

Útskipti á brúalegum Rannsóknarverkefni



Gylfi Sigurðsson
Aron Bjarnason



Mars 2016

Efnisyfirlit

1.	Inngangur	1
2.	Upplýsingar frá mismunandi aðilum	1
2.0	Almennt	1
2.1	Dæmigerð framkvæmdaröð	1
2.2	Upplýsingar frá Freyssinet	2
2.3	Upplýsingar frá Aquajet.....	11
2.4	Upplýsingar frá Hydra Capsule	13
2.5	Dæmi um graut undir og yfir legum	15
3	Hugsanlegt verkferli	17
4	Til íhugunar og nánari skoðunar	19
5	Lokaorð	19
	Tilvísanir:	21



1. Inngangur

Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar veitti styrk á árinu 2014 til þess að vinna að verkefninu [Útskiptanlegar brúalegur](#). Í gr. 7 Til íhugunar og nánari skoðunar, í greinargerð verkefnisins segir:

„Í vettvangsskoðunum kom í ljós að útskipti á legum og færslustýringum er skammt undan. Þetta er sérhæfð vinna sem þarf að vinna á hagnýtan og markvissan hátt. Lagt er til, að á næstunni verði aflað þekkingar í þessu sambandi með því að fá hingað hæfan aðila með víðtæka reynslu á þessu sviði, skoða þær brýr sem fyrst þarf að huga að, setja niður líklegt verkferli o.s.frv.“

Þessi röksemd leiddi til þess að á ný var sótt um styrk í Rannsóknarsjóð Vegagerðarinnar 2015 til verkefnisins [Útskipti á brúalegum](#).

Upplýsinga var aflað hjá fyrirtækjum sem m.a. sérhæfa sig á þessu sviði svo sem Freyssinet og hugmyndin var að fá hingað mann til þess að skoða brýr, þar sem leguskipti væru framundan og setja fram verkferli. Freyssinet vinnur á þessu sviði sem verktakafyrirtæki og vill koma þannig að málum og hugmyndin reyndist því ekki raunhæf hvað það fyrirtæki varðar a.m.k. Eigi að síður veittu starfsmenn Freyssinet gagnlegar upplýsingar, sem m.a. voru fengnar með því að setja fram dæmi um legur í mismunandi aðstæðum sem hugsanlega þyrfti að skipta út síðar og beðið um svör við tilgreindum atriðum.

Í stað þess að reyna að fá hingað hæfan mann frá öðru viðurkenndu fyrirtæki og fylgja þannig upphaflegri áætlun var farið í að afla upplýsinga annars vegar á netinu hjá fyrirtækjum á þessu sviði og hins vegar með því að hafa beint samband við tiltekin fyrirtæki og biðja um upplýsingar. Í heildina fengust þannig að mati höfunda greinargerðarinnar gagnlegar upplýsingar sem haldið er til haga hér á eftir.

2. Upplýsingar frá mismunandi aðilum

2.0 Almenn

Upplýsinga var í fyrstu aflað af netinu og reynt að fá nánari gögn í framhaldi af því með samskiptum um tölvupóst, ef líklegt var talið að það skilaði frekar árangri.

2.1 Dæmigerð framkvæmdaröð

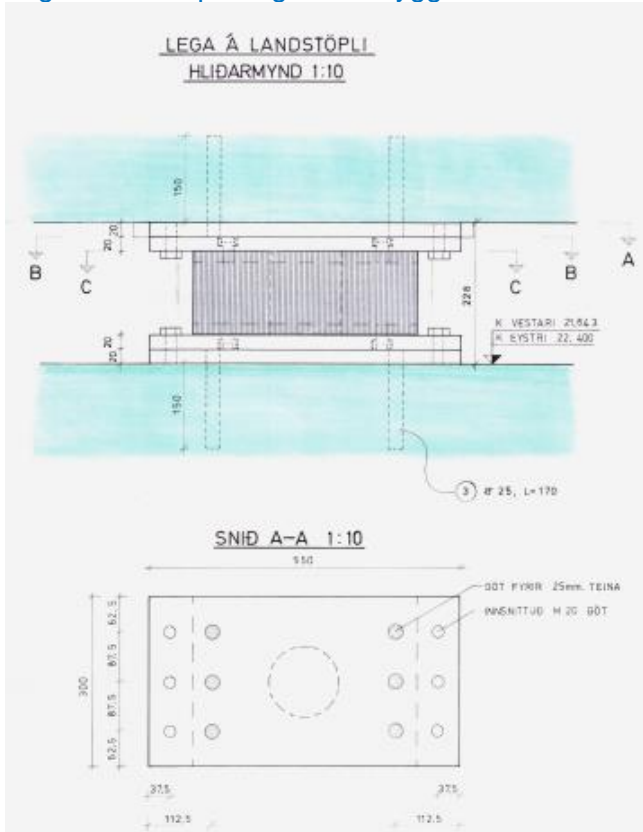
Í gr. í [ICE – Bridge Engineering, Volume¹](#) birtist grein, *Bearing replacement and strengthening of Forth Road Bridge approach viaducts*, UK. Þar segir að dæmigerð framkvæmdaröð í útskiptum á legum sé eftirfarandi (hugsað út frá brúm með stálburðarbitum):

- a) innri styrkingar stálbita þar sem það á við
- b) koma fyrir stífum (e: jacking stiffeners) utan á burðarbitum úr stáli til þess að taka við álagi frá tjökkum, þar sem þess þarf
- c) steypa knasta / stalla sem sæti fyrir lyftibúnað, ef það er nauðsynlegt
- d) koma stífungum fyrir (e: restraint system) til þess að hindra færslur eða hreyfingar brúar
- e) koma lyftibúnaði fyrir og lyfta virkinu upp til þess að losa álag af legum
- f) fjarlægja leguna / legurnar
- g) gera við steypu undir legum þar sem þess er þörf
- h) koma nýrri legu fyrir
- i) láta virkið síga niður á nýju leguna

2.2 Upplýsingar frá Freyssinet

Starfsmenn Freyssinet svöruðu spurningum um útskipti á legum, þar sem tekin voru 3 dæmi um legur sem nauðsynlegt kann að reynast að skipta út síðar. Spurningar og svör eru samandregin hér á eftir og samþættar öðrum skildum upplýsingum frá Freyssinet:

Lega á landstöpli Sogsbrúar byggð 1983:



