Deichman Bjørvika:

BIBLIOBETONGEN

ARKITEKT: LUND HAGEM ARKITEKTER /ATELIER OSLO

ENTREPRENØR RÅBYGG: SKANSKA NORGE

Tekst: Nina Engen Borvik, Nils Skinnarland og Sverre Smeplass, Skanska
Foto: Geir Anders Ørslien, på vegne av Skanska,
Jørgen A. Rosendahl Halvorsen, Bubbledeck (s. 36) og Ronny Hermansen, Armeringsservice (øverst s. 38)

Deichman Bjørvika ble tildelt Betongtavlen 2020 – en ærespris som gis til byggverk der betong er anvendt på en miljømessig, estetisk og teknisk fremragende måte. Prisen utdeles av Norske arkitekters landsforbund og Norsk Betongforening.

I innstillingen peker juryen spesielt på de tre atriene som møtes, og som skaper diagonale siktlinjer gjennom bygningen. De skråstilte lyssjaktene er gjennomgående helt ned til 1. etasje, og det innfallende lyset bidrar til inntrykket av en åpen romstruktur. Juryen lot seg også imponere over høy kvalitet på overflater slik som de fasetterte brystningene mot atriene, foldetaket og gulvet, som nærmest framstår som en forlengelse av gatene utenfor.

Bubbledeck: Prefabrikkerte betongelementer påmontert luftfylte plastballer låst fast i armeringsnett. Dekket støpes ut med SKB

Det har gått med store mengder betong, men det er gjort tiltak både for å redusere klimagassavtrykket for selve betongmaterialet, og samtidig begrense betongvolumet ved å bruke biaksiale hulldekker. De åpne romløsningene reduserer energibruken til ventilasjon, og betongens termiske masse er utnyttet for å redusere energibruken til oppvarming og nedkjøling.

Den kompliserte utformingen av bygget ga behov for omfattende understøttelse i byggefasen. Til sammen ble det brukt ca. 40 000 m^3 reisverk, derav 13 000 m^3 til foldetaket. Denne enorme mengden reis ga store logistikkutfordringer, og krevde mye planlegging. Spesielt var det krevende å få til en reis som var tilpasset både foldetaket og lysåpningene. I hovedsak ble dekke over kjeller, hengedekket og foldetaket støttet av reisen. For de to siste gikk reisen fra kjelleren og helt opp til taket. I byggefasen var det kanskje reisen som ga det mest imponerende synsinntrykket fra prosjektet.

Betongtekniske utfordringer

De vertikale kjernesjaktene ble støpt med glidestøp. Dette er en effektiv og tidsbesparende produksjonsteknikk, men svært ressurskrevende i den perioden støpen pågår. I løpet av ti hektiske døgn ble det helt parallelt støpt tre sjakter på tjue meter hver. Omtrent 60 fagarbeidere og funksjonærer, fordelt over to skift, arbeidet døgnkontinuerlig på glidestøpen. Betongleverandørens bemanning på fabrikk, i transport og til betongpumping kommer i tillegg.

SØYLER I SKB

Byggets utforming gjør at en del av søylene blir spesielt høye. Søylene utgjør en viktig del av det estetiske uttrykket, og det var viktig å kunne levere gode støperesultater, med glatte, matte overflater, uten porer og skjemmende skjolder. Det ble benyttet både plastbelagt pappforskaling og stålforskaling. Søylene ble støpt med selvkomprimerende betong (SKB), som i dette tilfellet var en forutsetning for å kunne oppnå et godt resultat. Denne støpeteknikken er likevel ikke en garanti for suksess, og i alt tre søyler ble revet og støpt på nytt, delvis pga. mangelfullt støperesultat, delvis pga. uakseptable loddavvik.

BUBBLEDECK

Dekkene er støpt som biaksiale hulldekker av typen Bubbledeck. Dette konseptet består av prefabrikkerte forskalingselementer av betong påmontert luftfylte plastballer som låses fast ved hjelp av armeringsnett. Når forskalingselementene og skjøtearmeringen er montert støpes dekket ut til fyll tykkelse ved bruk av SKB.

