



RANNSÓKNASTOFNUN
BYGGINGARIÐNAÐARINS

Rb/SfB

Skýrsla nr. 02-013

Nýmæli við mat á ástandi steypu

Gísli Guðmundsson





RANNSÓKNASTOFNUN BYGGINGARIÐNAÐARINS

SKÝRSLA

Skýrsla nr: 02-013
Dreifing:
Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>

Rb/SfB

Heiti skýrslu: Nýmæli við mat á ástandi steypu	Dags: 20-12-2002
	Fjöldi síða: 16
Höfundur: dr Gísli Guðmundsson,	Faglega ábyrgur: G.G.
Deild: Steinsteypudeild	Rannsóknarnúmer: V-0203

Unnið fyrir:

Íbúðalánasjóð, Vegagerðina og Steinsteypunefnd

Úrdráttur

Ný tæki voru keypt á árinu 2002. Með þeim er mögulegt að horfa ofan í steypu og kanna innri gerð m.t.t. skemmda. Með þessu mót verður hægt að komast hjá því að taka sýni úr mannvirkjum til þess að kanna ástand steypunnar. Hér er gerð grein fyrir því hvernig tækin starfa og hvað möguleikar opnast við notkun þeirra. Frekar verður gerð grein fyrir einstökum mælingum á öðru verkári. Af þessu fyrstu kynnum er þó ljóst að tækið mun nýtast mjög vel við skemmdargreiningu á steypu.

Nauðsynlegt er að kanna getu tækjanna betur og það verur gert á komandi árum. Í þessu sambandi er mikilvægt að skoða hvernig steypa lítur út m.t.t. sprungna (bora borkjarna) og mæla styrkinn og bera niðurstöður saman við mæliniðurstöður.

3 lykilorð: Á íslensku

Á ensku

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

Efnisyfirlit

1. Lýsing á mælitækjum	4
2. Dæmi um mælingar með NDT-tæki	5
2.1. Prufustykki	5
2.2. Straummælingastöð við Rb:	12
2.3. Steyptir veggir í Kópavogi.....	14
3. Dæmi um mælingar með hljóðbylgju mælitæki	18
4. Helstu niðurstöður	19

1. Lýsing á mælitækjum

Tvenns konar mælitæki voru keypt og hagnýting þeirra við skemmdargreiningu á steinsteypu könnuð í verkefninu. Bæði tækin byggja á sömu tækni, n.l. að senda hljóðbylgjur inn í steinsteypu. Þau eru bæði frá sama framleiðanda og koma frá Rússlandi. Fyrra tækið, sem er mun öflugra er sýnt á mynd 1. 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. Töluverða reynsla þarf af notkun á tækinu til þess að finna heppilegustu stillinguna. Þegar tækið er "rétt" still er hægt að sjá ofan í eða í gegnum 1,2 m þykka steinsteypa einingu.



Mynd 1. Rússneska NDT-mælitækið (NDT-non destructive testing), sendarnir og nemarnir eru staðsettir í kassanum til vinstri (hann er 10x15 cm) og gagnasafnarinn er til hægri á myndinni.

Á mynd 2 er hljóðbylgjumælitækið sýnt. 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.



Mynd 2. Hjólbylgju mælitæki. Bilið milli oddanna er 15 cm.

