

GH

2014-07-01

Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge

Uppdragsnummer: 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)

Rapport

Uppgifter om dokumentet:

Beställare, Slutkund -

Objekt

Handlingens status GH

Datum 2014-07-01

Rubrik 1 (Uppdragsnamn) Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge

Rubrik 2 (Uppdragsnamn)

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)

Dokumenttyp Rapport

Upprättad av

Granskad av

Godkänd av

Anders Bergström,
Robert Lanzky
[Funktion]

Tobias Larsson
[Funktion]

Anders Bergström
[Funktion]

Ändring	Datum	Sign U	Sign Gr	Sign G

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund	4
2.	Syfte och metod	4
3.	Krav och normer	4
3.1.	Dimensioneringskrav enligt Trafikverkets tekniska beskrivningar	4
3.1.1.	TRVK Bro 11	4
3.1.2.	TK Geo 11	6
3.1.3.	TRVK väg	6
3.2.	Livslängd, beständighet	7
3.3.	Dimensionering av traditionell vingmur av betong	7
3.4.	Övrigt	7
4.	Dimensionering	8
4.1.	Referensbro, Bårhultsmotet (Slambymotet)	8
5.	Ekonomi	11
5.1.	Mängder	11
5.2.	Kostnader	11
6.	Resultat	12
6.1.	Normer	12
6.2.	Ekonomi	12
7.	Slutsatser	13

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------

1. Bakgrund

I samband med broprojektering i ett antal olika totalentreprenader, t ex RV50 Mjölby-Motala, har förslaget uppkommit att ersätta traditionella brovingar av betong med jordarmerad slänt i kombination med någon form av ytskikt.

Genom att använda samma typ av fyllnadsmaterial bakom betongvingen/bron och i den jordarmerade slänten/väggkroppen, bedömdes att det kunde finnas en potential att en jordarmerad slänt blir billigare att utföra än en traditionell betongkonstruktion.

Vid inledande studier konstaterades att det fanns otydligheter i dagens regelverk gällande hur armerad jordteknik skall nyttjas tillsammans med brolösningar.

2. Syfte och metod

Projektets syfte har varit att undersöka hur en jordarmerad vingmurskonstruktion/stödmur kan ersätta en traditionell betongvinge för att erhålla ett snabbare samt ekonomiskt- och produktionsmässigt bättre uppförande av broar med likvärdig funktion.

Arbetet har utförts genom att studera hur armerad jord intill brolandfästet skall dimensioneras enligt Trafikverkets normer idag, samt vilka eventuella konflikter det finns gällande dimensionering mellan TK Geo och TRVK Bro. En redan uppförd bro har använts som referens för jämförelsen.

Vidare har en uppskattning av ekonomiskt utfall för den alternativa lösningen med jordarmerad vinge/stödmur relativt den traditionella vingen av platsgjuten betong genomförts.

En referensgrupp har bidragit med råd och angelägna frågeställningar samt underlag. Därutöver har platschef och kalkylator på NCC hjälpt till med underlag och bedömning av kostnader. Brofrågor har diskuterats med broexpert Peter Harrysson på Trafikverket.

3. Krav och normer

3.1. Dimensioneringskrav enligt Trafikverkets tekniska beskrivningar

3.1.1. TRVK Bro 11

TRVK Bro anger Trafikverkets krav vid utformning och dimensionering av bro samt för byggnadsverk. Vinge och stödmurar ingår i begreppet byggnadsverk. För stödkonstruktioner med nivåskillnad $\geq 0,9$ m vid järnväg, och $\geq 1,5$ m för övriga stödkonstruktioner, skall krav enligt TRVK Bro tillämpas.

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------

TRVK Bro (Kapitel L.2.6) anger att en stödkonstruktion av armerad jord ska, med avseende på geoteknisk utformning och dimensionering, uppfylla krav enligt TK Geo.

TRVK Bro och SS-EN 1991-2 gäller tillsammans, med nationella tillägg enligt TRVK Bro. SS-EN 1991-2, kapitel 1.1 (3), och TRVK Bro, kapitel B.3.2.1 Variabla laster, anger att stödmurar ska dimensioneras för variabla laster enligt TRVK Bro.

