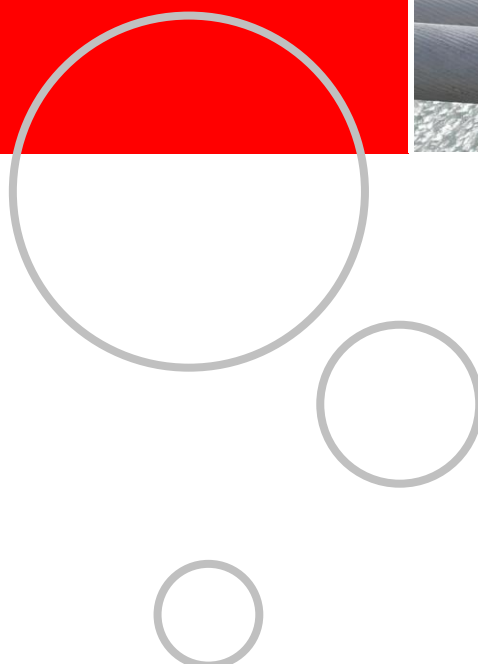


Ástand kapla í hengibrúm

Lokaskýrsla

September 2011



SKÝRSLA - UPPLÝSINGABLAÐ

Titill skýrslu Mat á ástandi kapla í hengibrúm		Tegund skýrslu Lokaskýrsla				
Verkheiti Ástand kapla í hengibrúm		Verkkaupi Vegagerðin				
Verkefnisstjóri - Efla Guðmundur Valur Guðmundsson		Verkefnisstjóri / fulltrúi verkkaupa Einar Hafliðason / Aron Bjarnason				
Höfundur Guðmundur Valur Guðmundsson	Skýrslunúmer 11-34	Verknúmer 2970-141	Fjöldi síðna 16			
<p>Útdráttur</p> <p>Alls eru 7 hengibrýr á Þjóðvegakerfinu í dag og voru þær byggðar á árunum 1945 til 1967. Sú elsta og jafnframt sú langumferðarþyngsta er brúin á Ölfusá við Selfoss en sú yngsta er brú á Jökulsá á Breiðamerkursandi. Flestar eru þær mjög mikilvægar samgönguleiðir og í sumum tilfellum eina leiðin yfir þær hindranir sem jökulárnar eru á hverjum stað.</p> <p>Ástand kapla brúar á Ölfusá og brúar á Hvítá var metið með sjónskoðun. Á grundvelli þeirrar skoðunar er eindregið mælt með því að brú á Ölfusá verði tekin til frekari skoðunar, hún uppfyllir öll skilyrði fyrir aukinni vöktun, þ.e. mikil umferð, mikilvæg samgönguleið, lágt öryggi gagnvart broti, töluverð óvissa varðandi raunverulega krafta í burðarvirkinu ásamt mörgum vísbendingum um skert burðarþol kaplanna. Í raun er öryggið ekki þekkt þar sem að dreifing raunkrafta er ekki þekkt af nægilegri nákvæmni.</p> <p>Fyrir brú á Hvítá er hins vegar ekki talin ástæða til sérstakrar vöktunar þar sem ástand kaplanna er gott, brotöryggi er hátt ásamt því að ekki er mikill umferðarþungi á brúnni.</p>						
Lykilorð Brú á Ölfusá, Brú á Hvítá, kaplar, hengibrýr, vöktunaráætlun						
Staða skýrslu <input type="checkbox"/> Í vinnslu <input type="checkbox"/> Drög til yfirlustrar <input checked="" type="checkbox"/> Lokið		Dreifing skýrslu og upplýsingablaðs <input type="checkbox"/> Opin <input checked="" type="checkbox"/> Dreifing með leyfi verkkaupa <input type="checkbox"/> Trúnaðarmál				
Útgáfusaga						
Nr.	Höfundur		Rýnt		Samþykkt	
	Nafn	Dags.	Nafn	Dags.	Nafn	Dags.
1	GVG	2.9.2011	Baldvin Einarsson	9.9.2011	GVG	15.9.2011

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR	1
2	HENGIBRÝR Á ÍSLANDI	2
3	UM KAPLA SEM BURÐAREININGAR	3
4	ALMENNT UM SKOÐANIR OG VÖKTUN	5
4.1	SJÓNSKOÐUN	5
4.2	HLJÓÐVÖKTUN	5
4.3	TITRINGSVÖKTUN.....	6
4.4	AÐRAR AÐFERÐIR.....	7
5	ÁSTANDSSKOÐUN	8
5.1	BRÚ Á ÖLFUSÁ	8
5.2	BRÚ Á HVÍTÁ.....	10
6	NIÐURSTÖÐUR	11
7	HEIMILDASKRÁ	12
	VIÐAUKI 1 – TEIKNINGAR	13

1 INNGANGUR

Alls eru 7 hengibrýr á Þjóðvegakerfinu í dag og voru þær byggðar á árunum 1945 til 1967. Sú elsta og jafnframt sú langumferðarþyngsta er brúin á Ölfusá við Selfoss en sú yngsta er brú á Jökulsá á Breiðamerkursandi. Flestar eru þær mjög mikilvægar samgönguleiðir og í sumum tilfellum eina leiðin yfir þær hindranir sem jökulárnar eru á hverjum stað. Kaplar hengibrúa eru mikilvægar burðareiningar hengibrúa og er líklegt að brot í kapli valdi hruni brúarinnar. Jafnframt er mjög erfitt og kostnaðarsamt að skipta út köplum auk þess sem lokun brúarmannvirkja vegna viðgerða getur valdið töluverðum töfum með tilheyrandi kostnaði fyrir notendur mannvirkjanna.