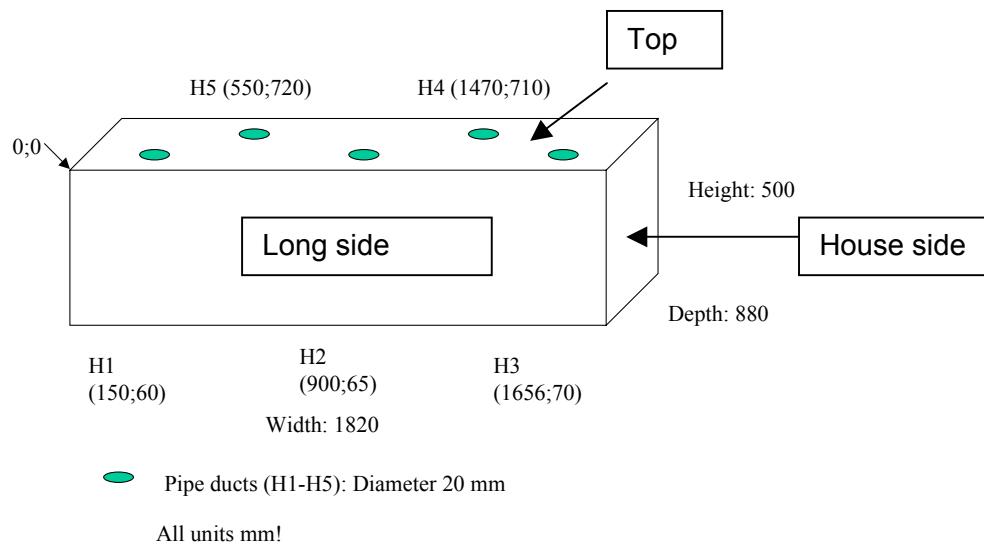
Markmið með þessu verkefni er að kanna á tiltölulega einfalda hátt notagildi þessara tveggja tækja. Þetta verkefni sem gerð er grein fyrir hér hafi aðeins verið til 1 árs er það aðeins hluti af stærra verkefni sem nokkrar stofnanir koma að, eins og: Steinsteypunefnd, Vegagerðin og rannsóknarráð Ísland. Reiknað er með að það taki a.m.k. 3 til 4 ár til að kanna getu tækjanna og styrkur til verkefnisins er að hluta til tryggður út árið 2003. Upphaflega var gert ráð fyrir að fengnir yrðu sérfræðingar frá dönsku FORCE stofnuninni hingað til lands. FORCE stofnunin er leiðandi í heiminum í daga á sviða NDT-mælinga í steinsteypu, hugmyndin var að fá þá til að kanna notagildi þessara tækja hér á landi og síðan að athuga með kaup á slíkum tækjum. Sérfræðingar frá FORCE komu hingað til lands um haustið 2001 og gerðu athuganir á spennuráufum í brúnni yfir Sogið. Vegna kostnaðar var ákveðið að ekki yrði um fleiri mælingar á þeirra vegum, heldur var ákveðið að sækja um tækjakaupa styrk frá Rannís til að kaupa bæði tækin. Styrkurinn fékkst, tækin voru keypt og þau komu til landsins á fyrri hluta árs 2002.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir einföldum mælinum með tækjunum tveimur, en möguleikarnir sem þessi tæki bjóða upp á eru miklir. Þótt þessu verkefni sé lokið verður unnið áfram með tækin og niðurstöður kynntar í rannsóknarskýrslu og á örðum vettvangi. Þessi tæki voru kynnt á Steinsteypudeginum í febrúar 2002.

2. Dæmi um mælingar með NDT-tæki

2.1. Prufustykki

Nokkra mælingar voru gerðar á tiltölulega stóru prufustykki, sjá mynd 3. Steypan er s.k. hágæða steypa og það var búið til í sambandi við viðgerð á Borgarfjarðarbrú árið 2000. Stykkið er 500 mm á þykkt, 1820 mm á lengd og 880 mm á breidd.



Mynd 3. Prufustykki. Stykkið er 500 mm á þykkt, 1820 mm á lengd og 880 mm á breidd.

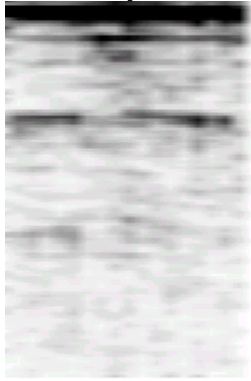
Markmið með mælingunum á stykkinu var að:

- staðsetja tiltölulega stórar holur á botnhliðinni, þar var búið að bora út nokkra 10 cm kjarna,
- staðsetja rásir í kubbunum, sjá teikningu (H1, H2, H3, H 4 og H5)
- kanna hve djúpt/langt tækið sér inn í steypuna

Mælingar á yfirborði:

Niðurstöður úr mælingunum eru sýndar á mynd 4. Þykkt sýnisins er 500 mm.

Scan 1: - fyrsta mæilína



Samsvarar botni (bottom echo) á 500 mm dýpi.

Scan2: - önnur mæilína



Vantar hluta af botnendurkasti vegna þess að buið er að bora kjarna úr því. Það er botnendurkast við 300 mm dýpi.