TRVK Bro kapitel B.3.1.2 och L.2.3 anger också att broar skall dimensioneras för vilojordtryck, dock med undantag för kontroll av glidning då aktivt jordtryck får förutsättas. Enligt TRVK Bro skall även en anslutande stödkonstruktion dimensioneras för vilojordtryck, dock kan Byggherren objektsspecifikt ange att en stödkonstruktion får dimensioneras för aktivt jordtryck.

Vad gäller variabla laster säger SS-EN 1991-2, kapitel 4.1, samt kapitel 4.9 att lastmodellerna för vägtrafik anges utan korrigering för dynamiska effekter. Kapitel 4.9.1 anger att körbana som är belägen bakom landfästen, vingmurar, sidomurar och andra delar av bron i kontakt med jord, bör belastas med lämpliga lastmodeller som kan anges i den nationella bilagan. Användning av lastmodell 1 (LM 1), definierad i 4.3.2, rekommenderas i rådtext, och som förenkling får boggisystemen ersättas av en ekvivalent jämnt utbredd last på en relevant rektangulär yta som beror av lasternas spridning genom motfyllning eller jord. LM 1 består av koncentrerade samt jämnt utbredda laster, vilket täcker in de flesta effekterna av trafik med last- och personbilar. I rådtext anges att LM 1 bör användas vid globala och lokala beräkningar.

Bro skall även dimensioneras för variabla laster i form av broms-, vind- och temperaturlaster i bron. Ökat jordtryck orsakat av en konstruktionsdels horisontella rörelse mot jord skall också beaktas vid dimensionering av bron. Dessa lastfall fyller syftet att få en tillförlitlig betongkonstruktion snarare än att motsvara en bild av den geotekniska spänningssituationen.

Systemanalys skall utföras för att beskriva byggnadsverkets verknings sätt i sin helhet.

Vad gäller *utformning* anger TRVK Bro att en stödmur som ansluter till en bro skall förses med en kantbalk om den till stödmuren anslutande brodelen är försedd med kantbalk. Stödmur utan kantbalk skall utformas så att vattnet inte rinner över stödmurens krön. Krönet skall förläggas minst 0,1 m över släntens yta. Stödmurens ändrar skall förses med avvagningsdubbar.

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------

3.1.2. TK Geo 11

TK Geo anger Trafikverkets krav och råd vid nybyggnad och förbättring av geokonstruktioner.

TK Geo anger som råd att kompletterande information om armerad jord finns i SGF Rapport 2:2004.

Dimensionering av jordarmerade konstruktioner beskrivs i TK Geo kapitel 16. Dimensioneringen utförs huvudsakligen för brottgränstillstånd. Geosyntetens hållfasthet reduceras m.a.p. installationsskador, krypeffekter m.m.

Bruksgränstillstånd

TK Geo kapitel 3.1 ställer krav på maximalt acceptabel sättningsskillnad i vägens längd- respektive tvärled.

Kraven i längdled är beroende av vägens referenshastighet och styrs av trafiksäkerhets och komfort. Kravet på maximal sättningsskillnad är ställt i relation till hur lång sträcka den fördelas ut på, i syfte att undvika allt för stor sättningsskillnad på för kort sträcka så att det uppkommer ett gupp i vägbanan. Intill bron tillåts därför ingen sättningsskillnad alls relativt bron. Med ökande avstånd ut från bron kan tillåtas större sättning, t ex 5 m ut kan tillåtas mellan ca 1 till 5 cm, beroende på referenshastighet för vägen.

Kraven i tvärled gäller avvikelse relativt projekterat tvärfall. Kravet är ställt med syfte att avvikelse i tvärfall inte skall orsaka farliga krängningsrörelser för t ex en lastbil. Största tillåtna tvärfallsavvikelse hos vägbanan till följd av sättning anges till 1,0-1,2 %, beroende av vägens referenshastighet. För järnväg finns motsvarande krav men med andra värden på sättningsskillnaderna. I direkt anslutning till bron är tillåten tvärfallsavvikelse noll.

