

Endurbætur á steypu í stöplum Borgarfjarðarbrúar

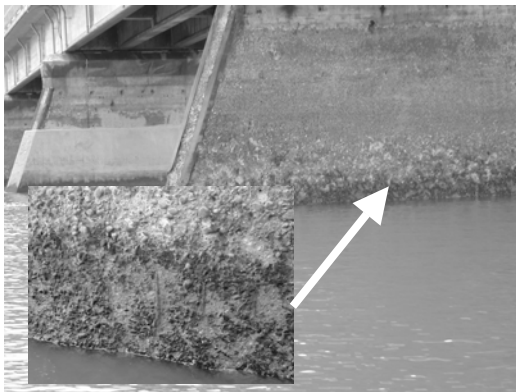
Gisli Guðmundsson, Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins

Ágrip

Skemmir hafa komið fram í steypum brúarstöplum sem standa í sjávarfallabeltinu, í Borgarfjarðarbrú eru dæmi um slíkar skemmdir. Þær lýsa sér sem yfirborðsflögnun í steypunni. Flögnunin er mest í þeim hluta stöplanna sem eru við lægstu fjörumörk. Flögnunin minnkar þegar ofar dregur og er engin fyrir neðan lægstu fjörumörk. Sprungur og loftbólur eru fylltar ettringíti, en einnig má finna anhydrit í sprungunum.

Í yfirborði sýnanna hefur magnesíum, úr sjónum, gengið inn í sementsefjuna og myndar Mg-Si-ríka efju í stað Ca-Si-ríkrar efju. Slík efja hefur litla bindieiginleika og mun væntanlega brotna auðveldlega niður við frostveðrun. Samspil efnaáraunar og frost/þíðu-virkni hefur mikið að segja um framgang svona skemmda. Efnaáraun ein og sér, eins og t.d. fyrir neðan sjávarfallabeltið (þ.e. fyrir neðan neðstu fjörumörk) veldur engum skaða. Hins vegar þegar steypa verður fyrir efnaáraun og jafnframt frost/þíðu-virkni, eins og í Borgarfjarðarbrú, þá er voðinn vís.

Stöplar undir Borgarfjarðarbrú voru steypdir á árunum 1976 og 1977. Notað var danskt/íslenskt hraðsement (danskt sementsgjall malað hér á landi). Steypustyrkurinn var frá 36 til 50 MPa og loftmagnið frá 3,7 til 5,9 %. Fljótlega varð ljóst að ending steypunnar ver ekki eins góð og vonir stóðu til. Eins og staðan er núna þá er búið að steypa utan um þrjá stöpla, það var gert 1998, 1999 og 2002. Á mynd 1 má sjá Kápusteypu á einum stöpli og skemmdir í öðrum. Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum úr helstu rannsóknum sem voru gerðar við hönnun á viðgerðarsteypunum. Helstu eiginleikar upphaflegu steypunnar og steypunnar sem var notuð í Kápusteypuna eru gefnar í töflu 1. Töluverður munur er á þessum fjórum steypublöndum.



Mynd 1. Myndin sýni tvo stöpla í Borgarfjarðarbrú. Fremri stöpullinn er skemmdur neðst í sjávarfallabeltinu, eins og sjá má á innfeldu myndinni. Steypd hefur verið utan um aftari stöpulinn.

Ljóst er að til þess að tryggja endingargóða steinsteypu við aðstæður eins og þær eru undir Borgarfjarðarbrú, þarf að gera miklar kröfur. Sérstaklega þarf að tryggja gott frostþol og þetta steypu. Töluverð vinna var lögð í að hanna steypu sem hentaði fyrir svona aðstæður. Byrjað var að vinna með bindiefnið. Unnið var með um 8 tegundir af sementi og þar að auki var íblöndun háofnagjalls og flugösku við nokkrar sementstegundir rannsökuð. Frostþol sýnanna var metið, framgangur efnaskemmda var kannaður, klórleiðni mæld, rýrnunarælingar voru gerðar, auk þess sem bæði beygju-tog og þrýstipól var mælt. Á niðurstöðum af þessum rannsóknum var ákveðið að útiloka notkun á flugösku og Blöndusementi. Hins vegar var ákveðið að gera frekari rannsóknir á steypublöndum með: venjulegu íslensku Portlandsementi; með sömu sementstegund að viðbættu 40 % af háofnagjalli; belgísku háofnasementi, norsku olíuborallasementi og dönsku sulfatþolnu sementi. Talið var að ef þrýstipólið væri um