Mynd 1 – Lega úr gervigúmmii með stálstyrkingum

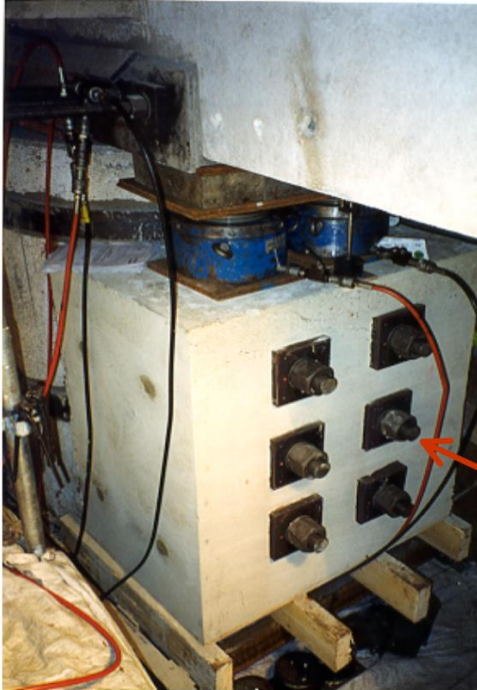


Mynd 2 – frá 07 '14

Mynd 1 er úr teikningasetti Sogsbrúar. Mynd 2 sýnir að styrkingarplötur legunnar hafa tærst og að legan hefur orðið fyrir einhverjum skakkaföllum og þá líklega í jarðskjálftunum 2000 og / eða 2008. Prófað var að losa nokkra bolta eins og sjást á Mynd 2 í júlí '15 án þess að hita þá og gekk það greiðlega fyrir sig. Bilið milli yfirbyggingar og landstöplis er ~ 226 mm

- skv. ÍST EN 1337-1:2000⁽²⁾ er gengið út frá því að lyfta þurfi yfirbyggingu allt að 10 mm til þess að unnt sé að losa legur, en æskilegast er að komast af með eins litla lyftihæð og kostur er. Bilið (226 mm) er nægjanlega rúmt fyrir tjakka, en huga þarf að kleyfnikröftum í efri brún undirstöðu frá þeim og eftir atvikum bitanum fyrir ofan. Á Mynd 3 er dæmi um aðgerðir vegna kleyfnikrafta. Reikna þarf eigið álag og notálag og í framhaldinu ákveða / hanna lyftibúnað við hæfi. Lyftingin getur þurft að vera samhæfð og unnt er að leigja viðeigandi búnað, tjakka, mælitæki (e: gauge) og stjórnbúnað eftir því sem þarf, sjá Myndir 4 og 5
- ákveða þarf hvort fullt umferðarálag verði á brúnni meðan á viðgerð stendur eða takmarka það með einhverjum hætt t.d. þannig að engin umferð verði, þegar byrjað er að lyfta brúnni
- þegar það á við þarf að sjá fyrir o.e.t.v. hanna bráðabrigða búnað til þess að taka upp lárétta krafta frá yfirbyggingunni, m.a. vindálag og bremsukrafta (umferð á brúnni meðan leguskiptu fara fram)

- ef sama stærð af legu verður notuð áfram er mögulegt að nota neðri festiplötuna áfram, sbr. [Mynd 2](#). Staðsetning boltagata má yfirfæra frá hverri legu á verkstæði með því t.d. að nota mát, en eins og fram kemur á [Mynd 2](#) standast boltar uppi og niðri ekki á
- festa mætti nýja legu með því að sjóða við plöturnar sem fyrir eru, en tæringarvörnin verður erfiðari og ending að líkindum lakari horft til lengri tíma, ef sú aðferð er valin



- 1: Temporary nailing of jacking blocks
- 2: Local strengthening during jacking operations

Mynd 3 – úr kynningu frá Freyssinet

			
<p>Locking Collar</p> <p>10 tons to 520 tons screwed ram locking collar cylinders, ideal for lifting and holding applications.</p>	<p>Pad Cylinders</p> <p>5 tons to 145 tons plain ram cylinder, ideal for lifting and low-height applications.</p>	<p>Low Profile</p> <p>10 to 90 tons plain ram cylinder, ideal for lifting and standard jacking applications available.</p>	<p>Single Acting Rams and Pulling Cylinders</p> <p>5 to 100 tons single-acting cylinders, ideal for lifting, testing and pulling applications available.</p>

Mynd 4– af netinu hjá fyrirtækinu Hydra Capsule, sem leigir tjakka

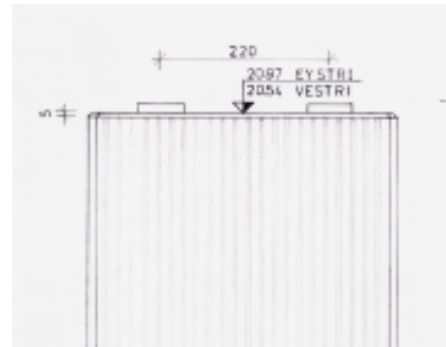
<p>HYDRA-PUMPS</p>  <p>Electric Multi Flow</p>	<p>GAUGES</p> 	
--	--	---

Mynd 5– af netinu hjá fyrirtækinu Hydra Capsule

Legu á millistöpli Sogsbrúar:



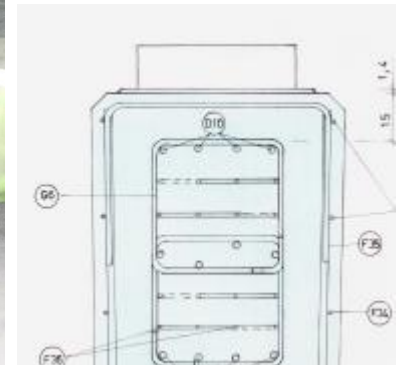
Mynd 6 – Legu úr gervigúmmí með stálstyrkingum á millistöplum



Mynd 7 – Ásýnd á legu



Mynd 8 – frá 07 '14



Mynd 9 – Snið í millistöpul

Myndir 6, 7 og 9 eru úr teikningasetti Sogsbrúar. Millibilið milli yfirbyggingar og stöplis er 129 mm skv. teikningunni.

- Þegar það á við þarf að sjá fyrir o.e.t.v. hanna bráðbrigða búnað til þess að taka upp lárétta krafta eins áður sagði