TK Geo anger att krypningen i geosynteten får uppgå till max 0,5 % intill brostöd. I rådstext anges även att reduktionsfaktorer enligt TK Geo för olika syntetmaterial medför att dessa krav uppfylls. Alternativt kan långtidshållfastheten utvärderas enligt Svensk standard (SS-EN ISO 13431) genom att krypningen uppskattas ur isochronkurva, som visar geosyntetens deformationsbeteende för varierande last och tid.

3.1.3. TRVK väg

TRVK Väg är ett trafikverksdokument som innehåller Trafikverkets tekniska krav vid dimensionering och konstruktiv utformning av vägöverbyggnad och avvattningssystem.

TRVK Väg anger inga krav som specifikt styr dimensionering av ving-/stödmur.

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------

3.2. Livslängd, beständighet

Krav på livslängd är normalt 80 år för vägbroar och 120 år för järnvägsbroar.

Enligt TK Geo skall geosynteter deklarerats för armering enligt SS-EN 13251 för stödmurar. Denna standard hänvisar i sin tur till ett antal andra standarder för bl. a. bestämning av draghållfasthet vid korttids- och långtidsförsök, installationsskador, hårdighet mot väderexponering. SS-EN 13251 anger provmetoder för verifiering av upp till 100 års livslängd.

Gällande beständighet mot bakterier ska kraven i SS-EN 12225/12226 uppfyllas av vald geosyntet. Om pH i jorden är <4 eller >9 skall geosynteten även uppfylla krav enligt SS-EN 14030.

Normerna ställer inga krav avseende sabotagerisk.

TRVK Bro anger att utformning och dimensionering med avseende på beständighet skall beakta de miljöer ett byggnadsverk är belägna i, samt att fyllningen skall utformas så att skadlig inverkan av vattentryck eller frysning inte uppkommer.

3.3. Dimensionering av traditionell vingmur av betong

TRVK Bro är anpassad för dimensionering av betongvingar och ställda krav, t.ex. för vilojordtryck och laster, gäller generellt för att få en tillförlitlig betongkonstruktion. Exempelvis anger TRVK Bro att en vingmurs ändes rörelse i horisontalled av trafiklast på anslutande fyllning ska vid fri kant begränsas till 10 mm. Detta är ett krav för att undvika sprickor i betongkonstruktionen.

Dimensionering av platsgjuten betongmur har i övrigt ej studerats inom denna utredning.

3.4. Övrigt

Räcken och fundament för kontaktledningsstolpar beskrivs i TRVK Bro. Anpassningar kan krävas för att undvika konflikt med ev. jordarmering.

