

BERGEN KOMMUNE

BERGEN RÅDHUS

RAPPORT



SØYLER I FASADE - BÆREEVNE

Bergen, 2018-09-13

1. SAMMENDRAG

Rapporten omhandler bæreevne for betongsøyler i hovedfasadene i Bergen Rådhus. I forbindelse med vurdering av bestandighet knyttet til skader i fasadenes betongsøyler er det avdekket at søylene har alvorlige mangler fra byggetidspunkt samt at søylenes skadenivå har økt betydelig de siste 3-5 årene.

Til grunn for rapporten ligger kontrollberegninger av last og bæreevne for utvalgte søyler. Resultatene viser at den gang gjeldende forskrifters krav til bæreevne ikke er tilfredsstillt for søyler i plan 2. Dette skyldes i hovedsak mangler i utførelse av armering, mangelfull betongkvalitet fra oppføring av bygget samt etterfølgende svekkelse som følge av armeringskorrosjon.

Alle vurderinger bygger på at søylene har fullt betongtverrsnitt med tilfredsstillende fasthet. Søyler i plan 2-5 med utfall av betongtverrsnitt som er kritiske for byggets bæreevne, må derfor repareres snarest.

Foreliggende informasjon tilsier også at søyler i plan 2 må forsterkes. Behov for forsterkning av søylene i plan 2 vil bli revurdert når ytterligere undersøkelser av søylenes armering er utført.

2. BAKGRUNN

De to hovedfasadene til Bergen Rådhus har hatt nedfall av betongbiter fra fasadens søyler. Skadene har vært observert siden cirka 2010 og er omtalt i tidligere rapporter 2013 fra Betec AS samt vurderinger av bæreevne jfr. [1]. Det er i 2018 iverksatt et forprosjekt for en bred vurdering av status, årsaksforhold og forslag til tiltak som grunnlag for etterfølgende detaljprosjektering. Skadeomfanget er i 2018 dokumentert økt betydelig etter registreringer foretatt i 2013 og 2015.

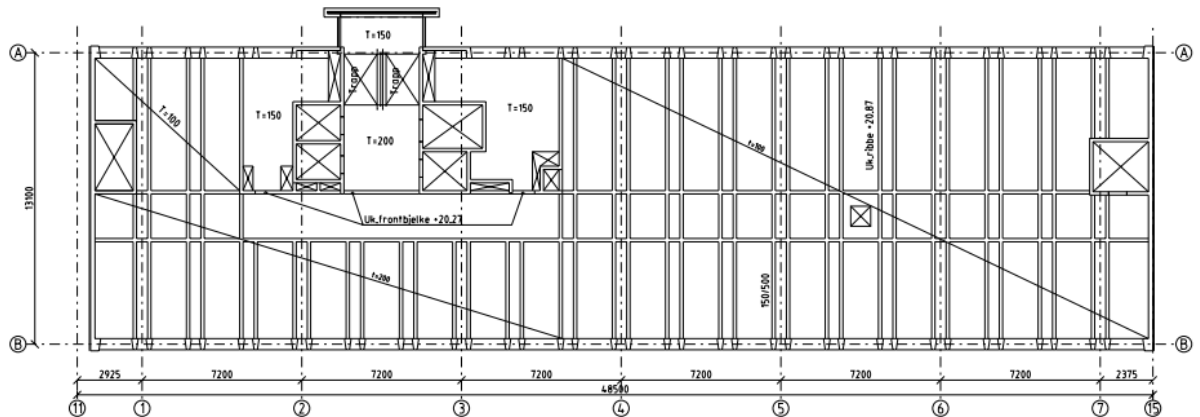
Smidt & Ingebrigtsen AS var involvert i 2013 og er også i 2018 engasjert for å bistå pågående forprosjekt med nødvendige statiske vurderinger. De viktigste problemstillingene vil være konsekvens for søylenes lastkapasitet sett i sammenheng med søylenes mangler og skader. Søylenes tilstand og nødvendige tiltak for å sikre videre bestandighet blir ivaretatt i vurderinger utført av Betongconsult AS og Betec AS.

