

Optimala kantbalkar

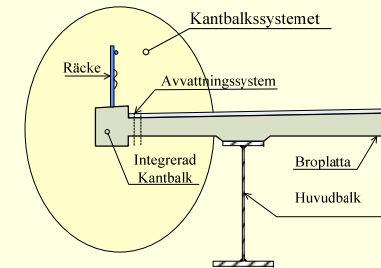
2014-10-14

Optimala kantbalkar

1

Optimala kantbalkssystem

- Egentligen optimala kantbalkssystem
 - Kantbalk
 - Räcke
 - Avvattningssystem
 - Interaktion med beläggning och isolering
- eller
- BEBS Bridge Edge Beam System



2014-10-14

Optimala kantbalkar

2

Disposition

- Allmänt om projektet, Håkan Sundquist 13:35 – 14:05
- Utvecklade lösningsförslag, Lars Pettersson 14:05 – 14:30
- Paus 14:30 – 14:45
- Forts. utvecklade lösningsförslag 14:45 – 15:00
- LCC-analyser José Véganzones 15:00 – 15:30
- Diskussion och frågor 15:30 – 16:00

2014-10-14

Optimala kantbalkar

3

Allmänt om projektet - HS

- Brobaneplattan – den mest utsatta konstruktionsdelen i broar
- Kantbalkssystemet
- Betongplattan som konstruktionselement
- Kantbalkssystemet – funktionskrav
- Olika tekniska lösningar
- Internationell enkät
- Arbets- och utvecklingsmetodik

2014-10-14

Optimala kantbalkar

4



Robustare brobaneplatta

- Tätskikt, kantbalk, räcke, övergångskonstruktion, avvattningssystem
- Mycket stor andel av underhållskostnaden för vägbroar
- Stora konsekvenser för trafikanterna
- Arbetsmiljöfrågor
- Helhetsgrepp saknas

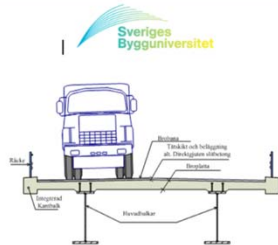
Roberts Inledning till projektet!



Roberts inledning till projektet!

Robustare brobaneplatta

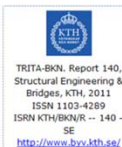
- Förstudie påbörjades 2010
- KTH, LuleåTU, Chalmers
- Rapport hösten 2011
- Två projekt har påbörjats inom "ramprojektet"
- Utformning av brobana - direktgjuten slitbetong alternativt tätskikt/beläggning (Luleå TU)
- Optimal utformning av kantbalkar (KTH)



Robustare brobaneplatta

State-of-the-art och förslag till FUD program
Preliminär rapport utarbetad av konstruktionsgruppen inom
Sveriges Bygginstitutet på uppdrag av Trafikverket.

Håkan Sundquist, redaktör



TRITA-BKN, Report 140,
Structural Engineering &
Bridges, KTH, 2011
ISSN 1103-4289
ISRN KTH/BKNR -- 140 --
SE
<http://www.bv.kth.se/>



Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Structural Engineering
Report 2011:13, ISSN 1652-9162
<http://www.chalmers.se/ceee/>



ISBN 978-91-7439-307-1
Div. of Structural Engineering
Luleå University of Technology
SE-971 87 Luleå, Sweden
<http://www.ltu.se/shb>

Den första och
kanske den
enda
gemensamma
rapporten från
SBU?

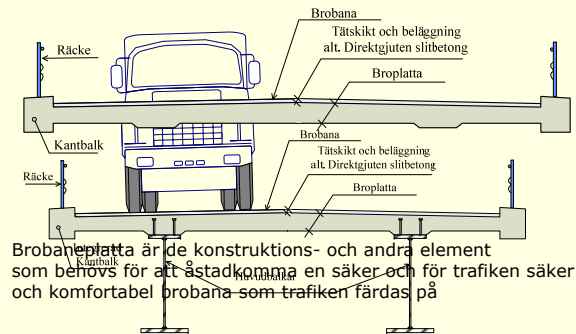


Optimal utformning av kantbalkar

- Infästning för räcke, bullerskydd, skyddsanordningar
- Stöd för beläggning
- Ingå i avvattningssystemet
- Ingå i en konsols bärförmåga
- Vara estetiskt tilltalande
- Ingå i utsiktsskyddet
- Ingå i räckets trafiksäkerhetsförmåga
- Vara samhällsoptimal (LCC)
- Helhetssyn

Roberts Inledning till projektet!