Scan3: - þriðja mæilína

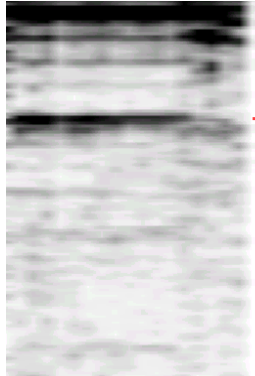


Scan4: - fjórða mælilína

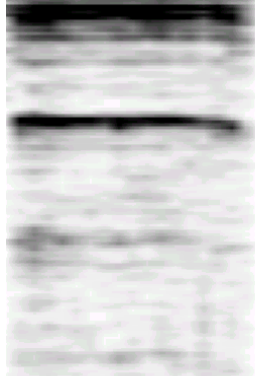


Holan virðist nálgast yfirborðið,
jafnframt minnkar hún.

Scan5: - fimmta mælilína



Scan6: - sjötta mælilína



Komið framhjá holunni og
botnendurkastið er heilt of
steypan óskemmd.

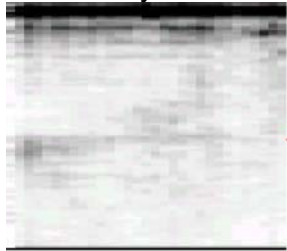
Mynd 4. Niðurstöður úr mælingum á yfirborði kubbs – 500 mm þykk. Mælingar á yfirborði. Bil á milli mælinga er 100 mm og lengd hvers mælilínu er 140 mm. Byrjunarpunktur er 20 mm frá kanti og 860 mm frá langhlið (vinstra horn uppi). Mælingarnar voru gerðar frá vinstri til hægri.

Tækið sér mjög vel ofan í steypuna þar sem hún er 500 mm þykk. Engar skemmdir greindust í steypunni, enda ekki því að búast þar sem steypa er s.k. hágæðasteypa. Einnig reyndist auðvelt að staðsetja borholur á gagnstæðri hlið.

Mælingar á langhlið stykkisins:

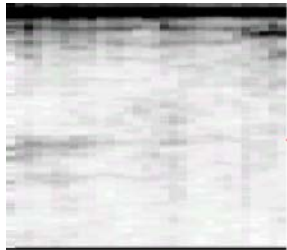
Niðurstöður úr mælingunum eru sýndar á mynd 5. Þykkt sýnisins er 880 mm.

Scan 1: - fyrsta mællína

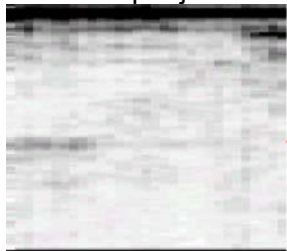


Veikt endurkast frá botni á 880 mm dýpi. Steypan viðtist mjög heillega.

Scan 2: - önnur mællína

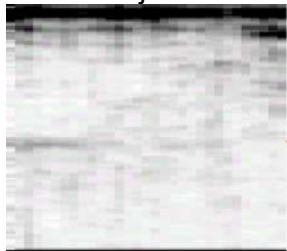


Scan 3: - þriðja mællína

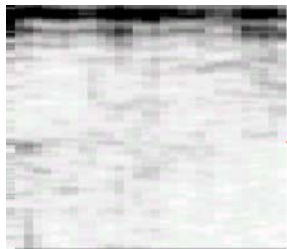


Endurkast frá botni hverfur að hluta – færir upp vegna holu sem búið er að bora í stykkið.

Scan 4: - fjórða mællína



Scan 5: - fimmta mællína



Nánast ekkert endurkast frá botn ??

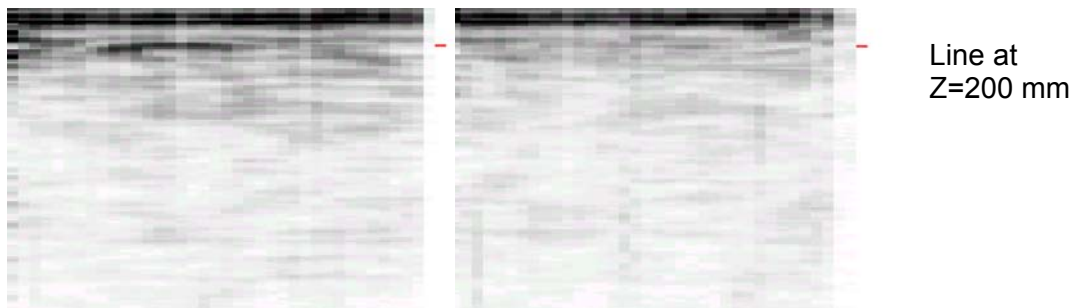
Mynd 5. Niðurstöður úr mælingum á langhlið steypukubbs – 880 mm þykk. Mælingar á langhlið, tíðnin er 33 kHz, bil milli mælinga er 50 mm og lengd mællínu er 50 mm. Mælingar byrjuðu 10 cm fyrir neðan efri brún, mælt frá vinstri til hægri.