3. SITUASJON

Søylenes i bygget er identisk utformet i etasjene 2-14, se figur 1 og 2. Armeringsmengde i hht tegninger er identisk for etasjene 3-14, mens plan 2 i hht tegning har noe større armeringsmengde.

I 1. etasje er søyleantallet redusert og mens søyletverrsnittet er betydelig økt. Her er det ikke registrert betongskader som videre oppover i bygget. Søyler i 1. etasje blir derfor ikke omhandlet i det etterfølgende.

Søyleneles belastning varierer avhengig av hvor søylen står i etasjeplanet. Det er valgt å utføre kontrollene for søyler med maksimalt lastareal, akse 4 til 6+, samt søyler i akse B2 til B4. Se figur 1. Resterende søyler som grenser inn mot gavlvegger og trappesjakter vil ha lavere lastnivå. Søyepar i akse 1+2,4 meter vil ha noe høyere lastnivå enn søyler akse 4-6 og blir derfor behandlet spesielt.

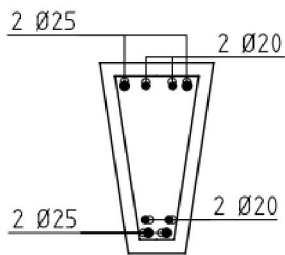


Figur 1: Bæresystem for typisk etasje plan 2-14.

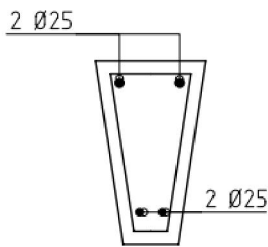
Alle søyler i bygget er plassert i de to hovedfasadene. Disse består av henholdsvis 38 og 32 søyler i nord- og sørfasaden og er alle fritt eksponert på byggets utside. I tillegg bæres noe vertikallast av betongvegger i begge gavlveggene samt i avstivende sjakter.

Søyleneles kapasitet er redusert på bakgrunn av ulike årsaker:

- Det er påvist at innlagt armering er mindre enn vist i tegninger og statiske beregninger. Se figur 2 under.
- Søylene har redusert betongtverrsnitt som følge av skader, se figur 3.
- Bøyler som omslutter hovedarmering mangler i deler av søylen (Ø8 cc250 i hht tegninger).
- Korrosjon av armering med reduksjon av armeringens tverrsnitts areal.
- Utilstrekkelig betongfasthet
- I område for omfaringskjøt av søyleneles armering er det mangelfull kraftoverføring



hht. tegning
4Ø25 + 4Ø20



Registrert ved undersøkelser
4Ø25

Figur 2: søylearmering plan 3-14 i hht tegning og armering påvist i bygg



Figur 3: Typiske registrerte skader

a) Manglende armering

Mangler i armering for utvendig del av søyler er godt registrert for større deler av fasaden av Betongconsult AS og Betec AS. Det pågår sammenfatning av observerte skader, og denne vil framgå i rapport fra Betongconsult AS.

For innvendig del av søyler er det kun utført stikkprøvekontroll av en søyle i ett kontor. Også her mangler armering som angitt i figur 2 over. Kontrollen kan ha vist et tilfeldig avvik, og det bør derfor utføres flere observasjoner i de nedre etasjene før videre detaljprosjektering iverksettes.

Det foreligger ikke dokumentasjon på armering innlagt i søylene i plan 1 og 2. Armeringsmengde må dokumenteres før endelig konklusjon angående behov for eventuelle forsterkninger her kan trekkes og videre detaljprosjektering iverksettes. I rapporten er det lagt til grunn at innlagt armering også for plan 2 er mangelfull tilsvarende som påvist i etasjene over.

b) Utfall betong – redusert betongtverrsnitt

Skader i betong med utfall av søylenes ytre del er registrert i betydelig omfang. Det pågår sammenfatning av observerte skader som presenteres i rapport fra Betongconsult AS. Rapporten beskriver årsak, konsekvenser og forslag til tiltak for å forlenge søylenes levetid.