Konseptet muliggjør lange spenn uten underliggende bjelker eller bruk av spennarmering. Samtidig er det totale betongforbruket moderat. Produksjonen viste seg å være effektiv, men ga noen utfordringer under vinterforhold. Forskalingselementene trekker varme ut av den

I byggefasen var det kanskje reisen som ga det mest imponerende synsinntrykket. Dekke over kjeller, hengedekket og foldetaket ble støttet av reisen. For de to sistenevnte gikk reisen fra kjelleren og helt opp til taket.

ferske betongen, og tverrsnittstykkelsene er lokalt svært små. Dette krever tildekking og tilført varme i større omfang enn ved massiv dekkestøp under tilsvarende forhold.

Ved innfesting av støttestag og fallsikringsutstyr ble det på vanlig måte boret hull i dekkene. Dette førte til at et stort antall plastballer ble punktert, og deretter delvis fylt med nedbør og smeltevann fra dekkeflaten. I kaldt vær frøs dette vannet, og ga utsprengninger i underkant av dekkene. Dette ga behov for et omfattende og kostbart reparasjonsarbeid. Sluttresultatet ble likevel akseptabelt, og de utbedrede skadene er enten lite eksponert, eller lite synlige i det ferdige bygget.

For å begrense nedbøyningen i dekkene, ble det stilt krav om en høy E-modul i betongen. Dette ble løst ved å velge et tilslag med tilstrekkelig stivhet. Ved søylepunktene og ved dekkekantene ut mot lyssjaktene ble dekkene støpt massivt, dvs. uten plastballer.

BRYSTNINGENE

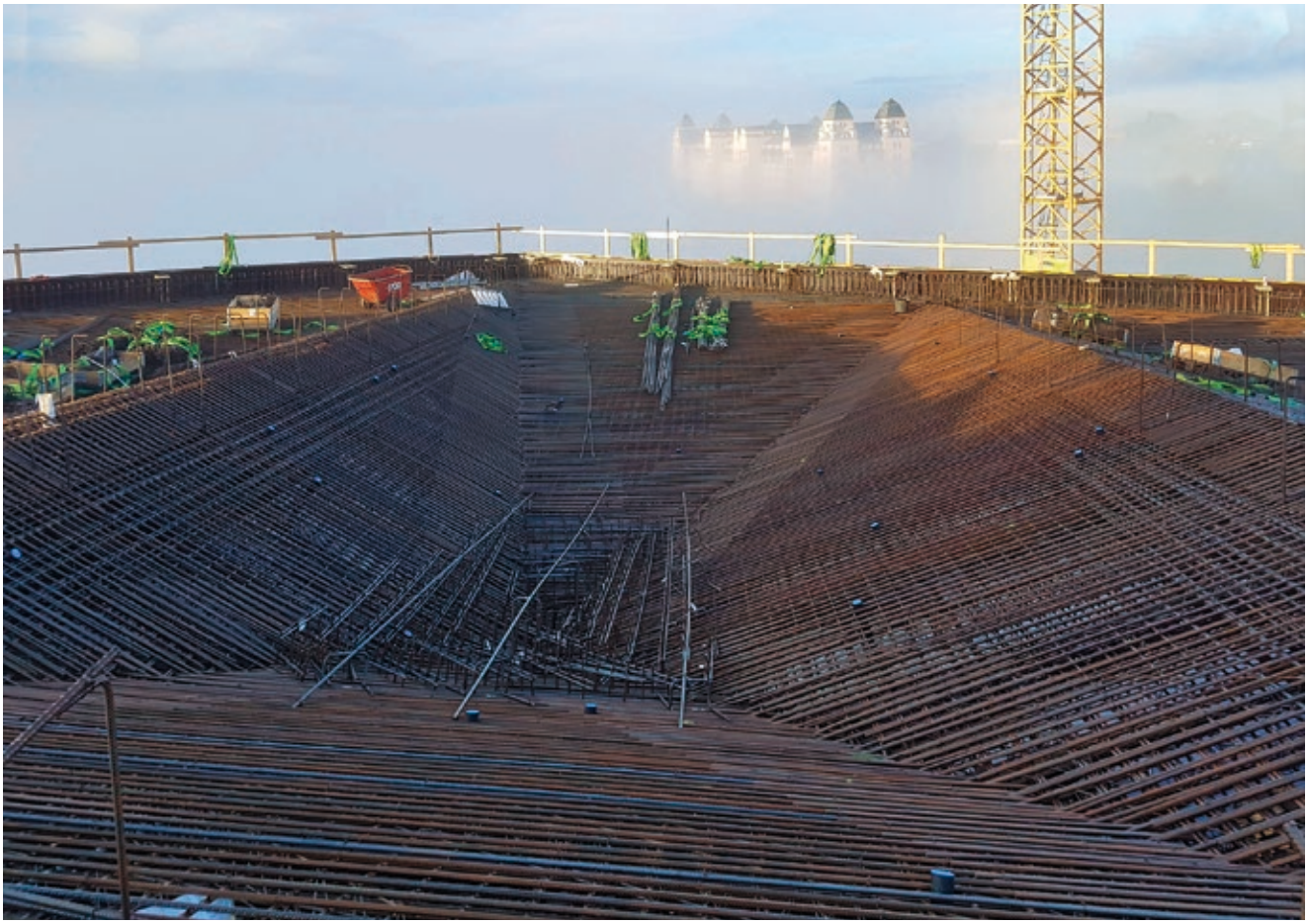
Brystningene, som er skråstilt, ble støpt med selvkomprimerende betong, uten synlig støpeskjøt mot dekkene og også uten bruk av forskalingsstag. Dette ga både et komplisert forskalingsarbeid og et utfordrende støpearbeid. Forskalingen ble prefabrikkert og montert sammen på byggeplassen.