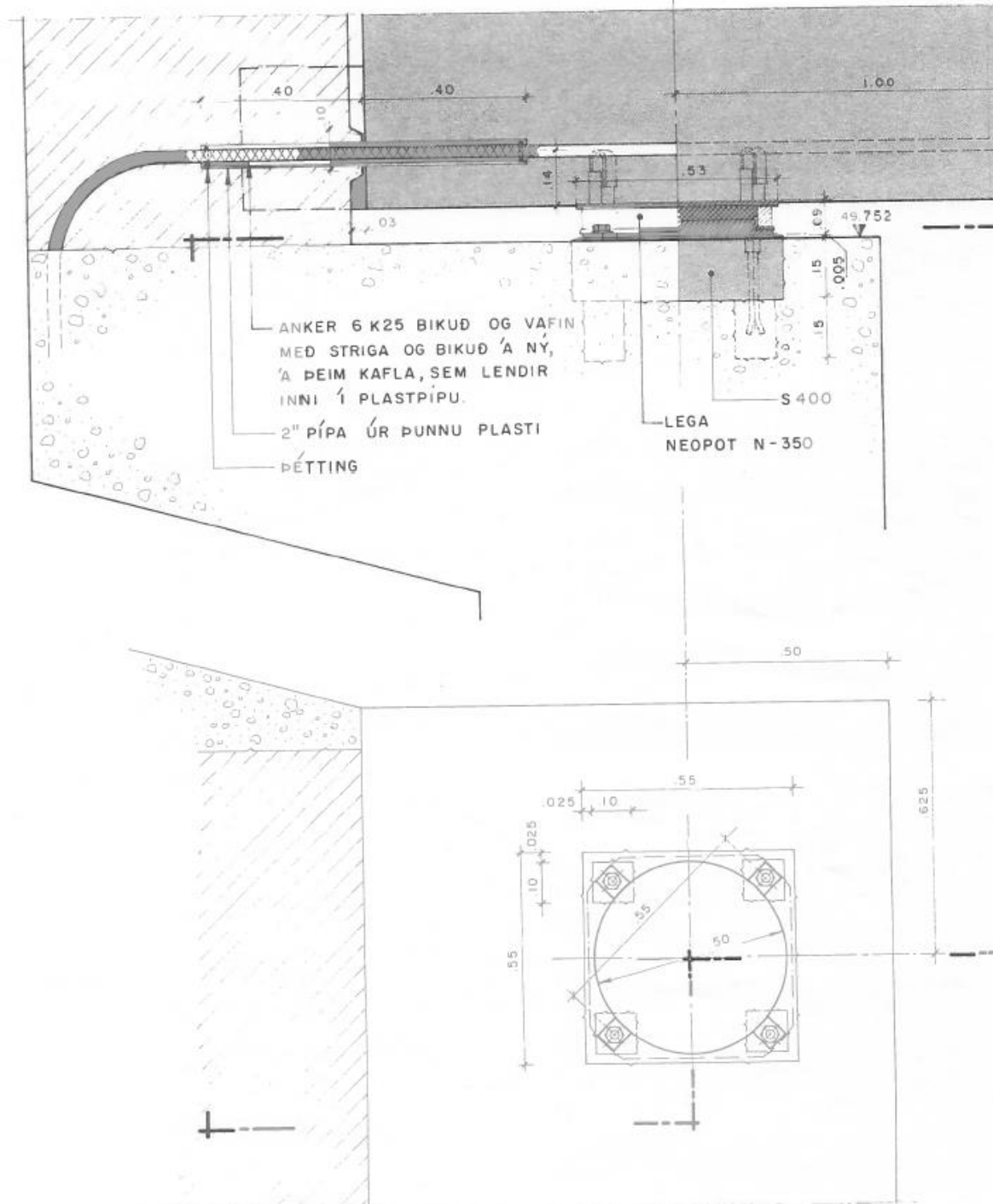


- 129 mm bil er lítið, en til eru lágir tjakkar eða ~ 125 mm háir sem lyfta ~ 600 kN. Heildarþunginn (eiginþungi og notálag) á millistöpulinn þarf að liggja fyrir til að skoða hversu marga slíka tjakka þarf. Ef þörf reynist fyrir stærri tjakka þarf að brjóta út hæfilega stóra vasa fyrir þá og múra jöfnunarlaga undir þá o.e.t.v. nota grautarpoka (e: grout bags), sjá Mynd 10, til að rétta af efri flötinn. Grautarpokarnir eru fánlegir í mismunandi stærðum, graut er dælt í þá og lyftigeta er háð stærðinni, sjá Mynd 10

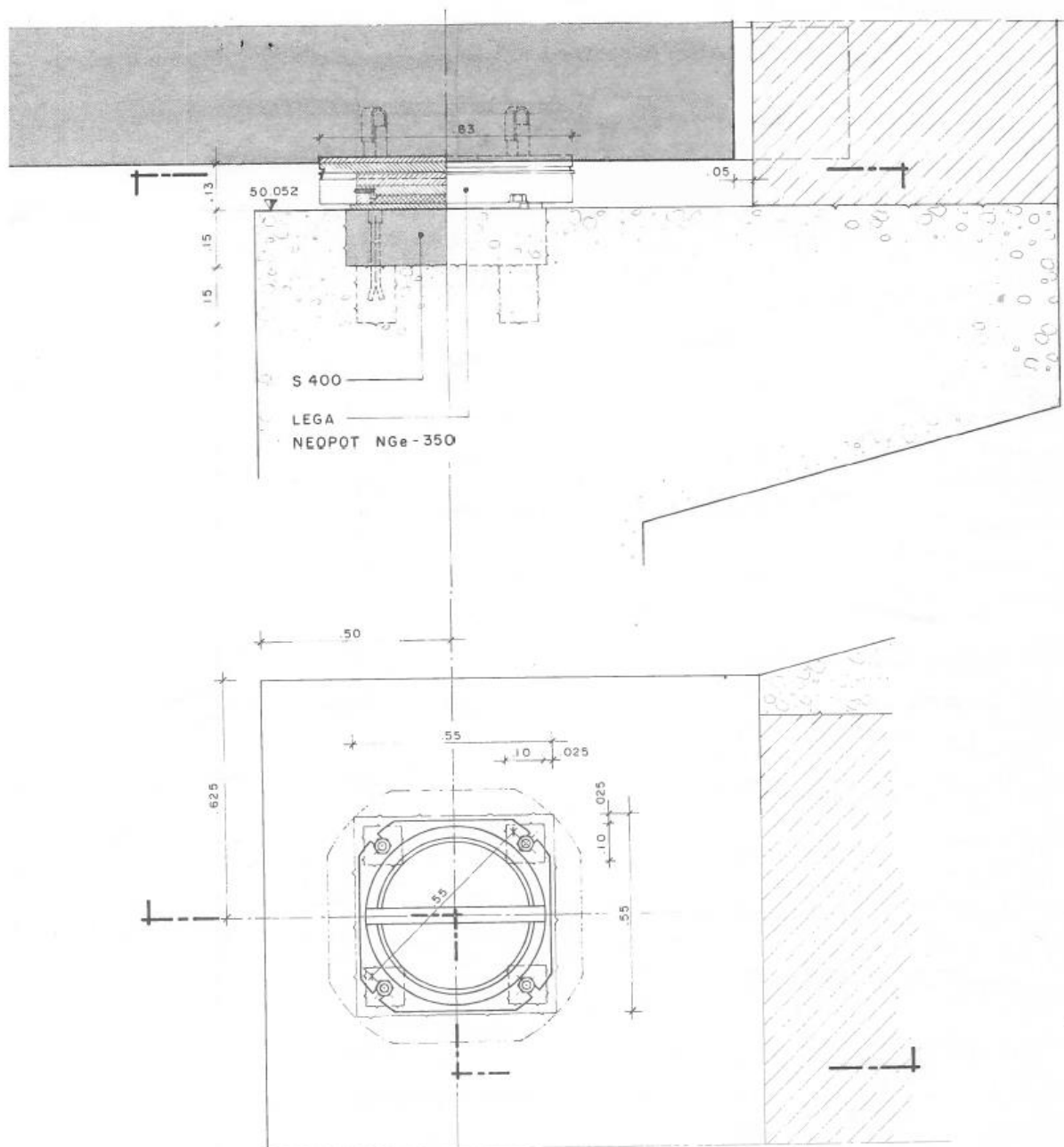
Mynd 10 fengin á netinu frá fyrirtækinu Hydra Capsule