Kaplar í hengibrúm á Íslandi eru orðnir allt að 75 ára gamlir og virðast hafa staðið tímans tönn vel þrátt fyrir allt annað umferðarálag á brýrnar heldur en gert var ráð fyrir við hönnun þeirra. Eldri álagsforsendur miðuðust gjarnan við þyngstu ökutæki sem leyfð voru á viðkomandi vegum með tilheyrandi öryggisstuðlum. Með auknum áherslum á landflutninga hin síðari ár hefur þungaálag á vegakerfinu aukist verulega og því áraun á brýrnar jafnframt.

Markmið rannsóknaverkefnisins er að safna saman þekkingu og skilgreina aðferðafræði á mati á ástandi kapla í hengibrúm á Íslandi og þannig gera kleift að meta áreiðanleika þeirra mannvirkja sem um ræðir. Á þann hátt er unnt að stýra umferð um brýrnar með markvissum hætti og þannig lengja líftíma þeirra.

2 HENGIBRÝR Á ÍSLANDI

Fyrstu stóru brýrnar á Íslandi yfir Ölfusá (1891) og Þjórsá (1895) voru hengibrýr. Nokkrar minni hengibrýr voru byggðar í upphafi síðustu aldar, s.s. brýr á Sogið, Hörgá og Örnólfsdalsá. Þær hafa allar verið teknar niður að undanskilinni þeirri síðastnefndu sem hefur ekki verið tengd við vegakerfið í áratugi en verið er að endurgera á þessu ári til notkunar sem göngubrú.

Þær hengibrýr sem nú eru á þjóðvegakerfinu eru alls 7 talsins byggðar á árunum 1945-1967. Þær eru allar svipaðar að gerð að undanskilinni þeirri elstu, brú á Ölfusá.

Brú á Ölfusá er sú eina sem er með tvöfaldri akbraut auk þess að vera sú lang umferðarþyngsta. Aðrar eru umferðarminni, þó er mikilvægi nokkurra þeirra síst minna þar sem þær eru eina leiðin milli landshluta yfir jökulfljótin, má þar telja brú á Jökulsá á Breiðamerkursandi, brú á Jökulsá á Fjöllum og brú á Jökulsá í Axarfirði.

Í töflu 1 má sjá helstu kennistærðir hengibrúa á núverandi þjóðvegakerfi.

Heildarlengd þeirra er 1096 m og heildarflatarmál akbrauta er tæplega 4400 m². Væru þær byggðar í dag má gera ráð fyrir að kostnaður jafngildi um 500-600 þús.kr/m². Sé gert ráð fyrir að nýjar brýr yrðu byggðar með tvöfaldri akbraut í samræmi við núgildandi leiðbeiningar yrði heildarflatarmálið um 9860 m² og heildar endurstofnvirði því um 5.000 – 6.000 milljónir kr.

Tafla 1 – Yfirlit um hengibrýr á Íslandi (Upplýsingar úr brúarskrá, jan2011)

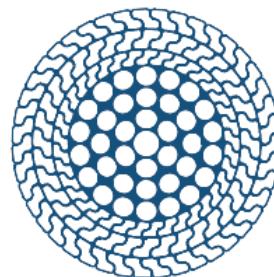
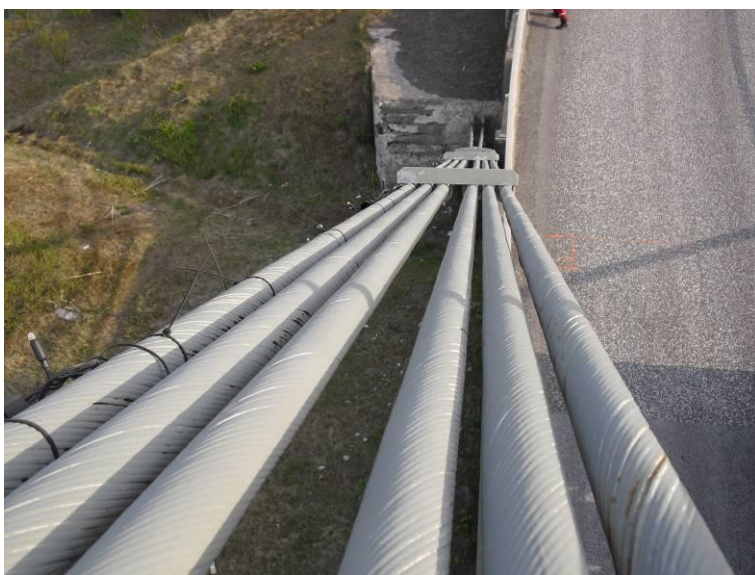
Brú	Byggingarár	Lengd (m)	Breidd akbrautar	Flatarmál akbrautar	Umferð ÁDU2010	Umferð SDU2010	Vagnþungi
Ölfusá	1945	132,35	6,2	821	8462	10827	
Jökulsá á Breiðamerkursandi	1967	168	4,17	701	328	668	34
Hvítá hjá lðu	1957	175,7	3,8	668	462	686	27
Blanda	1951	112	3,8	426	105	179	
Jökulsá á Fjöllum	1947	162	3,7	599	305	609	
Jökulsá í Axarfirði	1957	156	3,8	593	395	668	27
Skjálfandafljót	1955	189,5	3,02	572	32	45	12
Samtals		1096 m		4379 m ²			

3 UM KAPLA SEM BURÐAREININGAR

Kaplar í hengibrúm á Íslandi eru allir af svipaðri gerð. Hver kapall er byggður upp af nokkrum aðskildum strengjum af lokaðri gerð (e. locked coil strand).

