt veicina augstāku betona virsmas cietību un spiedes stiprību.

Vienlaikus šī rezultātu savstarpējā saistība jāvērtē rezervēti, jo sklerometriskie dati galvenokārt raksturo betona virsmas īpašības, kamēr ultraskaņas metode sniedz informāciju par betona kvalitāti arī dziļākos slāņos.



P6.1. att. Sklerometrijas dati tvertnes pārseguma betonam izklājumā

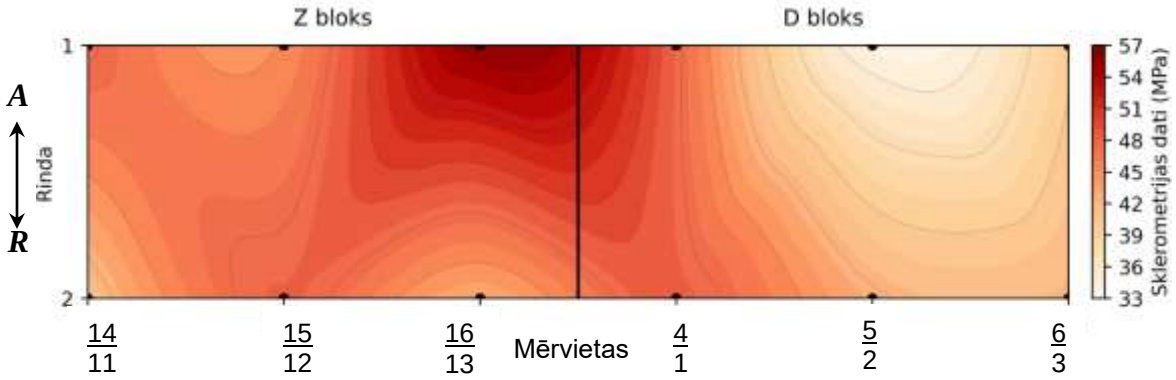


P6.2. att. Ultraskaņas ātruma dati tvertnes pārseguma betonam izklājumā

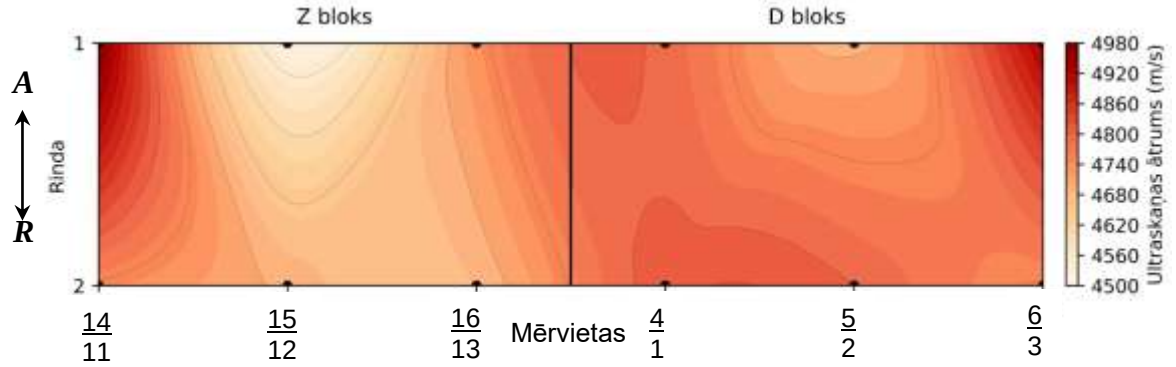
Betona grīdām koncentrēts sklerometrijas un ultraskaņas datu apkopojums virsmas izklājumu veidā redzams attiecīgi P6.3. un P6.4. att. Savukārt detalizēti pārbaužu rezultāti ar statistiskās apstrādes parametriem izvērstā veidā atrodami P3.2. un P3.5. tabulā.

