



**RANNSÓKNASTOFNUN
BYGGINGARÍÐNAÐARINS**

Rb/SfB

Skýrsla nr. 02-014

Ný mælitækni við mat á ástandi steinsteypu

Gísli Guðmundsson





RANNSÓKNASTOFNUN BYGGINGARIÐNAÐARINS

SKÝRSLA

Skýrsla nr: 02-14
Dreifing:
Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>

Rb/SfB

Heiti skýrslu: Ný mælitækni við mat á ástandi steinsteypu	Dags: 27-12-2002
	Fjöldi síða: 29
Höfundur: dr Gísli Guðmundsson,	Faglega ábyrgur: G.G.
Deild: Steinsteypudeild	Rannsóknarnúmer: V-0203

Unnið fyrir:

Íbúðalánasjóð, Vegagerðina og Steinsteypunefnd

Úrdráttur

Segja má að NDT-tækið muni nýtast mjög vel við að kanna útbreiðslu skemmda í steypu. Saman með hljóðbylgjutækinu bjóða tækin tvö upp á mjög áhugaverða möguleika til að greina skemmdir í steinsteypu án þess að til sýnatöku komi.

Enn vantar töluvert upp á það að eiginleikar tækjanna séu full kannaðir og markmið með næstu skrefum í verkefninu er að afla meiri vitneskju um eiginleika tækjanna. Nauðsynlegt er að kanna betur hve vel tækin geta staðsett járn og járnalagnir í steypu. Einnig er nauðsynlegt að taka sýni af svæðum sem rannsökuð hafa verið (t.d. með borkjörnum) að bera saman mæliniðurstöður fengnar með tækjunum og niðurstöður úr rannsóknum á sýnunum (sprunguvídd, sprungudýpt, fjöldi sprungna, styrkur steypu, o.s.frv.).

3 lykilorð: Á íslensku

Á ensku

Skemmdargreining á sýnatöku	non destructive testing
hljóðbylgjumælingar	ultrasonic testing
skemmdagreining	damage assessment

Efnisyfirlit

Inngangur.....	4
Mæling 1 – Útveggur og svalir á húsi frá 1960 til 1964.....	4
Mæling 2 – Útveggur ástandsmat.....	8
Mæling 3 – Laus múr og sprungin steypa.....	11
Mæling 4 - Hólabrekkuskóli.....	13
Mæling 5 – Steypa með hrjúft yfirborð.....	16
Mæling 6 – Umferðabrú á Vesturlandsveg.....	17
Mæling 7 – Undirstöður af bragga – Gólf meðfrostskekkum og veggur með járn.....	23
Mæling 8 – Staðsetning á járnagrind.....	28
Mæling 9 – Aðrar mælingar.....	31
Samantekt.....	31

Inngangur

Tvö ný mælitæki voru keypt til landsins á árinu 2002. Bæði tækin byggja á sömu tækni, n.l. að senda hljóðbylgjur inn í steinsteypu. Þau eru bæði frá sama framleiðanda og koma frá Rússlandi. Fyrri tækið (NDT-tæki), sem er mun öflugra. Það byggir á því að 12 sendar senda hljóðbylgjur inn í steypu. Síðan eru 12 móttakarar sem nema endurkast þessara hljóðbylgna. Bylgjurnar endurkastast frá botni, frá holrýmum (eins og t.d. sprungum) og bendistjáli (tiltölulega veikt endurkast). Þannig er hægt að kanna þykkt t.d. steyptra veggja þar sem aðeins er aðgangur að annarri hliðinni, eða kanna útbreiðslu sprungna í steypu, o.s.frv. Í flestum tilvikum er nauðsynlegt að flytja aflestrargögn yfir í tölvu og vinna frekar úr þeim þar. Nokkrar stillingar er um að ræða á tækinu. Seinna tækið er s.k. hljóðbylgjumælitæki. Það byggir á því að mæla hljóðbylgjuhraða í steinsteypu. Tækið er mjög einfalt í notkun og sérlega gott við að mæla sprungudýptir, þ.e. hve langt yfirborðsprungur ganga inn í steinsteypu. Ekki er þörf á neinni úrvinnslu, aflestur er lesin beint af skjánum á tækinu.

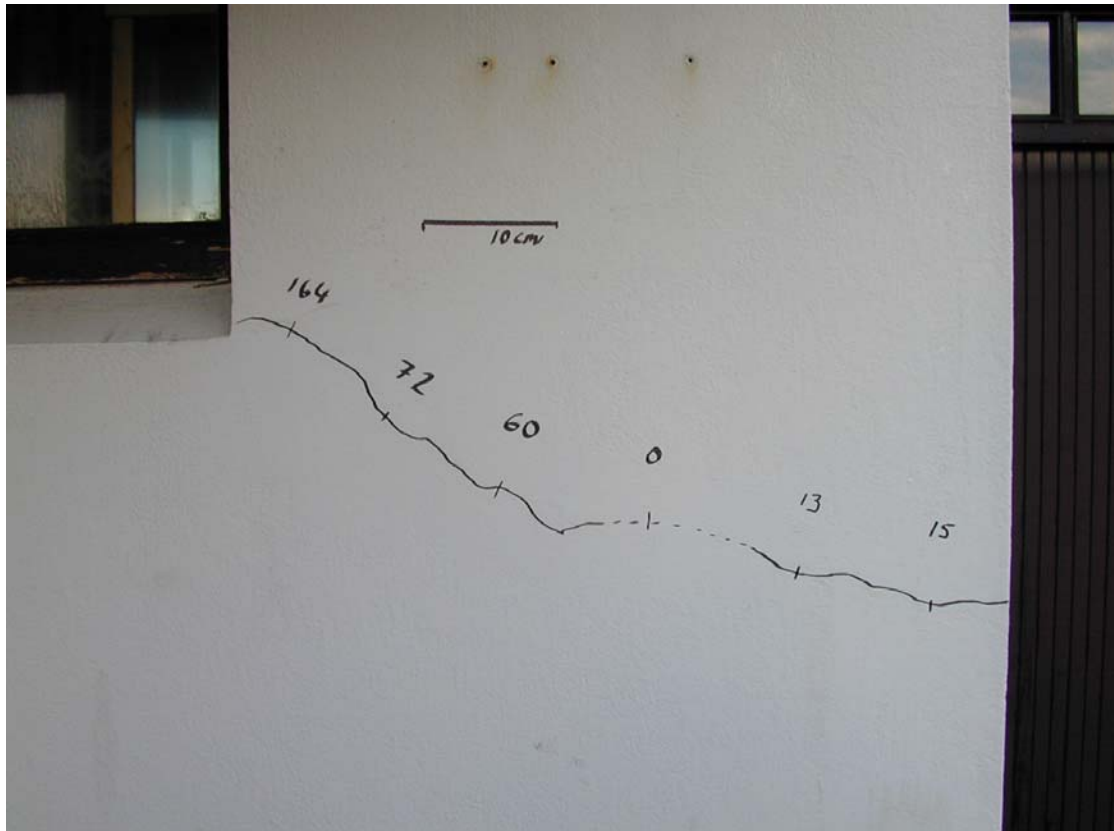
Tækin gera það kleift að hægt er að meta ástand steypu sem er allt að 1,2 m á þykkt. Fyrstu niðurstöður benda til þess að tækin eru mjög öflug við að finna holrými og sprungur í steinsteypu. Hins vegar gengur erfiðlegar að finna og sérstaklega að staðsetja m.t.t. steypuhulu bendistál í steinsteypu. Reiknað er með að rannsóknarvinna haldi áfram á árinu 2003, þar sem lögð verði áhersla á leit að járnnum, að spennuvírum og járnalögnum (eins og t.d. neysluvatnslangir). Einnig verða sýni tekin úr mannvirkjum og þau skoðuð (sprungudýpt, sprunguvídd, sprungufjöldi, styrkur, o.þ.h.) og niðurstöður bornar saman við mæliniðurstöður úr NDT-tækjunum. Þegar er búið að tryggja áframhaldandi styrk frá Steinsteypunefnd og sótt verður um styrk frá Íbúðalánasjóði og Vegagerðinni vegna fyrirhugaðar vinnu á árinu 2003.

Í sambandi við styrkumsókn til Vegagerðarinnar er mjög áhugavert að skoða spennuraufar í mannvirkjum, og hvernig takist til við grautunina.