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------

4. Dimensionering

4.1. Referensbro, Bårhultsmotet (Slambymotet)

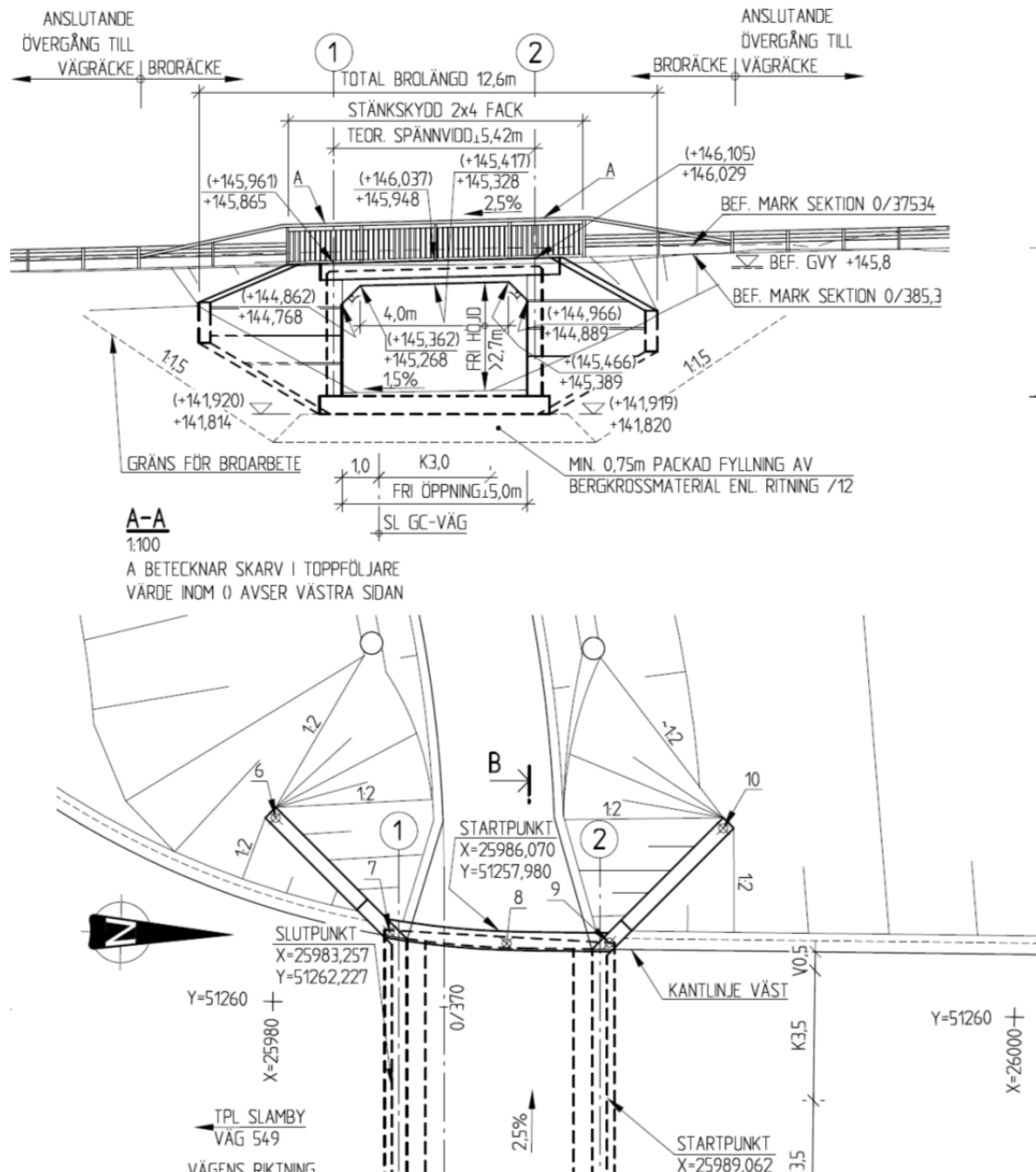
För att jämföra en jordarmerad stödmur/vinge med en traditionell vinge har en "normalbro" använts som utvärderingsobjekt. Den valda bron är en sluten plattramsbro som NCC uppförde 2012-13 inom projektet Bårhultsmotet vid RV40 nära Landvetter. Bron har utförts med traditionella betongvingar, se bild. I denna utredning har motsvarande vingmur dimensionerats enligt TK Geo, som alternativ lösning med jordarmering och därefter kostnadsberäknats för jämförelse, se kapitel 5. Den tänkta jordarmeringen är 3-4 m hög och 5 m bred och har dimensionerats enligt TK Geo.

Två olika konstruktionslösningar för jordarmering har studerats, båda med geonät. Den första utförs med "wrap around"-metoden, d.v.s. varje armeringslager viks över i framkant och överlappar nästa lager. På detta sätt bär geonätet upp hela konstruktionen och fasaden har ingen konstruktiv bärförmåga. Fasaden består av ett galvaniserat nät som installeras ca 20 cm framför armeringen och mellanrummet fylls sedan med sten. I andra alternativet fästs fasaden som består av blockstenar direkt i geonätet. Geonätet har för båda alternativen valts till Tensars RE540 och med hänsyn till en maximal deformation på 0,5 %. Fyllningen i jordarmeringen består av krossmaterial (0-125). Underliggande jord utgörs av en sandig siltig morän.



