

Til  
**Københavns Kommune**

Dokumenttype  
**Memo**

Dato  
**Marts 2024**

# Langebros – renovering af broklapper

Registrering af kontravægtenes indre tilstand ved ikke-destruktive metoder



## Langebros – reovering af broklapper

Registrering af kontravægtens indre tilstand ved ikke-destruktive metoder

Projektnavn **Langebros, dispositionsforslag for reovering af broklapper**  
Projektnr. **1100056833**  
Modtager **Københavns Kommune**  
Dokumenttype **Memo**  
Version **0.5**  
Dato **2024-03-20**  
Udarbejdet af **BL**  
Kontrolleret af **CLP**  
Godkendt af **BL**

Rambøll  
Hannemanns Allé 53  
DK-2300 København S

T +45 5161 1000  
<https://dk.ramboll.com>

## Indhold

1.	Opgaven/resume	2
2.	Beskrivelse af kontravægtene	2
2.1	Generel virkemåde (til orientering)	2
2.2	Kontravægtenes opbygning	3
3.	Udfordringer ved tilstandsregistrering	6

## 1. Opgaven/resume

Langebro er en klapbro i det centrale København, indviet i 1954.

Broklappernes kontravægte består af nittede stålkasser udstøbt med beton, der indeholder en stor mængde stålskrot for at øge massefylden og dermed minimere den nødvendige størrelse af kontravægtene. Stålkasserne er forsynet med indre stålskotter på langs og på tværs for at øge stivhed og bæreevne.

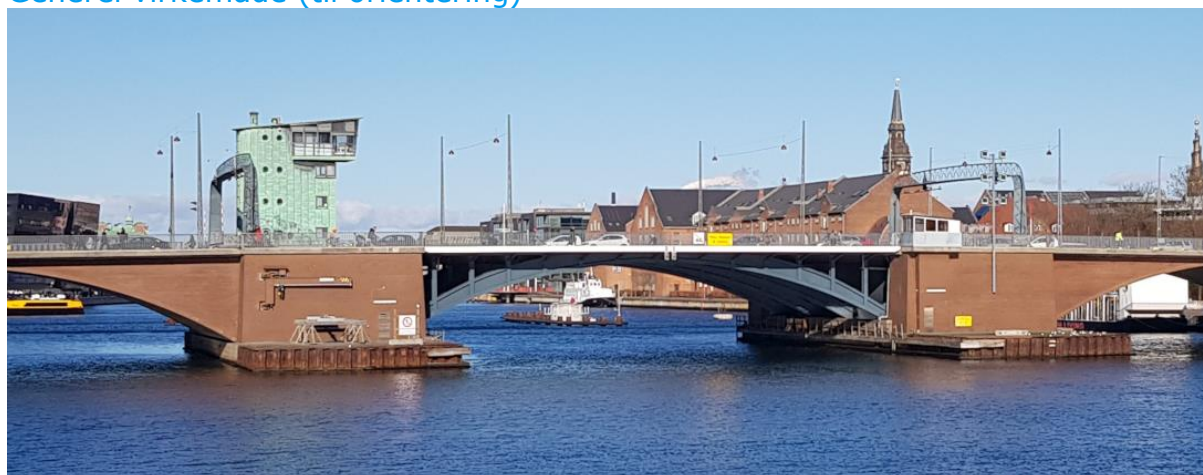
Under påvirkning af mange års indsivende vand er der opstået betydelige rustangreb på stål (både konstruktionsstål og indstøbt skrot) og nedbrydning af beton. Der er ved godstykkelsesmålinger (ultralyd og gennemboring) fra ydersiden konstateret varierende grad af tværsnitstab på de ydre stålplader på grund af korrosion, dog ikke i en grad som p.t. giver anledning til akut bekymring. Tilstanden af de indre stålskotter er ukendt, hvilket er et problem da de er væsentlige for bæreevnen.

Københavns Kommune efterspørger kontakt med firmaer der med ikke-destruktive metoder kan registrere tilstanden af indre stålkonstruktioner og af ballastbetonen. Tilstandsregistreringen skal bruges til at kvalificere kommunens vurdering af det aktuelle renoveringsbehov og risikoen for uvarslede brud i årene frem mod en hovedrenovering af broklapperne.

I det følgende beskrives kontravægtene og de aktuelle udfordringer nærmere.