Kā liecina iegūtie dati, betona grīdu virsmas spiedes stiprībai nav vienmērīgs sadalījums ne Z, ne D blokā. Rezultātu izkliede savukārt norāda uz izteiktāku betona virsmas struktūras neviendabību. Ultraskaņas ātrums liecina, ka betona viendabība abos tvertnes blokos kopumā ir pieņemama.

Sklerometrijas un ultraskaņas ātruma datus savstarpēji salīdzinot konstatēts, ka sakarība starp tiem grīdu betonam ir daļēja (līdzīgi kā pārsegumam).



P6.3. att. Sklerometrijas dati tvertnes grīdas betonam izklājumā



P6.4. att. Ultraskaņas ātruma dati tvertnes grīdas betonam izklājumā

B. Dzelzsbetona konstrukciju stiegrojuma korozijas līmeņa novērtējums

Lieko dūņu uzkrāšanas tvertnes sienu un grīdu monolītā dzelzsbetona konstrukciju stiegrojuma korozijas iespējamo intensitāti, izmantojot mērierīci "CANIN", novērtēja izurbto paraugu vietās. Paraugu izurbšanas vietas plānā skat. P1.1. lp., lokalizācijas — 4. pielikuma P4.1. tabulā. Katrā parauga izurbšanas vietā izpildīti 6 mērījumi. Detalizēti rezultāti un to galvenie statistiskās apstrādes parametri iekļauti P4.2. tabulā.

Tā kā pārbaudes laikā vienu no mērierīces kontaktelementiem nepieciešams tieši savienot ar inspicējamās dzelzsbetona konstrukcijas stiegrojumu (stiegru karkasu), pievienošanās īstenota paraugu izurbumu vietās pie pārgrieztajām stiegrām. Otru mēraparatūras adapteri — vara / vara sulfāta elektrodu — kontaktēja ar konstrukcijas virsmu ap izurbuma vietu aptuveni līdz 30 cm attālumā no tās. Iegūto rezultātu vērtējums veikts saskaņā ar standartu ASTM C876, attiecīgos kritērijus sk. piezīmē zem P4.2. tabulas.

Rezultāti liecina, ka vērā ņemama problemātika attiecībā uz korozijbīstamību ir R puses sienai vismaz tās apakšdaļā jeb dūņu aizpildes zonā. Citviet sienu konstrukcijām tamlīdzīga rakstura problēmas nav fiksētas. Savukārt grīdas līmenim daļā platības konstatēta paaugstināta korozijas riska pakāpe.

C. Negraujošajās pārbaudēs iegūto rezultātu savstarpējā korelācija

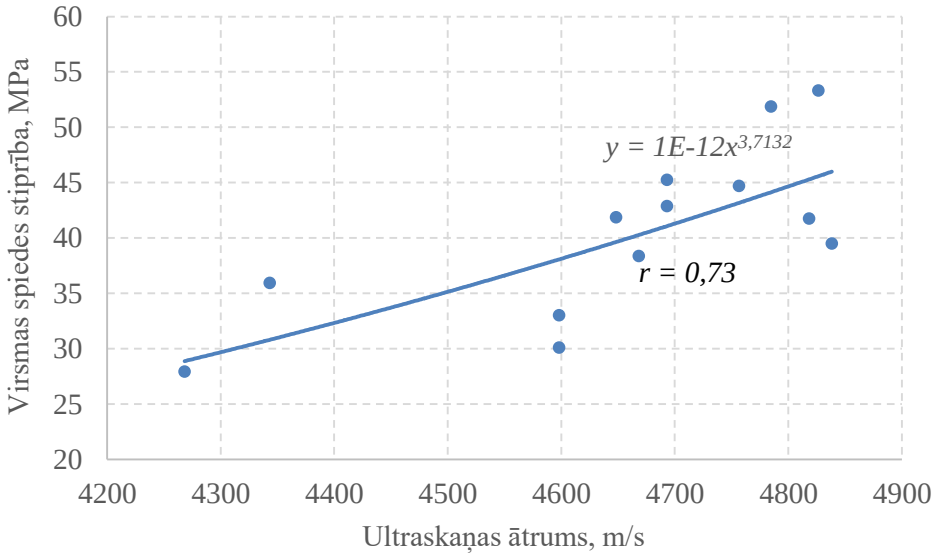
No konstrukcijām izurbto paraugu zonās iegūtajiem rezultātiem (skat. P6.4. tabulu) ir acīmredzama savstarpēja korelācija. Salīdzinoši augstvērtīga tā ir gan starp sklerometrijas un ultraskaņas ātruma datiem, gan arī starp ultraskaņas ātrumu un korozijbīstamības pakāpi.