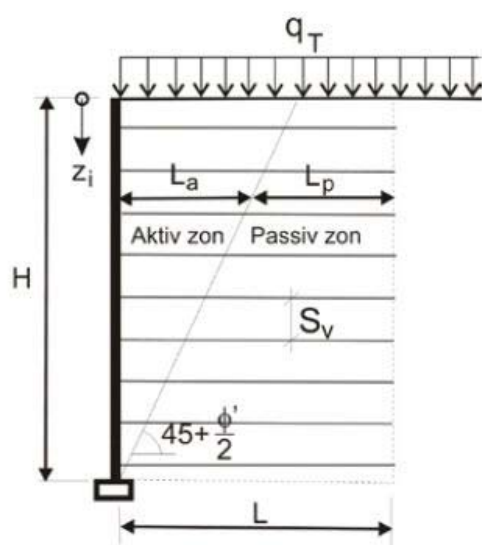
Figur 1. Bro 14-1985-1 i Bårhultsmotet (Slambymotet). Foto från juni 2014.

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
---	---	--------	-------------------------



Figur 2. Ritning på bro 14-1985-1

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------



Figur 3 Aktiv och passiv zon i jordarmering

Den totala nätlängden bestäms av längden i aktiv och passiv zon, alternativt erforderlig längd för att förhindra glidning vid armeringslagren. Vid dimensioneringen har den största beräknade armeringslängden används i samtliga armeringslager.

Dimensionerande nätlängd i passivzonen bestäms av erforderlig längd för att förhindra utdragsbrott, dock minst 1,0 m . Kravet på $\geq 1,0$ m ställs dock inte i TK Geo utan endast i SGF:s Rapport 2:2004. TK Geo och Rapport 2:2004 har för övrigt en betydande olikhet i placeringen av partialkoefficienten för samverkan vid beräkning av utdragslängden.

Erforderlig längd på jordarmeringen har beräknats till 2,7 m.

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------

5. Ekonomi

5.1. Mängder

För att jämföra en jordarmerad stödmur/vinge med en traditionell vinge har en referensbro, 14-1985-1, använts som utvärderingsobjekt. Referensbron har utförts med traditionella platsgjutna betongvingar, men nedlagt arbete och mängder noterades utförligare än normalt för att kunna användas som underlag vid utvärdering av kostnader. Mängderna har beräknats för aktuell geometri vid en av vingarna.

Den platsgjutna betongvingen ryms i stort sett inom schakten för bron (totalt ca 2400 m³). Alternativt utförande med jordarmeringen medför en tillkommande schakt på upp till ca 80 m³, beroende på hur jordarmeringen utformas i de undre lagren.

Fyllningsmaterialet i jordarmeringen har valts samma som övrig fyllning mot bron, krossmaterial 0-125.

Referensbron ligger med placering och höjdsättning som medför relativt stor schakt. Jordarmeringsalternativet medför därmed också tillkommande schaktvolym, jämfört med om bron och vägen legat i bank.

5.2. Kostnader

Vid kostnadsjämförelsen har tre alternativ utvärderats:

1. Platsgjuten betongvinge, så som den blivit utförd.
2. Jordarmerad konstruktion, med "wrap-around"-nät och fasad Vector wall (Tensor).
3. Jordarmerad konstruktion med nät, och fasad av betongblocksten (Benders)

Stödmurens fasad har haft samma geometri (överkant, lutning m.m.) i de tre fallen.

Med den platsgjutna betongvingen som referens, blev alternativet med jordarmering och "Vector-wall" ca 10 % billigare, och alternativet med jordarmering och fasad med betongblocksten ca 20 % billigare. Skillnaden i reda pengar var dock inte så stor, <ca 50 kkr för hela bron.

För de jordarmerade alternativen utgjorde fasaden ca 30 %, och armeringsnäten ca 15-20 % av murens kostnad.

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------

6. Resultat

6.1. Normer

Normkonflikter förekommer inom TRVK Bro om hur en jordarmerad stödmur/vinge skall dimensioneras. TRVK kapitel L.2.6 anger att en stödkonstruktion av armerad jord ska uppfylla krav enligt TK Geo avseende geoteknisk utformning och dimensionering. TRVK Bro kapitel anger samtidigt att broar skall dimensioneras för vilojordtryck, och att stödmurar ska dimensioneras för laster enligt TRVK Bro, d.v.s. en kombination av koncentrerade och utbredda laster. Vid dimensionering enligt TK Geo anges att trafiklast för väg skall väljas för partialsäkerhetsanalys och för lång glidyta, d.v.s. 10 kPa. TK Geo anger däremot att geokonstruktioner som ligger närmre vägens överyta än 1,5 m ska dimensioneras för enstaka last enligt TRVK Väg.

