

Ending steypu í sjávarumhverfi



Rannsóknir og prófanir vegna
viðgerðar á stöplum
Borgarfjarðarbrúar á árunum
1998 - 2010

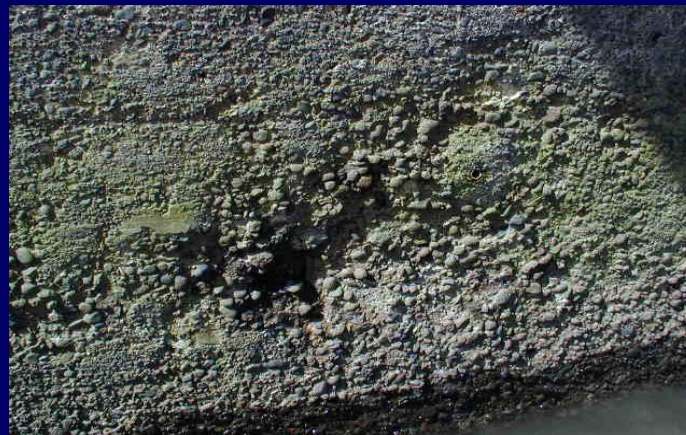
Rannsóknir Vegagerðarinnar -
28 október 2016
Einar Hafliðason



Ending steypu í sjávarumhverfi

Stöplar Borgarfjarðarbrúar voru steyptir 1976-77.

Fljótlega eftir að stöplar brúarinnar höfðu verið steyptir komu í ljós skemmdir í stöpli nr 4 og nokkrum árum síðar fór að bera á skemmdum í fleiri stöplum.



Skemmdir í stöplunum lýsa sér þannig að sementsefjan flagnar af yfirborði stöplanna á svæði sem verður fyrir áhrifum sjávarfalla. Tiltölulega stór fylliefniskorn sitja eftir og standa út úr sementsefjunni uns hún hefur flagnað svo mikið að kornin losna.

Ending steypu í sjávarumhverfi

Í öðrum brúm í sjávarumhverfi sjást svipuð ummerki



Brú á Ölfusá byggð 1988
Mynd tekin 1996



Brú á Eyjafjarðará byggð 1986
Mynd tekin 1996

Ending steypu í sjávarumhverfi

Viðgerðir með epoxý-efnum.

- Á árunum 1977 - 1979 var ráðist í umfangsmiklar viðgerðir með epoxý-viðgerðarefnum á stöplum 1,2 og 4.
- Dýpt skemmda var á þessum tíma yfirleitt minni en 10 mm.
- Gert var við staðbundnar skemmdir.
- Viðgerðirnar entust flestar mjög stutt.
- Yfirleitt losnaði viðgerðin í heilu lagi frá stöplinum.
- Í dag sjást einhverjar viðgerðanna sem hvítar skellur.

Niðurstaða þessara viðgerða var: ?

Ending steypu í sjávarumhverfi

Viðgerðir með epoxý-efnum.

- Á árunum 1977 - 1979 var ráðist í umfangsmiklar viðgerðir með epoxý-viðgerðarefnum á stöplum 1,2 og 4.
- Dýpt skemmda var á þessum tíma yfirleitt minni en 10 mm.
- Gert var við staðbundnar skemmdir.
- Viðgerðirnar entust flestar mjög stutt.
- Yfirleitt losnaði viðgerðin í heilu lagi frá stöplinum.
- Í dag sjást einhverjar viðgerðanna sem hvítar skellur.

Niðurstaða þessara viðgerða var: **þær voru með öllu gagnslausar**

Ending steypu í sjávarumhverfi

Rannsóknir :

Í skýrslunni er gerð grein fyrir þeim rannsóknum sem ráðist var í áður en ákveðið var hvernig staðið skyldi að framtíðarviðgerðum á stöplunum.

Markmið rannsókna var að finna ástæður flögnunarinnar og í framhaldi af því að skilgreina kröfur til steypu í sjávarumhverfi.

Rannsóknir sem gerðar voru 1984 – 1985:

1984: Kjarnar teknir úr stöplum 1,6 og 9.

Alkalívirkni, frost-þíðu próf og lofttalning.

1985: Kjarnar teknir úr stöpli 9.

Rakainnihald, saltinnihald, mettvatn, grop (porosity), rúmþyngd.