- brjóta þarf núverandi jöfnunarlág undan legunum til þess að skapa rými fyrir nýtt, þykkt 10 – 20 mm. Vatnsbrot er æskilegt vegna þess að þá myndast ekki sprungur í steypunni, sem situr eftir. Skoða þarf hvort einnig þurfi að brjóta rými fyrir jöfnunarlág yfir legunum

Pottlega á landstöpli brúar á Elliðaár hjá Árbæjarstíflu byggð 1996:



Mynd 11 – Snið í legu Neopot N-350



Mynd 12 – Snið í legu Neopot NGe 350

Skv. teikningum eru legur af gerðinni Neopot 350 og Neopot NGe 350 og bilið milli yfirbyggingar og landstöpuls er 90 mm.



Mynd 13 – frá 07 '14

- þar sem bilið er ekki nema 90 mm þarf að brjóta úrtak / vasa fyrir annars vegar tjakka og jöfnunarlag undir þeim og hins vegar undan legunni. Almennt er steipt ofan á leguna og þegar hún hefur verið fjarlægð er flötur til staðar, sem mótast hefur af henni. Líklega er því vænlegt að skapa rými fyrir ofan leguna með vatnsbroti, sem fylla má með múr til jöfnunar, þegar nýrri legu hefur verið komið fyrir
- boltar sem halda legunum munu vera brenndir í burtu
- þegar bil er jafn þröngt og hér um ræðir, flatarrými er lítið, mundi Freyssinet almennt skipta legu af þessari gerð út með annarri sömu gerðar, því legu úr gervigúmmii fylgir gjarnan færslustýring og þá þarf að koma fleiri hlutum / búnaði fyrir, stilla, e.t.v. grauta undir og yfir o.s.frv.

Það helsta sem lærðist af samskiptunum hér að ofan og öðrum upplýsingum frá Freyssinet:

- reikna þarf eigið álag og notálag (ef umferð verður á brúnni meðan skipt er um legur) í þeim punktum, þar sem lyfta á brú. Samræmd lyfta undir alla bita yfir sömu ásetu (t.d. landstöpli) kann að vera nauðsynleg til þess að komast hjá sniðkröftum þvert á brú, sem ekki er hannað fyrir, sjá [Mynd 14](#). Einnig þarf að skoða áhrif nauðsynlegrar lyftihæðar (0 – 10 mm) yfir einu áseti á sniðkrafta í langátt brúarinnar, sjá [Mynd 15](#). Punktálagið frá tjökkum veldur kleyfnikröftum, sem nauðsynlegt kann að reynast að styrkja mannvirkio gegn, sjá [Myndir 3 og 16](#).

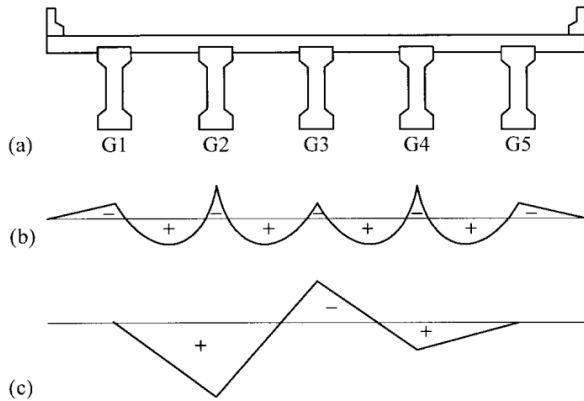
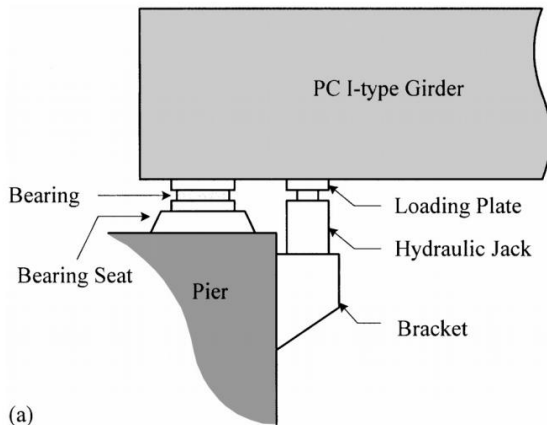


FIG. 3. Plan View and Bending Moment Diagrams of Bridge Deck: (a) Bridge Cross Section; (b) Moment Diagram due to Dead Load; (c) Moment Diagram due to Jacking Girder G1

[Mynd 14 – fengin úr grein á netinu^{3\)}](#)



(a)

[Mynd 16 – fengin úr grein á netinu^{3\)}](#)

- í kynningarefni Freyssinet á netinu er fjallað um nauðsyn rýmis til þess að unnt sé að skipta legum út, sjá einnig gr. 4 og 7.6 í [ÍST EN 1337-1:2000^{2\)}](#). Einnig að yfirbyggingin þoli kraftana sem myndast við að yfirbyggingu er lyft bæði í lang- og þverstefnu og að undirstöður og yfirbygging þoli punktálagið frá tjökkunum (með / án styrkinga vegna kleyfnikrafta)
- velja gerð tjakks og ákveða hvort samræmd stýring þurfi að vera á tjökkunum, sjá [Myndir 4 og 5](#)
- þegar það á við þarf að koma fyrir o.e.t.v. hanna festur til að hindra færslur brúarinnar af völdum láréttra krafta (vinds og umferðarálags og meta þarf hvort nauðsynlegt sé að huga að láréttum jarðskjálftakröftum)
- í útskiptum á legum er vatnsbrot gjarnan notað og ástæðan er sú að það veikir ekki yfirborð steypunnar sem situr eftir, þ.e. það myndast ekki sprungur í yfirborði hennar
- fram kemur að vatnsbrot er notað til þess að fjarlægja legur úr gervigúmmíi, sem sitja í múr og þá var væntanlega steyp t að þeim að ofanverðu