P6.4. tabula

Paraugu izurbumu vietās iegūtie dati

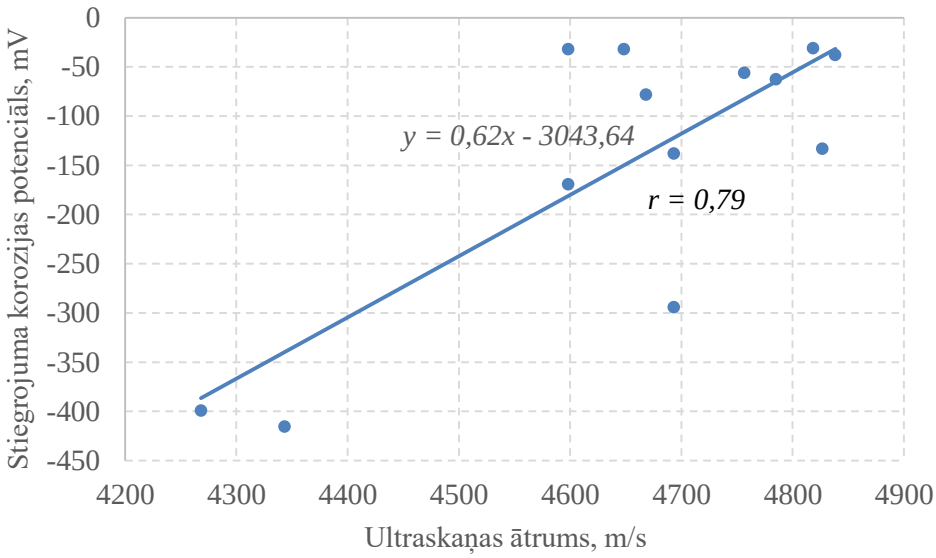
Izurbuma vieta	"ИПС-МГ4.03" (MPa)	"УК1401" (m/s)	"CANIN" (mV)
1	30,1	4598	–170
2	33,0	4598	–32
3	41,8	4648	–32
4	38,4	4668	–78
5	53,3	4827	–134
6	27,9	4268	–400
7	45,2	4693	–138
8	34,0	—	—
9	41,7	4818	–31
10	44,7	4757	–56
11	39,5	4838	–38
12	51,8	4785	–63
13	35,9	4343	–416
14	42,9	4693	–295

Vērtējot ar negraujošo metodiku iegūto, t.i., no konstrukcijām izurbto betona paraugu zonās fiksēto virsmas spiedes stiprību un ultraskaņas ātruma datu savstarpējo saistību, konstatēta pozitīva korelāciju starp ar abām nesagraujošajām testēšanas metodēm iegūtajiem rezultātiem, skat. P6.5. att. Aprēķinātā korelācijas koeficienta vērtība (r = 0,73) apliecina vidēji augstu sakarību. Jo blīvāks un viendabīgāks betons (tādā ultraskaņas garenviļņi izplatās ātrāk), jo augstāka betona virsmas cietība un lielāka spiedes stiprība. Iegūtā korelācijas koeficienta vērtība apliecina, ka ultraskaņas ātruma mērījumus var izmantot kā ticamu betona kvalitātes indikatoru, īpaši kombinācijā ar sklerometrijas datiem. Abu metožu vienlaicīga izmantošana ļauj ticamāk novērtēt gan betona iekšējo struktūru, gan betona virsmas kvalitātes, mazinot kļūdainu secinājumu iespējamību (tāda var rasties, piemēram, ja balstās tikai uz ar vienu negraujošās testēšanas metodi iegūtajiem rezultātiem). Korelācijas koeficienta vērtība uzskatāma par pietiekami augstu, lai apstiprinātu abu faktoru acīmredzamu savstarpējo saistību.