Hver strengur er byggður upp af mismunandi mörgum þráðum sem fer eftir stærð strengsins. Kjarninn er úr hringlaga þráðum sem eru vafðir í spíral í nokkrum lögum, ytri þræðirnir eru Z-laga sem læsast saman þegar þeir eru vafðir og mynda þannig lokað yfirborð og þannig á raki eða önnur tæringarefni ekki greiða leið inn að kjarnanum. Jafnframt eru strengirnir málaðir í heilu lagi eftir uppsetningu til að bæta enn frekar tæringarvörn þeirra. Allir strengir sem framleiddir eru nú eru heitgalvaniseraðir.

Kaplar í hengibrúm eru mikilvægar burðareiningar og getur brot í kapli jafnvel valdið hruni brúarinnar. Jafnframt eru þeir útsettir fyrir tæringu og viðkvæmir punktar eru gjarnan við hengistangir þar sem stálhlutir eru í snertingu hver við annan og því erfitt að verja gagnvart tæringu. Vegna þessa hafa kaplar gjarnan verið hannaðir með háu öryggi og var gjarnan miðað við fjórfalt öryggi, þ.e. brotstyrkur kapalsins er fjórfalt hönnunarálag.



Mynd 3-1 Til vinstri, kapall í Ölfusárbrú, 6 aðskildir strengir. Til hægri, dæmigert þversnið í streng af lokaðri gerð (Bridon Structures).

Með reglulegu viðhaldi og eftirliti geta kaplar haft langan líftíma án þess að styrkur þeirra skerðist.

Með aukinni þungaumferð hefur álag á kapla hengibrúanna aukist nokkuð og þar með hefur öryggisstuðullinn lækkað sem því nemur. Á þeim stöðum sem erfitt hefur reynst að koma við viðhaldi er mögulegt að þversnið strengja sé farið að skerðast og í úttekt á Ölfusárbrú síðastliðið sumar komu vísbendingar þar um í ljós.

Kosturinn við uppbyggingu kaplanna er að þeir eru aðskildir. Ef einn strengur af sex í einu kapalplani slitnar (Ölfusá, Hvítá) er ólíklegt að það valdi hruni að því gefnu að kraftur í þeim streng dreifist jafnt á hina fimm strengina. Það að álagið dreifist jafnt er hins vegar ekki alveg sjálfgefið þar sem það fer eftir stífni strengjanna og strekkingu sem hefur ekki verið skoðað sérstaklega eftir því sem best er vitað.

4 ALMENNT UM SKOÐANIR OG VÖKTUN

4.1 Sjónskoðun

Sjónskoðun er líklega mikilvægasti þátturinn í að fylgjast með ástandi kapla. Hún byggir á því að kaplarnir eru skoðaðir frá akkeri til akkeris ásamt upphengipunktum og metið hvort einhverjar vísbendingar séu um slit eða tæringu. Skoðunin hefur hins vegar nokkra annmarka, s.s. að yfirleitt er ekki mögulegt að skoða alla hluta kapalsins, t.d. við upphengipunkta, án þess að fjarlægja festingar. Norska Vegagerðin (Statens Vegvesen) hefur gefið út handbók um ástandsskoðanir brúa (Handbók 136 – Inspeksjonshåndbok for bruer), þar er m.a. fjallað um ástandsskoðun kapla.

Íslensku hengibrúnum svipar til eldri norsku hengibrúna og eiga ráðleggingar og aðferðir við ástandsskoðanir samkvæmt handbók 136 því ágætlega við íslenskar aðstæður.

Hér er að mestu stuðst við handbók 136 ásamt grein Knut A.Grefstad hjá Statens Vegvesen, *Norwegian Suspension bridges – How the inspections are carried out and feedback from the maintenance*. (Grefstad, 2004).

Í Noregi er miðað við að árleg skoðun fari fram þar sem allir hlutar brúarinnar sem eru aðgengilegir eru skoðaðir. Ítarleg skoðun á köplum (Hovedinspeksjon) er framkvæmd á 5 ára fresti og er þá gert ráð fyrir að allir hlutar kapalsins séu skoðaðir af tæknimanni með sérþekkingu á hengibrúm og er þeirri aðferð lýst sérstaklega í handbók 136. Í ítarlegu skoðuninni er sett upp nauðsynlegt aðgengi til að hægt sé að skoða alla hluta kapalsins.

Fyrir strengina sjálfa er sérstaklega leitað eftir: Broti í einstökum þráðum strengsins, tæringu, ástandi tæringarvarnar og merkjum um færslur í hnútpunktum.

4.2 Hljóðvöktun

Með því að setja upp hljóðnema við kaplana er mögulegt að greina þegar þráður í strengnum slitnar. Þessari aðferð hefur þó aðallega verið beitt fyrir stærri vafða kapla sem eru byggðir upp úr hundruðum eða þúsundum þráða.

Aðferðin byggist á því að hljóðnemar eru settir upp með nokkru millibili eftir endilöngum kaplinum og hlustað er eftir vírsliti.

Dæmi um fyrirtæki sem býður upp á slíka þjónustu er PureTechnologies í Calgary í Kanada. Leitað var eftir upplýsingum frá PureTechnologies og þeir beðnir um að áætla kostnað við ástandsmat á köplum fyrir Ölfusárbrú.

Svipaðri aðferð er hægt að beita við ástandsmat strengja sem byggist á því að komið er fyrir nema sem býr til segulsvið í strengnum, hljóðbylgjupúls er svo búinn til sem ferðast eftir strengnum. Stál flytur hljóðbylgjur auðveldlega (hraði um 4 km/s), en þegar hljóðbylgjan kemur að óreglu í strengnum, s.s. galla vegna tæringar eða þreytu, endurkastast hluti bylgjunnar aftur að hljóðgjafanum og á

Þann hátt má staðsetja gallann. Á grundvelli þessara mælinga er m.a. unnt að bera saman strengina, þ.e. hvaða strengur virðist hafa mestu skerðingu þversniðsflatarmáls ásamt því að leggja mat á það hversu mikil skerðing er á þversniði strengjanna.