Det presiseres at fullstendig intakt betongtverrsnitt ligger til grunn for alle utførte vurderinger av bæreevne. Kritiske søyler må derfor utbedres snarlig, se konklusjon under kapittel 4.

c) Bøylearmering

Manglende bøylearmering i søylene er registrert i nivå ved fasadebjelke, se figur 4.. Bøylene må innføres for at trykkarmering i søyler skal kunne medregnes i kapasitet i henhold til krav i prosjekteringsstandarder. Typisk mangler 3 stk bøyer Ø8 cc250 i alle søyler for plan 2-13.

Manglende bøyer er i samme området som utfall av betongtverrsnitt er registrert. Manglende sikring av trykkarmering med bøyer kan være en medvirkende årsak til skadene. I etasjene 2-5 som vurderes som mest kritisk, er det ikke registrert utfall av betong i nivå for vindusbånd. Utfall er kun registrert i fasadebjelkens nivå mellom vindusbånd, se figur 4.



Figur 4: Typisk nivå utfall betong

d) Redusert armeringsareal - korrosjon

Korrosjon av søylenes armering vil redusere gjenværende tverrsnitts areal i armering. Dette vil igjen redusere søylenes bæreevne. Det er påvist ved stikkprøver en typisk reduksjon i diameter for frilagt armering på 2-3 mm. Diameter 22 mm (opprinnelig Ø25) legges derfor til grunn for kontrollberegninger i skadet situasjon. Forholdet blir dokumentert i rapport fra Betongconsult AS.

e) *Betongfasthet*

Det er ikke funnet historisk dokumentasjon på målt fasthet av betong benyttet i søylene. Det er derfor boret ut 8 sylindre som er trykktestet i laboratorium. Resultatene viser sylindrefastheter 21-43 N/mm² som er en svært høy variasjon. Når datablad 520.033 fra Byggforsk legges til grunn for beregning av fasthet, gir dette en karakteristisk midlere terningfasthet på cirka 30 N/mm². Denne er lavere enn 35 N/mm² forutsatt i opprinnelige kapasitetsberegninger og bidrar til å redusere søylenes kapasitet. Enkeltpøver har fasthet i området 21-24 N/mm². Se også betraktninger angående betongkvalitet under punkt 4.

f) *Omfaringsskjøt*

Utilstrekkelig omfaringsskjøt i armering må utbedres for å sikre lastoverføring i armeringens skjøtområder. Frilagt armering har ingen kraft, og det krever noe tøying i søylenes skjøtområde før armering igjen kan få tilført kraft fra ny betong. Søylearmering er i henhold til tegninger ikke sveisbar da benyttet kvalitet er KS50. Lastoverføring mellom trykkarmering i skjøter må derfor foregå ved heftoverføring mellom armering og betong.

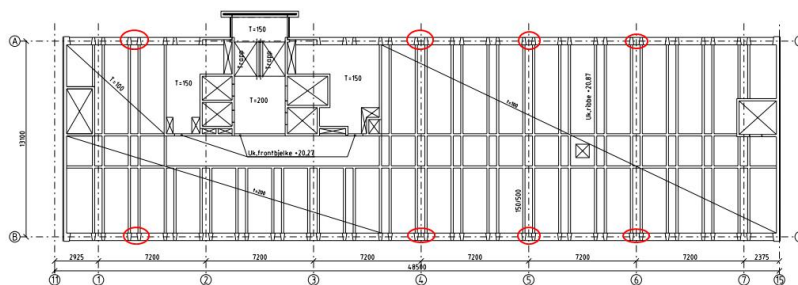
Det må også påpekes at det er nødvendig å ha oversikt over søylenes reduserte kapasitet relatert til aktuelt lastnivå i bygget under utførelse av reparasjoner. Dette vil danne bakgrunn for å avgrense antall søyler som kan repareres samtidig (utmeisling av betong) da reparasjonsfasen vil gi en svekkelse av søylens kapasitet. Begrensning vil være størst i nedre del av bygget.

