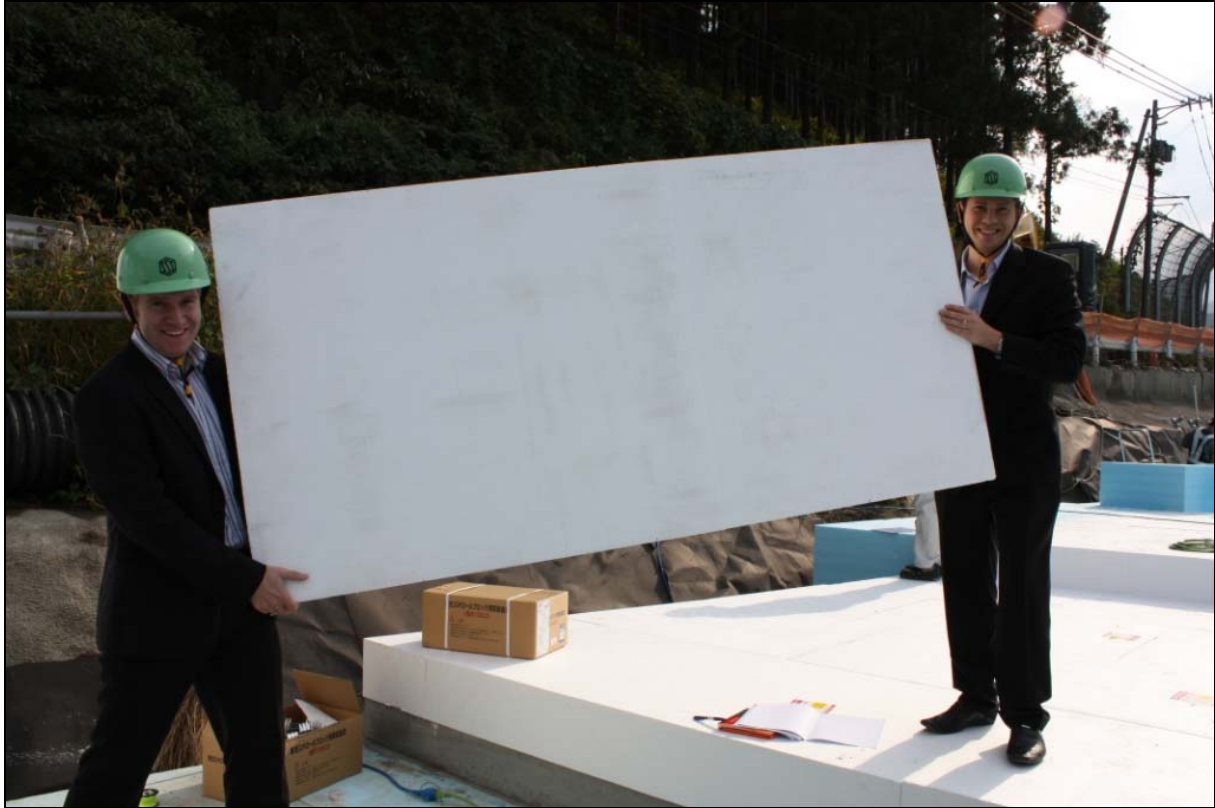


Studietur til Japan, 2010



Bruk av EPS i vegbygging

Kristian Aunaas
Geoteknikk- og skredseksjonen
Vegdirektoratet

Alexander Slobodinski
Vegteknisk seksjon
Region Vest

Innholdsfortegnelse

INNHALDSFORTEGNELSE	2
FIGURLISTE	2
1 INNLEDNING	3
2 FAGLIG PROGRAM	3
2.1 EKKURSJON TIL YAMAGATA	3
2.2 BESØK HOS CRIEPI	7
2.3 KATRI (KAJIMA TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE)	8
2.4 URA-TAKAO BRIDGES	10
2.5 MLIT OG KAJIMA	13
2.6 EKKURSJON TIL OTARI ROAD, NAGANO	13
2.7 PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE, PWRI	21
3 TANKER OG ERFARINGER	24