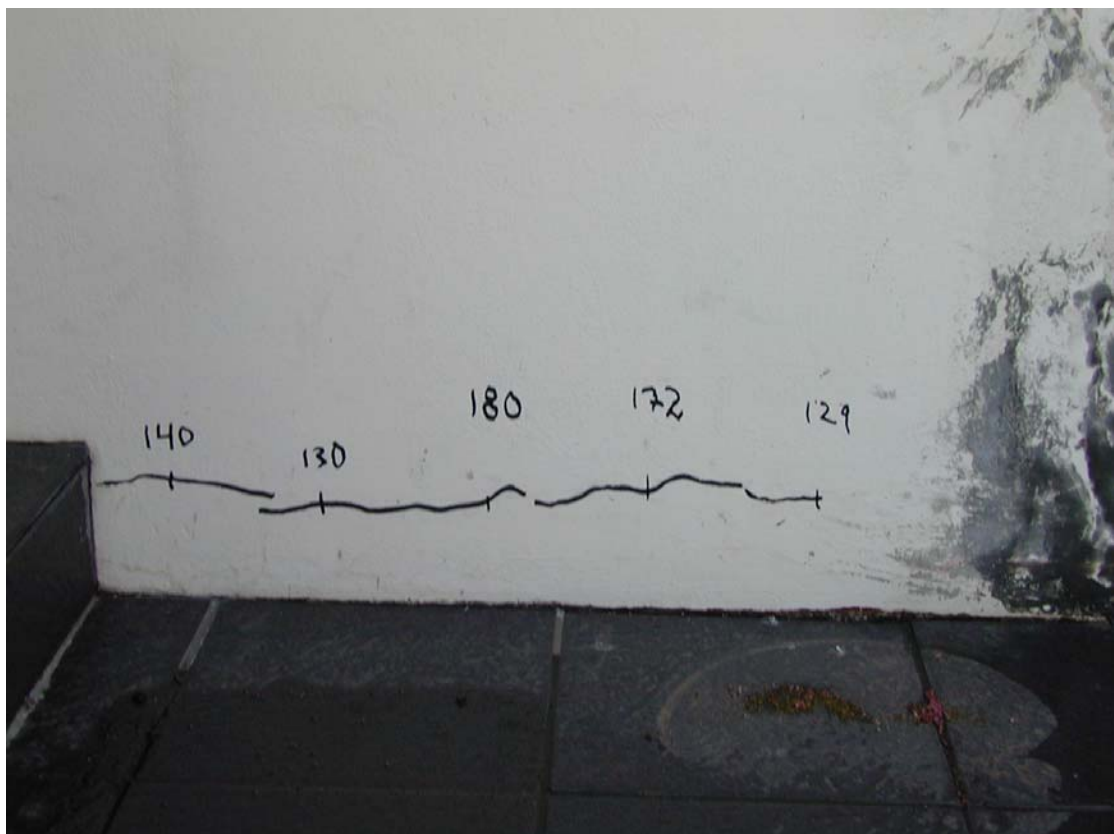
Markmið með þessu verkefni er að kanna getu þessara tækja, þannig að í verklok (2003) verði hægt að bjóða viðskiptavinum upp á þjónustu af þessu tagi, n.l. að meta ástand steinsteypu á tiltölulega ódýran, fljótlegan og öruggan máta. Hér verður gerð grein fyrir helstu mælingu sem gerðar voru ár árinu 2002. Þar sem það á við er ekki getið um staðsetningu og nokkrar mælingar voru þess eðlis að niðurstöður voru ekki skráðar, heldur lesnar beint af tölvuskjá.

Mæling 1 – Útveggur og svalir á húsi frá 1960 til 1964.

Í útvegg á einu íbúðarhúsi má sjá nokkrar sprungur, sjá mynd 1 og 2, jafnframt er komið takmarkað los í múrinn. Byrjað var á því að kanna sprungudýptina. Á myndum 1 og 2 er niðurstöður sýndar. Efri sprungan, á mynd 1, liggur frá glugga að aðliggjandi vegg, þar sem hún heldur áfram. Sprungudýptin er frá 16 cm upp við gluggan og síðan gryn timer sprungan. Þar sem sprungan er gryn timer er erfitt að sjá hana á yfirborði. Neðri sprungan, sjá mynd 2, er á plötuskilum. Hún er töluvert dýpri, sprungan nær um 13 til 18 cm inn í steypuna, eða ekki alveg í gengum vegginn.



Mynd 1. Sprunga í múr og steypu. Tölurnar sýna dýptina á sprungunni inn í steypuna í mm



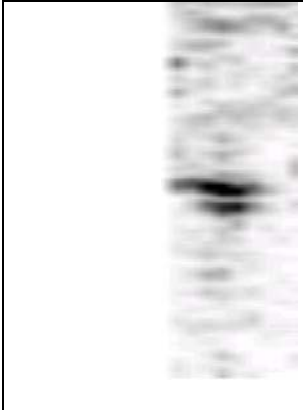


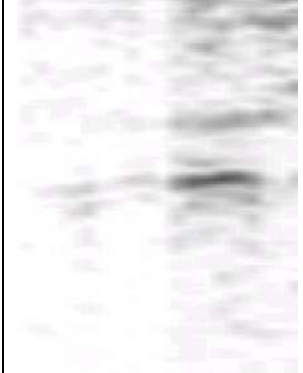



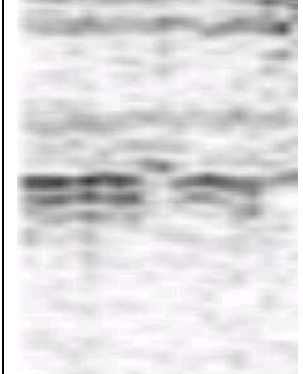
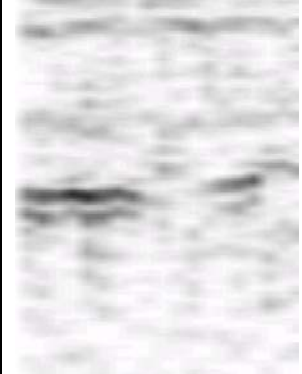
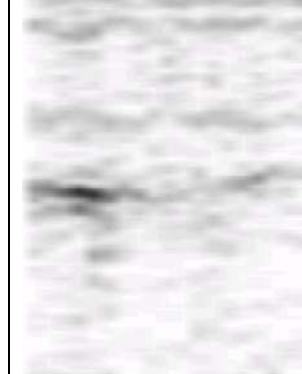

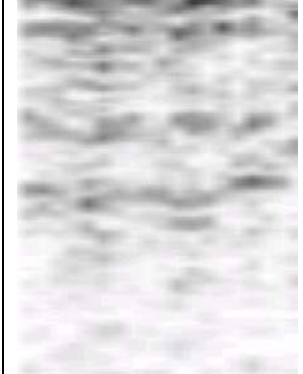
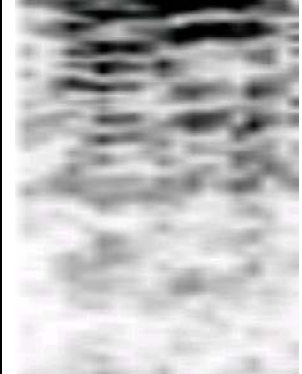
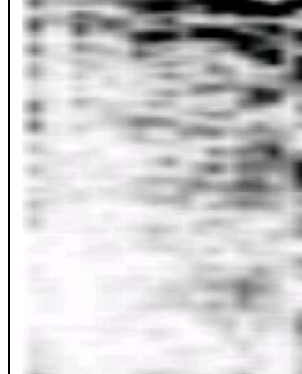
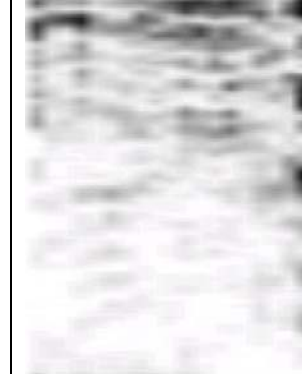
Mynd 2. Sprunga á plötuskilum. Tölurnar sýna dýptina á sprungunni inn í steypuna í mm.

Ástand steypunnar á þessu sprungan svæði var kannað með NDT-tækinu. Veggurinn var skannaður eftir láréttum línum, sem náðu frá miðjum glugga og niður að neðri sprungunni. Ef vel er að gáð þá má sjá línurnar og númerin á þeim á mynd 3. Alls voru 15 línur skannaðar. Mælingar voru gerðar með 10 cm millibili á hverri línu. Hver lína náði inn fyrir miðjan glugga.



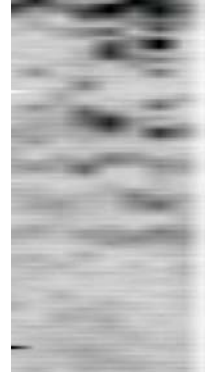











Mynd 3. Myndin sýnir svæðið sem skannað var með NDT-tækinu.

Niðurstöður úr NDT-mælingunum eru sýndar á mynd 4. Línur 1 til 4 eru gerðar við hlið gluggans og þar lítur steypa vel út og ekkert óeðlilegt að merkja í steypunni. Endurkastið frá botni kemur fram á miðri mynd. Ástæðan fyrir því að endurkastið frá botninum kemur ekki fram í fyrstu mælingum hvarrar línu (þ.e. hægra megin) er sú að þar er verið að horfa inn í gagnstæðan útvegg, sem er um 10–12 m langur og NDT-tækið nemur ekki botninn. Í línunum 5 og 6 kemur fram endurkast töluvert fyrir ofan botninn og í línu 5 er botnendurkastið veikt. Þetta bendir til þess að þarna sé steypa skemmd, enda er verið að skanna yfir efri sprunguna. Í línu 7 virðist steypa vera í mjög góðu standi. Frá línu 8 og niður úr virðist ástand steypunnar vera frekar slæmt, sérstaklega upp við hornið, síðan skánar steypa frá horninu inn í bíslagið, þar sem hún er meira varin fyrir veðri.

			
lína 1	lína 2	lína 3	
			
lína 4	lína 5	lína 6	lína 7
			
lína 8	lína 9	lína 10	lína 11
			
lína 12	lína 13	lína 14	lína 15

Mynd 4. Niðurstöður úr mælingum með NDT-tækinu. Endurkastið frá botni kemur fram á miðri mynd. Mælingarnar eru gerðar frá hægri til vinstri.

Svalir sama húss voru kannaðar með NDT-tækinu, en kantur þeirra er orðinn all sprunginn. Niðurstöður úr mælingunni eru sýndar á mynd 5. Skannað var í línur sem lágu samhliða brúninni. Fyrsta lína var eftir brúninni og síðan koll af kolli með 10 cm milli bilin í átt að útvegg. Á hverri línu voru 10 mælipunktar með 10 cm millibili.

					
lína 1 við brún	lína 2 – um 10 cm frá brún	lína 3 – um 20 cm frá brún	lína 4 – um 30 cm frá brún	lína 5 – um 40 cm frá brún	lína 6 – um 50 cm frá brún
					
lína 7 – um 60 cm frá brún	lína 8 – um 70 cm frá brún	lína 9 – um 80 cm frá brún	lína 10 – um 90 cm frá brún	lína 11 – um 1 m frá brún	lína 12 – um 1,1 m frá brún

Mynd 5. Niðurstöður úr NDT-mælingu á svölum. Endurkast frá botni er rétt fyrir ofan miðja mynd.