4. KONTROLLBEREGNINGER OG TILTAK

Kort om resultater kontrollberegning

Alle betraktninger bygger på at skader med utfall av betong og blottlegging av søylenes armering gis fullgod reparasjon med mørtel av tilstrekkelig styrke. Det er derfor lagt til grunn at alle kritiske søyler med denne type skade blir reparert snarest. Dette gjelder søyler i plan 2-5.

Ved å ta hensyn til innlagt armering i søylene, redusert betongfasthet samt korrosjon av armering kreves det forsterkning av hovedsøyler samt søylepar ved akse 1+2,4m i plan 2 for å tilfredsstille forskriftenes krav til sikkerhet. Se figur 5. Behov vil bli revurdert når undersøkelser av søylenes armering i plan 2 er utført.



Figur 5: Søyler med behov for forsterkning.

Forsterkning kan prinsipielt utføres

- enten ved å støpe på søylene utvendig og legge inn manglende armering
- eller montere et utenpåliggende stålprofil på søylenes innvendige flate

(reparasjon av utvendig bortfall av betong må uansett utføres)

En utvendig påstøp med eventuell ny armering vil både påvirke fasadens form og uttrykk. Vi antar derfor at en innvendig forsterkning vil være fordelaktig. Det bør også påpekes at byggets fasade har antikvarisk interesse. Valg av løsning må diskuteres nærmere tverrfaglig og med byggherre før ytterligere detaljering kan utføres.

Tilstrekkelig framtidig bestandighet blir sikret med katodisk beskyttelse av armering for å begrense ytterligere korrosjon, se rapport utarbeidet av Betongconsult AS.

Generelt om kontrollberegningene

Det er valgt å gjennomføre kapasitetskontrollene på basis av opprinnelig prosjekteringsstandard NS 427 A. Resultatene blir dermed direkte sammenliknbare med opprinnelige beregninger. En av de større endringene i senere regelverk gjelder partialfaktorer for materialer og laster. NS 427 benytter ikke partialfaktorer, og kapasitetskontroll utføres mot en tillatt spenning i materialer.

Bygget er prosjektert med nyttelast på dekker for kontorarealer på 2,5 kN/m² samt vekt av lettvegger 0,5 kN/m². Nyttelasten ble i forskrifter av 1998 økt til 3 kN/m². Eventuell vekt av lettvegger kommer i tillegg. Opprinnelig verdi er beholdt i kontrollberegningene og således ikke i samsvar med dagens gjeldende krav. Rapport [2] viser at dekkene ikke har kapasitet for økning av lastnivå.

Reduksjon av total nyttelast basert på antall belastede etasjer er hensynstatt i samsvar med Byggeforskrifter fra 1969.

Det bør også nevnes at kontroll for lastvirkning fra jordskjelv er innført som forskriftskrav i de senere år. Bygget er ikke kontrollert for denne type last, hverken i opprinnelige beregninger eller i utførte kontrollberegninger. Horisontalstabilitet av bygget mht vindbelastning er i opprinnelige beregninger angitt ivaretatt av betongskivene i bygget (gavl- og sjaktvegger). Dette forholdet er ikke kontrollert videre.

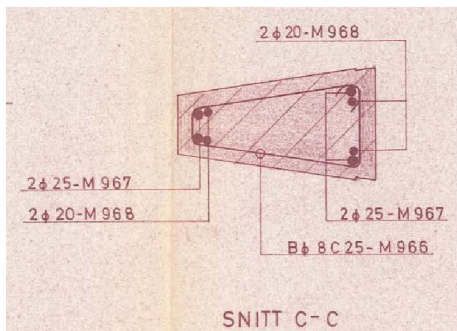
Vi er kjent med at det planlegges en større ombygging av Bergen Rådhus. Byggeier bør få vurdert om denne ombyggingen utløser krav om at dagens gjeldende regelverk til laster og lastnivåer skal gjøres gjeldende.