Helsti annmarki þessarar tækni er að ekki er mögulegt að nota aðferðina til að greina skemmdir í strengjum við upphengipunkta, söðul eða akkeri. Í hnútpunktum eru stálhlutir í snertingu við strenginn og valda þar með endurkasti hljóðbylgjunnar. Öðrum aðferðum þarf því að beita til að greina ástand strengjanna þar.

Í viðauka 1 má sjá frekari upplýsingar um CableScan tæknina.



Mynd 4-1 Búnaður sem komið er fyrir til að senda hljóðbylgjur eftir strengum (CableScan frá PureTechnologies).

4.3 Titringsvöktun

Titringsvöktun (Vibration monitoring) er þekkt aðferð til að greina og fylgjast með hegðun brúa. Með því að greina sveiflufræðilega eiginleika brúarinnar er mögulegt að kvarða reiknilíkön sem notuð eru til að greina krafta í burðarvirkjum. Burðarkerfi hengibrúa er nokkuð ólínulegt og er kraftur í köplunum háður stífni kaplanna, stífni bitakerfisins ásamt því hvernig brúin var byggð. Ýmsir óvissuþættir eru því gjarnan varðandi dreifingu raunkrafta í burðarvirkinu.

Mikil framþróun hefur orðið í ýmsum mælibúnaði, s.s. hröðunarnemum, frá því sem áður var. Eru mælitækin orðin umfangsminni og ódýrari ásamt því að vera auðveldari í notkun.

Fyrir kapla í hengibrúm er mögulegt að setja upp hröðunarnema sem greinir hreyfingar kaplanna og á grundvelli sveiflufræðilegra eiginleika er unnt að meta hvort raunkraftar í köplunum séu að breytast með tíma. Breytingar á sveiflufræðilegum eiginleikum má því túlka sem breytingar á kraftdreifingu í burðarvirkinu og þar með stífni kerfisins. Ef stífni kaplanna er að minnka eru vísbendingar um að einhverjar skemmdir hafi orðið sem verður þá að bregðast við á einhvern hátt.

4.4 Aðrar aðferðir

Samspil titringsmælinga, færslumælinga, og streitumælinga í ákveðnum burðarhlutum geta gefið góðar upplýsingar um hegðun brúarinnar sem verið er að vakta.

Með slíkri vöktun er unnt að greina hvort breytingar eigi sér stað á burðarvirkinu með tíma sem gefur til kynna hrörnun.

5 ÁSTANDSSKOÐUN

Hluti af rannsóknaverkefninu var skoðun á köplum brúar á Ölfusá og brúar á Hvítá hjá lðu og er gerð sérstök grein fyrir niðurstöðum þeirra skoðana í sérstökum skýrslum þar um. Helstu niðurstöður eru endurteknar hér að neðan.

5.1 Brú á Ölfusá

Ástand kapla var metið sjónrænt þann 9.júní 2011. Farið var vandlega yfir alla hluta kaplanna sem voru aðgengilegir. Þeir hlutar kaplanna sem liggja fyrir neðan brúargólfið voru ekki skoðaðir. Alls voru því um 70-80% af lengd kaplanna skoðuð.

Almennt virðist tæringarvörn og málning frá árinu 1993 hafa staðist veður og vind nokkuð vel í 18 ár. Ekki virðist mikið um skemmdir í málningu en víða eru þó farnar að sjást skemmdir, einkum þar sem erfitt hefur reynst að mála í upphafi, t.d. við upphengi, við söðul í turntoppi og við „splice“ þar sem strengirnir greinast frá hverjum öðrum að endaakkerum.

Ekki er hægt að meta ástand strengjanna að innan með sjónskoðun og því alls óvíst um hvernig ástandið er þar. Hugsanlegt brot í þráðum og/eða tæring í strengnum að innan má helst merkja ef breytingar hafa orðið á þvermáli strengsins, hann hafi gliðnað eða aflagast.

Tæringarvörn strengjanna byggist á því að ysta lagið sé þétt, þar sem Z-laga þræðirnir falla þétt hver að öðrum, kjarninn er hins vegar úr hringlaga þráðum og eru þar holrými sem raki má ekki komast að. Ysta lagið er síðan málað með viðeigandi tæringarvörn sem á að loka bilinu millil þráða.

Víða eru strengirnir orðnir nokkuð gisnir, þ.e. bil er milli þráða í ysta lagi strengjanna. Það hefur það í för með sér að ysta lagið virkar ekki lengur sem sú lokun sem því er ætlað og vatn og raki á því greiða leið inn að innri þráðum strengsins sem eru alveg óvarðir. Ekki er ljóst hvort að strengirnir hafi verið svona gisnir í upphafi eða hvort þeir hafi gliðnað með tímanum.

Undir upphengfestingum eru nokkrar vísbendingar um að tæring sé orðin töluverð, merki eru um líkleg þráðbrot en ekki er mögulegt að skoða það nákvæmlega nema losa um festingarnar.

Þar sem kapallinn gengur yfir söðulinn í turntoppi eru þeir ekki aðgengilegir og því ekki hægt að meta ástand þeirra þar undir.

Ýmsar vísbendingar eru því um að burðarþol strengjanna sé skert án þess að það sé óbyggjandi án frekari skoðunar.

Niðurstöður

Upphaflegt brotöryggi kaplanna var fjórfalt samkvæmt hönnunarútreikningum, sé litið framhjá hrörnun strengjanna þá er það brotöryggi komið niður í 1,78 vegna aukins eiginþunga- og umferðarálags.