og yfir 80 MPa þyrfti steypan ekki að vera loftblendin. Steypublöndurnar voru hannaðar þannig að 28 daga þrýstipól væri 80 til 85 MPa. Til að ná þessum styrk þarf v/s-hlutfallið að vera tiltölulega lágt og sementsmagnið tiltölulega hátt. Þegar sýnin voru frostþolsprófuð þá mældist frostþolið mjög lélegt í öllum blöndunum. Ákveðið var að prófa sömu blöndur aftur með lofti. Niðurstöður úr þeim prófunum leiddu til þess að valið var íslenskt sement með 40 % íauka af háofnaslagi og steypan átti að vera loftblendin. Árið 1998 var steyppt utan um einn stöplum með slíkri steypu. Sökum þess að steypan var loftblendin, varð styrkurinn um 60 MPa. Svona steypa hefur verið kölluð hágæða steypa (e. high performance concrete). Aðalvandamálið við þessa steypu var mikið þjálmitap, þ.e. hún stífnaði mjög hratt og því var erfitt að leggja hana niður. Þetta leiddi til þess að nokkur steypuhreiður mynduðust, að öðru leiti virðist sem steypan sé mjög endingargóð.

Tafla 1. Blöndunarhlutföll í steypu í stöplum og kápusteypu í Borgarfjarðarbrú

	1976/1977	1998	1999	2002
Sement, kg/m ³	400	349	342	500
Sementstegund	CEM I danskt/íslenskt	CEM II íslenskt	CEM II íslenskt	CEM I norskt
Íaukaefni, kg/m ³	ekkert	172	148	44
Tegund íaukaefna	ekkert	Háofnagjall (auk kísilryks í sementi)	Háofnagjall (auk kísilryks í sementi)	Kísilryk
V/s-hlutfall	0,47 – 0,61	0,34	0,34	0,26
Sigmál, cm	5-16	??	19 - 23	27,5
Þjálmitap	ekki mælt	mjög mikið	mikið	ekkert
Loftmagn, %	3,7 – 5,9	5,5	6,3 – 8,8	2,7
Sérvirk þjálmitap	Nei	Já	Já	Já
Fylliefni	Fylliefni frá bygg.stað	Björgunarsandur Seljadalsmöl	norskur sandur norsk möl	norskur sandur norsk möl
Trefja	Nei	Stál	Stál	Plast
28 d. styrkur, MPa	36 - 50	62	44	107

Árið eftir var steyppt utan um annan stöplum. Steypublandan var svipuð og áður, en reynt var að minnka þjálmitapið með öðrum tegundum af sérvirkum þjálmitapum. Einnig var ákveðið að auka loftmagnið og eingöngu var notast við norsk fylliefni. Niðurlögnin gekk mun betur, en þó var verulegt þjálmitap. Steypuhreiður voru bæði fá og smá. Þrýstipól þessarar steypu er nú orðið svipað og í upphaflegu blöndunni frá 1976/77. Endingarrannsóknir, eins og t.d. stöðluð frostþolspróf, benda til þess að steypan sé mjög endingargóð. Steypan bætir einnig mikið við sig með aldri, þrýsti- og frostþol eykst.

Í ár var síðan steyppt utan um þriðja stöpluminn. Notast var við s.k. sjálfútleggjandi steinsteypu, þ.e.a.s. steypu sem flæðir út undan eigin þunga, ekki þarf að titra hana og þjálmitapið er mjög lítið. Í steypunni sem notuð var, var v/s-hlutfallið lágt, sementsmagnið hátt og loftmagnið lágt, þar af leiðir að styrkurinn fór vel yfir 100 MPa. Hraefnin eru öll innflutt frá Noregi og komu þau vigtuð í stórsekkjum. Þau voru sett beint út í steypubíl og hrærð saman þar. Niðurlögnin gekk mjög vel og engin steypuhreiður mynduðust. Frostþolsprófanir og aðrar endinga rannsóknir benda til þess að ending þessara steypu ætti að vera mjög góð.

Þetta verkefni var unnið fyrir Vegagerðina og vinna við það hófst árið 1994. Einnig hefur verkefnið fengið fjárhagslegan stuðning frá Rannsókkarráði Íslands og Steinsteypunefnd.