Tækið sér mjög vel ofan í steypuna þótt hún sé 880 mm þykk. Engar skemmdir greindust í steypunni. Nokkuð auðvelt reyndist að staðsetja borholur inn í steypunni.

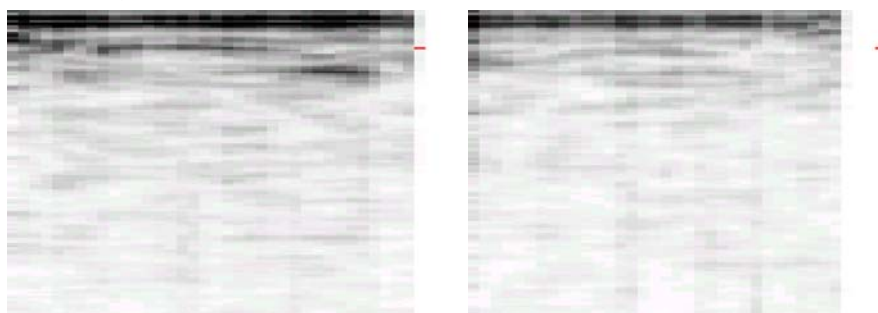
Mælingar á stutthlið kubbsins:

Niðurstöður úr mælingunum eru sýndar á mynd . Þykkt sýnisins er 188 mm.

LAYER 1, 15 cm frá efri brún:



LAYER 2, 25 cm frá efri brún :