Nefna má tvær ástæður fyrir háu brotöryggi í upphafi, þ.e. kaplarnir eru burðareiningar sem eru mikilvægar gagnvart öryggi brúarinnar en ekki síst sú að

Það er gert ráð fyrir að þeir muni hrörna, þ.e. strengirnir eru ógalvaniseraðir og eina tæringarvörnin er málun á ytra byrði kaplanna.

Það er mat okkar að núverandi brotöryggi sé orðið óásættanlegt hvort sem notuð er upphafleg reikniaðferð án álagsstuðla eða að reiknað sé samkvæmt nógildandi hönnunarstöðlum. Helstu ástæður þess eru:

- Ástand kaplanna gefur vísbendingar um að þversnið þeirra sé farið að skerðast og á það sérstaklega við um staði þar sem erfitt hefur reynst að verja þá fyrir tæringu, s.s. við upphengi hengistanga.
- Dreifing krafta milli kapalplana er ekki þekkt, ef hún er ójöfn er brotöryggið enn minna en hér er gefið upp.
- Raun kapalkraftur hefur ekki verið mældur

Ölfusárbrú er mikilvæg samgönguleið í Árborg og er búin að duga vel í 66 ár og hefur verið tákn bæjarins. Með góðu viðhaldi og vöktun ætti að vera hægt að tryggja endingu brúarinnar til næstu 50 ára þrátt fyrir aukið álag.

Það sem mælt er því með því að gera:

- Mæla raunkrafta í köplunum
- Mæla hæðarferil kapla og brúargólfs
- Ljúka skoðun fyrir þá hluta sem ekki voru aðgengilegir
- Meta ástand kapla undir upphengjum hengistanga og í söðlum
- Skipta út tærðum boltum í turntoppi
- Undirbúa viðhald og endurnýjun tæringarvarnar
- Búa til vöktunaráætlun fyrir brúna.



Mynd 2 –Til vinstri, tæring í vestari kapli við hengistöng V17. Horft undir kapal. Til hægri, slitin þráður í streng nr.1 í vestari kapli. Búið er að losa u.þ.b. 1 m langan þráð.

5.2 Brú á Hvítá

Almennt

Ástand kapla var metið með sjónskoðun þann 9.júní 2011. Ekki voru allir hlutar kapalsins skoðaðir að þessu sinni. Fyrst og fremst var litið til þess að nota tækifærið þegar lyftari á svæðinu gat tryggt aðgengi að söðli í turntoppi. Æskilegt hefði verið að líta betur á akkerisfestingar en gert var að þessu sinni.

Almennt virðist tæringarvörn og málning hafa staðist veður og vind nokkuð vel. Lítið er um skemmdir í málningu en sums staðar hefur ysta lagið flagnað af. Ekki virðast vera merki um tæringu að utanverðu nema þar sem galvanisering á vírum hefur skaðast. Strengirnir eru galvaniseraðir og eru í mun betra ástandi heldur en strengir við brú á Ölfusá þar sem um ógalvaniseraða strengi er að ræða.

Ekki er hægt að beita sjónskoðun til að meta ástand strengjanna að innan og því alls óvíst um hvernig ástandið er þar. Hugsanlegt slit á þráðum og/eða tæringu í strengnum að innan má helst merkja ef breytingar hafa orðið á þvermáli strengsins, hann hafi gliðnað eða aflagast.

Tæringarvörn strengjanna byggist á því að ysta lagið sé þétt, þar sem Z-laga þræðirnir falla þétt hver að öðrum, kjarninn er hins vegar úr hringlaga þráðum og eru þar holrými sem raki má ekki komast að. Ysta lagið er síðan málað með viðeigandi tæringarvörn sem á að loka bilinu milli þráða.

Á stöku stað má sjá að ystu þræðirnir eru ekki alveg þéttir, þ.e. örlítið bil virðist vera milli þráða. Þar sem slíkt er að sjá virðast ekki vera merki um tæringu eða aðrar breytingar á ummáli kapalsins. Ólíklegt er því að um mikla tæringu sé að ræða innan í strengjum. Mögulegt er að þessi aflögun sé frá því að brúin var byggð.

Horft var vandlega eftir ástandi kaplanna við söðul í turntoppi. Söðullinn sjálfur virðist í góðu ástandi og ekki eru merki um sérstaka tæringu þar. Steypa utan um söðullinn og rúllulegu sem kapallinn hvílir á er orðin nokkuð sprungin eins og sjá má á myndunum sem fylgja hér á eftir.

Niðurstöður

Upphaflegt brotöryggi kaplanna við hönnun var 4,9 miðað við 350 kg/m² jafndreift umferðarálág. Ekki eru vísbendingar um aukna eiginþyngd frá þeim tíma og virðist ástand kaplanna ekki gefa til kynna mikla hrörnun. Brotöryggi kaplanna er því í góðu lagi. Ekki hafa þó verið skoðuð sérstaklega áhrif aukins umferðarþunga.

Mælt er með því að ljúka sjónskoðun kaplanna og taka út ástand þeirra á þeim stöðum sem náðust ekki í þessari úttekt hér og er þar sérstaklega um að ræða svæði við kapalakkeri.

Mælt er með því að tæringarvörn strengjanna verði endurnýjuð innan 5-10 ára til að viðhalda góðu ástandi kaplanna.

Ekki er talið ástæða til að setja upp sérstaka vöktunaráætlun fyrir brúna að öðru leyti en því að kaplar og burðarvirki brúarinnar verði skoðuð á u.þ.b. 5 ára fresti.

6 NIÐURSTÖÐUR

Áætlun um tíðni ástandsskoðana og umfang vöktunar ætti að vera háð umferðarmagni, hlutfalli þungaumferðar, mikilvægi samgönguleiðar (er þetta eina leiðin), hvert er öryggi gagnvart broti og ástandi samkvæmt fyrri skoðunum.