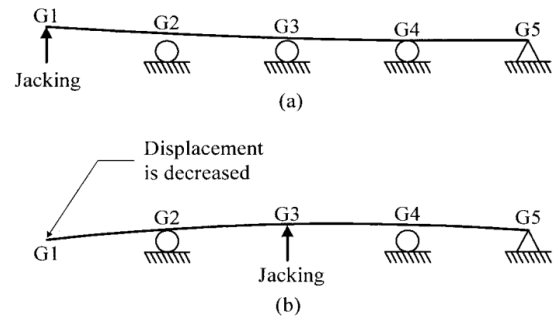
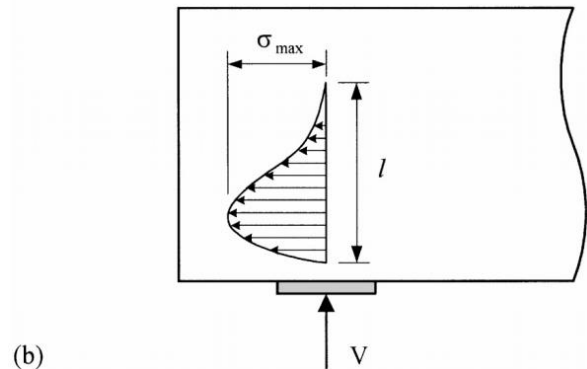


FIG. 4. Vertical Displacements of Deck: (a) due to Jacking Girder G1; (b) Inadmissible Case

[Mynd 15 – fengin úr grein á netinu^{3\)}](#)



(b)

- dæmi eru um að demantsvírasagir (e: diamond wire saw) séu notaðar, sjá [Mynd 17 og 18](#)

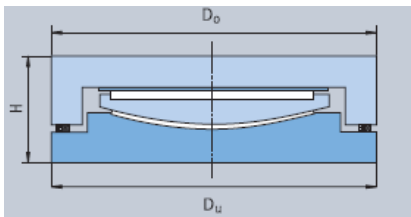


Mynd 17 – fengin úr kynning á netinu⁴⁾



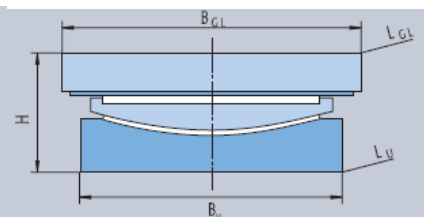
Mynd 18 frá framleiðanda

- nýjar legur úr gervigúmmii eru gjarnan límðar (e: structural adhesive) upp í yfirbygginguna og síðan er áset steyp undir þær (sjá svar Freyssinet hér á eftir)
- til er úrval mismunandi tjakka (e: recessed hydraulic locking collar jacks) sem henta við mismunandi aðstæður, hvað varðar lyftigetu og rýmishæð og búnaður sem gegnir því hlutverki að samræma lyftinguna er fánlegur og hægt að leigja, ef samræmd lyfta er nauðsynleg. Einnig má fá svonefnda flattjakka (e: flat jacks), sem er e.t.v. mögulegt að nota þegar bilið er þröngt, sjá [Myndir 4 og 5](#). Álagið og álagsskiptingin þarf að liggja fyrir, þ.e. hvernig álagið skiptist milli eiginþyngdar og notálags
- legur sem einnig eru fánlegar útfærðar með færslustýringum, sjá dæmi um slíka legu á [Mynd 18](#), virðast gjarnan vera notaðar, þegar flatarrými er takmarkað í staðinn fyrir legur úr gervigúmmii því ef þær eru notaðar kann einnig að vera nauðsynlegt að koma fyrir sérstökum færslustýringum, sem taka sitt pláss. Legur úr gervigúmmii tengdar færslustýringum eru einnig fánlegar. Einnig er á það bent að heildarhæð kúlulega (e: spherical bearing) sé almennt lægri en lega úr gerviefnum t.d. er $H = 112$ mm fyrir Maurer legur með burðargetu 1.000 kN á [Mynd 18](#). Umhverfissjónarmið eru og nefnd sem neikvæður þáttur í tengslum við legur úr gervigúmmii (væntanlega við að búa þær til)

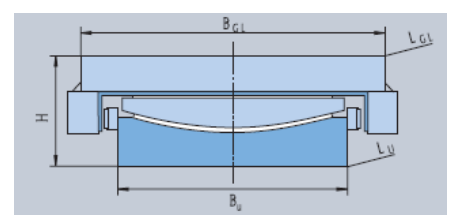


Föst lega, leyfir engar hreyfingar

Mynd 18 – dæmi um legur frá Maurer sem stýra færslum á mismunandi hátt



Leyfir hreyfingar í allar áttir



Leyfir hreyfingar í eina átt

- umferð á venjulega að geta farið um brú sem lyft er upp nema þá hugsanlega ekki í mjög stuttan tíma meðan tjakkarir eru settir af stað ~ (20 mínútur)

- Dæmi um svör Freyssinet:
 - „we would then undermine the bearing using hydro-demoliton removing the old bearing and it's plinth“
 - „we would then hang the new bearing in place using structural adhesive (Usually Conbextra) and then we would cast a new plinth beneath the bearing



Mynd 19 - frá Freyssinet, dæmi um útbúnað við útskipti á legum



Mynd 20 – úr upplýsingabæklingi Hydra-Capsule



Mynd 21 frá Freyssinet, dæmi um tölvustýrðan lyftibúnað



2.3 Upplýsingar frá Aquajet

Eins og fram kemur hér að framan er vantsbrot gjarnan notað til þess að búa til sæti fyrir tjakka, brjóta undan legum o.s.frv. Það er ekki sérlega fýsilegt að vatnsbrjóta handvirkt eins og [Mynd 22](#) ber með sér:



Mynd 22 – mynd af netinu, Sabre Jetting

Vegagerðin á vatnsbrotstæki af gerðinni Aqua cutter og nærtækast er að nota hann, ef unnt er að koma honum við. Fyrirspurn var því send til Aquajet og [Mynd 11](#) send með sem dæmi um aðstæður sem gætu komið upp ásamt ljósmyndum af staðnum, sem lýsa afstöðunni nánar.

Niðurstaðan var sú að unnt væri að nota tæki Vegagerðarinnar við þær aðstæður, sem sýndar voru á myndinni, en þá gæti þurft að taka hlífina að framan frá. Ef það er gert þarf að koma upp vörnum gegn steinkastinu. [Mynd 24](#) sýnir dæmi um afstöðu og notkun. Til þess að ná meiri dýpt þarf e.t.v. að bæta við stúttframlengingum í mismunandi lengdum (e: lance extension) eftir því hvernig aðstæður eru nánar, sjá [Mynd 25](#). Vegna nákvæmni skurðarins er ekki ráðlegt að nota sveiflustyringu (e: oscillation system).