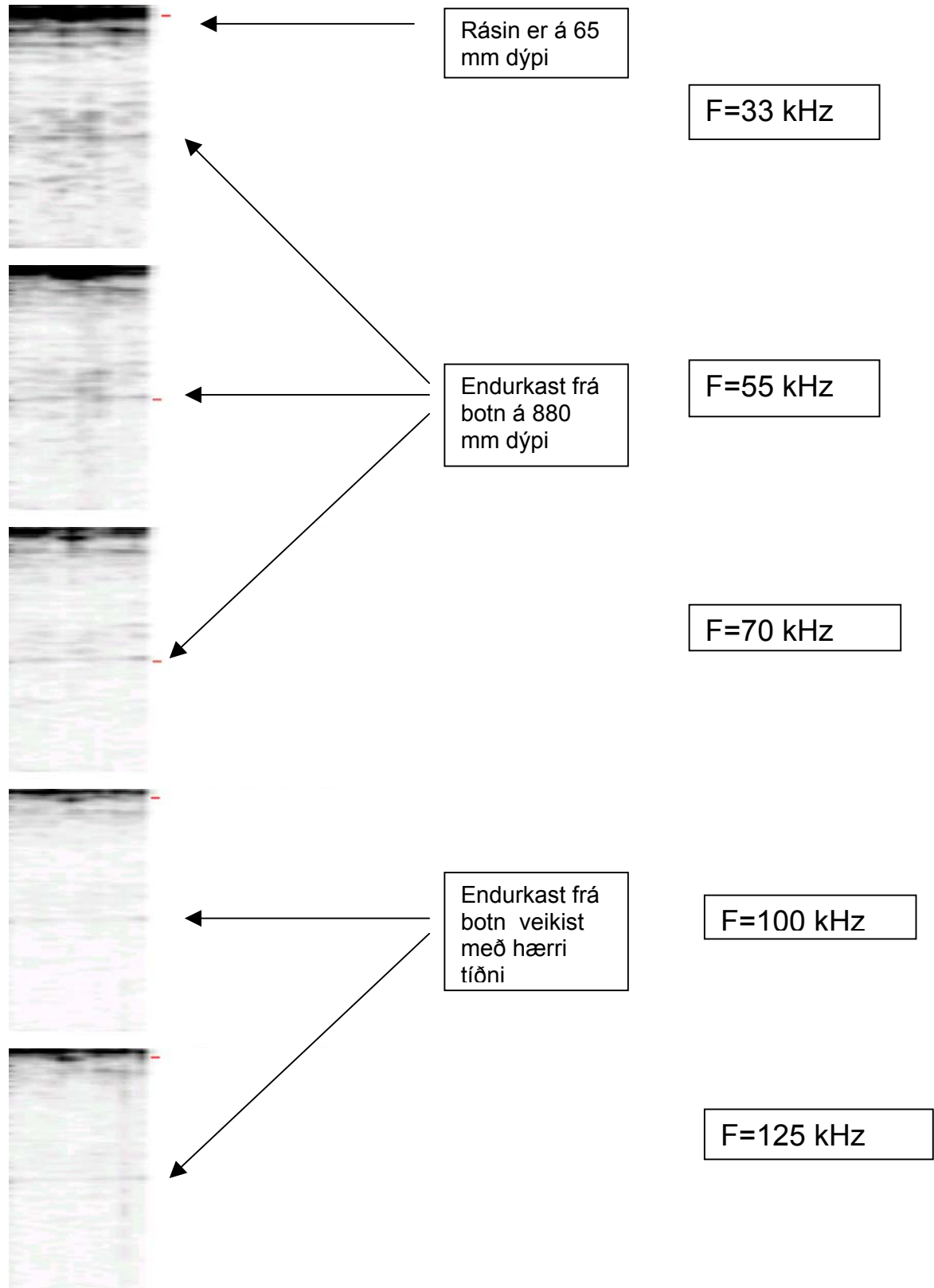


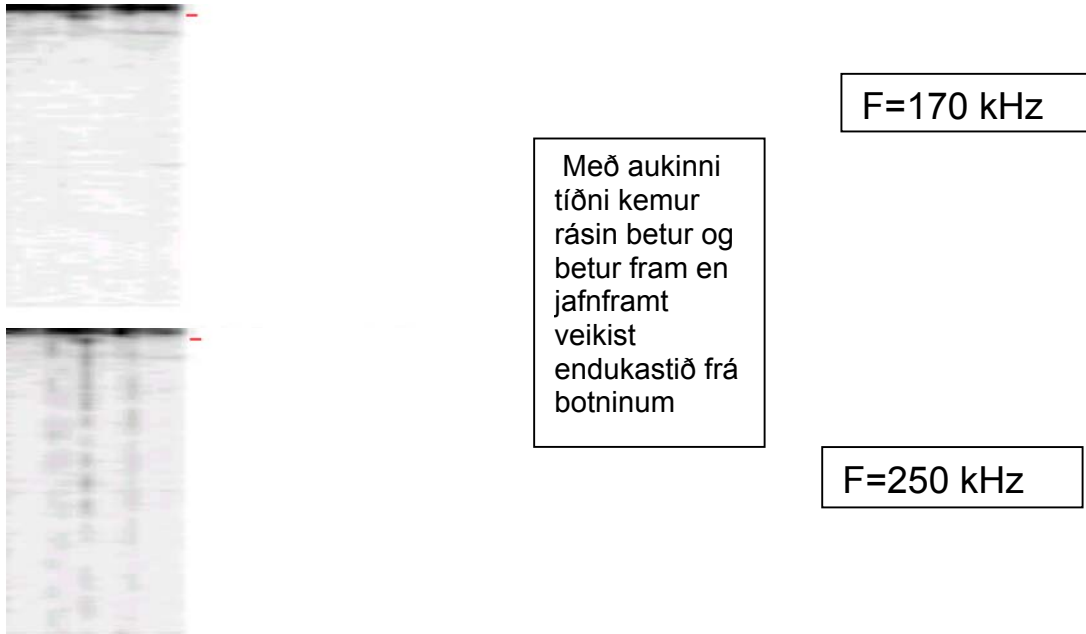
Mynd 6. Mælingar á stutthlið kubbsins. Bil á milli mælipunkta er 10 mm. $f = 33$ kHz. Fyrsta mæli lína ~15 cm frá efri brún og um 20 mm frá vinstri kanti. Önnur mæli lína um 25 cm frá efri hlið.

Greina má endurkast frá holum í kubbum en sökum þess að kubburinn er 188 mm langur og mælitækið “sér” aðeins 120 mm inn í steypu er erfitt að ráða mikið í þessar niðurstöður.

Rás merkt H2:

Reynt var að staðsetja rás H2 (sjá mynd 3) á 65 mm dýpi frá langhliðinni og er 20 mm í þvermál. Skannað var yfir svæðið umhverfis rásina með mælitækið stillt á mismunandi stillingar. Niðurstöður úr mælingunum eru sýndar á mynd 7. Endurkastið frá botni á 880 mm dýpi.