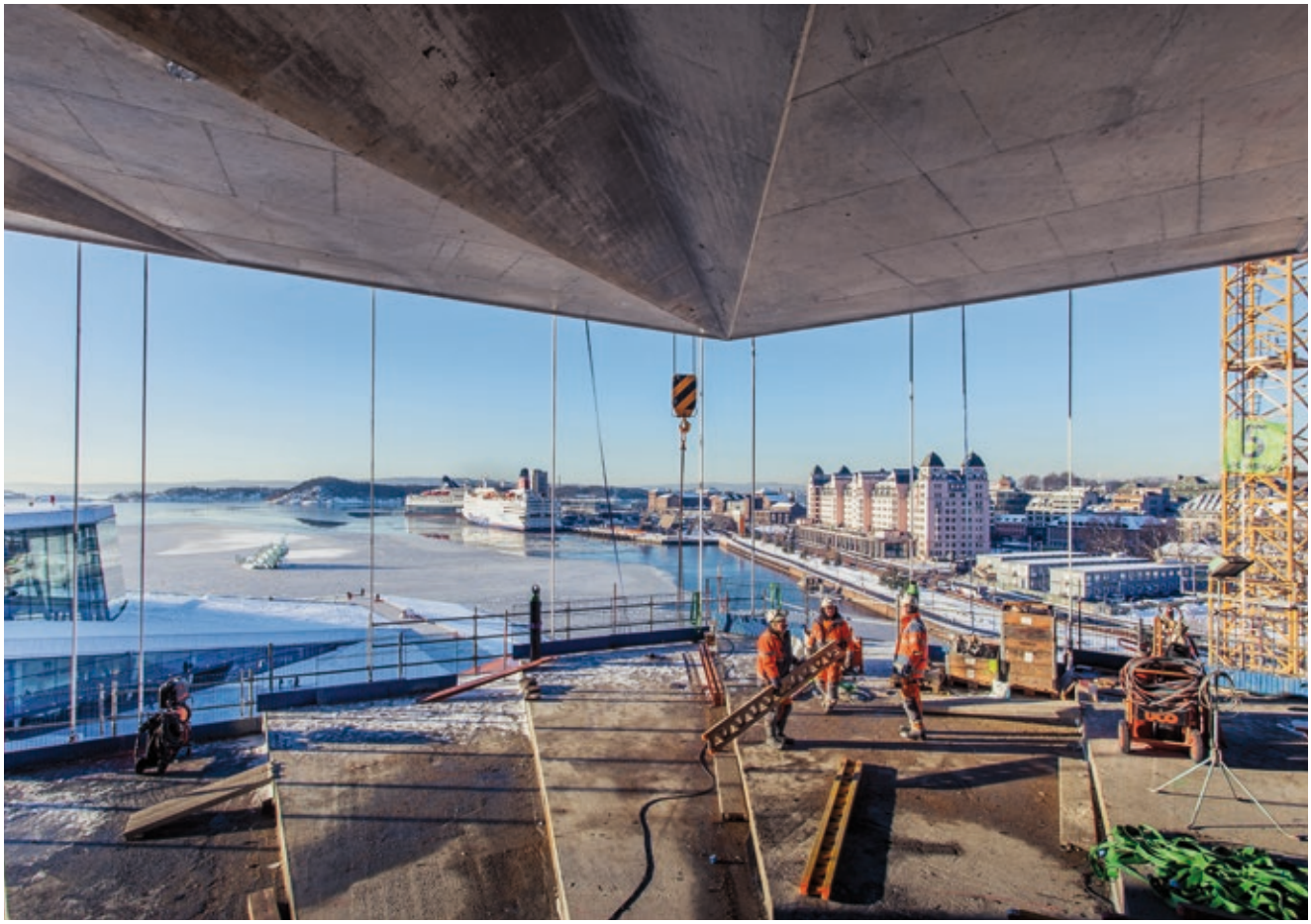
FOLDETAKET

De 473 forskalingskassettene til foldetaket ble 3D-modellert og prefabrikkert av Doka i Østerrike. Det ble ikke avdekket et eneste geometrisk avvik på kassettene.

Taket har en intern høydeforskjell på 2,5 meter. Reisen ble tilpasset tre hovednivåer, og all annen høydetilpasning ble gjort med oppføring av forskalingskassettene. Deler av taket måtte utføres med litt overhøyde, og dette kunne ikke innarbeides i modellen. Det ble derfor gjort mange tilpasninger manuelt. Forskalingskassettene ble løftet opp på taket med stropper, og innjustert med vakuumløftere. Skjøtene mellom kassettene ble fuget for å unngå lekkasjer og for å sikre rene, skarpe overganger mellom feltene.

Armeringen i foldetaket var også utfordrende. Armeringsleverandøren kunne ikke produsere armeringen ut fra 3D-modellen, men brukte tradisjonelle bøyelister. Totalt inneholdt bøyelistene for taket 33 000 posisjonsnumre. Dette ga en krevende logistikk, og det ble satt av ekstra ressurser til bestilling, mottak, sortering og koordinering av armeringsmontasjen. For å holde orden på leveranse og montering ble det utviklet et fargekodesystem, som fungerte godt. Ettersom