P6.5. att. Sklerometrijas un ultraskaņas datu korelācijas sakarība paraugu izurbumu zonās

Savukārt sakarībai starp ultraskaņas ātrumu un stiegrojuma korozijas potenciālu dzelzsbetona konstrukcijās ir iegūta vēl labāka korelācija (P6.6. att.) — r = 0,79. Mazāk negatīvas potenciāla vērtības atbilst zemākam korozijas potenciālam. Dati apstiprina, ka salīdzinoši blīvāka un viendabīgāka betona zonās stiegrojuma korozijas risks ir mazāks.



P6.6. att. Stiegru korozijas potenciāla un ultraskaņas ātruma korelācija paraugu izurbumu zonās

D. Izurbto betona paraugu pārbaude laboratorijā

No sienām un grīdas izurba 14 betona paraugus. To lokācijas u.c. datus sk. P1.1. lp., kā arī P4.1. tabulā. Kā iepriekš minēts, visām monolītā dzelzsbetona konstrukcijām tvertnes iekšpusē izveidots aizsargpārklājums, kura struktūra tomēr atšķiras no konstrukciju betona struktūras. Tādēļ konstrukciju betonu raksturojošu korektu rezultātu iegūšanai bija nepieciešams šo aizsargpārklājuma slāni no katra parauga noņemt, t.i., atzāģēt. Tāpat pirms spiedes testa atzāģēja parauga t.s. lieko apakšdaļu. Galarezultātā iegūtais paraugs apzīmēts šādi: "…-1", bet t.s. liekā apakšdaļa šādi: "…-2". Piemēram, no 8. vietā izurbtā cilindra iegūtais paraugs tiek apzīmēts šādi: "8-1", bet pāri palikusī parauga liekā daļa šādi: "8-2".

Nosacīti dziļumā esošās betona struktūras sklerometriskie dati iegūti pēc zāģējumu izpildes. Dati par ultraskaņas ātrumu betonā iegūti, mērot uz izurbto cilindru virsmas to garenvirzienā.

D.1. Sklerometrijas dati dažādā betona dziļumā

Ar sklerometru "ИПС-МГ4.03" virsmas spiedes stiprību izurbtajiem paraugiem noteica četros līmeņos. (Ar augšu tiek saistītas pret konstrukcijas virsmu vērstās izurbtā cilindra / tā daļu puses, ar apakšu — parauga pret konstrukcijas dziļumu vērstā plakne.) Stiprību bija iespējams noteikt, mērījumus izpildot šādām cilindra virsmām: a) pašam aizsargpārklājumam [virspusē]; b) pēc ~ 5 … 15 mm biezā aizsargpārklājuma atzāģēšanas atsegtajai parauga betona t.s. ārējai jeb augšējai plaknei; c) izzāģētā parauga jeb ar "…-1" apzīmētās daļas apakšplaknei [atbilst apmēram 9 … 10 cm dziļumam, ja skaita no konstrukcijas virsmas]; d) izurbtā betona cilindra pārpalikušās daļas atzāģētajai plaknei [šī daļa saistīta ar apzīmējumu "…-2"]. Eksperimenta laikā, mērot paraugus, to apakšu atbalstīja uz putupolistirola plāksnes, kura uzsitiena brīdī slāpēja radušās vibrācijas.

Uz betona aizsargslāņa un atzāģētās betona virsmas mērījumu vidējās procentuālās atšķirības pa konstrukcijām un raksturīgākajām pozīcijām dotas jau iepriekš P6.1. tabulā. Šī darbu etapa sklerometriskie rezultāti detalizēti fiksēti pārbaudes darba dokumentācijā. Iegūto datu apkopojums redzams P6.5. tabulā. Sklerometrijas mērījumu rezultāti urbtajiem paraugiem kopumā uzrāda izteiktas virsmas spiedes stiprības atšķirības, analizējot aizsargpārklājumu un dziļāk esošo betonu. Lielākajai daļai cilindru, kas izurbti no sienām, zemākās vērtības konstatētas tieši aizsargpārklājumam (pie virsmas), bet pēc šī slāņa atzāģēšanas un mērījumiem 0,5 … 1,5 cm dziļumā virsmas spiedes stiprība ir būtiski augstāka. Tas liecina, ka betona aizsargpārklājums ir vājāks par dziļāk esošo betonu.