Brobaneplattan



2014-10-14

Optimala kantbalkar

9

Brobaneplatta ingående element

- Själva plattan
- Eventuell kantbalk
- Ev. övergångskonstruktioner
- Ev. skydd för plattan d.v.s. beläggning och tätskikt
- Ev. avvattningsystem
- m.m.

2014-10-14

Optimala kantbalkar

10

Brobana

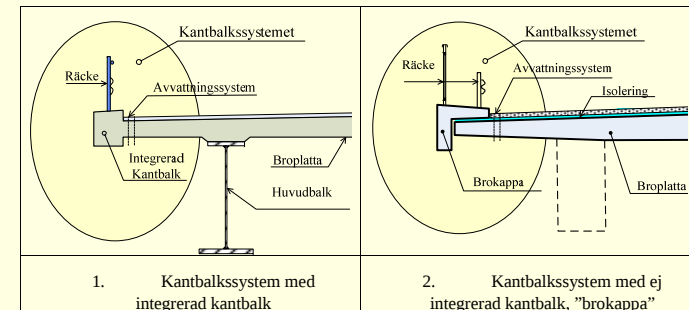
- Brobana är en tänkt yta som skiljer trafiken från systemet brobaneplatta,
 - utformad på ett sådant sätt att vattenavrinning från bron kan ske på ett för trafiken säkert sätt,
 - ha minst samma jämnhet som anslutande väg samt
 - ha sådan beständighet att brobanan inte behöver stängas av mer ofta än att livscykelkostnaden inkl. användarkostnaden blir optimal.

2014-10-14

Optimala kantbalkar

11

Två olika principer



2014-10-14

Optimala kantbalkar

12



Kantbalk och räcke

- Kantbalkens funktion är att
 - vara infästning för räcke,
 - vara stöd för beläggning samt att
 - förhindra att vatten rinner av bron.
- Räckets funktion är att på ett trafiksäkert sätt
 - förhindra avkörning av tunga fordon,
 - samt förmå personbilar att återgå till sin plats på brobanan.

2014-10-14

Optimala kantbalkar

13



Funktionskrav kantbalk

- vara infästning för räcke, bullerskydd, skyddsanordningar m.m.
- vara stöd för beläggningen,
- ingå i brons avvattningssystem,
- för integrerade kantbalkar ingå i bärförmågan för brokonsol,
- vara estetiskt tilltalande,
- ingå i utsiktsskyddet
- ingå i räckets trafiksäkerhetsförmåga och
- naturligtvis vara samhällsoptimal.

2014-10-14

Optimala kantbalkar

14



Funktionskrav för räcke

- är att på ett trafiksäkert sätt
 - förhindra avkörning av tunga fordon
 - förmå personbilar att återgå till sin plats på brobanan samt att
 - förhindra att cyklister och fotgängare faller av bron.

