



NOTAT

BELLAHØJ AFDELING SAB1

No. 23-172

KI Rådgivende Ingeniører ApS
Hejrevej 37 3. sal
2400 København NV

32 10 55 32
CVR: 32469353
kontakt@ki.dk
www.ki.dk

Notat nr.: 01

Emne: SAB1 Brandforhold - Tredjepartskontrol

Dato: 2024-01-08

Udarbejdet af: ETI

Revision: 00

KONTROLRAPPORT VEDR. BRANDTEKNISKE FORHOLD I BELLAHØJ AFD. SAB1

KI Rådgivende Ingeniører ApS (KI) har fået til opgave at udføre tredjepartskontrol af de forhold der vedrører brandtekniske forhold i Bellahøj afd. SAB som beskrevet i to notater fra Niras:

- Eksisterende forhold SAB Bellahøj – SAB1 Brandforhold – indledende undersøgelse, hhv. opsamlingsnotat og baggrundsnotat, begge dateret 2022-06-13.

I dette notat fremføres kontrollantens kommentarer på baggrund af en samlet gennemgang af de relevante dokumenter fordelt på de enkelte afsnit.

1.1 Kontrollens omfang

Nedenfor følger en samlet liste over de dokumenter der er kontrolleret som en del af nærværende tredjepartskontrol. Dokumenterne er kontrolleret ved grundig gennemlæsning og kontrolberegninger med udgangspunkt i vejledning for uafhængig kontrol i SBI-anvisning 271. Kontrolomfanget svarer til udvidet kontrol med stikprøvevis kontrol af beregninger.

Dok.	Titel	Dato
SAB1_K09_C5	20220613 NIRAS SAB1_K09_C5_Brandforhold - indledende undersøgelse – Baggrundsnotat.PDF	2022-06-13
SAB1_K09_C09	20220613 NIRAS SAB1_K09_C5_Brandforhold - indledende undersøgelse – Opsamlingsnotat.PDF	2022-06-13

1.2 Generelle kommentarer og observationer

Notatet tager udgangspunkt i vederlagsdetalje mellem etagedæk og betonvæg, der efter Niras opfattelse er "betænkelig" hvor den centrale problematik er hvorvidt samplingsdetaljen har tilstrækkelig bæreevne i en eventuel brandsituation og hvorvidt et eventuelt kollaps af ét etagedæk kan føre til progressivt kollaps af én bærende vægopstalt. Det konkluderes i notatet, at dette ikke kan udelukkes.

En anden problemstilling, er hvorvidt detaljen overholdt god byggeskik på det tidspunkt hvor bygningen blev opført. Det konkluderes at der ikke har eksisteret en "god byggeskik" for samlinger mellem in-situ støbte etagedæk og in-situ støbte betonvægge, da bærende vægge i perioden op til udførelse af Bellhøjhusene primært har været udført i tegl. Her angiver "god byggeskik" at en vederlagsdybde på 12,5 cm (svarende til en 1/2-stens tykkelse), som givetvis har været bestemt for at reducere trykket på murværket. Denne byggeskik kan ikke videre overføres til en samling mellem in-situ støbte dæk og vægge.

Hvorvidt detaljen overholder "god byggeskik" har betydning for hvorvidt bygningens eksisterende konstruktioner og brandmæssige adskillelser kan bibeholdes uændrede i henhold til nugældende Bygningsreglement (BR 18). Det konkluderes at hverken Niras, Rambøll eller Cowi har fundet lovkrav der siger, at bygningen ikke opfylder datidens lovgivning. Dette antyder at vederlagsdetaljen kan bibeholdes uændret, men da selve byggemetoden dengang var relativt ukendt og uprøvet, giver det mening at efterprøve og sikre dens bæreevne i brandsituationen – især set i lyset af de betænkelige forhold: kort vederlag, lille armeringsmængde i støbeskel, minimalt dæklag og forkert udførelse en række steder.