Opprinnelige beregninger:

Beregningene er basert på full utnyttelse av betongens trykkapasitet. For lastnivåer hvor betongen alene ikke gir tilstrekkelig kapasitet, er det supplert med trykkarmering. I beregningene er det innført et bøyemoment med bakgrunn i innspenningsmoment fra etasjedekkenes bjelker. Innspenningsmomentet mellom bjelke og søyle er en forutsetning for at bjelkene skal ha tilstrekkelig momentkapasitet i felt. Forholdet er

også kontrollregnet i tidligere rapport [2] hvor behovet for bjelkenes innspenning er bekreftet.

Søylene er kun kontrollert for maksimal last (dvs 2. og 3. etasje). For 3. etasje er det konkludert med et behov 2Ø20+2Ø25 som trykkarmering i hver ende av tverrsnittet, se figur 4. Armering er utnyttet tilnærmet 100 % i beregningene som legger til grunn at cirka 60 % av trykkraften overført i betong mens armering bidrar med 40 %. Armering er på tegningene vist identisk for plan 3-13, og beregningene viser at søyler i plan 2-7 har behov for trykkarmering for å tilfredsstille forskriftenes krav til kapasitet. I plan 2 er beregnet armering 3Ø25+1Ø20 i hver ende av tverrsnittet.

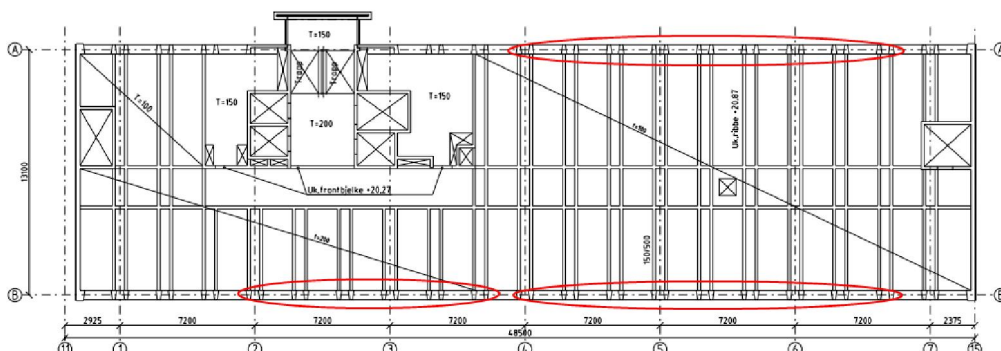


Figur 6. Typisk søylearmering plan 3-14.

Kontrollberegninger

Beregningene er utført med materialdata og sikkerhetsfaktorer i samsvar med NS 427A utgave etter 1963. Kontrollberegningene for uskadede søyler samsvarer relativt godt med opprinnelige resultater, men noe lavere behov for trykkarmering er framkommet. Dette har i hovedsak sin bakgrunn i noe reduksjon av lastene samt bruk av reduksjonsfaktor med bakgrunn i antall belastede etasjer. Det er også gjort beregninger med nyere dataprogrammer etter forutsetninger i NS 427 A. Resultat herfra underbygger konklusjonen.

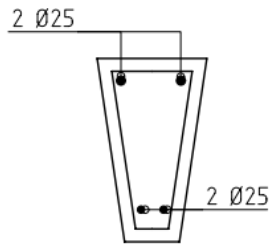
Søylene er kontrollert for to typiske belastningsforutsetninger, se figur 6. Øvrige søyler har lavere lastnivå bortsett fra søyle i akse 1+2,4 meter.



Figur 6: Plassering av søyler som er kontrollert.