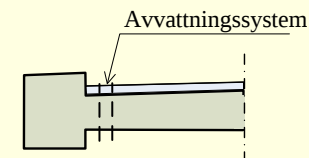
2014-10-14

Optimala kantbalkar

15



Förhöjd kantbalk



Icke förhöjd kantbalk



2014-10-14

Optimala kantbalkar

16



Icke förhöjd kantbalk

Fördelar med icke förhöjd kantbalk	Nackdelar med icke förhöjd kantbalk
Vatten kan rinna över kanten, vilket medför att mängden vatten på brobanan minskar. Detta medför i sin tur att avrinningen blir bättre och stänk från däck minskar.	Mängden saltvatten på kantbalkens överyta ökas. Miljön för räckesinfästningen blir sämre. I många fall behövs rännor för att ta hand om vattnet för att klara miljökraven.
Lättare att konstatera skador på tätskiktet.	Dålig avslutning av tätskikt och beläggning, vilket ökar risken för skador på brobanaplattan och stödet för beläggningen kan bli sämre.
Ytavlopp behövs inte.	Sämre beläggningsskikt och svårt att packa beläggningen.
Räcket blir förhållandevis högre vilket kan ge ett mer eftergivligt skydd för avkörning vilket kan vara en fördel.	Räcket blir förhållandevis högre vilket vid given påkörningskraft kan ge ökade krav på räckets och kantbalkens styrka.

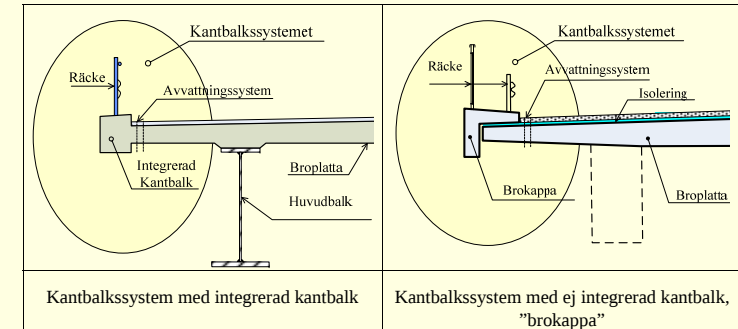
2014-10-14

Optimala kantbalkar

17



Integrerad kantbalk./Brokappa



Kantbalkssystem med integrerad kantbalk

Kantbalkssystem med ej integrerad kantbalk, "brokappa"

2014-10-14

Optimala kantbalkar

18



Integrerad kantbalk./Brokappa

Fördelar med icke integrerad kantbalk	Nackdelar med icke integrerad kantbalk (brokappa)
Mindre känslig för påkörningsskador.	Brokappan kanske ändå blir en del av konsolens bärande system och spricker ändå.
Lättare att reparera.	Kräver ökad styrka och styvhet hos broplattan vilket kan leda till ökad tjocklek och mer armering i plattan.
Enklare att utföra en mindre brobreddning.	Brokappan tar plats och kommer att öka den totala brobredden. Detta kan påverka utformningen och därmed kostnaden för hela bron.
Det ger möjlighet till att ha lägre eller högre hållfasthet i kantbalken.	Vid prefabricerade brokappor erfordras komplicerade infästningar som kan vara känsliga för skador och nedbrytning.
	En lösning med integrerad kantbalk innebär att den totala brobredden blir minimal i relation till den fria bredden.

2014-10-14

Optimala kantbalkar

19



Kantbalken som del av brons globala statiska system

- Den integrerade kantbalken styrar upp konsolen och kan spara armering i plattan
- Kantbalken brukar ej inkluderas i brotvärsnittets styvhet och styrka – varför?
- Vi brukar armera en kantbalk i brons längdled med $7\Phi 16$, åtminstone för kantbalk $400 \times 400 \text{ mm}^2$, men borde vi inte öka armeringen vid större kantbalkar till c:a 1 %
- Många verkar inte bry sig så mycket om dimensionering av kantbalkarna – är det gamla typritningar som spökar?