Indledning (kapitel 1 og kapitel 2):

Gennemlæst uden yderligere kommentarer.

Progressivt kollaps (kapitel 3):

Niras konkludere at det ikke kan udelukkes at der kan opstå progressivt kollaps i konstruktionerne som følge af svigt i samlingen mellem etagedæk og ydervæg, eller etagedæk og indvendigt bærende væg. Dette begrundes i en manglende vandrette fastholdelse af væggen forøger dens søjlelængde og bæreevne drastisk. Hvorvidt væggen kan bære i buevirkning er ikke undersøgt til bunds, men det kan ikke udelukkes at progressivt kollaps kan opstå som følge af lokalt svigt.

Mulige tiltag i forbindelse med brand (kapitel 4):

De beskrevne tiltag til mulig forstærkning er pragmatiske og fornuftige.

Det virker oplagt at anvende forstærkningsprojektet for facaderne i forbindelse med etablering af lodrette stringere.

Bæreevne eftervisning af bygningsdele (kapitel 5):

Gennemlæst uden yderligere kommentarer.

Bæreevneberegning på Indvendig uarmeret væg og facadevæg (Bilag A)

Gennemset uden yderligere kommentarer.

Bæreevneberegning på gavlvæg (Bilag B)

Gennemset uden yderligere kommentarer.

Bæreevneberegning på dæk i brandtilfældet (Bilag C)

Det er sandsynliggjort ved beregning at dækkets kapacitet i brandtilfældet svarer til ca. 60 minutter, hvilket vurderes acceptabelt. Der er ingen yderligere bemærkninger.

Parametrisk brandpåvirkning af detalje ved dækvederlag (Bilag D)

Kontrollanten har ikke kontrolleret den anvendte parametriske model til bestemmelse af temperaturforløbet, men det konstateres at de valgte parametre og de resulterende gas-temperaturkurver ser kvalitativt rigtige ud. FE-beregningen der er anvendt til at beregne temperaturen i selve konstruktionen (hidrørende fra brandpåvirkningen) er veldokumenteret og kontrollanten har ingen yderligere kommentarer hertil.

Det noteres at temperaturen udtrækkes af FE-modellen i en afstand på 15 mm inde i betonen (svarende til 15 mm dæklag). Temperaturen varierer fra 542 – 592 grader C i stuen og 577 – 627 grader C i køkkenet. afhængigt af hvilken model der er anvendt til beregningen (standard-brand eller parametrisk brand). Dette har en stor betydning for reduktionsfaktoren $k_{y,\theta}$ der varierer fra 0,49 – 0,65 i stuen og 0,40 – 0,54 i køkkenet. Dette betyder at armeringens flydespænding i brand afhænger meget kraftigt af den anvendte beregningsmodel, men også af det faktiske dæklag. Det viser samtidigt, at med det nominelle dæklag på 15 mm, så vil armeringsjernet opleve en kraftig opvarmning og forankringsstyrken vil reduceres væsentligt – og faktisk forsvinde i de tilfælde hvor varmen overstiger 600 grader C.

Reaktion fra dæk til gavlvæg (Bilag E)

Det noteres at reaktionen ved gavlvæggen reduceres så meget som muligt. Resten af bilaget er gennemset uden yderligere kommentarer.

Forankring af L-bøjler ved dækvederlag (Bilag F)

Det konstateres at såfremt temperaturen overstiger 600 grader C., så kan der ikke regnes for forankring i stængerne. Når dæklaget er 15 mm ses således at der ikke kan opnås forankring ved vederlaget. Der er foretaget kontrolophugning i SAB1-4, hvor dæklaget er målt til 40 mm. I dette tilfælde, opnås en væsentligt større forankringsevne.