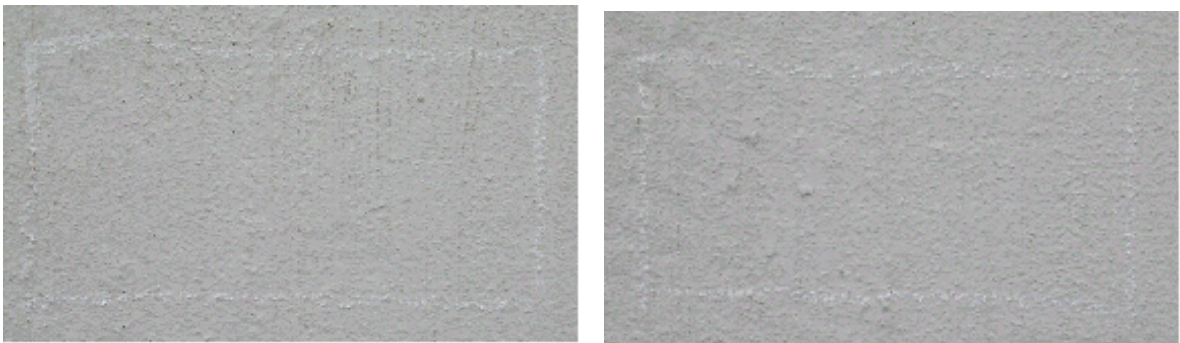


Mynd 7. Mæliniðurstöður á langhlið yfir rás H2. Bil á milli mælinga er 25 mm. Endurkast frá botni á 880 mm dýpi.

Með aukinni tíðni kemur rásin betur og betur fram en jafnframt veikist endurkastið frá botninum

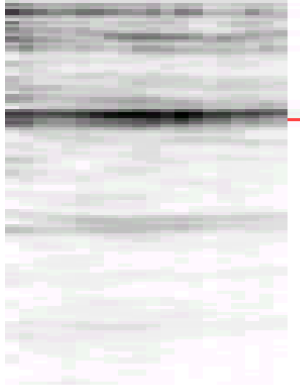
2.2. Straummælingastöð við Rb:

Tækið var notað til þess að skoða hluta af útveggjum hússins. Tvö svæði voru skoðuð annað sem var með engar sjáanlega yfirborðssprungur, sjá mynd 8 og hitt sem var með sjáanlega yfirborðssprungur, sjá mynd 10.

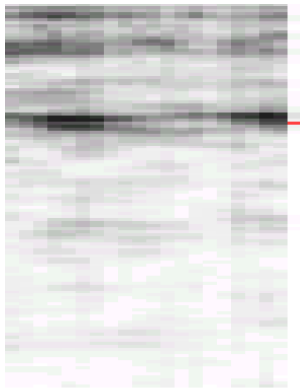


Mynd 8. Svæði með engum sjáanlegum sprungum

Niðurstöður úr mælingunum eru sýndar á myndum 9 og 11. Niðurstöður úr mælingum á óskemmdum svæðum eru sýndar á mynd 9. Á myndunum kemur endurkastið frá botni mjög vel fram og því mjög líklegt að steypan á umræddu svæði sé óskemmd.