Figurliste

FIGUR 1 KARTET SOM VISER HVOR I JAPAN EPS-FYLLINGEN BEFINNER SEG	4
FIGUR 2 OVERSIKTSFOTO FRA BYGGEPERIODEN.	5
FIGUR 3 BESKYTTELSESVEGGEN I KOMPOSITTMATERIALE FRA FØRSTE BYGGEFASE OG NYE BLOKKER I ANDRE FASE STABLES OPP.	6
FIGUR 4 BILDET VISER DEN VERTIKALE OPPBYGNINGEN MED KOMPOSITTPANEL YTTERST, H-BJELKE OG EPS PÅ INNSIDEN.	6
FIGUR 5 FESTING AV KOMPOSITT-PANELENE TIL H-BJELKENE.	7
FIGUR 6 PLATTFORM FOR JORDSKJELVSIMULERING. I DETTE TILFELLET EN FORSPENT BETONGRAMME.	9
FIGUR 7 MODELL AV BY I VINDTUNNEL.	9
FIGUR 8 SKISSE AV FERDIGE BRUER.	10
FIGUR 9 SKISSE SOM VISER HVOR BRUA ER LOKALISERT I FORHOLD TIL TOKYO.	10
FIGUR 10 LENGDEPROFILER FOR DE TO BRUENE OG EN OVERSIKTSKISSE.	11
FIGUR 11 JAKKE, REFLEKSVEST, HVITE HANSKER OG HJELM ER OBLIGATORISK VERNETØY FØR MAN BEVEGER SEG UT PÅ ANLEGGET.	12
FIGUR 12 DE TO BRUENE UNDER OPPFØRING. UTSIKT FRA ANLEGGSSHEISEN.	12
FIGUR 13 UTSIKT MØT ØST. UTKANTEN AV TOKYO I BAKGRUNNEN.	13
FIGUR 14 KART OVER JAPAN MED MARKERING AV HVOR EPS-FYLLINGEN LIGGER.	14
FIGUR 15 PRINSIPPSKISSE AV FERDIG EPS-FYLLING.	15
FIGUR 16 PRINSIPPSKISSE AV VERTIKALT SNITT AV EPS-KONSTRUKSJON.	15
FIGUR 17 PRINSIPPSKISSE AV HORIZONTALT SNITT AV EPS-KONSTRUKSJON.	16
FIGUR 18 SKRUEFORBINDELSE FOR FESTING AV KOMPOSITTPATE.	16
FIGUR 19 OVERSIKT OVER TILGJENGELIGE STØRRELSER AV KOMPOSITTPLATER HOS EN JAPANSK LEVERANDØR. .	17
FIGUR 20 LENGDESNITT FOR DELER AV KONSTRUKSJONEN VED NAGANO.	17
FIGUR 21 TVERRSNITT AV KONSTRUKSJONEN VED NAGANO.	18
FIGUR 22 BYGGING AV EPS FYLLING OTARI ROAD.	19
FIGUR 23 KUTTING AV EPS BLOKK MED "GLØDENDE" TRÅD.	19
FIGUR 24 ALLE DETALJER SKAL PÅ Plass.	20
FIGUR 25 LÅS AV ALUMINIUM. BRUKES TIL SIKRE FORBINDELSE MELLOM EPS-BLOKKENE.	20
FIGUR 26 DELTAGERNE PÅ EKKURSJON TIL NAGANO, FRA VENSTRE: T. KONAMI, O. NARIAKI, A. SLOBODINSKI, K.AUNAAS, T.KUBOTA, A.SUGIYAMA	21
FIGUR 27 TESTFYLLING HVOR DET HAR BLITT BRUKT GEOSYNTETER.	22
FIGUR 28 TESTHALL FOR FULLSKALA HÅNDTERING AV STØV FRA TUNNELDRIVING.	22
FIGUR 29 SENTRIFUGE	23

1 Innledning

Med sine 127 millioner innbyggere er Japan det 10. mest befolkningsrike landet i verden. Arealmessig er Japan på 61. plass med ca. 378 000 km², noe som gir det en befolkningstetthet på 336 innbyggere pr. km². Sammenlignet med Norges ca. 324 000 km², som gir 15 innbyggere pr. km², er det et svært høyt tall. Omtrent 3000 øyer regnes til øygruppen som utgjør hele Japan. Omtrent 73 % av landet er dekket av fjell, med en fjellkjede løpende gjennom hver av de viktigste øyene.