Ástand kapla brúar á Ölfusá og brúar á Hvíta var metið með sjónskoðun. Á grundvelli þeirrar skoðunar er eindregið mælt með því að brú á Ölfusá verði tekin til frekari skoðunar, hún uppfyllir öll skilyrði fyrir aukinni vöktun, þ.e. mikil umferð, mikilvæg samgönguleið, lágt öryggi gagnvart broti, töluverð óvissa varðandi raunverulega krafta í burðarvirkinu ásamt mörgum vísbendingum um skert burðarþol kaplanna. Í raun er öryggið ekki þekkt þar sem að dreifing raunkrafta er ekki þekkt af nægilegri nákvæmni.

Fyrir brú á Hvíta er hins vegar ekki talin ástæða til sérstakrar vöktunar þar sem ástand kaplanna er gott, brotöryggi er hátt ásamt því að ekki er mikill umferðarþungi á brúnni.

Tillaga að eftirlitsáætlun fyrir kapla í hengibrúm gæti því verið þannig.

1. Allar hengibrýrnar verði metnar með sjónskoðun þar sem ástand kapla er skráð.
2. Brotöryggi kapla verði metið sérstaklega með hliðsjón af umferðarmagni og yfirferð eldri hönnunargagna.
3. Sérstök skoðun eða greining ef brotöryggi er lágt eða vísbendingar eru um djúpstæðari tæringu eða hrörnun.
4. Skilgreind vöktunaráætlun fyrir hverja brú á grundvelli fyrri ástandsskoðana.
5. Skoðun á köplum verði endurtekin á 5 ára fresti eða í samræmi við sérstaka vöktunaráætlun fyrir hverja brú.

Sama á í raun fyrir aðra burðarhluta hengibrúanna, s.s. legur, stálbita og brúargólf.

7 HEIMILDASKRÁ

Statens Vegvesen. 2000. Håndbok 136 - Inspeksjonshåndbok for bruer – Veiledning.

Grefstad, Knud A.. 2004. „*Norwegian Suspension Bridges – How the inspections are carried out and feedback from the maintenance*“. The 4th International cable supported bridge Operator's Conference, June 16-19, 2004, Copenhagen Denmark.

Brime D2. 1999. „Review of current practice for assessment of structural condition and classification of defects“. Status report for a project funded by the European Commission, 4th Framework program.

Ko, J.M. og Ni, Y.Q. 2005. „*Technology developments in structural health monitoring of large-scale bridges*.“ Engineering Structures 27 (2005),1715-1725.

Um kapla

Gabriel, Knut og Schlaich, Jörg..1995. „*Robustness of stranded cables in suspended bridges*“. IABSE reports 73/1/73/2 (1995)

Saul, R. Og Humpf, K. 2007. „*Inspection, maintenance and replacement of stay cables*“. Munich Bridge Assessment Conference, MBAC 2007.

Zahn, F. og Bitterli B. 1995. „Developments in non-destructive stay cable inspection methods“. IABSE reports 73/1/73/2(1995).

Nakamura, S. og Susumura, K. 2011. „Corrosion of Bridge Cables and the Protection Methods“. IABSE-IASS-conference 2011.

Titringsvöktun

Andersson, A., Sundquist, H. og Karoumi, R. 2004. „*Evaluating cable forces in cable supported bridges using the ambient vibration method*“. The 4th International cable supported bridge Operator's Conference, June 16-19, 2004, Copenhagen Denmark.

Caetano, E. 2011. „On the identification of Cable Force from Vibration Measurements“. IABSE-IASS-2011.

Hljóðvöktun

Higgins, M. 2004. „*Health monitoring combined with visual inspections – obtaining a comprehensive assessment of cables*“. The 4th International cable supported bridge Operator's Conference, June 16-19, 2004, Copenhagen Denmark.