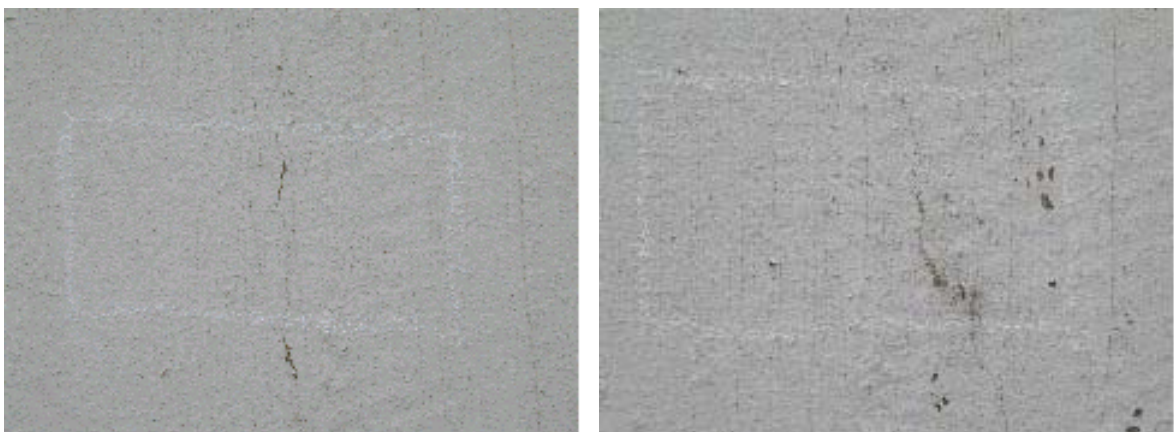
<- Endurkast frá
botni mjög skýrt



<- Endurkast frá
botni nokkuð
skýrt, en þó er
hugasanlega
sprungur til
staðar

Mynd 9. Mæliniðurstöður af svæði með engum sjáanlegum sprungum, sjá mynd 8. Endurkast frá botni kemur fram mjög skýrt.

Niðurstöður úr mælingum á skemmdum svæðum eru sýndar á mynd 11. Á myndunum kemur endurkastið frá botni tiltölulega veikt fram, jafnframt kemur fram endurkast mun ofar, þ.e.a.s. yfirborðssprungurnar koma fram í mælingunni



Mynd 10. Svæði með sjáanlegum sprungum.



<-Endurkast
venga
yfirborðssprungu,
endurkast frá
botni tiltölulega
veikt



<-
Hyperbólulagað
endurkast vegna
sprungu inn í
steypunni

Mynd 11. Mæliniðurstöður af svæði með sjáanlegum sprungum, sjá mynd 8. Endurkast frá botni tiltölulega veikt, greinilegt endurkast frá sprungum.

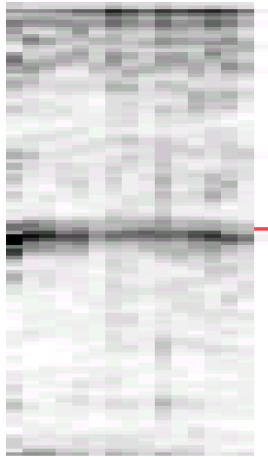
2.3. Steyptir veggir í Kópavogi

Skoðaðir voru nokkrir veggir með sjáanlegum yfirborðssprungum, borið saman við tiltölulega góð svæði.

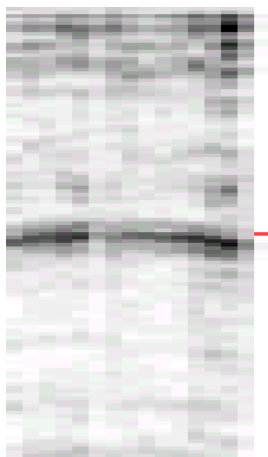
Veggur 1, ósprunginn:



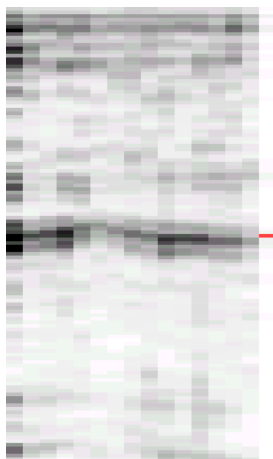
Mynd 12. Ósprunginn veggur, nærmynd sýnir staðsetningu á mælisniðum.



Mynd 13. Fyrsta mæilína, 20 cm fyrir neðan efri brún. $f = 55$ kHz, $v = 1950$ m/s, scan step = 100 mm. Mjög gott endurkast frá botni fæst við 200 mm dýpi og steypa virðist vera óskemmd.

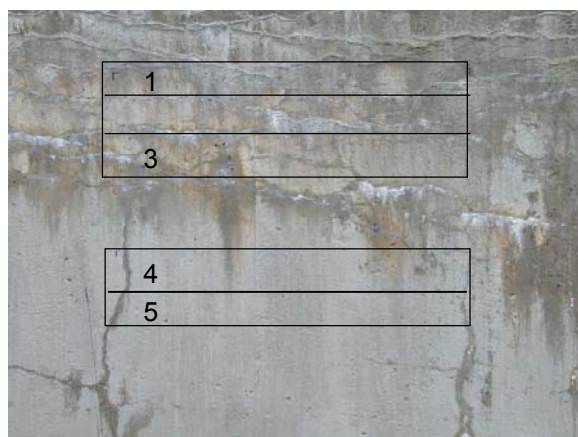


Mynd 14. Önnur mæilína 30 cm fyrir neðan efri brún. Mjög gott endurkast frá botni fæst við 200 mm dýpi og steypa virðist vera óskemmd.