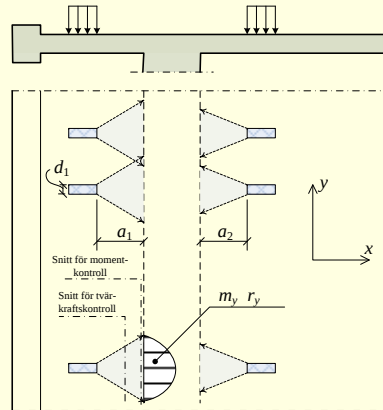
2014-10-14

Optimala kantbalkar

20



Lastfördelning och dimensionering



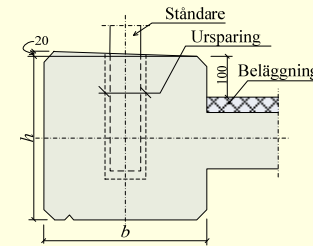
2014-10-14

Optimala kantbalkar

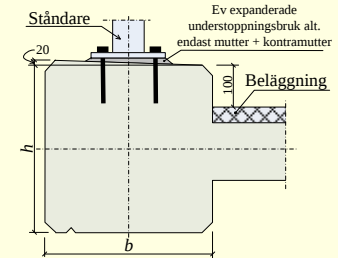
21



Räcke och räckesinfästning



Den borrade infästningen ska inte användas för nya broar



Denna typ används oftast nu för tiden och oftast utan undergjutning

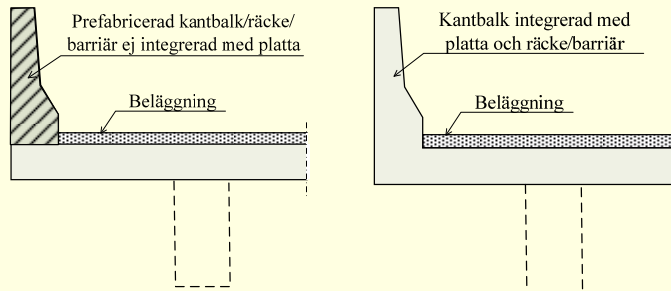
2014-10-14

Optimala kantbalkar

22



Integrerad räcke och kantbalk



2014-10-14

Optimala kantbalkar

23



Arbetsmiljö och kostnader



Men det är ett riktigt pyssel med bult-infästning även om man just här har ordnat med en bra arbets-Plattform och genomtänkt arbetsberedning

2014-10-14

Optimala kantbalkar

24



Arbetsmiljö och kostnader



Av arbetsmiljöskäl måste utbyte av kantbalkarna till denna smala bro utföras med avstängd trafik. När arbete inte pågår kan ett körfält hållas öppet.

2014-10-14

Optimala kantbalkar

25



Internationell enkät

- Enkäten skickades ut i Web-baserad form med ett kommersiellt system för enkäter (surveymonkey). Vi hade tidigare gjort en internationell enkät om lager med detta program och hade bra erfarenhet
- Vi skickade ut till myndigheter och broingenjörer samt till referensgruppen för kännedom
- Referensgruppens åsikter fick vi ju vid mötena (dock ej med i den internationella rapporten)
- 200 fick enkäten och vi fick 30 svar
- Några av dem som svarade fick följdfrågor via mail och vi fick därigenom en diger bunt av ritningar m.m. för fortsatt bearbetning

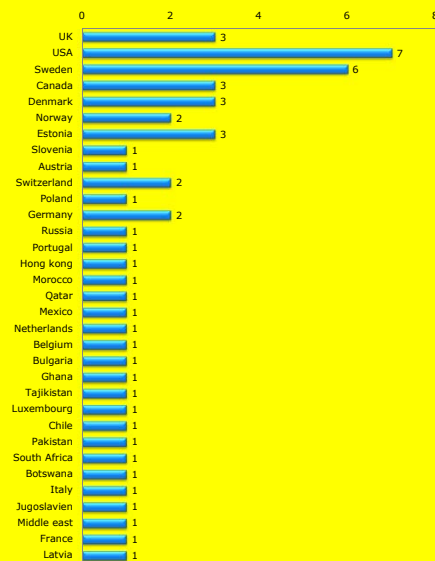
2014-10-14

Optimala kantbalkar

26



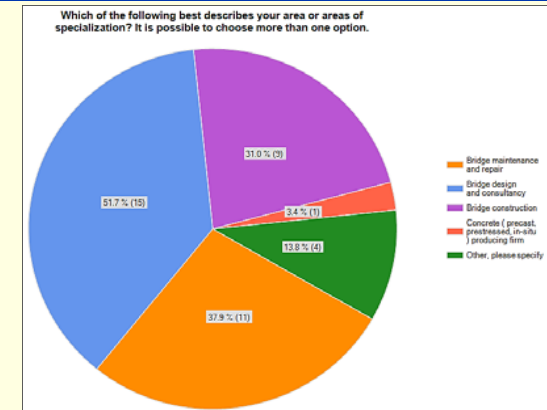
Från vilka länder?