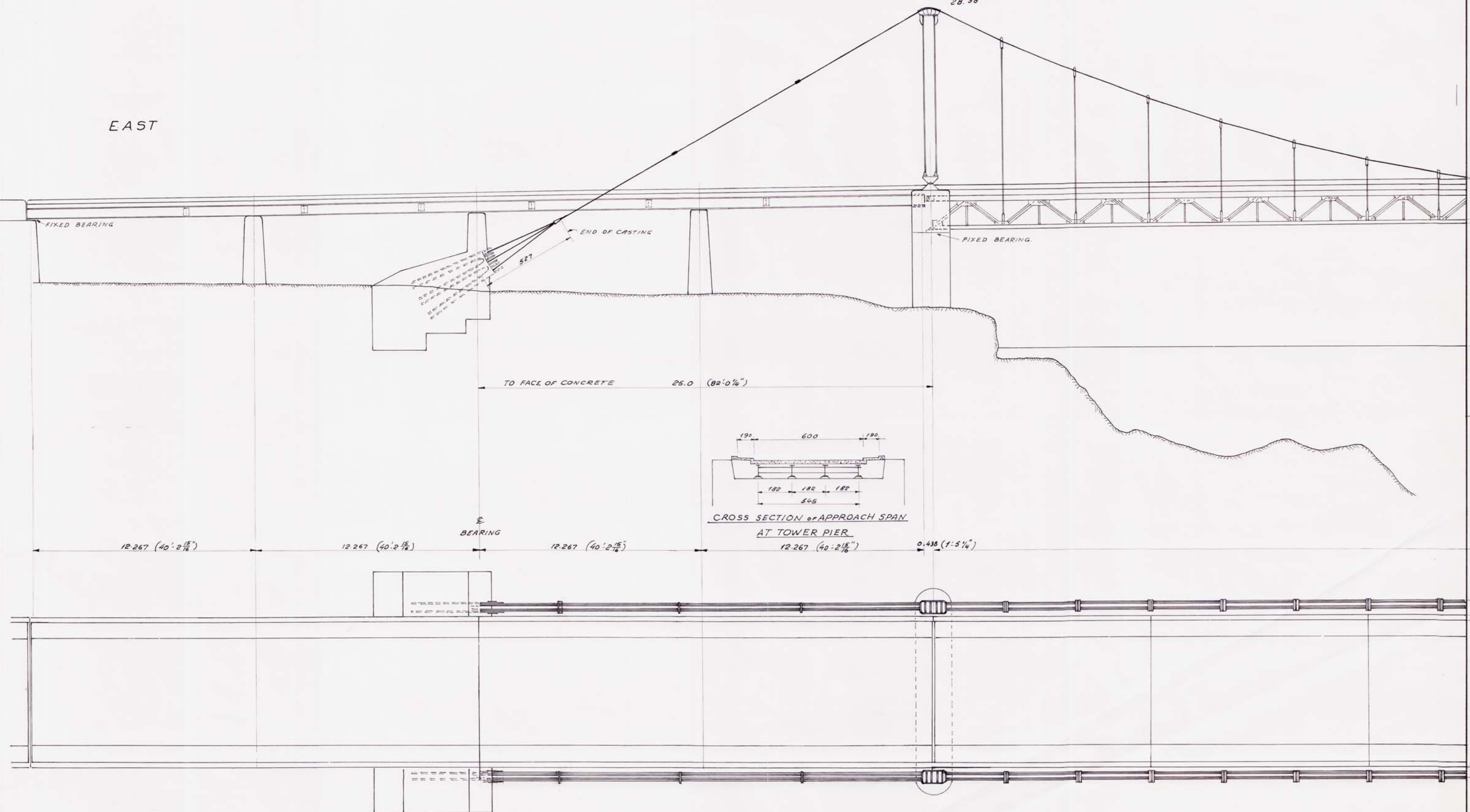
VIÐAUKI 1 – TEIKNINGAR

Brú á Ölfusá, yfirlitsmynd

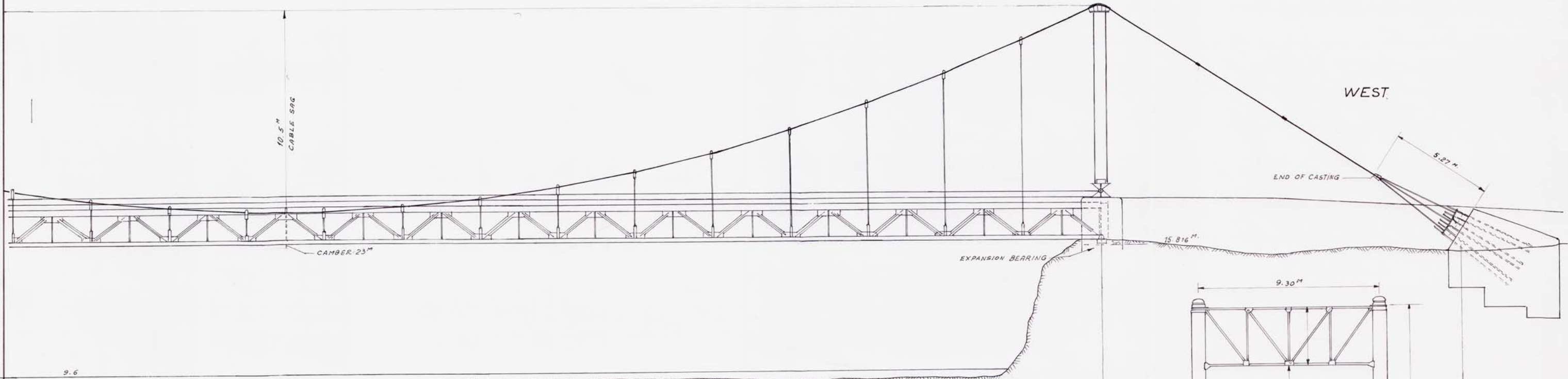
Brú á Hvítá, yfirlitsmynd

EAST

28.38

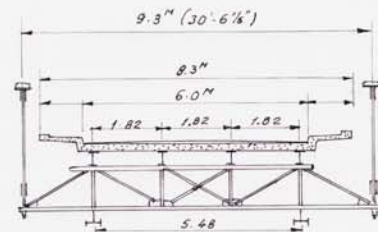


VEGAGERÐ RÍKISINS		ÖLFUSÁ	A-711
MÆLIKV:	Hannað		B1-8445
	Teikn.		
	Yfirt.	YFIRLITSMYND	
	Samb.		