## 2. Beskrivelse af kontravægtene

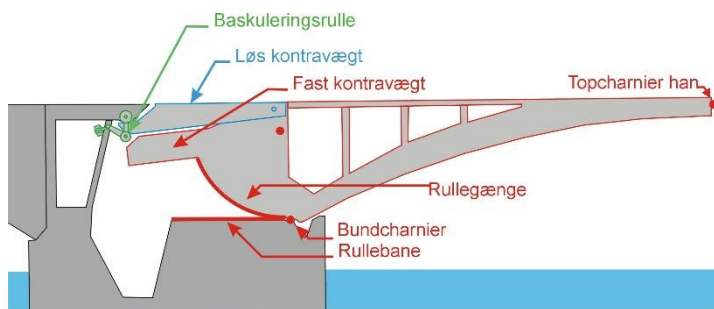
### 2.1 Generel virkemåde (til orientering)



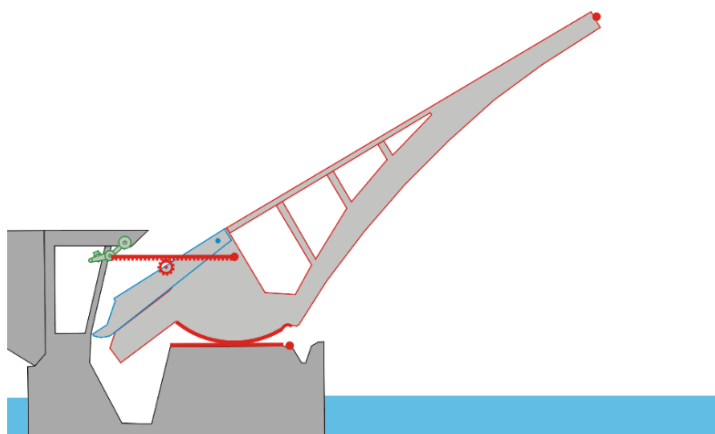
Figur 1 Langebros klapfag set fra syd

Langebros gennemsejlingsfag er en dobbelt klapbro, dvs. den består af to broklapper der mødes på midten når de er i lukket tilstand.

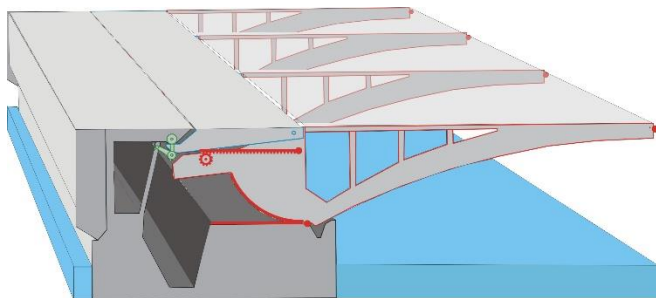
Nedenfor findes principskitser og tegningsudsnit der illustrerer de vigtigste broelementer i forbindelse med renovering af kontravægtene. Figur 2 er en stiliseret tegning af hovedelementerne i den ene broklap, mens Figur 4 illustrerer at en broklap bæres af fire parallelle hoveddragere (bue/gitterplaner).



**Figur 2 Principsnit gennem den ene broklap. Ved åbning af broen ruller broklappens rullegænger bagover ad rullebanerne**