armeringen i hovedsak fulgte hovedbæreretningen, og ikke retningen på forskalingsflatene, ble monteringen svært krevende for jernbinderne. På grunn av de mange vinkelendringene og skråstilte flater som møtes i høy- og lavbrekk, måtte mye av armeringsstålet tres inn.





Foldetaket ble støpt i elleve støpeetapper. Støpeskjøtene ble lagt i de feltene som senere skulle dekkes med støyabsorberende glassgranulatplater. Helningen på de forskalte flatene varierte fra 5 til 32 grader. De feltene som hadde størst helning var opprinnelig tenkt støpt med overforskaling. Dette ville vært svært krevende uten gjennomgående stag, som var uønsket fra arkitektens side. Det ble derfor gjort forsøk med trappesteng, steng i strekkmetall og betong tilsatt PP-fiber for å få den ferske betongen til å stå i de bratteste feltene. Det aller meste av takstøpen ble gjort uten noen av tiltakene, men med en betong med stor plastisk stivhet, men god komprimerbarhet, omtrent slik betong var før betongbransjen begynte å bruke plastiserende tilsetningsstoffer. Toppflaten av foldetaket er svært ru, men denne er ikke synlig i det ferdige bygget. De forskalte flatene som er synlige i himlingene framstår tilnærmet perfekt.