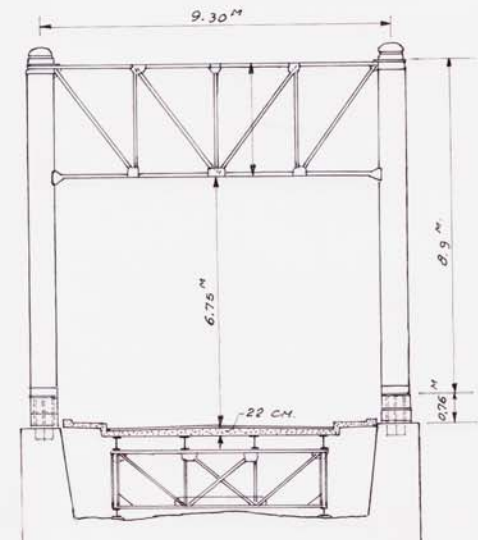


ELEVATION

84.0m (275-7/8) CENTRES OF PINS & TOWERS

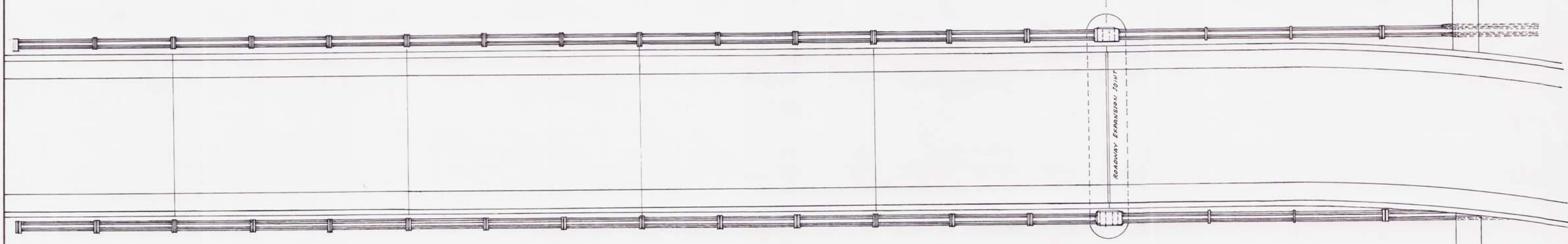


TYPICAL CROSS SECTION OF MAIN SPAN



CROSS SECTION AT WEST TOWER

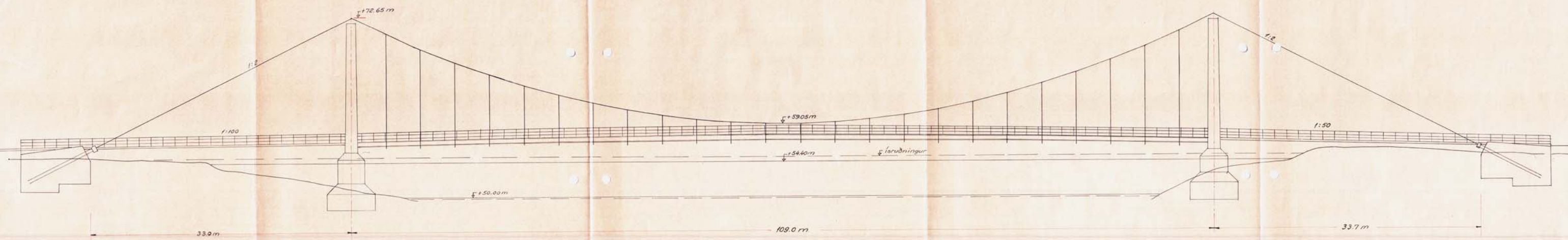
18.50m TO FACE OF CONCRETE



PLAN

VEGAGERD RÍKISINS		ÖLFUSÁ	
MÆLIKV:	Hanna 1945 DORMAN LONG		A- 711
1:100	Teikn.		B1- 8444
	Yfirt.		
	Samb.		
		YFIRLITSMYND	

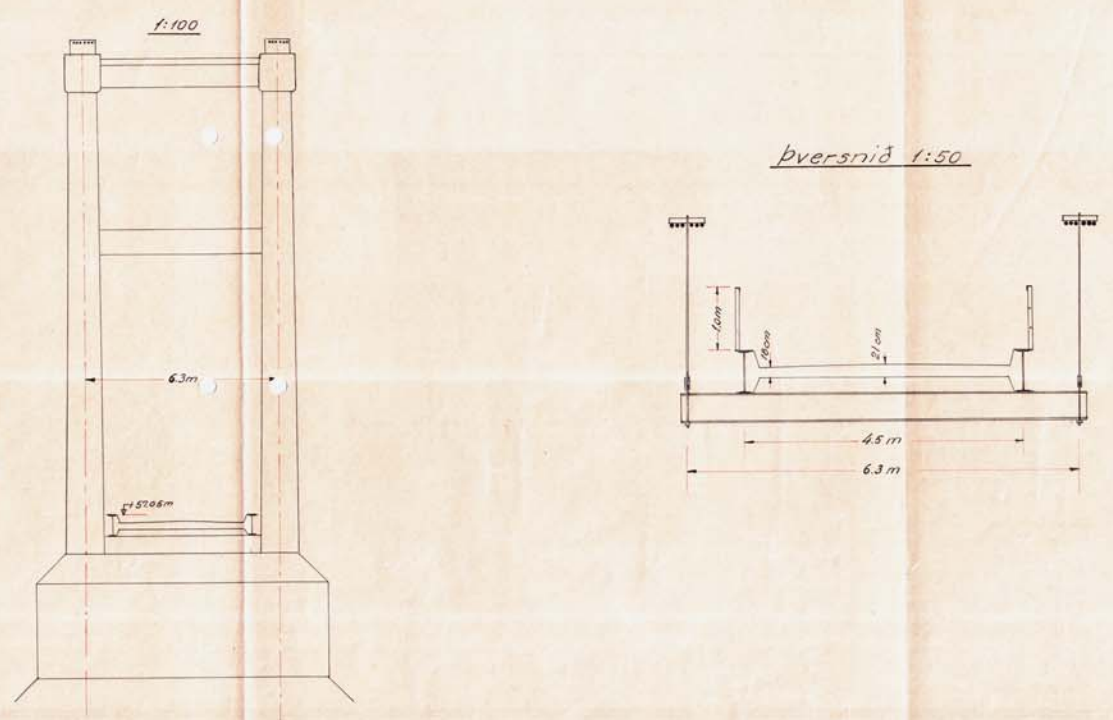
Hliðmynd 1:200



Grunnmynd 1:200



Þversnið 1:50



VEGAMÁLASTJÓRNIN		
Brú á Hvítá hjá lðu í Árnassýslu		
Hengibrú 109 m	Yfirlitsmynd	18+84 vagnar
1:200		A-300
1:100		B1-
1:50		B-2724