Ending steypu í sjávarumhverfi

Rannsóknir :

Í skýrslunni er gerð grein fyrir þeim rannsóknum sem ráðist var í áður en ákveðið var hvernig staðið skyldi að framtíðarviðgerðum á stöplunum.

Markmið rannsókna var að finna ástæður flögnunarinnar og í framhaldi af því að skilgreina kröfur til steypu í sjávarumhverfi.

Rannsóknir sem gerðar voru 1984 – 1985:

1984: Kjarnar teknir úr stöplum 1,6 og 9.

Alkalívirkni, frost-þíðu próf og lofttalning.

1985: Kjarnar teknir úr stöpli 9.

Rakainnihald, saltinnihald, mettvatn, grop (porosity), rúmþyngd.

Ekki var hægt að draga altækar niðurstöður af þessum rannsóknum

Ending steypu í sjávarumhverfi

Rannsóknir 1994 - 1996:

1994: Kjarnar teknir úr stöplum 6 og 9 í mismunandi hæð.

Smásjárrannsókn með ljóssmásjá og rafeindasmásjá.

1995: Efnagreining sjávar í Borgarfirði.

1996: Smásjárskoðun með ljóssmásjá á sýnum teknum neðansjávar úr stöpli 6.

Athugun á klórmagni, leiðnistuðli og etíngitt-myndun.

Sýni rannsökuð í rafeindasmásjá.

Ending steypu í sjávarumhverfi

Orsakir skemmda og niðurstöður:

- Skemmdir eins og sjá má í Borgarfirði eru algengari í steyptum undirstöðum í sjó en menn héldu í fyrstu.
- Á skemmdum svæðum mælist mest af ettríngíti sem myndast hefur við efnabreytingar sjávar og sementsefju.
- Í útfellingum í sprungum er magn **Ca** hátt en magn **Mg** lágt sem bendir til þess að **Ca** sem skolast úr efjunni falli út í sprungum og loftbólum en **Mg** og vatn komi í staðinn.

Ending steypu í sjávarumhverfi

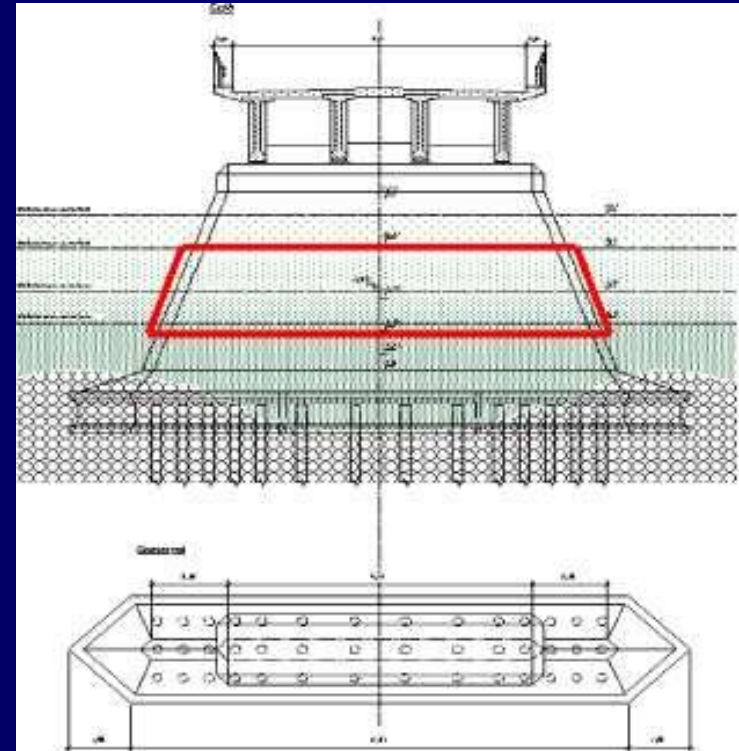
Orsakir skemmda og niðurstöður (frh):

- Útfellingar í loftbólum draga úr frostþoli sementsefjunnar.
- Þar sem áhrifa frosts og þíðu gætir á neðsta hluta stöpsulsins sem kemur upp úr sjó á stórstraumsfjöru verða skemmdir mestar vegna þess að þar eyðileggst loftkerfið fyrst.
Á þessu svæði verða mestar breytingar á sementsefjunni vegna útskolunar **CaO**.
- Loftkerfi í óskemmdum sýnum er nægjanlega gott til að koma í veg fyrir frostskemmdir.
- Alkalíefnahvörf eiga engan þátt í skemmdunum.