Innan valet görs att ersätta en platsgjuten betongvinge med en jordarmerad stödmur måste det kontrolleras att bron *utan* vingar klarar att föra över laster av inbromsning, temperaturrelater och vind. Vid grunda landfästen kan en traditionell vingmur av betong krävas för att mobilisera tillräckligt mothåll för rörelser längs och tvärs bron.

För bruksskedet anger TK Geo att krypningen i geosynteten får uppgå till max 0,5 % intill brostöd. TK Geo ställer även kravet att tvärfallsavvikelsen på grund av sättningar alldeles intill bron skall vara noll.

6.2. Ekonomi

Jordarmerad vinge/stödmur istället för en platsgjuten betongvinge kan vara ett lönsamt alternativ om förutsättningarna är de rätta. För referensbron konstaterades en möjlig minskning av kostnaderna på upp till 20 %.

Vid utvärderingen konstaterades att fasad och jordarmeringsmaterialet stod för ca 45-50 % av kostnaden för vingen.

Förutsättningarna på olika byggen är dock väldigt olika för de resterande kostnaderna vilket måste studeras från fall till fall. Förutsättningarna kan skilja t. ex. gällande:

- tillgång till jordmassor (naturliga, krossade i linjen eller köpta massor)
- projektets storlek (antal broar/volymer, storlek på tillgängliga maskiner etc.)
- gestaltningsprogrammet och relationen till beställaren (t. ex. tillit till tekniken, granskning etc.) i projektet.

Uppdragsnummer 7180 683 (NCC) / 12797 (SBUF)	Rubrik Jordarmerad mur istället för traditionell brovinge	Rubrik	Status GH
--	---	--------	------------------

7. Slutsatser

Jordarmerad stödmur bedöms kunna ersätta en platsgjuten betongvinge under förutsättning att de geotekniska förutsättningarna i broläget är lämpliga. Förslagsvis tydliggörs att jordarmeringen kan dimensioneras fullt ut enligt TK Geo. Vid grunda landfästen kan en traditionell vingmur av betong krävas för att mobilisera tillräckligt mothåll för rörelser längs och tvärs bron, t ex av broms- och temperaturlaster. Detta måste kontrolleras av brokonstruktören innan de traditionella betongvingarna väljs bort.

Normkonflikter förekommer inom TRVK Bro om hur en jordarmerad stödmur/vinge skall dimensioneras. TRVK Bro anger att en stödskonstruktion av armerad jord ska uppfylla krav enligt TK Geo. TRVK Bro och TK Geo har olika angivelser för jordtryck och variabla laster, där TRVK Bro har en lastmodell med både koncentrerade och utbredda laster men TK Geo har en utbredd last. Det bör förtydligas vilken av handlingarna som gäller.

Ur beständighetssynpunkt, t. ex. väderexponering eller sabotage, måste en geosyntet av plast skyddas med någon sorts fasadmateriell eller jordtäckning. Detta bör förtydligas, förslagsvis i TK Geo. Materialmässigt skall upp till 100 års livslängd inte vara något problem att uppfylla för en armeringsprodukt som uppfyller SS-EN.

I TK geo ställs kravet att tvärfallsavvikelsen alldeles intill bron skall vara noll. Strikt tolkat är detta omöjligt att uppnå med en jordarmerad stödmur. Praktiskt är det omöjligt även för alla övriga broar med jordfyllning. Här krävs en pragmatisk lösning.

Jordarmerade vingar/stödmurar kan vara ett intressant alternativ ekonomiskt, men det kräver att förutsättningarna är de rätta vad gäller t. ex. volymer, schakt- och fyllningsmaterial, gestaltningsförutsättningar m.m.