Japan befinner seg i et vulkansk område langs Stillehavsdypet, man kan registrere hyppige, svake jordskjelv og tidvis vulkansk aktivitet på øyene. Ødeleggende jordskjelv inntreffer flere ganger hvert århundre.

Statens vegvesen og EDO (Expanded polystyren Development Organisation) har samarbeidet innenfor EPS i over 25 år. Bruken av EPS, eller isopor på folkemunne, i vegbygging er en norsk oppfinnelse som ble, og fortsatt er, veldig populær i Japan. Målet med studiereisen var både å lære nye anvendelsesmetoder av EPS i vegbygging, samt styrke forholdet mellom Norge og Japan frem mot den internasjonale EPS-konferansen EPS2011(www.eps2011.no) og innenfor EPS-bruk.

2 Faglig program

Følgende opplegg var planlagt:

11.okt	Ankomst Japan
12.okt	Ekskursjon til Yamagata Superhighway for å se på en EPS-fylling
13.okt	Besøk hos Central Research Institute for the Electro Power Industry (CRIEPI)
14.okt	Besøk hos Kajima Technical Research Institute (KaTRI) og URA Takao bru
15.okt	Besøk hos Ministry for Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Den norske ambassade og Kajimas designavdeling
18.okt	Ekskursjon til Otari road - Nagano prefecture for å se på en EPS-fylling under oppføring
19.okt	Besøk hos Public Works Research Institute (PWRI)
20.okt	Avreise

2.1 Ekskursjon til Yamagata

Den 12. oktober gikk turen til en EPS-fylling som ble bygd på slutten av 90- tallet. Fyllingen er en del av Yamagata Superhighway (Motorvei mellom Gassan IC og Nishikawa IC). Stedet er merket på kartet i Figur 1.



Figur 1 Kartet som viser hvor i Japan EPS-fyllingen befinner seg.

Største høyde på fyllingen er 16 meter, som er det høyeste som er bygd og i drift i verden. Terrenget i området har en helning på mellom 15 ° og 18 °. Grunnen i området består av fine sedimenter som er skredavsatt over tid (colluvial desposit). I området har det gått skred tidligere. Grunnvannet i områder står høyt. Ellers er området kjent for stort snøfall vinterstid.

Noen av grunnene til hvorfor EPS ble valgt som løsning for fyllingen er:

- Kort byggeperiode sammenlignet med andre aktuelle løsninger.
- Kostnaden for bruk av EPS er lavest sammenlignet med FCB fylling (lettbetong), bru og ordinær fylling.
- EPS som valgt løsning vil i liten grad påvirke totalstabiliteten i området pga. lav vekt.

Et kriterium for dimensjoneringen er at spenningsfordelingen for trafikklaster er 1:1. Som en konsekvens av dette settes det krav til at de øverste 0,5 meter med EPS skal ha en trykkfasthet 140 kPa (ved 1 % tøyning), mens det for resten av fyllingen settes krav til 50 kPa.

Rammen til konstruksjonen bygges med H-profiler. Disse settes i en senteravstand som avhenger av gitt lastsituasjon. For denne fyllingen er senteravstanden 2 meter. Når den ”indre” konstruksjonen er klar, dekkes denne med et panel i kompositt-materiale. Hvordan dette blir utført beskrives ytterligere i 2.6 Ekskursjon til Otari Road, Nagano

Ved Yamagata har man hittil målt setninger tilvarende ca. 11 cm.

Bildene under er fra byggingen av fyllingen ved Yamagata.



Figur 2 Oversiktsfoto fra byggeperioden.



Figur 3 Beskyttelsesveggen i komposittmateriale fra første byggefase og nye blokker i andre fase stables opp.



Figur 4 Bildet viser den vertikale oppbygningen med komposittpanel ytterst, H-bjelke og EPS på innsiden.



Figur 5 Festing av kompositt-panelene til H-bjelkene.