Niðurstöðurnar benda til þess að steypa við brúnina sé í tiltölulega slæmu standi, endurkastið frá botni sést ekki almennilega fyrr en komið er um 50 cm frá kantinum (lína 6).


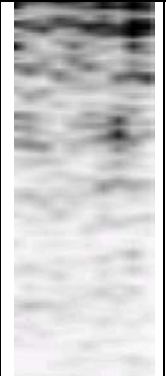









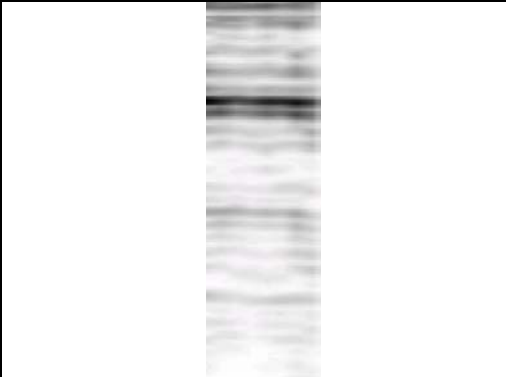
Mæling 2 – Útveggur ástandsmat

Steyptur gafl á fjölbýlishúsi var kannaður með NDT-tækinu og einnig hjóðbylgjuhraða tækinu. Staðsetning mælipunkta er sýnd á mynd 6. Húsið var steypu um miðjan áttunda áratuginn. Verulegar sprungur eru á yfirborðinu og markmiðið með mælingunum er að meta ástand veggjarins. Til viðmiðunar var gerð mælin eftir einni línu á öðrum vegg í sama húsi, sá var með öllu óskemmdur að sjá og vel varin frá verðri.



Mynd 6. Myndin sýnir staðsetningu mælipunkta, mælt frá vinstri til hægri og byrjað upp, alls var mælt eftir 11 láréttum línum með 10 cm millibili. Á hverri línu var mælt með 10 cm millibili. Veggurinn er um 27 cm þykkur. Tækið var stillt á 3000 m/sek og 33 KHz

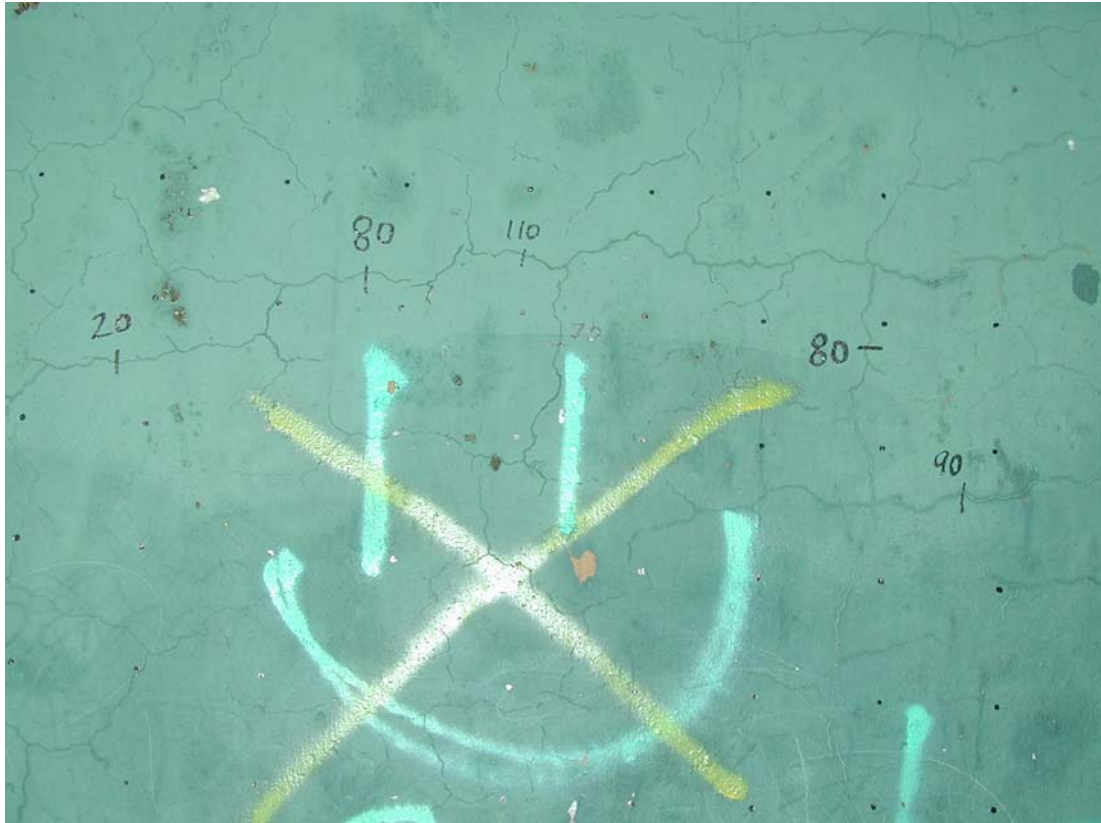
Niðurstöður úr NDT-mælingunum eru sýndar á mynd 7, síðasti ramminn á myndinni er af óskemmda veggnum.

						
lína 1 ath myndir eru speglaðar	lína 2	lína 3	lína 4	lína 5	lína 6	lína 7
						
lína 8	lína 9	lína 10	lína 11	Norður-suður veggur – óskemmdur (um 20 cm þykkur)		

Mynd 7. Niðurstöður úr NDT-mælingum á húsgafli – línur 1 til 11 og til samanburðar er síðasta lína af óskemmdum vegg á sömu byggingu.

Botnendurkastið af gaflinum ætti að koma fram aðeins fyrir ofan miðja mynd, á öllum römmunum kemur það annað hvort mjög veikt fram eða ekki. Hins vegar eru margskonar endurköst ofar, sem væntanlega stafa af því að steypa er mjög sprungin. Segja má að steypa í fletinum sem var rannsakaður sé öll tiltölulega léleg. Til samanburðar lítur norður-suðurveggurinn mjög vel út, endurkastið frá botni kemur mjög skýrt fram og ekkert annað.

Sprungudýpt var mæld á nokkrum stöðum með hljóðbylgjutækinu og niðurstöðurnar eru sýndar á mynd 8. Sprungudýptin er á bilinu frá 2 til 11 cm.



Mynd 8. Dýpt á nokkrum sprungum í mm.








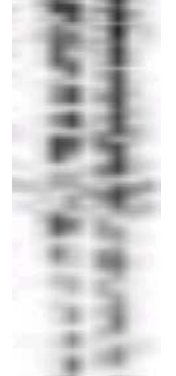



Mæling 3 – Laus múr og sprungin steypa

Steyptur bílskúr var kannaður með NDT-tækinu og einnig hjóðbylgjuhraða tækinu. Staðsetning mælipunkta er sýnd á mynd 9. Bílskúrinn var steypdur um miðjan áttunda áratuginn. Verulegar sprungur eru á yfirborðinu og múrinn er laus frá steypunni. Múrinn er mjög þunnur, aðeins um og yfir 1 cm. Staðsetning NDT-mælinetsins er sýnt á mynd 9.



Mynd 9. Staðsetning á mælineti, mælt frá vinstri til hægri og byrjað upp, alls var mælt eftir 11 láréttum línum með 10 cm millibili. Múrinn er mislaus frá veggnum og sprungudýptin er milli 10 og 12 cm. Múrinn virðist ekki vera meira en um 1 cm á þykkt. NDT-tækið var stillt á 33 KHz og 3000 m/sek.

Niðurstöður úr NDT-mælingunum eru sýndar á mynd 10.

					
lína 1 efst og til vinstri – ath myndirnar eru speglaðar	lína 2	lína 3	lína 4	lína 5	lína 6
					
lína 7	lína 8	lína 9	lína 10	lína 11 – neðsta lína	

Mynd 10. Niðurstöður úr NDT-mælingum. Endurkast frá botni er fyrir miðri mynd. Sterkt endurkast kemur frá lausum múr.

Endurkast frá lausum múr virðist koma mjög sterkt fram í mælingunum, eins og t.d. í línunum 7 og 8. Þrátt fyrir lausan múr og yfirborðssprungur, þá kemur endurkastið frá botni nokkuð vel fram í flestum línunum. Væntanlega bendir það til þess að steypa er í nokkuð góðu standi.

Sprungudýptin var mæld yfir nokkrar sprungur og reyndist hún vera um 10 til 12 cm.

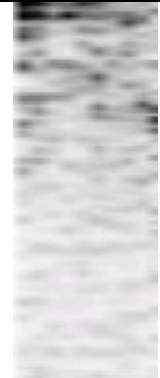











Mæling 4 - Hólabrekkuskóli

Tiltölulega illa sprunginn veggur var kannaður í Hólabrekkuskóla, sjá mynd 11.



Mynd 11. Staðsetning mælinets. Mælt var frá vatnsbretti undir efri glugganum, mælt var eftir láréttum línum frá vinstri til hægri, alls 12 línur. Hver lína var 1 m á lengd. 10 cm voru milli hvers mælipunkts. Tækið var stillt á 3000 m/sek og 33 KHz. Plötuskil koma fram á veggnum, rétt fyrir neðan miðja mynd. Sprungudýptin mældist milli 10 og 13 cm, nema á plötuskilum, þar var sprungudýptin um 21 cm.

Niðurstöður úr NDT-mælingu á veggnum eru sýndar á mynd 12. Endurkast frá botninum ætti að koma fram nokkuð fyrir ofan miðja mynd. Veikt endurkast frá botni kemur fram t.d. í línu 6, örin vísar á það.

					
lína 1 efst og til vinstri	lína 2	lína 3	lína 4	lína 5	lína 6
					
lína 7 – skannað eftir plötuskilum	lína 8	lína 9	lína 10	lína 11	lína 12 neðst

Mynd 12. Niðurstöður úr NDT-mælingum á Hólabrekkuskóla.