Ending steypu í sjávarumhverfi

Val á viðgerðaraðferð.

Skýrðar eru forsendur þess að velja að steypa járnaða kápusteypu utan um skemmdasvæðið með hefðbundnum mótum í þurrkví.

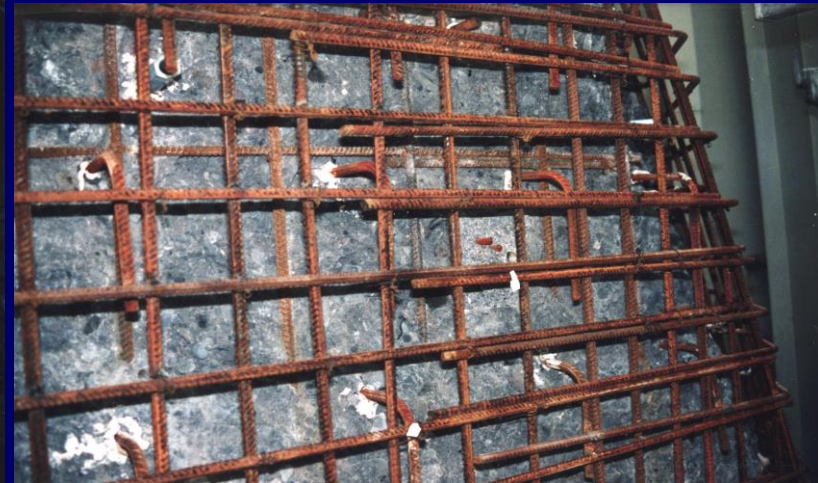


Rannsóknir Vegagerðarinnar -
28 október 2016
Einar Hafliðason



Ending steypu í sjávarumhverfi

Járnun kápusteypu.



Rannsóknir Vegagerðarinnar -
28 október 2016
Einar Hafliðason



Ending steypu í sjávarumhverfi

1998-1999: Steypa sem stenst efnaáraun sjávar – Fyrstu viðgerðir - Endurmat

Eftir að steyppt hafði verið utan um tvo stöpla var verkefnið endurmetið.

Erfitt var að framleiða hástyrkleikasteypu með lágri v/s tölu sem jafnframt var vinnanleg og sem hægt var að steypa í mót með góðu móti.

Ending steypu í sjávarumhverfi

1999 – 2002:

Áhersla var nú að þróa steypublöndu sem sameinar eftirfarandi eiginleika.

Þunnfljótandi, þarf enga þökkun.

- Sjálfútleggjandi steypa. (*Súlpac: SCC Self Compacting Concrete*)

Ending steypu í sjávarumhverfi

1999 – 2002:

Áhersla var nú að þróa steypublöndu sem sameinar eftirfarandi eiginleika.

Þunnfljótandi, þarf enga þökkun.

- Sjálfútleggjandi steypa. (*Súlpac: SCC Self Compacting Concrete*)

Þolir ágeng efni svo sem sjó

- Hágæðasteinsteypa (*HPC: High Performance Concrete*)

Ending steypu í sjávarumhverfi

1999 – 2002:

Áhersla var nú að þróa steypublöndu sem sameinar eftirfarandi eiginleika.

Þunnfljótandi, þarf enga þökkun.

- Sjálfútleggjandi steypa. (*Súlpac: SCC Self Compacting Concrete*)

Þolir ágeng efni svo sem sjó

- Hágæðasteinsteypa (*HPC: High Performance Concrete*)