Analizējot iegūtos datus, konstatēts, ka sienu betonam 0,5 … 1,5 cm un aptuveni 9 … 10 cm dziļumā stiprība vairumā gadījumu ir līdzīga. Savukārt grīdai konstatēta pretēja situācija — visai augsta stiprība grīdas virsmas līmenī, kam seko būtiska stiprības samazināšanās dziļumā. Šeit gan jāpiebilst, ka ar graujošo metodi iegūtie spiedes robežstiprības rādītāji sienām un grīdām ir visai līdzīgi, skat. tālāk.

P6.5. tabula

Sklerometrisko datu atšķirības izurbtajiem paraugiem dažādā dziļumā

Konstrukcija	Paraugs	Daļas	Mērītā virsma // sklerometrijas dati (MPa)			Rezultātu atšķirības pa pozīcijām	
			aizsargslānis	augša	apakša	*5/4*	*6/5*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Vidus starpsiena	1	1-1	34,3	48,5	50,8	29%	5%
		1-2	–	51,2	–	–	–
A puses siena	2	2-1	20,9	54,2	54,7	62%	1%
		2-2	–	53,6	–	–	–
D puses siena	3	3-1	45,7	46,0	45,3	1%	–2%
		3-2	–	45,1	–	–	–
	4	4-1	31,8	50,5	35,8	37%	–29%
		4-2	–	36,5	–	–	–
R puses siena	5	5-1	47,2	50,7	46,6	7%	–8%
		5-2	–	47,0	–	–	–
	6	6-1	28,4	49,5	48,1	43%	–3%
		6-2	–	51,0	–	–	–
Grīda	7	7-1	83,0	84,5	50,8	2%	–40%
		7-2	–	50,5	–	–	–
Z puses siena	8	8-1	26,2	46,3	53,0	43%	15%
		8-2	–	54,2	–	–	–
	9	9-1	47,5	53,3	45,1	11%	–15%
		9-2	–	50,5	–	–	–
A puses siena	10	10-1	30,7	48,9	47,3	37%	–3%
		10-2	–	46,1	–	–	–
	11	11-1	36,8	54,2	55,5	32%	2%
		11-2	–	52,5	–	–	–
Vidus starpsiena	12	12-1	25,9	50,3	49,8	49%	–1%
		12-2	–	51,3	–	–	–
R puses siena	13	13-1	34,4	48,5	52,9	29%	9%
		13-2	–	53,1	–	–	–
Grīda	14	14-1	45,8	62,8	52,9	27%	–16%
		14-2	–	52,4	–	–	–

D.2. Ultraskaņas ātruma dati dažādā betona dziļumā

Ultraskaņas testi veikti, katram paraugam izvēloties 2 garenvirziena joslas. Katrā joslā mērījumus veica ar 1 cm lielu soli, sākotnēji no parauga augšējās virsmas atkāpjoties 0,5 cm (tas saistīts ar parauga malai tuvāk izvietotā ultraskaņas testera devēja tuvāko iespējamo novietojumu). Attālums starp ultraskaņas testera adapteriem ir 15 cm. Tā kā visi izurbtie paraugi nav vienāda garuma, atšķiras arī izpildīto mērījumu skaits. Tie pārsvarā izpildīti līdz 2,5 cm lielai atkāpei (dziļumam), skaitot no paraugu virsmas. Tādējādi ar ultraskaņu zondētais apgabals lielākoties aptvēra 0,5 … 17,5 cm dziļumu. Paraugiem izvēlētās garenvirziena testu joslas piemeklētas vietās, kur fiksēts mazāk rupjo pildvielu, — tas darīts nolūkā izslēgt šķembu un oļu iespējamo ietekmi uz ultraskaņas ātruma izplatīšanos betonā.