Endurkastið frá botn kemur hvergi vel fram, hins vegar kemur fram endurkast mun ofar (nær yfirborði), sem væntanlega stafa af sprungum sem ná mis djúpt ofan í steypuna.

Sprungudýptin reyndist vera á milli 10 og 13 cm, nema á plötuskilum, þar var sprungudýptin um 21 cm.


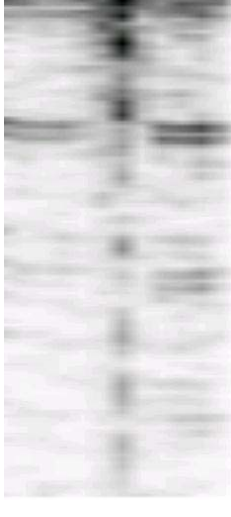
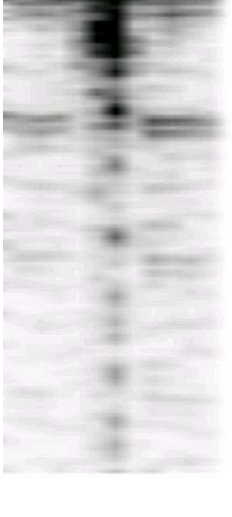

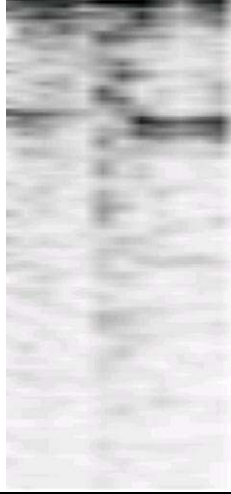
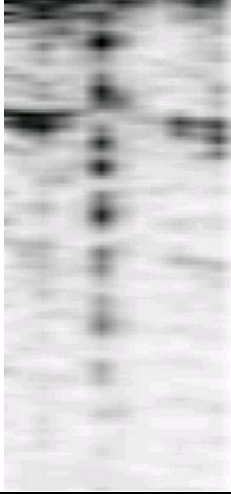
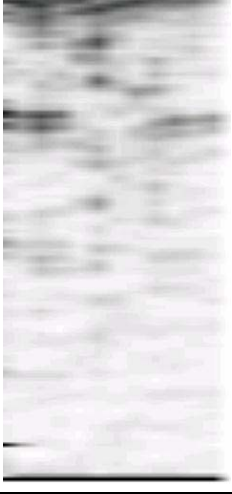
Mæling 5 – Steypa með hrjúft yfirborð

Áhugi var á því að kanna áhrif af hrjúfu yfirborði á það hve “vel” NDT-tækið sér í inn í steypu með slíkt yfirborð. Fyrir valin var hús með tiltölulega hrjúfu yfirborði. Töluvert er um sprungur í steypunni. Um einn fermetri var kannaður með NDT-tækinu og í fletinum sem varð fyrir valinu var sprunga í miðjunni, sjá mynd 13.



Mynd 13. Steypa með hrjúft yfirborð. Skannaðar voru 7 láréttar línur með sprunguna miðjunni. Hver lína var 1 m á lengd og bil milli mælipunkta var 10 cm. Mælistikan sýnir staðsetningu á efstu línunni.

Niðurstöður úr NDT-mælingunum eru sýndar á mynd 14. Endurkast frá botni kemur fram vel fyrir ofan miðja mynd, rauða strikið í línu 1 er staðsett við endurkastið frá botni.

			
lína 1 – efst	lína 2	lína 3	lína 4
			
lína 5	lína 6	lína 7 - neðst	

Mynd 14. Niðurstöður úr NDT-mælingunum. Endurkast frá botni kemur fram vel fyrir ofan miðja mynd, rauða strikið í línu 1 er staðsett við endurkastið frá botni.

Niðurstöður NDT-mælinganna benda til þess að hrjúft yfirborð hafi ekki áhrif á mælingarnar, a.m.k. ekki í þessu tilviki. Endurkastið frá botn er mjög sterkt og eins kemur endurkast frá sprungunni mjög vel fram í öllum línunum.

Mæling 6 – Umferðabré á Vesturlandsveg

Brúin á Vesturlandsvegi var steipt fyrir nokkrum árum og er notuð hér í þeim tilgangi til að kanna hvernig ný og óskemmd steypa kemur fram í NDT-tækinu, en einnig til þess að kanna hve næmt tækið er fyrir þykkt steyptra veggja. Hluti af tveimur steiptum veggjum voru kannaðir með tækinu, sjá myndir 15, 16 og 18. Ekki er vitað um staðsetning járna, né magn þeirra steypunnar. Því er ekki hægt að segja neitt til um áhrif af legu járna á niðurstöður úr þessum mælingum, né hve vel NDT-tækið sér og getur staðsett bendijárn í steinsteypu.



Mynd 15. Umferðabrá á Vesturlandsvegi. Veggirnir sitt hvoru megin við reiðgötuna voru kannaðir með NDT-tækinu. Staðsetning mælipunkta á veggnum vinstra megin eru sýndir á mynd 17 og staðsetning mælipunkta á veggnum hægra megin eru sýndir á mynd 19.

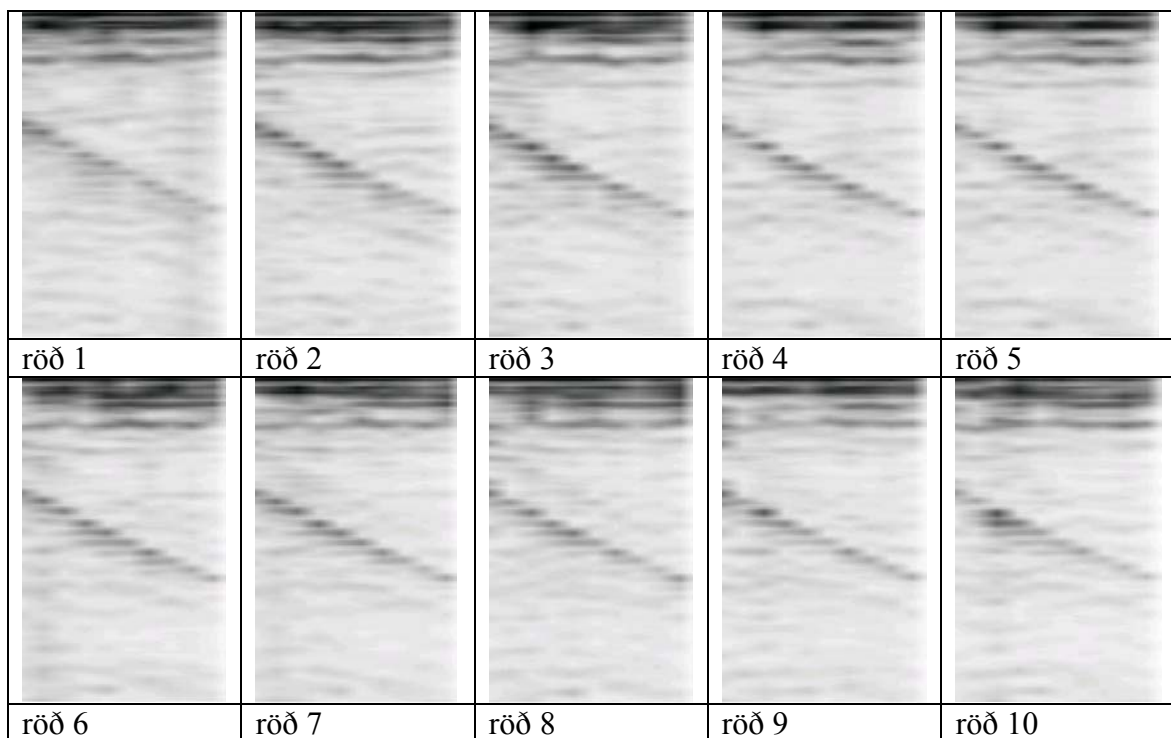
Vinstri veggur

Byrjað var á því að kanna vegginn vinstra megin við reiðgötuna, sjá mynd 16. Veggurinn er með fláa, hann er um 28 cm þykkur efstur og niður við jörðu er hann um 50 cm þykkur. Alls voru 10 láréttar mælilínur kannaðar, byrjað var efst og unnið niður eftir veggnum, með 10 cm millibili. Á hverri mælilínu voru 10 mælipunktar með 10 cm millibili.



Mynd 16. Staðsetning mælipunkta. Mælt var frá efri brún eftir láréttum línunum frá vinstri til hægri, alls 10 línur. Hver lína var 1 m á lengd. 10 cm voru milli hvers mælipunkts. Tækið var stillt á 3000 m/sek og 33 KHz.

Niðurstöður úr mælingunum eru sýndar á mynd 17. Niðurstöðurnar voru teknar saman og sýndar sem lóðréttar raðir.



Mynd 17. Niðurstöður úr NDT-mælingunum. Niðurstöðurnar eru sýnda í lóðréttum röðum. Endurkast frá botni sem tröppulaga skástrikuð lína.

Dæma má af mynd 18 að NDT-tækið er mjög næmt fyrir þykkt steyptra eininga. Veggurinn þykkar um u.þ.b. 2 cm að meðaltali á milli mælilína þegar farið er niður eftir veggnum. NDT-tækið sér þessa þykktar breytingu mjög vel, eins og sjá má á mynd 17. Eins og kemur fram á myndunum er endurkastið frá botni tröppulaga. Tröppurnar eru all 10, þ.e. ein fyrir hverja línu.