Hefur yfir 70 MPa þrýstipól og er mjög þétt

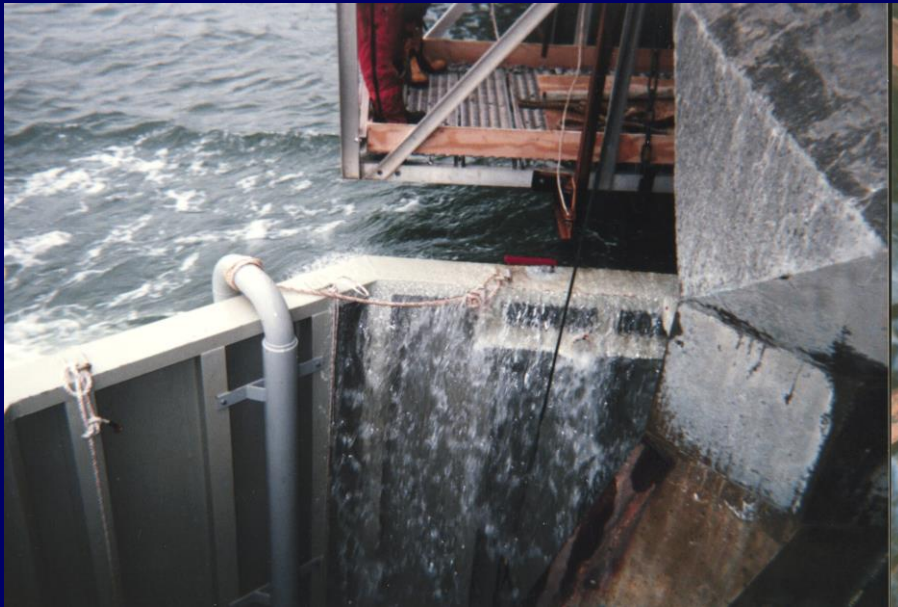
- Hástyrkleikasteypa (*HSC: High Strength Concrete*)
- Loftlaus, vinnanleg steypa og einsleit í framleiðslu.

Ending steypu í sjávarumhverfi

Í skýrslunni eru raktar rannsóknir, prófsteypur og kápusteypur á alla 12 millistöpla Borgarfjarðarbrúar á árunum 1998-1999 og hvernig til tókst með framleiðslu og niðurlögn SCC/HPC/HSC steypunnar á árunum 2002 – 2010.

Ending steypu í sjávarumhverfi

Gerð grein fyrir tilhögun framkvæmdarinnar og vinnutilhögun við mjög krefjandi aðstæður.



Rannsóknir Vegagerðarinnar -
28 október 2016
Einar Hafliðason



Ending steypu í sjávarumhverfi

Þakkir:

Rannsóknir sem hafa miðast við að skilja orsakir steypuskemmdanna hafa all flestar verið undir stjórn og frumkvæði Dr. Gísla Guðmundssonar. Þær hafa varpað mikilvægu ljósi á eðlis- og efnafræði breytinganna í steypunni sem leitt hafa til tæringar hennar.

Rannsóknir og þróun á framleiðslu nothæfrar steypu til viðgerðar á mannvirkjum í ágengu sjávarumhverfi hafa frá upphafi verið undir stjórn Dr. Ólafs Wallevik.

Það er ekki minnst að þakka þekkingu og frumkvæði Dr. Ólafs sem tókst að framleiða nothæfa og sterka steypu til niðurlagnar við erfiðar aðstæður.

Ending steypu í sjávarumhverfi

Þakkir:

Rannsóknir sem hafa miðast við að skilja orsakir steypuskemmdanna hafa all flestar verið undir stjórn og frumkvæði Dr. Gísla Guðmundssonar. Þær hafa varpað mikilvægu ljósi á eðlis- og efnafræði breytinganna í steypunni sem leitt hafa til tæringar hennar.

Rannsóknir og þróun á framleiðslu nothæfrar steypu til viðgerðar á mannvirkjum í ágengu sjávarumhverfi hafa frá upphafi verið undir stjórn Dr. Ólafs Wallevik.

Það er ekki minnst að þakka þekkingu og frumkvæði Dr. Ólafs sem tókst að framleiða nothæfa og sterka steypu til niðurlagnar við erfiðar aðstæður.

Þeir Dr. Gísli og Dr. Ólafur og aðstoðarfólk þeirra eiga miklar þakkir skildar fyrir þrotlaust og gefandi starf.

Ending steypu í sjávarumhverfi

Lokaorð:

Margar og fjölbreyttar rannsóknir hafa verið gerðar sem tengst hafa þessu umfangsmikla verkefni.

Horft til framtíðar verður fróðlegt að skoða endingu steypunnar á einhverju árabili á þessari öld.