**Figur 3 Broklappen i halvt åben tilstand**



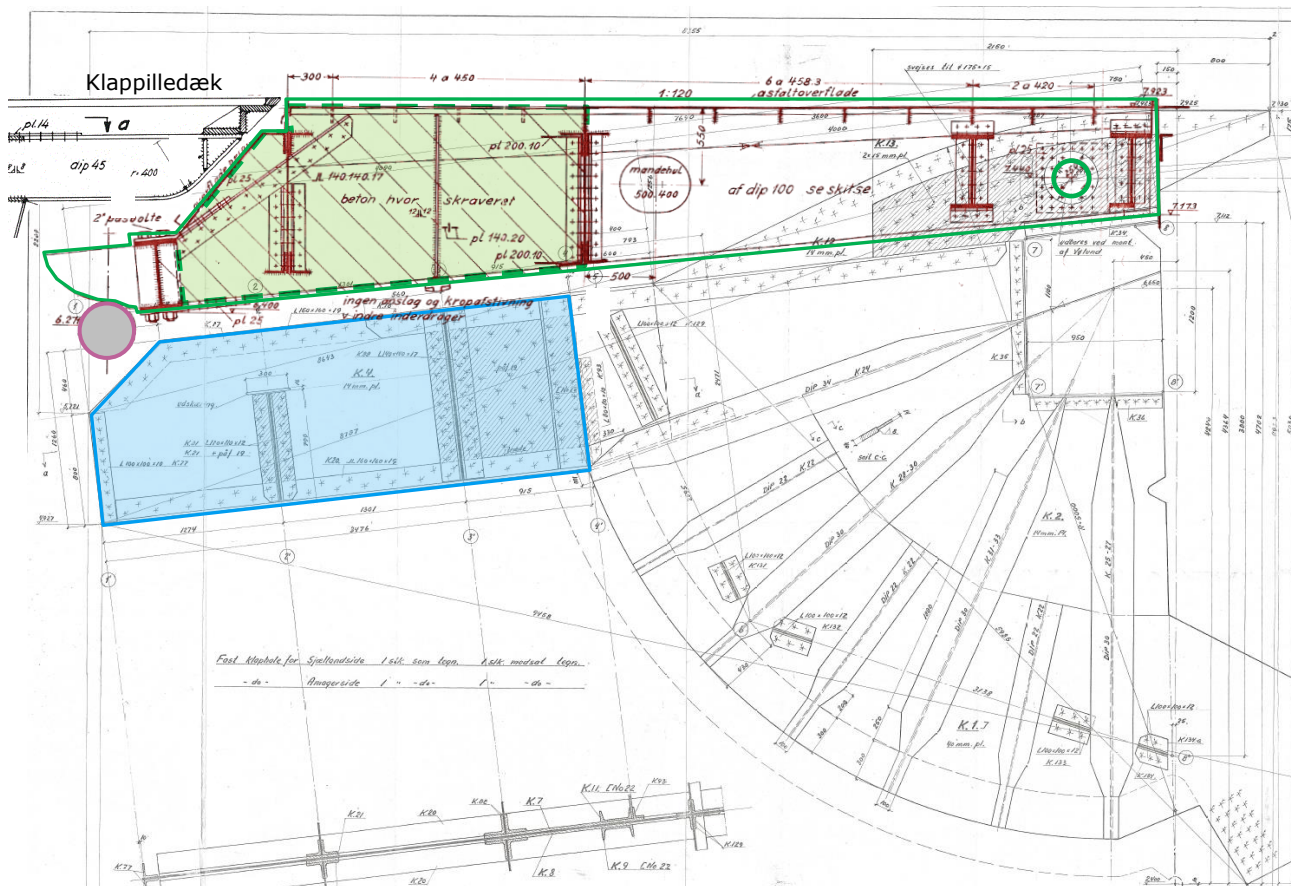
**Figur 4 Simplificeret 3D-afbildning af den ene broklap. Hver klap har fire hoveddragere (med ca. 8 meters afstand), der mødes med de fire tilsvarende på den modstående broklap når broen er lukket, og dermed danner fire buer hen over sejlløbet. Hver hoveddrager er forbundet med en rullegænge og med kontravægten. Kontravægten forbinder dermed de fire rullegænger.**

## 2.2 Kontravægtens opbygning

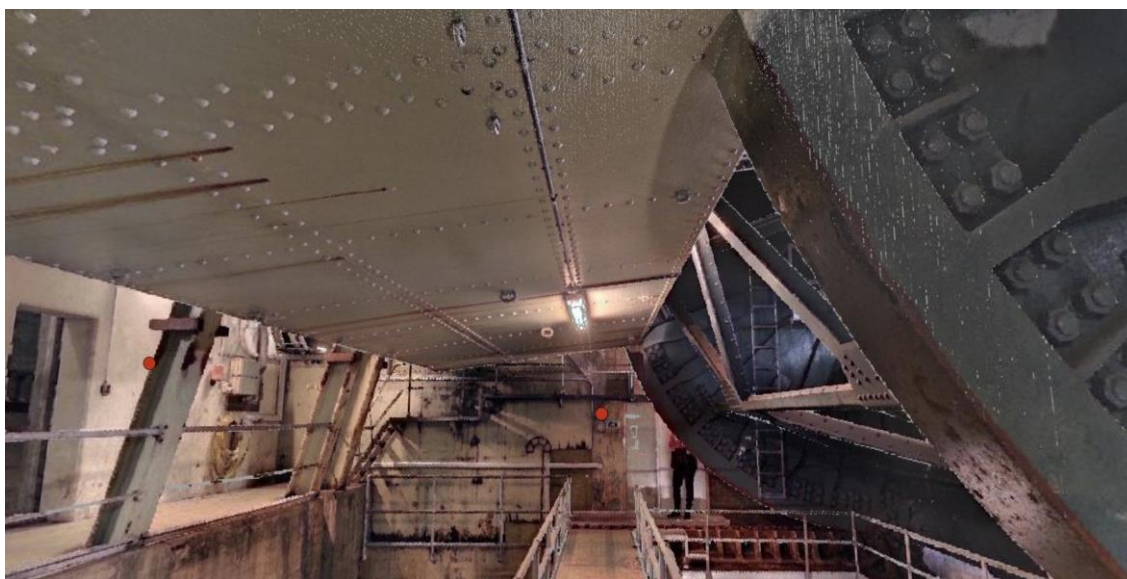
Figur 5 nedenfor er en mere detaljeret optegning af kontravægtarrangementet, med udgangspunkt i de originale konstruktionstegninger.