Að örður leiti er lítið annað hægt að segja til um þessar mælingar, þó er greinilegt að NDT-tækið sér “eitthvað” mjög ofarlega í steypunni í öllum þversniðunum, á að því er virðist um 30 mm dýpi. Hugsanlega er um járnalagnir að ræða, en það þyrfti að skoða betur með meiri upplýsingar um legu járna og steypuhulu.

Hægri veggur

Veggurinn hægra megin við reiðgötuna, sjá mynd 15 var einnig kannaður með NDT-tækinu, staðsetning á mælineti er sýnt á mynd 18. Eins og veggurinn gegnt honum, er hann einnig með fláa. Efst er hann um 14 cm þykkur og rétt fyrir neðan miðja mynd (hæða á gangbraut, sjá mynd 20) er veggurinn um 28 cm þykkur (um 90 cm fyrir neðan efri brún). Veggurinn var kannaður eftir 13 láréttum línunum með 18 mælipunktum, 10 cm bil var á milli lína og einnig milli mælipunkta.



Mynd 18. Staðsetning mælipunkta – ath línur 14 og 15 voru ekki mældar. Mælt var frá efri brún eftir láréttum línunum frá vinstri til hægri, alls 13 línur. Hver lína var 1,7 m á lengd. 10 cm voru milli hvers mælipunkts. Tækið var stillt á 3000 m/sek og 33 KHz.

Á mynd 18 má sjá tvær múrfyllingar í línu 3, annars vegar í röð 6 og hins vegar í röð 16. Markmið með mælingunum var að hluta til að kanna hve vel NDT-tækið sér þessar múrfyllingar. Fyllingarnar eru innan við 5 cm í þvermáli.

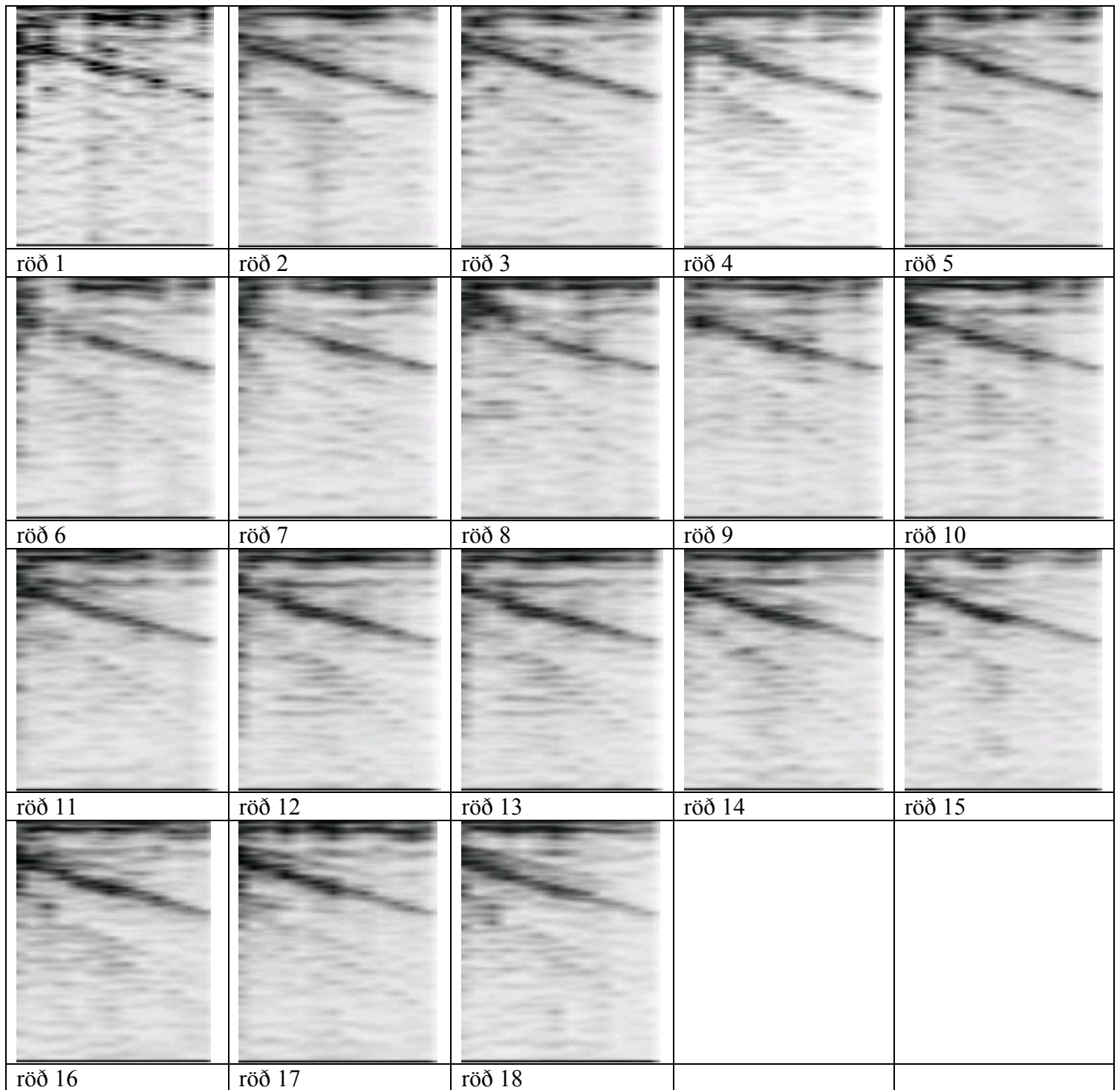
Ofan á veggnum hefur járnhandriðið verið komið fyrir. Þar sem handriðið er boltað í steypuna eru raufar í steypunni, í mælisniðinu sem kannað var er ein rauf, sjá mynd 19. Raufin er staðsett röðum 7, 8 og 9, þ.e.a.s. hún er fyrir miðri röð 8 en raðir 7 og 9 eru á jörðum hennar. Raufin er um 10 cm víð, um 5 cm djúp og tæplega 40 cm löng, þ.e. hún nær niður að línu 5.



Mynd 19. Staðsetning á rauf í steypu. Raufin er um 10 cm víð, um 5 cm djúp og tæplega 40 cm löng.

Markmið með því að skanna yfir raufina var að kanna hve vel NDT-tækið nemur þykktar breytinguna í veggnum.

Niðurstöður úr NDT-mælingunum á veggnum eru sýndar á mynd 20.



Mynd 20. Niðurstöður úr NDT-mælingunum. Niðurstöðurnar eru sýnda í lóðréttum röðum. Endurkast frá botni sem tröppulaga skástrikuð lína.

Eins og sjá má á mynd 20 kemur endurkastið frá botni mjög vel fram og svo virðist að NDT-tækið sjái botninn og breytingar á þykkt veggjarins mjög vel. Þrátt fyrir að veggurinn sé töluvert þynnri en gagnstæði veggurinn virðist það ekki hafa nein áhrif á gæðin mælinganna.

Múrtappinn á a.m.k. að koma fram í röð 6 og 16, í báðum tilvikum tiltölulega ofarlega (línu 3). Í röð 6 má sjá það vantar þessi hefðbundna endurkast ofarlega í

steypunni. Ef endurkastið stafar af bendistáli þá er mjög líklegt að þar sem það vantar þar er múrtappinn. Hliðstæðu er ekki hægt að sjá í þversniðinu í röð 16. Til þess að ganga úr skugga um hvort NDT-tækið nemur þær breytingar á efniseiginleikum, sem það hefur í för með sér að holan í steypunni er fyllt með múr, þá þarf að öllum líkindum að skanna yfir svæðið með mun þéttara neti en gert var.

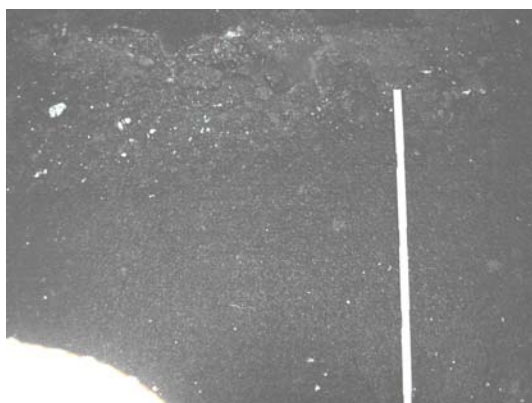
Raufin, sjá mynd 19, ætti að koma best fram tiltölulega ofarlega í röð 8. Í mælingu í röð 8 kemur raufin vel fram sem lárétt endurkast í línunum 1, 2, 3 og 4. Endurkastið er nokkuð ruglingslegt og spurning hvaða áhrif skúffubittinn (handriðið) hefur á niðurstöður mælingarinnar.

Mæling 7 – Undirstöður af bragga – Gólf með frostskeimmdum og veggur með járn

Bragginn var að öllum líkindum steypur á Stríðsárunum og er staðsettur undir Úlfarsfelli. Yfirbygging af bragganum er löngu horfin, aðeins stendur eftir steypur útveggur og gólfplata.