Lai samazinātu iegūto rezultātu neprecizitāti, katra mērjosla visā tās garumā ar ultraskaņas testeri tika testēta 3 piegājienos (bāzes dati fiksēti darba dokumentācijā). Attiecīgie vidējie ultraskaņas ātruma mērījumu rezultāti apkopoti P6.6. tabulā.

P6.6. tabula

Ultraskaņas ātruma atšķirības izurbto paraugu betonā dažādā dziļumā

Paraugs	Ultraskaņas ātrums (m/s)					Dziļuma ietekme uz ultraskaņas ātrumu (%)		
	— sākot no dziļuma (cm)				Vidēji			
	0,5	1,5	2,5	3,5		1,5/0,5	2,5/0,5	2,5/1,5
1	4420	4470	4463	–	4449	1,1%	1,0%	–0,1%
2	4522	4638	4550	–	4570	2,5%	0,6%	–1,9%
3	4347	4367	4357	–	4357	0,5%	0,2%	–0,2%
4	4352	4507	4522	–	4460	3,4%	3,8%	0,3%
5	4190	4348	4303	–	4281	3,6%	2,6%	–1,0%
6	4327	4308	4358	–	4331	–0,4%	0,7%	1,1%
7	4503	4530	–	–	4517	0,6%	–	–
8	4323	4288	4368	–	4327	-0,8%	1,0%	1,8%
9	4467	4558	4527	–	4517	2,0%	1,3%	-0,7%
10	4297	4317	4330	–	4314	0,5%	0,8%	0,3%
11	4607	4713	4608	–	4643	2,3%	0,0%	-2,3%
12	4457	4453	4412	–	4441	-0,1%	-1,0%	-0,9%
13	4217	4407	4265	–	4296	4,3%	1,1%	-3,3%
14	4425	4552	4457	4423	4464	2,8%	0,7%	-2,1%

Mērot ultraskaņas ātrumu izurbto paraugu betonā, iegūtie dati (skat. P6.6. tabulu) liecina, ka to savstarpējās atšķirības 0,5 … 2,5 cm dziļumā lielākoties ir mazas. Tās mainās tikai dažu procentu robežās. Tas norāda gan uz salīdzinoši viendabīgu betona struktūru, gan uz to, ka būtiskas plaisas, tukšumi vai izteikti bojājumi 0,5 … 2,5 cm dziļuma diapazonā betonam nav raksturīgi.

E. No konstrukcijām izurbto betona paraugu spiedes stiprība, tās savstarpējā sakarība ar negraujošo metožu rezultātiem

Paraugu vizuālās apskates un pārbaudes rezultātus testēšanas pārskata veidā skat. 6. pielikumā. Gaisa ieslēgumu maksimālie izmēri raksturo samērā blīvu betona struktūru bez izteikti lieliem tukšumiem. Papildu apkopojumu skat. P6.7. tabulā. Pēc izlīdzināšanas paraugu augstuma un ∅ attiecība (h/d) bija diapazonā 0,90 … 1,04, kas testiem nodrošina savstarpēji salīdzināmus apstākļus un atbilst spiedes stiprības noteikšanā izmantotajai metodikai.

R puses sienai noteikts viszemākais vidējais betona blīvums. Tas labi saskan ar iepriekš dotajiem negraujošo pārbaužu rezultātiem, jo tieši R puses sienai dūņu aizpildījuma zonā konstatēti mazākie ultraskaņas izplatīšanās ātrumi, salīdzinoši zemākas sklerometriskās vērtības un izteiktāki stiegrojuma korozijas riska potenciāli. Zemākais betona blīvums šajā objekta daļā netieši apliecina — betona struktūra šeit ir salīdzinoši poraināka / neviendabīgāka. Tādos apstākļos agresīvo vielu infiltrācija struktūrā un līdz ar to korozijas attīstība ir vieglāka.