Det er utført beregninger av betongsøylene for å kontrollere kapasiteten med redusert armeringsareal fra feil under bygging. Reduksjonen innebærer at kun 2+2=4 stk Ø25 mm er medregnet i kapasitetskontroll, se figur 7. Resultatene viser at søylene som

ligger i hovedaksene 4, 5 og 6 har et moderat behov for forsterkning i plan 2 for å tilfredsstille forskriftskrav til bæreevne. Øvrige søyler har tilstrekkelig kapasitet.



Figur 7: Innlagt armering

Det er også kontrollregnet situasjon hvor armeringsdiameter er redusert fra 2Ø25 til 2Ø22 som følge av korrosjon. Konklusjon med hensyn til kapasitet og behov for forsterkning er som i foregående avsnitt.

Reduksjon av betongens fasthet fra C35 til C30 gir en reduksjon av søylenes bæreevne. Behov for forsterkning av søyler i plan 2 akse 1+, 4, 5 og 6 øker, men øvrige søyler og plan har tilstrekkelig kapasitet. Det må her legges til at midlere fasthet omtalt tidligere er lagt til grunn. Ved bruk av lavest målte betongfasthet vil overskridelsene øke ytterligere. Korrekt fasthet og bruk av denne må snarest vurderes nærmere.

Det bør igjen påpekes at ovenstående bygger på antakelsen om at armering i søyler plan 2 ikke er innlagt i samsvar med tegninger. Konklusjon vil bli revurdert når undersøkelser av søylenes armering i plan 2 er utført.

Det må bemerkes at betongkvaliteten for søylene er spesiell. Det er benyttet avrundet naturtilslag av stor dimensjon. Dette medfører at bruddutvikling i betong kan ha vesentlig avvik fra oppførsel som ligger til grunn for forskriftenes teori. Forholdet blir nærmere belyst i rapport fra Betongconsult AS og bør avklares før endelig konklusjon om behov for forsterkning tas. Tilslagets spesielle karakter kan være bakgrunn for den store spredningen i målt trykkfasthet.

Det vil også være nødvendig å kontrollere byggefaser ved reparasjon av søylene. Søylene vil ikke ha tilstrekkelig kapasitet med full belastning og redusert betongtverrsnitt ved utmeisling i reparasjonsfasen. Det blir derfor foreslått at tillatt nyttelast generelt blir avgrenset samtidig som antall søyler som utbedres begrenses. Situasjon vil være mest kritisk for nedre del av bygget. Forholdet må avklares med byggeier da det også påvirker innvendig rehabilitering som utføres i en annen entrepris.

Konklusjon og videre arbeid

- Utfall av betong og større sprekker i kritiske søyler må få reetablert bærende betong snarest. Dette gjelder alle søyler i plan 2-5.
- Mangelfull armering, betongkvalitet og korrodert armering gir behov for forsterkning av hovedsøyler i plan 2

- Manglende bøylearmering og armeringens skjøtområder må utbedres i hele fasaden.
- Videre skadeutvikling begrenses ved hjelp av katodisk beskyttelse av armering.

Videre arbeider i detaljeringsfasen må fastlegge løsning og endelig omfang av forsterkning. I forkant av detaljeringsfasen bør det gjennomføres ytterligere undersøkelser knyttet til:

- Kontrollere armeringsmengder i søyler plan 1 og 2.
- Kontrollere armeringsmengde på søylenes innerside i et større utvalg.
- Nærmere vurdering av betongens fasthet og bruddtøyning.
- Vurdere akseptabelt omfang av utmeisling av betong i søyler under reparasjon
- Vurdere om planlagt ombygging vil utløse krav til ivaretagelse av dagens gjeldende laster

For Smidt & Ingebrigtsen AS

Tom Ingebrigtsen

Tore Johan Smidt

Referanser:

- [1] Rapport Bergen Rådhus, Søyler i fasade – bæreevne, oktober 2013, Smidt & Ingebrigtsen AS
- [2] Rapport Bergen Rådhus, Etasjedekker – bæreevne, januar 2014, Smidt & Ingebrigtsen AS