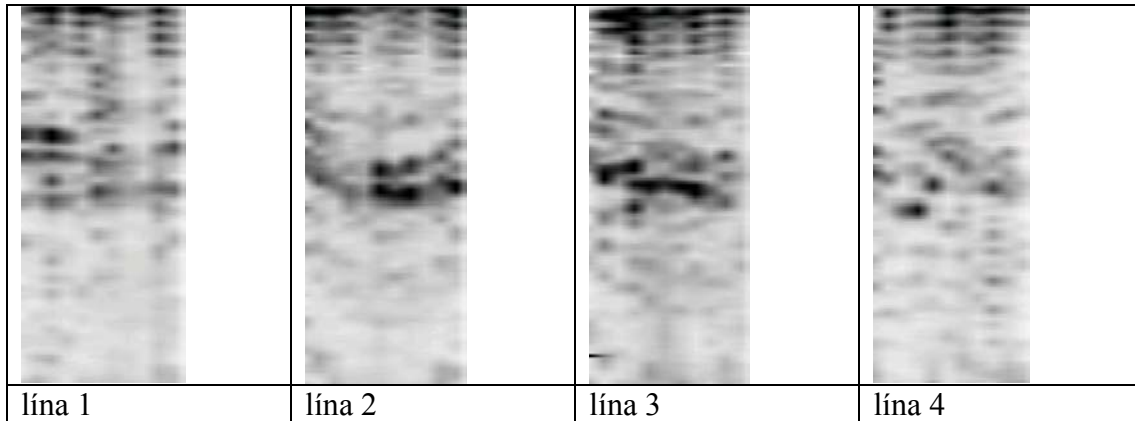
Frostskeimmdir í gólfi

Platan er tiltölulega þunn um 10 cm þykk. Í hluta af plötunni eru frostskeimmdir sem lýsa sér sem flögnun í yfirborði, sjá mynd 21 a og b. Skannað var yfir plötuna með NDT-tækinu þar sem hún var skeimmd og einnig, til samanburðar, þar sem hún var óskeimmd. Aðeins var skannað á hvoru svæði eftir 4 línunum með 10 cm á milli lína og 10 cm á milli mælipunkta í hverri línu.



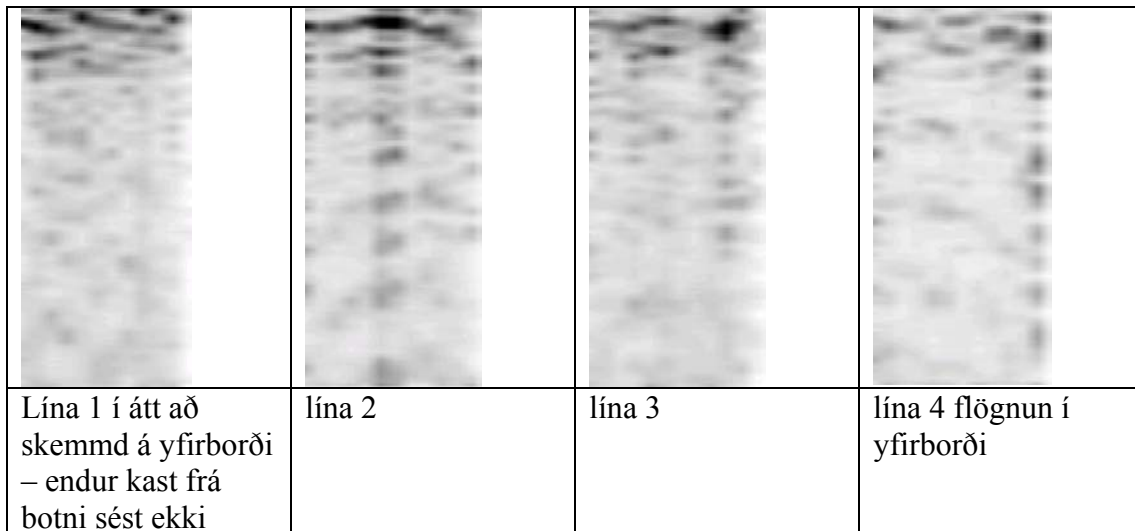
Mynd 21 a (vinstra megin) og b (hægra megin). Ef myndin prentast vel má sjá skeimmdirnar í plötunni. 10 cm á milli mælinga 2750 m/sek og 125 kHz Aðeins var skannað í 4 línunum með 10 cm á milli lína og 10 cm á milli mælipunkta í hverri línu.

Niðurstöður úr NDT-mælingunum á óskeimmdri steypu eru sýndar á mynd 22. Endurkast frá botni kemur tiltölulega vel fram fyrir miðja mynd, en það samsvarar um 10 cm dýpi. Endurkastið kemur þó ekki allstaðar fram sem væntanlega bendir til þess að steypan er ekki í sérlega góðu standi. Því til staðfestingar er tiltölulega sterkt endurkast ofar í steypunni, sem bendir til þess að steypan sé nokkuð sprungin rétt undir yfirborði.



Mynd 22. Niðurstöður úr NDT-mælingunum af óskemmdu svæði. Endurkast frá botni kemur fram fyrir miðri mynd.

Niðurstöður úr NDT-mælingunum á skemmdri steypu eru sýndar á mynd 23.



Mynd 23. Niðurstöður úr NDT-mælingunum af skemmdu svæði. Endurkast frá botni ætti að koma fram fyrir miðri mynd, en það gerist ekki vegna þess skemmd steypa er við yfirborðið.

Endurkastið frá botni kemur hvergi fram, hins vegar er tiltölulega sterkt endurkast mun ofar, sjá t.d. línu 2, þar sem sterkt endurkast kemur fram á um 8 mm dýpi. Þetta bendir til þess að steypa sé það sprungin að NDT-tækið sér ekkert að ráði ofan í steypuna.

Veggur – staðsetning á járn

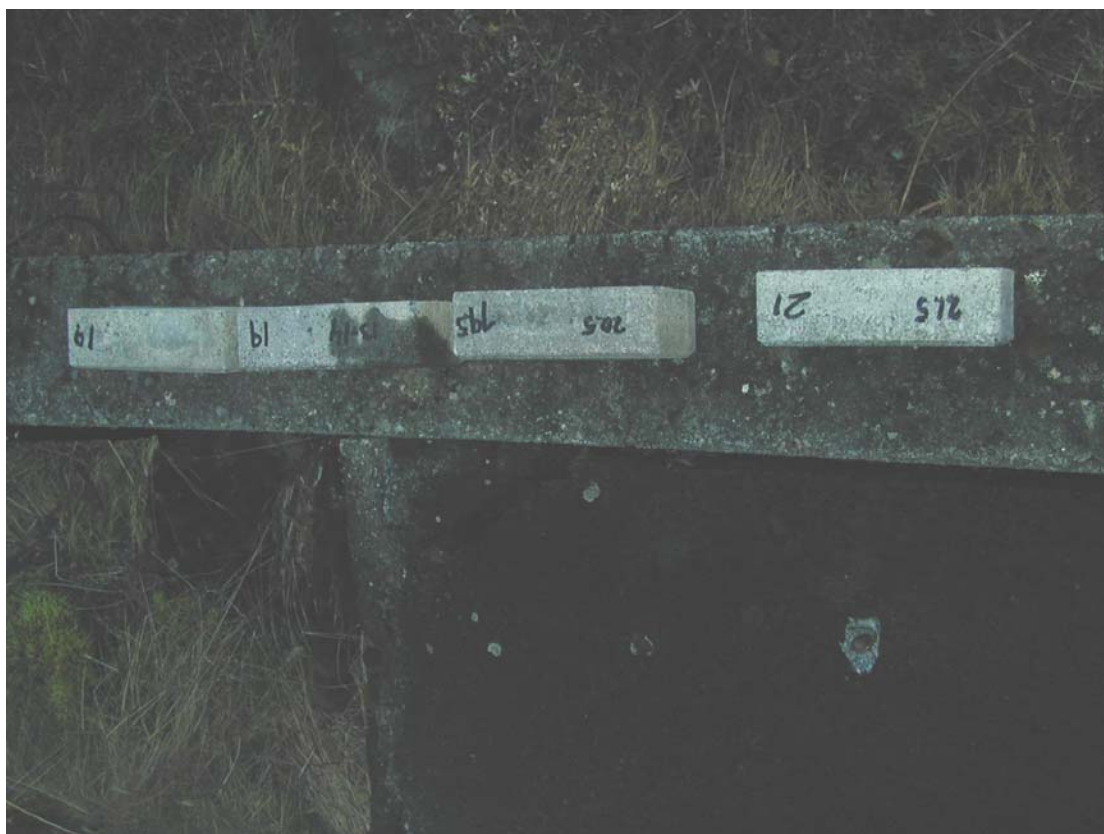
Á mynd 24 er svæði sem rannsakað var með NDT-tækinu sýnt. Fyrir miðri mynd má sjá járbolta sem er 13 til 14 mm sver (hefur sennilega verið notaður til þess að festa yfirbygginguna niður). Markmið með mælingunum var að reyna að staðsetja þennan bolta með NDT-tækinu. Eftir mælinguna var steypa brotin upp til þess að sjá hve langt járboltinn náði ofan í steypuna, en einnig voru kjarnar boraðir úr steypunni og þrýstipólið mælt. Boltinn náði um 17 cm ofan í steypuna. Þrýstipólið reyndist vera um 35 MPa (meðaltal þriggja mælinga). Kolsýring var könnuð í einum kjarna með phenoltalein og reyndist kjarninn vera meira eða minna kolsýrður í gegn.

Mælt var eftir 5 láréttum línum með 10 cm á milli lína og 5 cm á milli mælipunkta á hverri línu



Mynd 24. Braggaveggur. Skrúboltinn er á miðri mynd, hann er 13 til 14 mm sver og nær um 17 cm ofan í steypuna. Mælt var eftir 1 m löngum láréttum línum með 10 cm á milli lína, alls voru línurnar 5. Í hverri línu var mælt með 5 cm millibili. Byrjað var vinstra horni upp og mælt frá vinstri til hægri.