Broens kontravægte er delt i to. Nederst en fast kontravægt der er monteret på broklappen, og over den en løs kontravægt, der er hængslet til broklappen i den ene ende (til højre på figurerne) og i den anden ende kan løftes fri. Når den hviler på den faste kontravægt, er klappen i balance og kan med begrænset kraft rulles bagud ad rullebanen så broen åbnes. Når den løse kontravægt er løftet fri, er klappen næsetung og hviler stabilt mod den modstående klap.

Både den løse og den faste kontravægt består af en nittet stålkasse med indre langs- og tværgående stålskotter. Kassen er fyldt med beton, der for at skabe størst mulig vægt er fyldt med stålskrot. Stålskrottet er kastet løst i den friske beton og ligger helt tilfældigt fordelt i betonen. Mængden af stålskrot kendes ikke præcist, men mængden er stor, måske i størrelsesordenen  $1000 \text{ kg/m}^3$ .



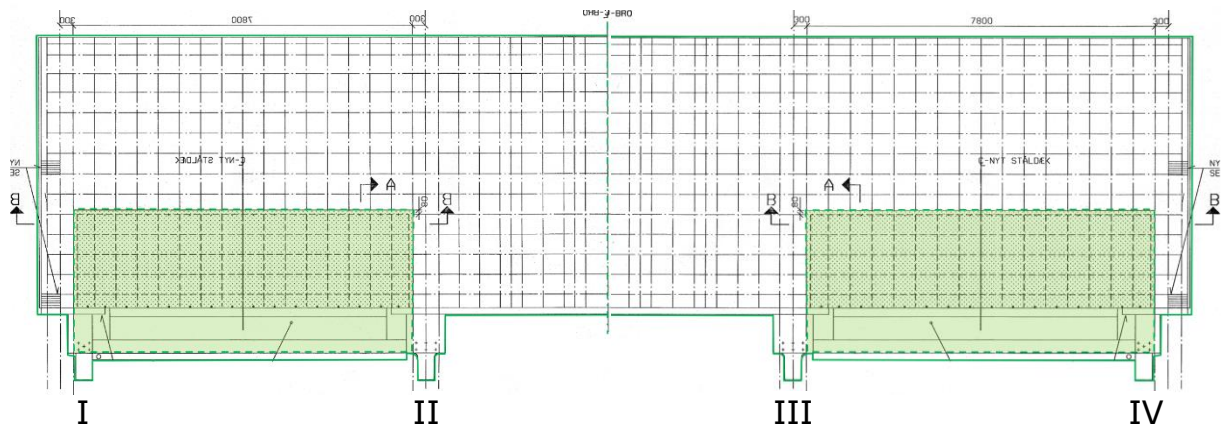
Figur 5 Løs og fast kontravægt (løs kontravægt med grøn kontur og med ballast i grøn skygge. Fast kontravægt med blå kontur og ballast i blå skygge).