2014-10-14



Inom vilket område arbetade de som svarade



2014-10-14

Optimala kantbalkar

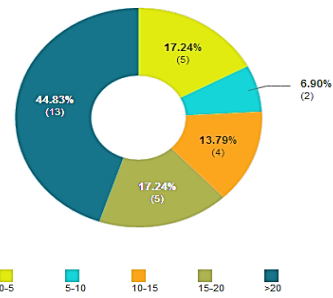
28



Vilken erfarenhet

How many years of experience as a bridge engineer do you have?

Answered: 29 Skipped: 1



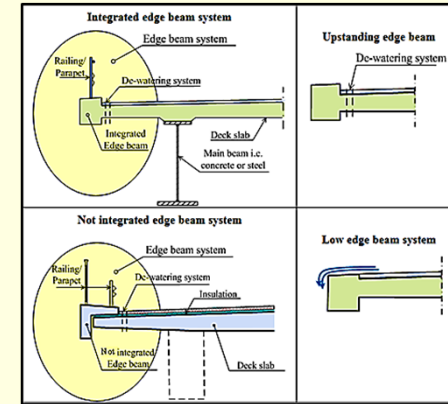
2014-10-14

Optimala kantbalkar

29



Underlag för frågor



2014-10-14

Optimala kantbalkar

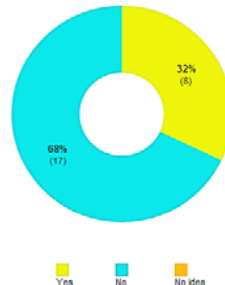
30



Uppstående kantbalk

Is the geometric design of your edge beams such that will allow snow and water runoff naturally from the edge beams?

Answered: 25 Skipped: 5



2014-10-14

Optimala kantbalkar

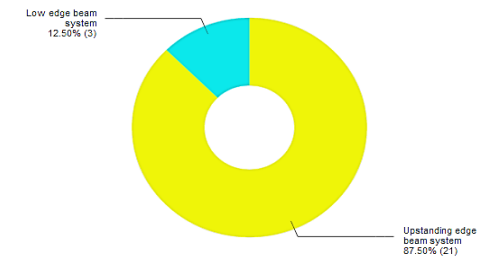
31



Uppstående kantbalk igen

Which type of edge beam systems would you prefer in your edge beam design? (see figure)

Answered: 24 Skipped: 6



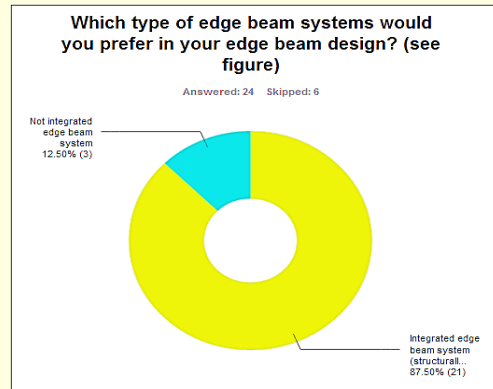
2014-10-14

Optimala kantbalkar

32



Integrerad kantbalk/Brokappa



2014-10-14

Optimala kantbalkar

33



Total enighet om bultad infästning av räcke

- Bättre beständighet
- Mindre skador på kantbalken vid krock
- Enklare underhåll
- Enklare utbyte
- Enklare att justera läget för räcket
- ...