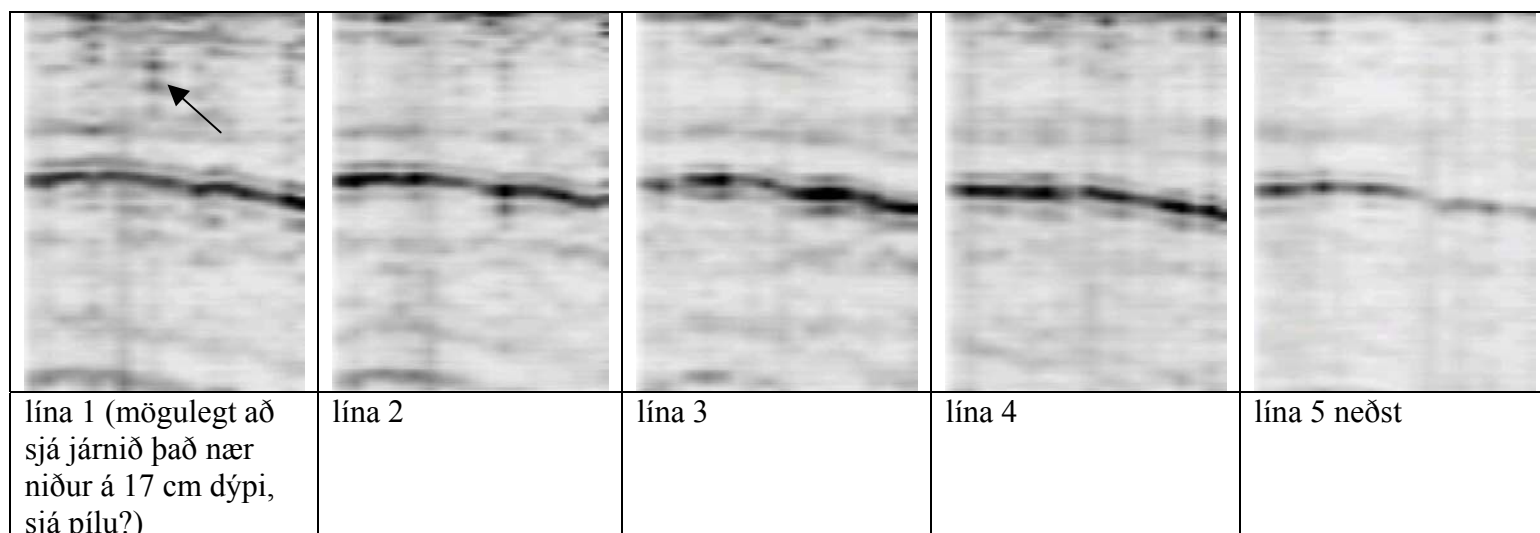
Veggurinn reyndist vera nokkuð misþykkur, eins og kemur fram á mynd 25. Þykktin var frá 19 cm til 22,5 cm.



Mynd 25. Braggaveggur, séð ofan frá. Tölurnar á steinunum sýna þykkt veggisins í cm.

NDT-tækið var notað með 55, 125 og 250 kHz tíðni og 1270 m/sek hraða og niðurstöður úr mælingunum eru sýndar á myndum 27, 28 og 29.

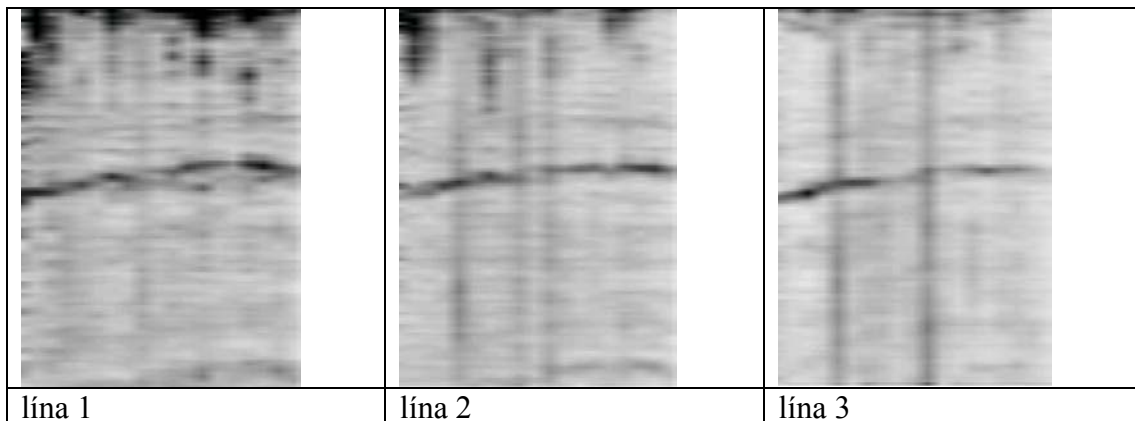
Á mynd 26 er niðurstöður með 55 kHz tíðni.



Mynd 26. Niðurstöður úr NDT-mælingunum með 55 kHz. Endurkast frá botni kemur fram fyrir miðri mynd. Endurkastið færir neðar í hægri hlutanum vegna þess að þar er veggurinn þykkari. Pílan bendir á mögulegt endurkast frá járnboltanum.

Á mynd 26 má sjá mögulegt endurkast frá járnboltanum í línu 1, sjá örina. Endurkastið gefur til kynna að steypuhulan er 5 cm, sem hún í rauninni er. NDT-tækið nemur vel þykktina á veggnum og breytingar á henni. Ekki er hægt að sjá að tækið nemur boltann í línu 2, en hluti af honum sker þó línuna.

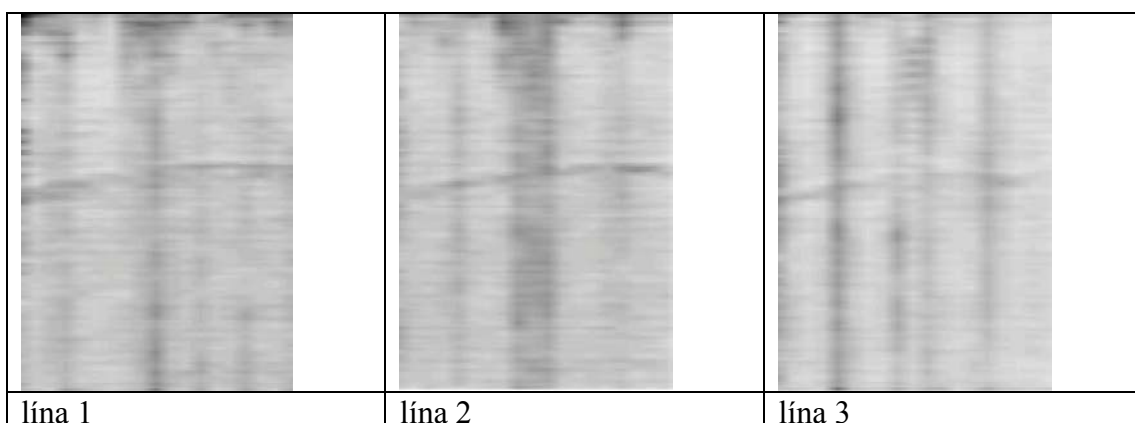
Á mynd 27 eru mæliniðurstöður með 125 kHz tíðni. Á myndinni er hver lína spegluð (einnig á mynd 29), þ.e.a.s. þær eru öfugar. Aðeins eru sýndar mælingar af efstu þremur línunum.



Mynd 27. Niðurstöður úr NDT-mælingunum með 125 kHz. Endurkast frá botni kemur fram fyrir miðri mynd. Endurkastið færir neðar í hægri hlutanum vegna þess að þar er veggurinn þykkari (ath myndir eru speglaðar). Lóðréttu línurnar sem koma fram í öllum línunum stafa væntanlega af truflunum í NDT-tækinu.

Í línu 1 er endurkast fyrir miðri mynd sem gæti verið frá boltanum. Hægra megin við endurkastið frá boltanum eru tvö endurköst sem gætu verið frá fleiri járnalögnum, annað endurkastið kemur einnig fram í línu 1 á mynd 27.

Á mynd 28 eru mæliniðurstöður með 250 kHz tíðni. Aðeins eru sýndar mælingar af efstu þremur línunum.



Mynd 28. Niðurstöður úr NDT-mælingunum með 250 kHz. Tiltölulega veikt endurkast frá botni kemur fram fyrir miðri mynd. Endurkastið færir neðar í hægri hlutanum vegna þess að þar er veggurinn þykkari (ath myndir eru speglaðar)

Eins og sjá má á mynd 28 eru kemur tiltölulega lítið fram á myndunum, endurkast frá botni er orðið tiltölulega veikt og ekki ber neitt á endurkasti sem gæti bent til þess að NDT-tækið sjái boltann.