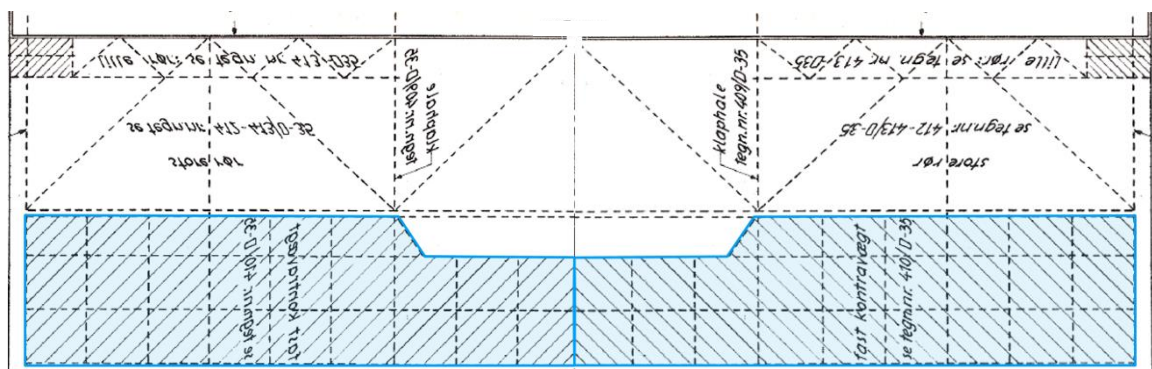
**Figur 6 Foto, underside af den faste kontravægt. Rækkerne af nitter på langs og på tværs viser placeringen af indre stålskotter**

### Kontravægtens hovedbestanddele:

1. "Den løse kontravægt" betegner hele den konstruktion i stål og beton der er vist med fuldt optrukket grønt omrids i Figur 5, og som drejer sig om hængsellejet som et samlet hele under baskulering. Bemærk at kørebanen er en integreret del af den løse kontravægt. Toppladen har tidligere været skåret op, oversiden af betonen renoveret og ny topplade påmonteret og forsynet med kørebanelægning i form af støbeasfalt. Det kan ikke forventes at der er direkte kontakt mellem beton og topplade.
2. "Ballasten" i den løse kontravægt betegner betonen med indstøbt stålskot, inkl. den stålkasse den er udstøbt i, markeret med grøn skygge og stiplede grønne omrids i figurene. Bemærk at den løse kontravægt var placeret med bunden i vejret under udstøbning af ballastbetonen, så det der i dag er undersiden, er en fri betonoverflade. På grund af nedbrydningen af beton er der gennem årene afskallet beton fra den løse kontravægts underside. Det bevirker at den frie betonoverflade er meget ujævn og af meget varierende styrke/hårdhed. Der er ikke ballast i den midterste af de tre sektioner, kun i de yderste, jf. Figur 7 nedenfor. Det vil sige at ballasten i hver løse kontravægt består af to adskilte sektioner. Hver af de yderste sektioner måler ca. 7,8 m i broens tværretning, 2,1 m i broens længderetning foroven (forneden ca. 2,8 m) og 1,3 m i højden på det højeste sted.
3. "Den faste kontravægt" betegner betonen med indstøbt stålskot, inkl. den stålkasse den er udstøbt i, markeret med fuldt optrukket blå omrids og blå skygge i figurene. Den faste kontravægt er fast forbundet med de fire rullegænger og spænder frit imellem disse, med en spændvidde i størrelsesordenen 8 m. Den måler ca. 24 m i broens tværretning, 3,5 m i broens længderetning og 1,6 m i højden. Den frie betonoverflade på den faste kontravægts overside er meget ujævn og af meget varierende styrke/hårdhed, idet også denne beton er svært nedbrudt.



**Figur 7 Plan af løs kontravægt. Den løse kontravægt omfatter hele den konstruktion der er markeret med grøn ubrudt kontur. Ballasten markeret med grøn skygge. Bemærk at der kun er ballast mellem hoveddrager I og II og mellem III og IV, men ikke mellem II og III.**



**Figur 8 Plan af fast kontravægt. Den faste kontravægt betegner ballastbetonen med den omgivende stålkasse, markeret med blå omrisset og blå skygge. De indre stålskoter er markeret med stiplede linjer.**

### 3. Udfordringer ved tilstandsregistrering

De væsentligste udfordringer i forhold til at kunne registrere tilstanden af kontravægtens indre ved ikke-destruktive metoder vurderes at være:

- Adgangsforholdene omkring kontravægtene er meget trange på grund af øvrige konstruktioner, så det er ikke alle ydre flader man umiddelbart kan komme til med større udstyr. Især er afstanden mellem den løse kontravægt og den faste kontravægt meget lille – omkring 20 cm eller mindre.
- De frie betonoverflader er – ud over at de er meget utilgængelige mellem løs og fast kontravægt – meget ujævne og porøse.
- Det tilfældigt placerede stålskrot i betonen må forventes at forstyrre ultralyd, røntgen og lignende betydeligt. Dermed bliver det meget vanskeligt at få et dækkende billede af både betonens og de indre stålskoters tilstand.
- Betonen må forventes at være gennemrevnet og meget inhomogen.