Mynd 15. Þriðja mælilína 40 cm fyrir neðan efri brún. Mjög gott endurkast frá botni fæst við 200 mm dýpi og steypa virðist vera óskemmd. Endurkast frá botni nokkuð óreglulegt, gæti bent til þess að lögun veggisins á hinni hliðinni væri nokkuð óregluleg.

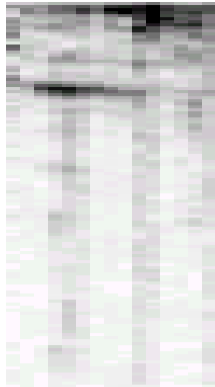
Á þessum stað virðist veggurinn vera í nokkuð góðu standi og ósprunginn.



Mynd 16. Veggur 2. Svæði með yfirborðssprungur. Nærmynd af vegg 2, staðsetning mælilína



Mynd 17. Mælingar 1 og 2. 20 cm og 30 cm frá efri brún, illa sprungin svæði og ekkert endurkast frá botni.



Mynd 18. Mæling 3, 40 cm fyrir neðan efri brún, minna sprungið svæði en fyrir ofan og hluti af endurkasti frá botni kemur í ljós.



Mynd 19. Scan 4, 70 cm frá efri brún, nokkrar sjáanlegar sprungur.

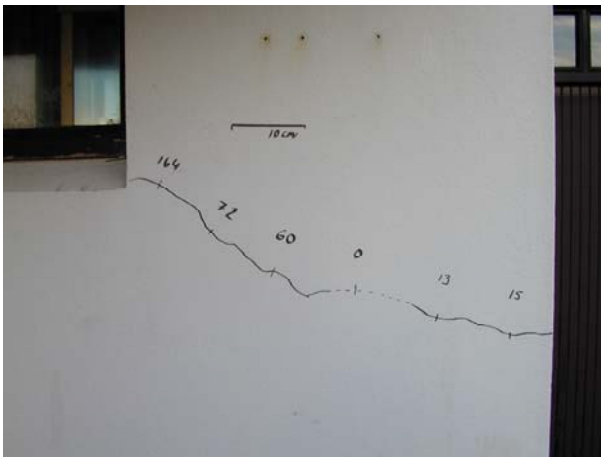


Mynd 20. Scan 5, 80 cm 70 cm frá efri brún, nokkrar sjáanlegar sprungur.

Af myndum 12 og 16 að dæma er ljóst að efri hluti mannvirkisins er verulega skemmur og eðlilega kemur það vel fram í mælingunum. Hins vegar er ekki fullljóst hve vel tækið segir til um ástand neðri hlutans. Ljóst er a.m.k. eru ákveðin svæði af neðri hlutanum skemmd. Í þessu sambandi væri gott að fá borkjarna af steypunni og skoða hvernig hún lítur út m.t.t. sprungna og mæla styrkinn. Það sendur til að framkvæma slíkar mælingar á næstunni.

3. Dæmi um mælingar með hljóðbylgju mælitæki

Hljóðbylgjumælitækið mjög gagnlegt við það að mæla hve djúpt sprungur ganga inn í steypu. Á mynd 21 er sýnd dæmi um eina slíka mælingu á sprungu í útveggi á íbúðarhúsi. Sprungan liggur úr frá glugga og að aðliggjandi vegg, þar sem hún heldur áfram. Sprungan er frá 0 cm og til 16 cm. Athyglisvert er að sprungan sést ekki á yfirborðinu, þar sem hún er mjög grunn.



Mynd 21. Yfirborðssprungur í steypu. Mæling á sprungudýpt. Sprungan hefur verið merkt á vegginn og tölurnar sýna hve langt sprungan nær inn í vegginn, í mm.

Á mynd 22 er sýnt annað dæmi um niðurstöður á sprungudýpt í útvegg. Sprungudýptin er frá 2 til 11 cm.



Mynd 22. Yfirborðssprungur í steypu. Mæling á sprungudýpt, tölurnar sýna hve djúpt sprungurnar ná inn í vegginn, í mm.

4. Helstu niðurstöður

Hér hefur verið gerð grein fyrir því hvernig tækin starfa og hvað möguleikar opnast við komu þeirra hingað til lands. Frekar verður gerð grein fyrir mælingum á öðru verkári. Af þessu fyrstu kynnum er þó ljóst að tækið mun nýtast mjög vel við skemmdargreiningu á steypu.