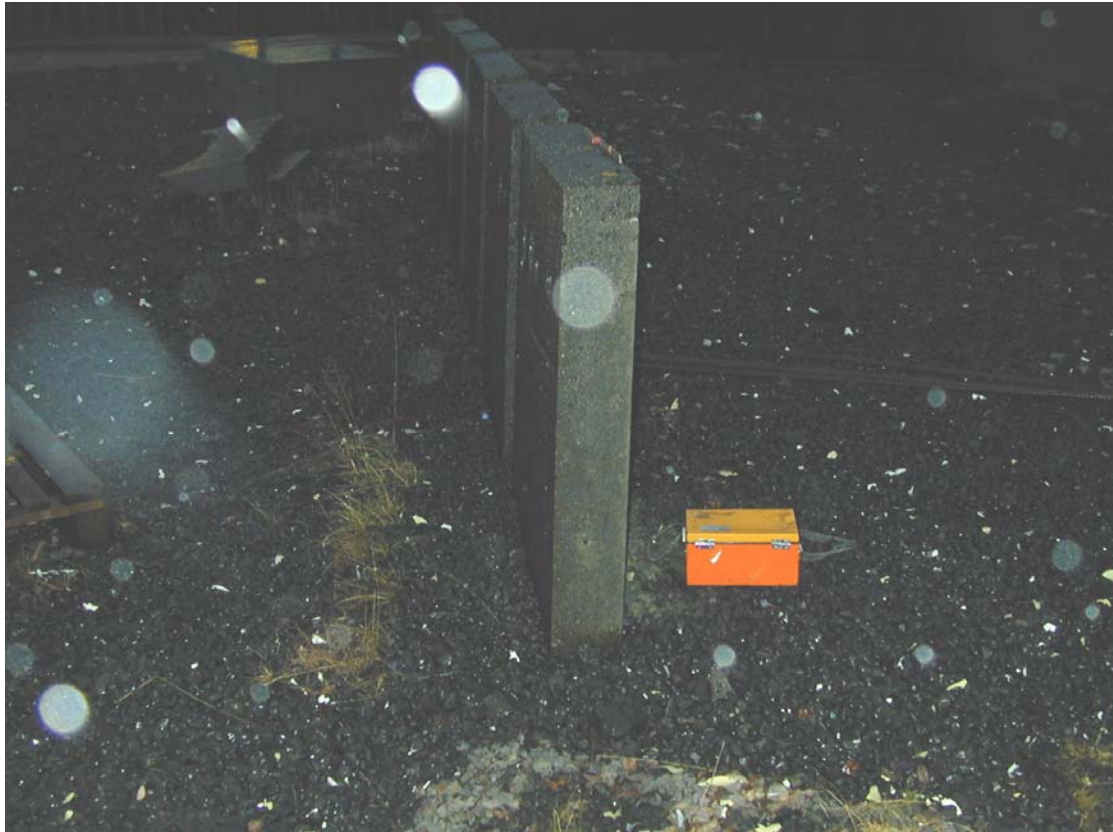
Mæling 8 – Staðsetning á járnagrind

Steyptur veggur fyrir utan Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins var notaður til að kanna hvor mögulegt er að finna legu bendistáls með tækinu. Veggurinn er hluti af gömlu rannsóknarverkefni hjá Rb, þar sem verið var að kanna alkalívikni og áhrif kísilryks til að draga úr alkalívirgni. Veggurinn var steypur árið 1986 og hann er járnbentur. Lega járnagrindarinnar er sýnd á mynd 29, þar sem hún hefur verið teiknuð á yfirborði steypunnar. Steypuhulan er um 5 cm og járníð er 12 mm kambstál.



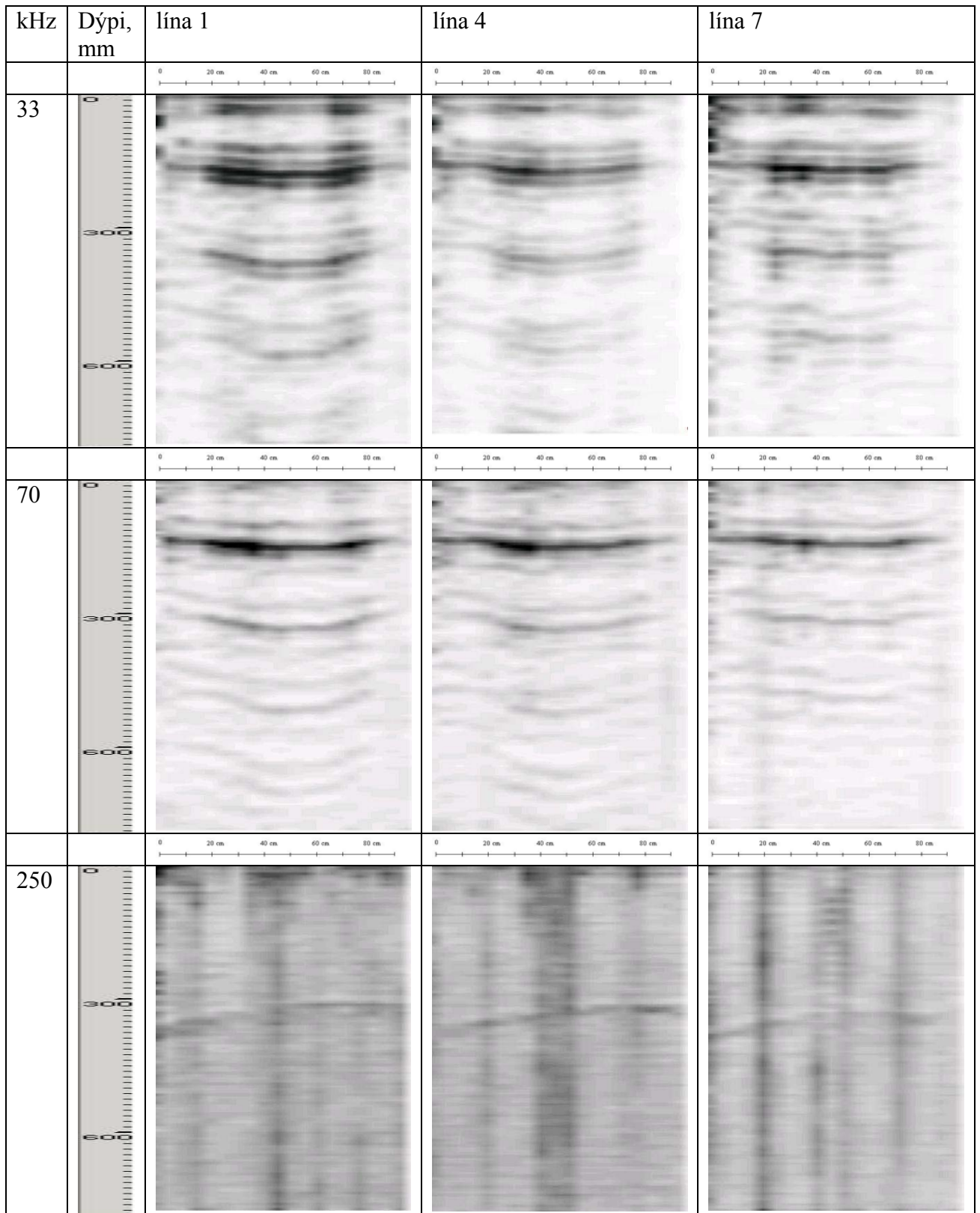
Mynd 29. Staðsetning mælipunkta og járnagrindar í vegg 1. Götin eru þar sem kjarnar hafa verið boraðir. Sjá má hluta af járnagrindinni í holunni lengst til hægri. Línur 1, 4 og 7 voru mældar með 5 cm millibili og byrjað var í hægri horninu uppi.

Veggurinn er um 16 cm þykkur, þó er hann 1 til 2 cm þykkari um miðjuna, eins og sjá má á mynd 30.



Mynd 30. Veggurinn (sá sem er næstur á myndinni) er að aðeins sveigður út um miðjuna.

Mælinetið var skannað var yfir línur 1, 4 og 7, mælingar voru gerðar með 5 cm millibili. Bylgjuhraðinn var fundinn þannig að NDT tækið mældi rétta þykkt með 33 kHz tíðni, síðan voru mælingar gerðar með 33, 70 og 250 kHz tíðni með sama bylgjuhraðanum. Niðurstöður úr öllum mælingunum eru sýndar á mynd 31. Lóðréttu járnin eiga að koma fram í öllum línunum í um tæplega 10 cm frá kanti, rúmlega 40 cm og tæplega 90 cm, sjá mynd 29. Erfiðara er að greina þverjárnin vegna þess að línur 1 og lína 7 liggja ofan á þverjárnunum tveimur.



Mynd 31. Niðurstöður úr NDT mælingum með 33, 70 og 250 kHz tíðni. Veggurinn er milli 160 og 180 mm þykkur. Lóðréttu járnin eiga að koma fram í öllum línunum í um tæplega 10 cm frá kanti, rúmlega 40 cm og tæplega 90 cm, sjá mynd 30. Erfiðara er að greina þverjárnin vegna þess að línur 1 og lína 7 liggja ofan á þverjárnunum tveimur.

Eins og í öðrum mælinum er NDT-tækið næmt fyrir þykkt og breytingar á þykkt koma vel fram, hins vegar er ekki hægt að segja að járnalagnirnar komi vel fram.

Mæling 9 – Aðrar mælingar

Tækin hafa verið notuð til þess að kanna þykkt gólfplötu í blokk í Reykjavík, en platan hafði sigið verulega. Ástæðan fyrir mælingunni var sú að nauðsynlegt var að vita hvort plata væri óeðlilega þunn. Með NDT-tækin var hægt að mæla þykkt plötunnar með um 1 cm nákvæmi.

NDT-tækið hefur verið nota til þess að finna neysluvatnslagnir í húsi og reyndist það tiltölulega auðvelt.

NDT-tækið var notað til að finna mörk á milli hlaðins veggs og steypu sem hafði verið steyppt ofan á vegginn. Mörkin sást ekki á yfirborði veggisins, hins vegar reyndist það bæði auðvelt og fljótlegt að finna mörkin með NDT-tækinu.

Samantekt

Verkefnið er nú lokið og fjallað hefur verið um helstu niðurstöður sem fengist hafa á árinu 2002. Segja má að NDT-tækið muni nýtast mjög vel við að kanna útbreiðslu skemmda í steypu. Saman með hljóðbylgjutækinu bjóða tækin tvö upp á mjög áhugaverða möguleika til að greina skemmdir í steinsteypu án þess að til sýnatöku komi.

Enn vantar töluvert upp á það að eiginleikar tækjanna séu full kannaðir og markmið með næstu skrefum í verkefninu er afla meiri vitneskju um eiginleika tækjanna. Nauðsynlegt er að kanna betur hve vel tækin geta staðsett járn og járnalagnir í steypu. Einnig er nauðsynlegt að taka sýni af svæðum sem rannsökuð hafa verið (t.d. með borkjörnum) að bera saman mæliniðurstöður fengnar með tækjunum og niðurstöður úr rannsóknum á sýnunum (sprunguvídd, sprungudýpt, fjöldi sprungna, styrkur steypu, o.s.frv.).

Ljóst er þetta verkefni mun halda áfram því tryggður hefur verið styrkur frá Steinsteypunefnd út árið 2003 og sótt verður aftur um styrk til Íbúðalánasjóðs og Vegagerðarinnar fyrir árið 2003.