Spiedes stiprības rezultāti savukārt liecina, ka izurbto paraugu betona mehāniskās īpašības kopumā ir augstas (vidējās stiprības vērtības ir ap 50 MPa).

Salīdzinot spiedes stiprības rezultātus ar iepriekš dotajiem sklerometrijas datiem, konstatēta acīmredzama to savstarpēja sakarība. Proti, sklerometrijas rezultāti pietiekami labi pastarpināti liecina par betona faktisko stiprību.

P6.7. tabula

Izurbto betona paraugu blīvums un spiedes stiprība

Paraugs	Konstrukcija	Blīvums (kg/m³)		Stiprība spiedē (MPa)	
		paraugam	vidēji	paraugam	vidēji
1	Vidus starpsiena	2512*	2437	58,0	54,6
12		2361		51,2	
2	A puses siena	2376	2370	51,6	53,5
10		2400*		51,1	
11		2335		57,9	
3	D puses siena	2377	2360	47,1	48,1
4		2343		49,2	
5	R puses siena	2320	2304	53,6	51,6
6		2284		51,8	
13		2308		49,4	
8	Z puses siena	2304	2408	50,4	51,6
9		2512*		52,8	
7	Grīda	2356	2344	51,4	50,4
14		2333		49,4	

* Betona blīvuma vērtību palielinājis paraugā esošais stiegrojums.

Kā zināms, sklerometrijas dati raksturo galvenokārt virsmas slāni, ultraskaņas metode sniedz ieskatu par betona iekšējo viendabīgumu, bet spiedes stiprības pārbaude tiek veikta izurbtam paraugam, iegūstot datus arī par dziļākiem betona slāņiem.

Kopumā laboratoriski noteiktās spiedes stiprības vērtības apstiprina negraujošo pārbaužu rezultātus. Betona zonas ar augstākiem sklerometrijas un ultraskaņas ātruma rādītājiem caurmērā uzrāda arī lielāku spiedes stiprību, savukārt zonām, kurām konstatēta zemāka betona viendabība un paaugstināts stiegrojuma korozijas risks, dominējoši vērojams salīdzinoši zemāks betona blīvums un nedaudz zemākas spiedes stiprības vērtības. Dažādu diagnostikas metožu kompleksa izmantošana līdz ar to ļāva pilnvērtīgāk un detalizētāk novērtēt monolītā dzelzsbetona konstrukciju faktisko tehnisko stāvokli.

P6.8. tabulā apkopotie rezultāti liecina, ka objekta dažādu konstrukciju betona kvalitāte kopumā ir ļoti līdzīga, un to apliecināja katra no pielietotajām testēšanas metodēm.

P6.8. tabula

Ar negraujošajām un daļēji graujošo pārbaudes metodi iegūto rezultātu apkopojums

Konstrukcija	Negraujošās metodes			Daļēji graujošā metode
	Sklerometrijas dati (MPa)	Ultraskaņas ātrums (m/s)	Virsmas mitrums (%)	Spiedes stiprība (MPa)
Sienas	46,0	4673	3,5	52,0
Pārsegums	44,4	4511	3,9	–
Grīda	44,7	4760	5,8	50,4

Piebilstams, ka grīdas betonam noteiktais ultraskaņas impulsa izplatīšanās ātrums liecina par it kā augstāku betona kvalitāti, tomēr jāņem vērā, ka grīdu betonam mērījumu laikā tika konstatēts ievērojami augstāks virsmas mitrums, salīdzinot ar sienām un pārsegumu, skat. P6.8. tabulu. Ir zināms, ka paaugstināts mitruma daudzums betonā palielina ultraskaņas impulsa izplatīšanās ātrumu šādā vidē. Tādēļ grīdai iegūtās lielākas ultraskaņas ātruma vērtības visdrīzāk ir skaidrojamas ar lielāku betona mitrumu.

Sagatavoja: — A. Ūdris, būvinženieris, U. Lencis, būvinženieris, E. Vaidaševičs, tehniķis