Aðstæður eru breytilegar eftir verkefnum. Í sumum tilvikum mundi duga að byggja palla undir tækið, en við aðrar aðstæður væri æskilegt að geta aukið möguleikana með gálga eða mismunandi útfærslum á gálga eins og sýnt er á [Myndum 26 og 27](#).

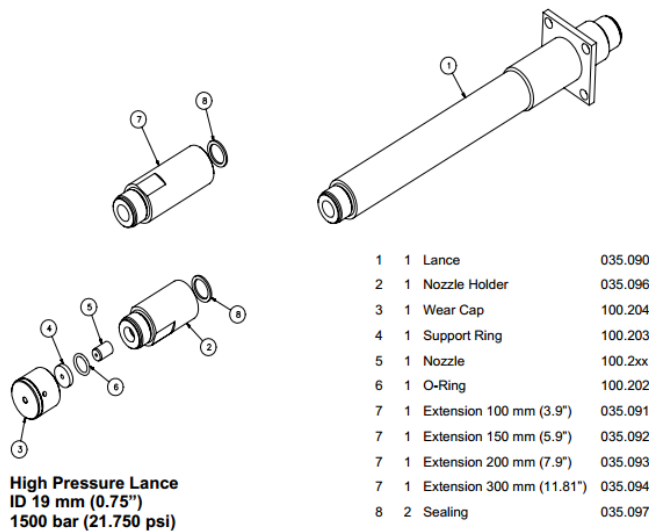


Mynd 23 – mynd af netinu, Jetstream

Aðstæður eru fjölbreytilegar og reikna má með að í mörgum tilvikum væri einfaldast að handstýra brotinu eins og sýnt er á [Myndum 22 og 23](#). Framþróun hefur orðið á handstýrðum búnaði sem hefur þróast með öryggi, þægindi og einfaldleika í notkun að leiðarljósi.



Mynd 24 – Aqua cutter



Mynd 25 - stúfíframlengingar



Mynd 26 – Aqua cutter með gálga



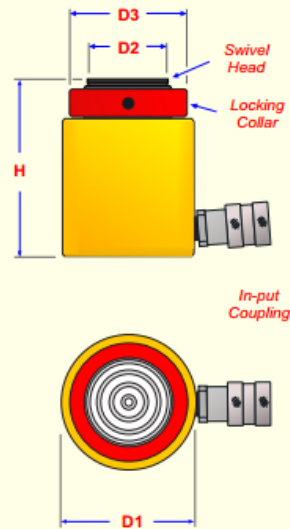
Mynd 27 – Aqua cutter með annari gálgaútfærslu

2.4 Upplýsingar frá Hydra Capsule

Fyrirtækið Hydra Capsule leigir m.a. eða selur fjölbreytt úrval tjakka. Nánari upplýsinga var því leitað hjá þeim hvaða gerð þeirra tjakka sem sýndir eru á Mynd 4 kæmi helst til greina í tengslum við útskipti á legum og hvort tjakkurinn gæti staðið undir álaginu í 5 – 10 daga eða á meðan unnið væri að útskiptum á legum.

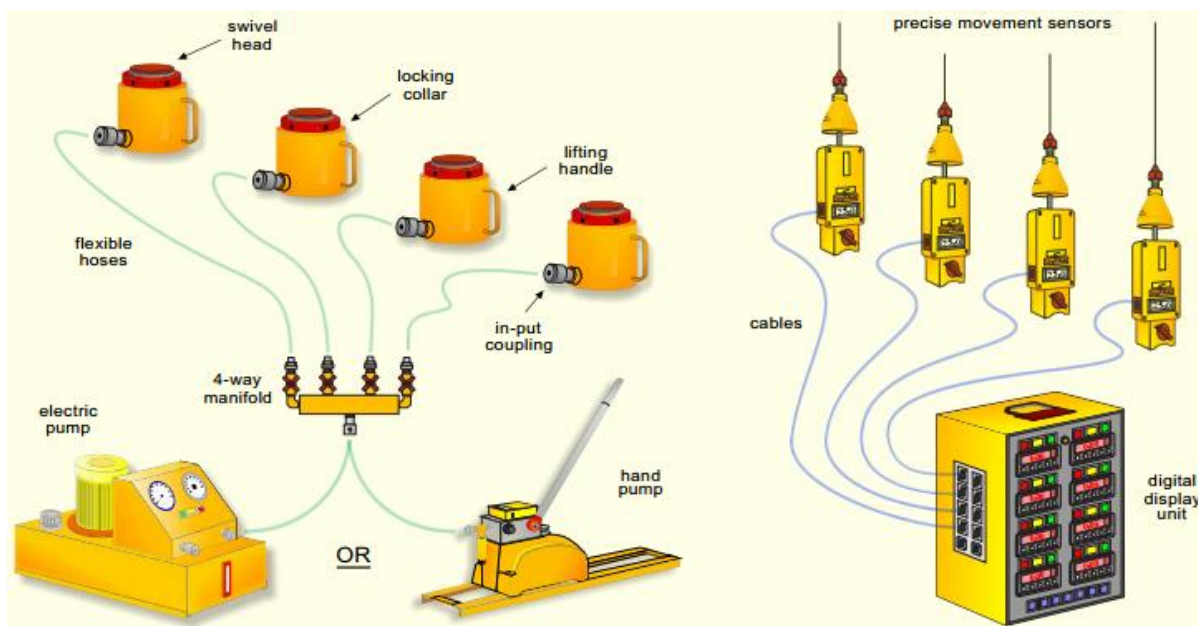
Því var svarað þannig, að venjulega væru „locking collar hydraulic jack“ notaðir. Þegar lyft hefur verið upp í rétta hæð er þeim læst vélrænt (e: mechanically locked) og öruggt að vinna að verkefninu undir yfirbyggingunni. Á Mynd 28 er að finna upplýsingar um „Locking collar jack“ úr bæklingi fyrirtækisins.

from 10 to 520 tons capacity									
JACK CODE	CAPACITY (tons)	CLOSED HEIGHT (H)	OUTSIDE DIAMETER (D1)	PISTON DIAMETER (D2)	COLLAR DIAMETER (D3)	MAXIMUM STROKE (mm)	MAXIMUM PRESSURE (Bar)	FLUID LITRES	WEIGHT (KGS)
HJ10-40	10	100	75	35	65	40	700	0.1	3
HJ25-150	25	315	150x150	100x100	90	150	700	0.7	23
HJ30-50	30	135	100	60	90	50	690	0.3	10
HJ50-50	50	175	130	80	110	50	640	0.5	15
HJ50-100	50	215	135	80	115	100	670	0.8	21
HJ50-150	50	265	135	80	115	150	670	1.3	32
HJ50-200	50	315	135	80	115	200	670	1.4	36
HJ50-300	50	470	135	80	115	300	670	2.1	46
HJ90-55	90	195	170	100	160	55	710	0.7	28
HJ100-150	100	290	165	80	155	150	670	2.1	54
HJ100-300	100	440	165	80	155	300	670	4.2	80
HJ150-15	150	115	200	160	190	15	700	0.4	26
HJ150-150	150	300	210	160	190	15	700	3.1	86
HJ180-40	180	195	230	160	220	40	690	1.1	53
HJ360-50	360	175	310	230	300	50	680	3.4	94
HJ360-100	360	250	320	230	300	100	680	5.3	196
HJ520-40	520	210	360	200	360	40	700	4.1	187