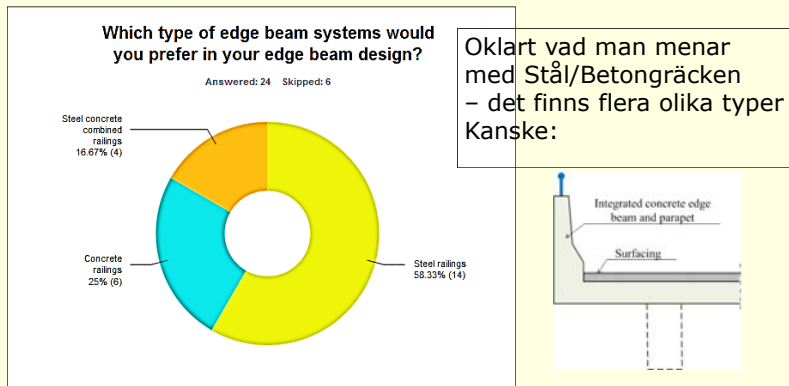
2014-10-14

Optimala kantbalkar

34



Räckestyp



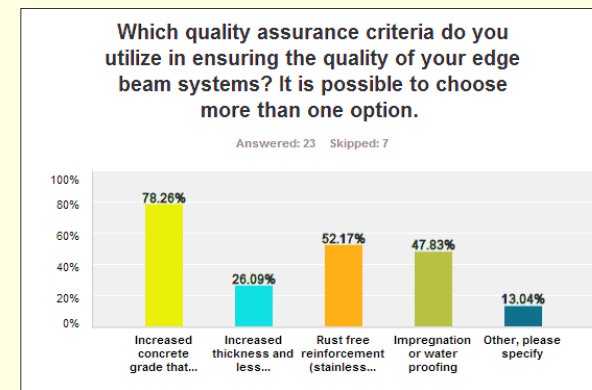
2014-10-14

Optimala kantbalkar

35



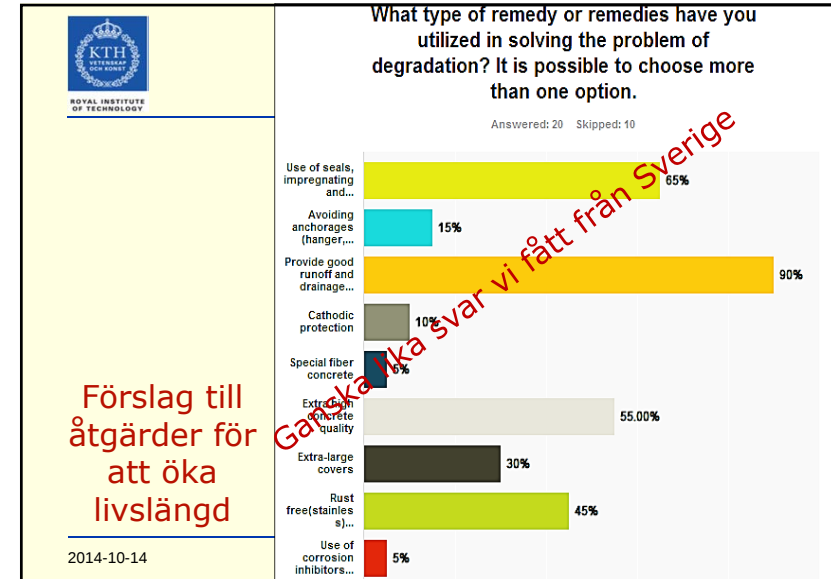
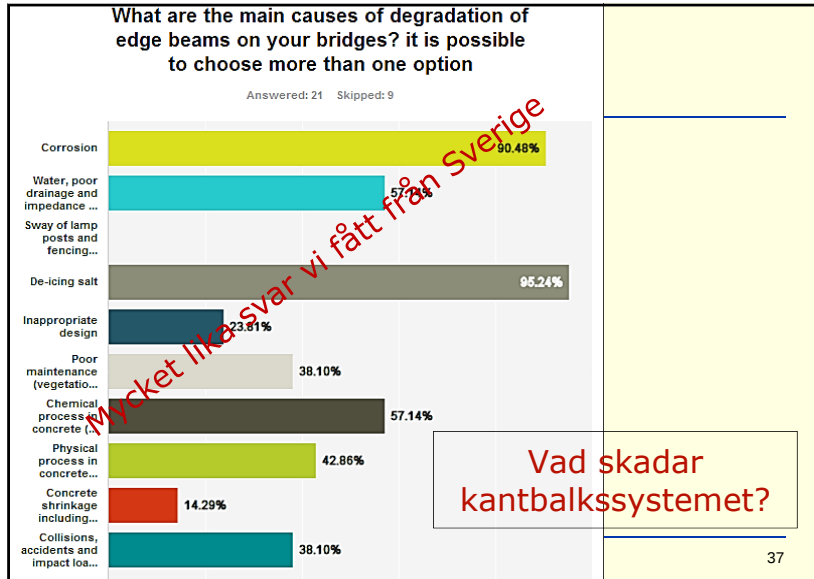
Åtgärder för ökad beständighet