Ekki er gert ráð fyrir að steypan endist til eilífdar, en þá er líka brýnt að það liggi fyrir á einum stað yfirlit og upplýsingar um allar þær mismunandi steypublöndur sem notaðar voru ásamt yfirliti yfir prófanir og niðurstöður prófana sem gerðar voru til að draga lærdóm af því sem gert var. - Þ.e. hvar verður ending steypunnar best.

Ending steypu í sjávarumhverfi

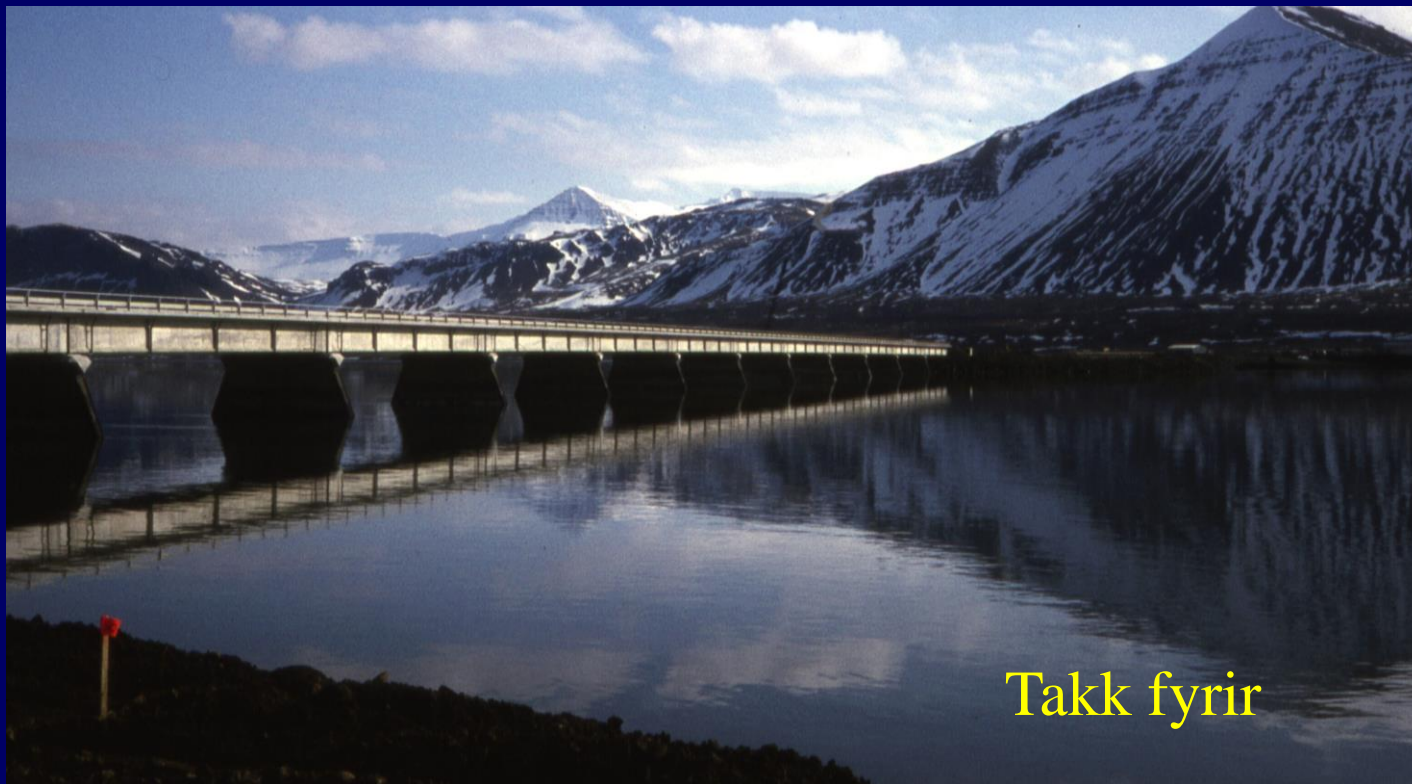


Tíminn einn mun leiða í ljós hvernig til hefur tekist

Rannsóknir Vegagerðarinnar -
28 október 2016
Einar Hafliðason



Ending steypu í sjávarumhverfi



Takk fyrir

Rannsóknir Vegagerðarinnar -
28 október 2016
Einar Hafliðason