Forskalingen kunne først rives etter at hele taket var støpt ferdig. Rivingen ble svært krevende pga. trange forhold, spesielt ut mot rendene, og fordi det var meget viktig å unngå skader på betongflatene, og særlig de skarpe hjørnene i foldestrukturen. Det var også rekkefølgekrav til rivingen av hensyn til bæringen, og forventede deformasjoner. På et tidspunkt var atten fagarbeidere engasjert i rivingsarbeidet. Riving av forskaling, oppspenning av overliggende dragere og riving av reis under foldetaket lå på kritisk tidslinje, fordi utkragingen skulle bære hengedekket under via hengestag.

I utgangspunktet var det ikke tillatt å drive reparasjonsarbeider på eksponerte betongflater. Eventuelle støpefeil ville gi behov for riving og ny støp. Det ble likevel gjennomført enkelte reparasjonsarbeider, der man la stor vekt på utvikling av riktige reparasjonsmaterialer og -teknikk. Etter at det oppsto støpefeil i en av lysåpningene i foldetaket, ble arkitekt og byggherre invitert til å godkjenne eller forkaste resultatet etter et omfattende reparasjonsarbeid, på entreprenørens risiko. Resultatet ble godkjent, og utbedringen er knapt synlig uten at man vet hvor den er utført og kjenner historikken.

Viktige suksesskriterier

Ved kompliserte betongarbeider med strenge krav til utførelse og estetikk er det viktig å utvikle en god dialog mellom byggherre, arkitekt og entreprenør. Forventningene til sluttresultatet må avstemmes mellom aktørene, og det må utvikles felles akseptkriterier. Dersom konstruksjonstekniske forhold gjør det nødvendig å justere arkitektens ambisjonsnivå, må dette varsles så tidlig så mulig, slik at det blir det i tid til i fellesskap å finne alternative løsninger. I Deichman Bjørvika fungerte dette samarbeidet godt, til tross for høyt ambisjonsnivå, stram framdrift og kompliserte løsninger.

Gjennomføring av prøvestøper er et effektivt verktøy for å utvikle en felles forståelse av forventninger og ambisjoner. I Deichman Bjørvika ble det gjennomført flere prøvestøper, både for å prøve ut betongsammensetning og støpeteknikk, og for å demonstrere forventet sluttresultat.

I dette prosjektet ble det lagt mye ansvar og arbeid på forskalings- og ameringsleverandørene. Dette samarbeidet fungerte godt, og var en viktig nøkkel til

Byggherre:	Kultur- og idrettsbygg Oslo KF
Bestiller/bruker:	Oslo kommune v/ Deichman bibliotek
Eiendomsutvikl.:	Hav Eiendom
Prosjektledelse:	Advansia
Arkitekt:	Lund Hagem Arkitekter / Atelier Oslo
RIB:	Multiconsult og Bollinger + Grohmann konstruksjonssikkerhet prefab-dekker: Bubbledeck Norway
Entreprenør:	Skanska Norge – grunnarbeider, utomhusarbeider og råbygg
Leverandør:	ferdigbetong: NorBetong (fundamenter og heis-sjakter/glidestøp) og Unicon (synlig betong over bakken) bubbledeckløsning: Bubbledeck Norway elementstøp bubbledeck: Systemblokk
Areal:	19.600 m² brutto
Prosjektkostnad:	2.470 millioner kroner eks. mva.

Konstruksjon:	Plasstøpt betong Heissjakter støpt med glideforskaling Bubbledeck: Prefabrikkerte forskalingselementer av betong påmontert luftfylte plastballer låst fast i armeringsnett. Dekket støpes ut med SKB. Skråstilte brystninger støpt med SKB, uten synlig støpeskjøt mot dekkene og uten bruk av forskalingsstag. Foldetak med en intern høydeforskjell på 2,5 meter.

suksess, både med hensyn til gjennomføring og sluttresultat.