Mynd 28 – Upplýsingar úr bæklingi Hydra - Capsule um „Locking collar jacks“

Þetta fyrirtæki og eflaust fleiri bjóða upp á staðlað tjakka kerfi, þar sem annars vegar er dælt handvirkt og hins vegar með rafrænum hætti og dælurnar tengdar margþátta stjórnbúnaði og þrýstinum, sjá Mynd 29. Einnig er unnt að fá flóknari tölvustýrðan búnað, þegar það á við. Lyftibúnaður hefur þróast og margir kostir í boði. Unnt er að leigja búnað í einstök verkefni. Til þess að sá búnaður, sem valinn er nýtist sem best er skynsamlegt að setja sig í samband við aðila sem leigir slíkan búnað og ákveða endanlega í samráði við hann hvað verður fyrir valinu.



Mynd 29 – Upplýsingar úr bæklingi Hydra - Capsule um stjórnbúnað.



2.5 Dæmi um graut undir og yfir legum

Í samaskiptum við Gumba og Maurer nýlega var spurt um þeirra mat á heppilegum graut undir legur og nefndu viðkomandi starfsmenn fyrirtækjanna báðir grautinn, sem meðfylgjandi upplýsingar eru um hér á eftir og er nefndur þess vegna.

PAGEL®-PRE-MIXED-GROUT

V14/10

V14/40

V14/80

TECHNICAL DATA

TYPE		V14/10	V14/40	V14/80
grain size	mm	0-1	0-4	0-8
grouting height	mm	10-30	10-70	50-100
quantity of water	max. %	10-12	10-12	9-10
consumption (dry-mortar)	app. kg/m ³	2000	2000	2100
density of freshly mixed mortar	app. kg/dm ³	2.20	2.25	2.30
processing time	at +20 °C min.	app. 45	app. 45	app. 45
expansion	24 h Vol. %	+ 0.5	+ 0.5	+ 0.5
compressive strength*	24 h N/mm ²	≥ 45	≥ 45	≥ 40
	7 d N/mm ²	≥ 70	≥ 70	≥ 60
	28 d N/mm ²	≥ 75	≥ 75	≥ 70
	90 d N/mm ²	≥ 85	≥ 85	≥ 80
bending strength	24 h N/mm ²	≥ 5	≥ 5	-
	7 d N/mm ²	≥ 8	≥ 8	-
	28 d N/mm ²	≥ 9	≥ 9	-
	90 d N/mm ²	≥ 11	≥ 11	-
e-modul	7 d N/mm ²	25.000	25.000	25.000
	28 d N/mm ²	30.000	30.000	30.000

All test data are guide values, proofed in our German manufacturing plants, - values from other manufacturing plants may vary.

* DIN EN 196-1-compliant compressive strength testing; DIN EN 12390-3-compliant compressive strength testing

supplied in: 25-kg-bag, euro-pallet 1,000 kg
storage: 12 months. Cool, dry, free from frost. Unopened in its original packaging.
hazard class: no dangerous substance follow safety data sheet.
giscode: ZP1

PAGEL-GROUT

cement: DIN EN 197-1 compliant
aggregates: EN 12620 compliant
additives: EN 450, AbZ, EN13263 compliant (quick ash, microsilica etc.)
additional substances: DIN EN 934-4 compliant

PROCESSING

SUBSTANCE: Clean thoroughly. Remove loose and adhesion-restricting parts and cement sludge by using high-pressure water jets, or other equipment, down to the load-bearing grain structure. Approximately 6 hours before grouting pre-wet to saturation.

FORMWORK: Must be of rigid construction with sand or dry mortar being placed around the concrete base carefully to prevent leakage.

MIXING: The grout is ready-to-use it only has to be mixed with water. Pour water into the forced mixer except for a residual quantity, add dry mortar and mix for approx. 3 minutes; add rest of the water and mix for a further 2 minutes. With other types of mixer allow longer mixing periods if required. The grouting process should proceed directly.

APPLICATION: Place carefully in one continuous pour. For repair work use **V14/10** as a primer in form of a slurry. Brush the slurry into the concrete surface and apply the mortar before the surface dries out.

Processing time: approx. 30 min. (at 30 °C)
approx. 45 min. (at 20 °C)
approx. 90 min. (at 5 °C)

NOTE: Open surfaces are to be protected against wind, draughts and premature water evaporation e.g. with plastic foil or **O1 PAGEL-SURFACE PROTECTION**. The edge of the grouting should not be wider than approx.

50 mm. In case of frost, please contact us; lower temperatures delay the development of strength and do reduce flow ability, higher temperatures accelerate the same.

3 Hugsanlegt verkferli

Í ljósi þeirra upplýsinga sem dregnar hafa verið saman hér að framan liggur fyrir skýrari mynd af því, hvernig standa mætti að verki – hér hugsað út frá steiptum brúm:

Liður	Aðgerð	Nánari skýring
1,1	Setja fram fyrstu hugmyndir um hvernig staðið verði að því að lyfta brúnni og sannreyna í framhaldinu hvort aðferðin gengur upp	Að líkindum þarf að lyfta brúnni í heild yfir sömu undirstöðu t.d. landstöpli til þess að komast hjá vægjum þvert á yfirbygginguna, sem hún er hugsanlega ekki hönnuð fyrir, sjá Mynd 14 . Við það að t.d. öðrum enda er lyft breytist vægikúrfan í langátt, sjá Mynd 15 . Sama á við, ef aðeins er lyft yfir millistöpli. Skoða þarf hvað er raunhæft
1.2	Reikna eiginþunga og notálag: <ul style="list-style-type: none"> Í óbreyttri stöðu, þ.e. áður en lyft er Við það að brúnni er lyft eins og talið er nauðsynlegt (0 – 10 mm) yfir einni undirstöðu eða í samræmi við hugmyndir skv. lið 1,1 Reikna sniðkrafta sem lyftingin leiðir til 	Við val á nýrri legu er nauðsynlegt að fyrir liggja upplýsingar um annars vegar notálag og hins vegar eiginþunga. Einnig er hugsanlegt að þörf reynist á að takmarka álag frá umferð og ef svo er þá þarf að meta hversu mikið
1.3	Meta niðurstöðu útreikninga, endurskoða aðferðina og endurreikna, ef niðurstaðan er neikvæð	
2.1	Velja lyftibúnað eða tjakka, en skv. Myndum 4, 28 og 29 eru ýmsir kostir í stöðunni, sem ráðast m.a. af þunga, bili milli undirstöðu og yfirbyggingar o.fl. Ráðlegt er að ná sambandi við fyrirtæki sem leigir / selur slíkan búnað og velja lyftibúnaðinn í samráði við það	Ef lyft er yfir einni undirstöðu þarf lyftan að vera samræmd milli punkta, þannig að þeir fylgist að, sjá t.d. búnað á Mynd 29
2.2	Velja lyftipunkta fyrir tjakka eða jafnvel útbúa / steypa nýja t.d. knasta, ef þess er þörf <ul style="list-style-type: none"> Skoða þarf kleyfnikrafta bæði í undirstöðu og yfirbyggingu, ef tjökkum er ætlaður staður ofan á undirstöðum, sem eru til staðar, og ef þeir eru of háir þarf annað hvort að lyfta á annan hátt eða styrkja það snið sem um ræðir Skoða hvort brjóta þurfi út sæti úr undirstöðu fyrir tjakka og steypa / múra nýtt áset Skoða hvort brjóta þurfi úr yfirbyggingu 	Ef ekki hefur verið hugsað fyrir flatarrými fyrir tjakka á landstöplum og millistöplum eða hugsanlegir lyftipunktar skoðaðir m.t.t. kleyfnikrafta í upphaflegri hönnun getur reynst nauðsynlegt að búa til sérstaka knasta, sjá t.d. Mynd 16 , styrkja lyftipunkta, sjá t.d. Mynd 3 eða beita öðrum ráðstöfunum, sjá t.d. Mynd 19
3,1	Skoða hvort sjá þurfi fyrir o.e.t.v. hanna búnað til þess að koma í veg fyrir láréttar færslur af völdum t.d. vinds og bremsukrafta við þá undirstöðu sem er til athugunar	
4.1	Velja legu.	Ný lega gæti hugsanlega verið aðeins öðru vísi en sú sem fyrir er, þar sem hluti og jafnvel stórum hluta færsla er lokið og því þarf að reikna skrið og rýrnun og sjá hversu stór sá hluti er. Það sem eftir stendur ásamt færslum af völdum hitasveifla verður áfram til staðar
5.1	Velja brotbúnað	Fyrsti kostur er að nota Aqua Cutter vélinna sem Vegagerðin á, sjá Mynd 24 , ef sá búnaður er talinn nægilega sveigjanlegur við þær aðstæður sem eru til skoðunar. Næsti kostur er að nota handstýrt vatnsbrot, sjá t.d. Myndir 22 og 23 . Brot með fleyg er ekki æskilegt vegna sprungna sem myndast í yfirborði brotflatarins
5.2	Velja varnir gegn steinkasti	Varnir snúa að starfsfólki, vegfarendum, mannvirki og búnaði í námunda við brotstað
6.1	Brjóta sæti fyrir tjakka og múra undir þá, ef þess er þörf Hugsanlega þarf einnig að laga flötinn á yfirbyggingunni, sem tjakkurinn lyftir undir, þ.e. brjóta og múra	Yfirborð yfirbyggingar er ekki endilega hornrétt á ás tjakkisins
7,1	Ganga frá flötum undir og yfir tjökkum, múra í fletina	
7.2	Koma tjökkum fyrir	
8,1	Lyfta yfirbyggingunni	
9,1	Fjarlægja gömlu leguna	Ef um legu úr gervigúmmii er að ræða getur verið auðveldast að fjarlægja hana með vatnsbroti, skv. Freyssinet. Bolta getur þurft að brenna í sundur og því þarf viðeigandi búnað að vera til staðar
10.1	Gera við steypu undir legum, ef þess er þörf	
10.2	Koma nýrri legu fyrir	
10.3	Grauta undir leguna og í bilið ofan við hana.	Skv. Freyssinet kemur til álita að líma leguna upp í yfirbygginguna og grauta síðan undir hana. Starfsmenn hjá Gumba og Maurer bentu á sömu gerð grautar –þ.e. Pagel
11,1	Láta yfirbygginguna síga niður á nýjar legur	



4 Til íhugunar og nánari skoðunar

Unnt er að leigja lyftibúnað ásamt stjórnþúnaði, sjá [Mynd 29](#). Aðstæður eru væntanlega breytilegar, þannig að líkindum gengur ekki að nota sama lyftibúnað í öllum tilvikum og því einfaldlega ráðlegast að leigja hann og fá þá a.m.k. til að byrja með ráðleggingar um hvers konar útbúnaður hentar best í hverju tilviki.

Til þess að útskipti á legum gangi greiðlega fyrir sig, þarf a.m.k. í mörgum tilvikum réttan brotþúnað. Hagstætt er að nota Aqua Cutter vél Vegagerðarinnar, þar sem unnt er að koma henni við, en handvirkur búnaður hefur þróast og er sveigjanlegri og gengur að líkindum í fleiri tilvikum, þar sem þörf er á broti. Álitamál er hvort leigja skuli slíkan búnað eða kaupa.

Þar sem ekki er fyrir hendi aðstaða fyrir tjakka (flatarrými, nægleg hæð eða hætta á kleyfnibroti) og nauðsynlegt er að útbúa þessa aðstöðu er ráðlegt að horfa til lengri tíma og gera ráð fyrir að skipta þurfi út legu á ný síðar og þessi aðstaða verði þá til staðar.

Ráðlegt er að skrá verkferli í meginráttum við útskipti á legum, þannig að fengin reynsla liggji fyrir innan Vegagerðarinnar næst þegar ráðast þarf í sambærilegt verkefni.

5 Lokaorð

Í upphafi var lagt upp með að fá hingað hæfan mann frá fyrirtæki með verulega reynslu í að skipta um legur í brúm. Eins og fram kemur í inngangi gekk það ekki upp, en í staðinn var leitast við að afla gagna á netinu, beinar fyrirspurnir sendar til þess að leita nánari skýringa og dæmi um legur sem skipta þarf út síðar send út til skýringa og umræðu. Segja má að samskiptin við Freyssinet hafi verið notadryggt, en þau voru við Graham Stanford, sem hér með er þakkað.



Tilvísanir:

1. [ICE – Bridge Engineering](#), Volume 167, Issue 3, 2013, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Bridge Engineering
2. [ÍST EN 1337-1](#), Structural bearings – Part 1: General design rules, CEN European Committee for Standardization, 2001
3. [Bearing Replacement](#) for Prestressed concrete I – Girder Bridges, Journal of Bridge Engineering, Volume 6, Issue 4 (August 2001)
4. [Mission Bridge Bearing Replacement](#), 2013, District 12, Pendleton Bridge Crew, The Bridge & Structural Engineer, B&SE_Volume 43_Numer 4; December 2013