Dækvederlag – huldækmodel (Bilag G)

Beregningen af dækvederlag, viser at der teoretisk set og under ideelle forhold kan eftervises for 60-minutters brandmodstandsevne på baggrund af en model der er kalibreret op mod præfabrikerede huldæk med fuldt forankret armering. Der argumenteres for modellens forudsætninger omkring armeringstype, vederlagsdybde og betonstyrke afviger væsentligt fra den i SAB-1 anvendte løsning. Denne usikkerhed fører til at Niras nedklassificerer vederlaget fra 60 minutter bæreevne til 45 minutters bæreevne med kommentaren: "Det vurderes at dækket reelt kan opnå R45-klassificering". Denne påstand bygger på beregningen af temperaturen i armeringsjernet (L-jernet) ved 15 mm dæklag. Her blev det konstateret at 15 mm dæklag ikke gav tilstrækkelig styrke ved 60 minutters brand.

Dækvederlag – Snor-model (Bilag H)

Dette bilag viser en potentielt alternativ beregningsmodel for eftervisning af vederlag i områder hvor L-jernet er bukket og har en ikke-L-formet armeringsudformning. Modellen forsøger at sandsynliggøre at dækket kan ophænges i den fejl-bukkede armeringsstang under en række forsimplede antagelser. Denne forsimplede anskuelse vurderes ikke at være tilstrækkelig til at retfærdiggøre vederlagets bæreevne i en potential ulykkesituation hvor L-armeringen virker som ophængningsarmering for dækket.

Dorn-model (Bilag I)

Gennemset uden yderligere kommentarer.

Destruktive undersøgelser (Bilag J)

Niras har foretaget kontrol af tegningsmateriale, samt supplerende destruktive undersøgelser af 9 dækvederlag og 2 ophugninger af armering i facader. Det er konstateret at dækvederlaget ikke er udført som angivet på tegningsmaterialet. Hvilket sandsynligvis skyldes forkert højde af støbeskel, som førte til at L-jernet er blevet bukket én eller flere gange for at få det til at passe ind i dækket.

Denne observation er bekymrende, da L-jernet er den eneste armerings-forbindelse mellem dækket og væggen og et central element i bygværkets sikkerhed og overordnede robusthed.

1.3 Konklusion

Den fremsendte dokumentation er gennemgået med de kommentarer der er beskrevet ovenfor og generelt er alle beregninger velstrukturerede og veldokumenterede. Der er ikke fundet væsentlige mangler eller kritiske spørgsmål i forhold til beregninger eller konklusionen omkring de enkelte bygningsdeles bæreevne.

I notatet indstilles til kompenserende tiltag i forbindelse med samlingen mellem etagedæk og udvalgte bærende vægge. Dette begrundes i muligheden for potentielt progressivt kollaps ved et længerevarende brandforløb, hvor ét eller flere dækvederlag giver efter. Idet samlingen er det svage led i konstruktionen, anbefaler Niras at den forstærkes og bringes op på niveau med den øvrige konstruktion, dvs. fra nuværende 45 minutters brandmodstandsevne til 60 minutter.

Vederlagsdetaljen er kritisk, dels pga. den lille dækklag og korte forankring og dels grundet den forkerte udførelse og ombukning af L-jernene der forårsager stor variation i den faktiske udførelse, forventede bæreevne og robusthed af samlingen. Alene af den grund, er der grundlag for de yderligere undersøgelser og analyser der er foretaget, samt de forstærkende tiltag der er forslået.

Hvorvidt bygningens eksisterende konstruktioner og brandmæssige adskillelser kan bibeholdes uændrede i henhold til nugældende Bygningsreglement (BR 18), tillægger undertegnede ikke en stor værdi i forhold til beslutning omkring forstærkning af konstruktionen. Det er ret tydeligt at der ikke har været en etableret "god byggeskik" for denne type samlinger og de betænkelige forhold der er observeret af Niras, er påvist kritiske.

På baggrund af den fremsendte dokumentation, er det undertegnedes vurdering at der foreligger en fyldestgørende dokumentation for de forslåede forstærkninger af konstruktionen. Både hvad angår begrundelsen for forstærkningerne og de udførte beregninger. Kontrollen anses hermed for afsluttet uden yderligere kommentarer.