De krevende støpearbeidene ga behov for en løpende dialog med betongleverandøren, i noen tilfeller med tilpasning og innjustering av betongens støpelighet fra lass til lass. Ved noen av støpene i foldetaket måtte leverandøren sette av ressurser for kontinuerlig å følge støpearbeidet. Dette fungerte godt.

Skanska har egne betongteknologer som bidrar både i produksjonsplanlegging og gjennomføring av betongarbeider. Ved Deichman Bjørvika ble betongteknologene en viktig ressurs, fordi det det stadig oppsto behov for tilpasning både av materialer og utførelsesteknikk.

Det viktigste bidraget til en vellykket gjennomføring var likevel motivasjon, kunnskap og erfaring i eget produksjonsapparat, der fagarbeidere og funksjonærer fungerte som et sterkt, løsningsorientert team. Fagarbeidere, baser og produksjonsledere bidro med kreative forslag til løsninger og gjennomførte planlagte arbeider med stor presisjon og ærgjerrighet. Prosjektledelsen bidro med effektiv ressursstyring, beslutningsdyktighet og god kommunikasjon med leverandørene og ikke minst med byggherre og arkitekt.

Foto: Geir Anders Ørslien, på vegne av Skanska

Deichman Bjørvika:

Velprøvde betongresepter – tett samarbeid

BETONGLEVERANSENE FRA UNICON

Deichman Bjørvika er et komplekst og komplisert betongbygg. Det ble stilt høye krav til kvaliteten på de ferdigstøpte flatene: farge og fargejevnhet, struktur, støpeskjøter og rissmengde. Betongleveransene gikk på skinner, takket være valg av ordinære, velkjente og velprøvde betongresepter i kombinasjon med grundig kontroll, kort reisevei og, ikke minst, et tett og godt samarbeid med entreprenørens betongavdeling.

Tekst:
Berit Gudding Petersen,
Unicon

Unicon har levert den synlige betongen på Deichman, alt som er over bakken med unntak av de glidestøpte heissjaktene. Det er levert 314 lass, totalt 2180 m^3, hvorav 1300 m^3 er lavkarbon klasse A. *) Driftsteknologen har stått sentralt i kvalitetsarbeidet. Så å si alle lass har vært innom lab'en for kontroll av synk og utbredelse.

Det er kun benyttet ordinære betongresepter, noe som gir åpenbare fordeler: velkjente, velprøvde resepter – både for vanlige betongtyper og lavkarbonbetonger – gir god kontroll fra leverandørens side, med stor grad av stabiltet. Det er brukt vanlig grå sement, Ålborg rapid, flyveaske og svelviksand. Når antallet betongtyper holdes på et minimum, reduseres risikoen for feil.

Det er kort vei fra betongstasjonen på Sjursøya til Bjørvika, og på Deichman var det normale støpeetapper, etasje for etasje. Dette gjør det enklere å besørge betongleveranser med jevn og god kvalitet.

På Deichman var det den selvkomprimerende betongen (SKB) som bød på størst utfordringer. Det er stor trafikk og trange byggeplasser i bykjernen, og her måtte SKBen pumpes både horisontalt og vertikalt.

SKB tilsatt Xseed (herdeakselrator) ble brukt bl.a. til søylestøping. Dette gjør at formen kan fylles raskt og avforskales tidlig, slik at overflatene blir glatte, uten skjolder og flomerker.

I et så omfattende prosjekt var det en stor fordel at entreprenøren hadde egen betongavdeling. Betongteknologer på begge sider og god kontakt med byggeplassen innebærer at problemer blir forstått og analysert, man får fornuftige innspill underveis og ender opp med smidige løsninger.

*) Lavkarbon klasse A: Både B35 og B45 ble benyttet.
Grenseverdier iht. NB37 Lavkarbonbetong: B35 lavkarbon A 210 kg CO_2/m^3 og B45 lavkarbon A 220 CO_2/m^3.