2014-10-14

Optimala kantbalkar

36



Några slutsatser

- Most fundamental problem on bridge edge beam system: Corrosion of edge beam reinforcement
- Most underlying cause of degradation: De-icing salts
- Most affected bridge type: Reinforced/prestressed concrete bridge
- Most executed repair work: Replacement (to demolish and construct new ones)
- Most defective part in damaged BEBS: Concrete beam
- Most problematic BEBS: Prefabricated BEBS
- Preferred frequency of maintenance operation: Every 2 years
- Average age of repaired edge beam: 10-20 years
- Average age of replaced edge beam: 20-30 years

2014-10-14

Optimala kantbalkar

39



Hur har vi jobbat i projektet!

- Ansvariga för projektet har varit Lars Pettersson och Håkan Sundquist
- Jose Veganzones har jobbat med LCC-analyser och ska fortsätta med andra frågor kring BEBS
- Vi har genomfört flera examensarbeten och några pågår
- Referensgrupp
- Arbetsgrupp
- Tidsplan 2012-05-01 – 2014-06-30 (26 mån)

2014-10-14

Optimala kantbalkar

40



Referensgrupp

- Vid det första referensgruppsmötet i augusti 2012 deltog c:a 15 brospecialister från TrV och konsulter – tyvärr få från entreprenörerna
- Referensgruppen ökade lite vartefter och totalt hade vi 3 referensgruppsmöten

2014-10-14

Optimala kantbalkar

41



Arbetsgrupp

- Vid mötet i augusti 2012 ställde vi en del frågor till dem som var med och vi frågade vilka som ville vara med i en arbetsgrupp. Vi fick några napp och gruppen kom att bestå av 6 specialister inkl. Robert Ronnebrant, LP och HS
- För arbetet i arbetsgruppen hade avsatts en budget på 600 kkr för utredningar och omkostnader

2014-10-14

Optimala kantbalkar

42



Arbetsgrupp (2)

- Lars Pettersson, Skanska, ordf.
- Robert Ronnebrant, TrV
- Thomas Darholm, Cowi
- Johan Karlsson, NCC
- Ulf Sandelius, egen konsult
- Håkan Sundquist, KTH, sekr.
- Gruppen hade 7 möten inkl. en studieresa till TrV Väst. ("Ingenjörsväder" i juni 2013 trodde vi, men spöregn hela dagen.)

2014-10-14

Optimala kantbalkar

43



Projektreddovisning

- Rapport "Optimala kantbalkssystem – Resultat av genomfört FUD-projekt" delas nu ut i prel. version
- Slutlig rapport (efter kanske några revideringar) kommer att finnas på KTH Diva Portal
- Josés rapport om LCC kommer också att finnas att ladda ner
- X-jobben finns och kommer att finnas att ladda ner
- Fortsatt arbete kommer också att finnas att ladda ner
- men det finns en massa annat material (mycket omfattande protokoll) – vad ska vi göra med detta?



2014-10-14

Optimala kantbalkar

44



Några snabba frågor?

Annars har vi avsatt tid för frågor
sist i eftermiddag



Nu tar Lars över stafetten

Och presenterar en del av våra
resultat