2.2 Besøk hos CRIEPI

Central Research Institute for the Electro Power Industry (CRIEPI) er en forskningsinstitusjon som får støtte og bestillinger fra Japans ni kraftselskaper for å finne løsninger til problemer forårsaket av klimaendringene, i tillegg til nye måter å utvikle ren energi på. CRIEPI er et internasjonalt anerkjent firma, spesielt innenfor dimensjonering, plassering og jordskjelvsikring av atomkraftverk.

Hos CRIEPI fikk vi omvisning i laboratoriene og fikk en interessant innføring i følgende tema:

Dyrking av planter:

Et pågående forsøk var å se hvordan man forsøker å få planter til å vokse med en kombinasjon av UV-lys, blått og rødt lys, samt infrarødt lys. Tanken er å se hvordan man kan dyrke planter effektivt uten sollys og samtidig begrense bruken av elektrisitet.

Genmodifikasjon av planter:

CRIEPI benytter seg av genmodifikasjon for å forsøke å øke vekstevnen til forskjellige planter. Et mål er å få et lokalt japansk tre ("tung oil tree") som bærer frukt som kan benyttes til å lage biodiesel, til å vokse i områder der det ikke vil konkurrere med matproduksjonen.

Klimaforskning:

CRIEPI er svært interessert i klimaforskning, og ønsket å få vite mer om Statens vegvesens "Klima og Transport"-program. For sin egen del har CRIEPI forsket mye på miljøproblematikk knyttet opp mot klimaforandringer.

Jordskjelvsforskning:

Japan er et land som ofte blir utsatt for både store og små jordskjelv. På grunn av dette er jordskjelvforskning svært viktig hos de fleste aktørene innenfor byggenæringen i Japan, og CRIEPI er intet unntak. For å kunne analysere den tredimensjonale utviklingen av et brudd som følge av bevegelsene til en forkastningssone, har CRIEPI laget et nedskalert jordskjelvbord som er lite nok til å kunne kjøres igjennom et spesielt røntgenapparat, en CT-skanner. Ettersom røntgenstrålene ikke har noen påvirkning på bruddutviklingen, kan man studere de interne bruddmekanismene i jordvolumet, samt deformasjonene som oppstår som følge av jordskjelvet.

2.3 KaTRI (Kajima Technical Research Institute)

Torsdag 14. oktober startet vi dagen hos KaTRI, som er Kajima Corporations eget senter for forskning og utvikling innenfor konsernets kjerneområder. Senere på dagen etter lunsj gikk turen til Ura-Takao Bridges, 50km vest for sentrum av Tokyo.

KaTRI har et stort spennområde mellom de ulike fagområdene de jobber med. Noen av områdene det jobbes med er skyskraper, atomkraftverk, undergrunnsanlegg, brukonstruksjoner, komposittmaterialer, og jordskjelvsikring. De forsker også på gjenbruk av betong.

Etter en introduksjon om KaTRI og deres satsningsområder, fikk vi en omvisning på senteret og dets laboratorier. Noe av det vi fikk se nærmere på var jordskjelvtesting på konstruksjonsmodell, vindtunnel, geoteknisk laboratorium med sentrifuge.

Jordskjelv

Laboratoriet har en plattform for testing av hvordan jordskjelv påvirker blant annet konstruksjoner, fundamenter osv.



Figur 6 Plattform for jordskjelvsimulering. I dette tilfellet en forspent betongramme.

Vindtunnel

Vindtunnelen ble blant annet brukt til å teste effekten av vind på hele bydeler (i modellstørrelse). På denne måten kan man se hvordan de ulike bygningene blir påvirket ved å justere omgivelsene.



Figur 7 Modell av by i vindtunnel.

Geoteknisk laboratorium

Her fikk vi blant annet se et apparat for styrketesting på jordprøver og vurdering av bruddform på fyllinger ved bruk av sentrifugalkraft. Dette var noe vi også senere fikk se hos PWRI.

2.4 Ura-Takao Bridges

Etter besøket hos KaTRI, så gikk turen til en anleggsplass vest for sentrum av Tokyo. Besøket startet med informasjon om prosjektet på anleggskontoret før turen gikk ut på befaring på anlegget.



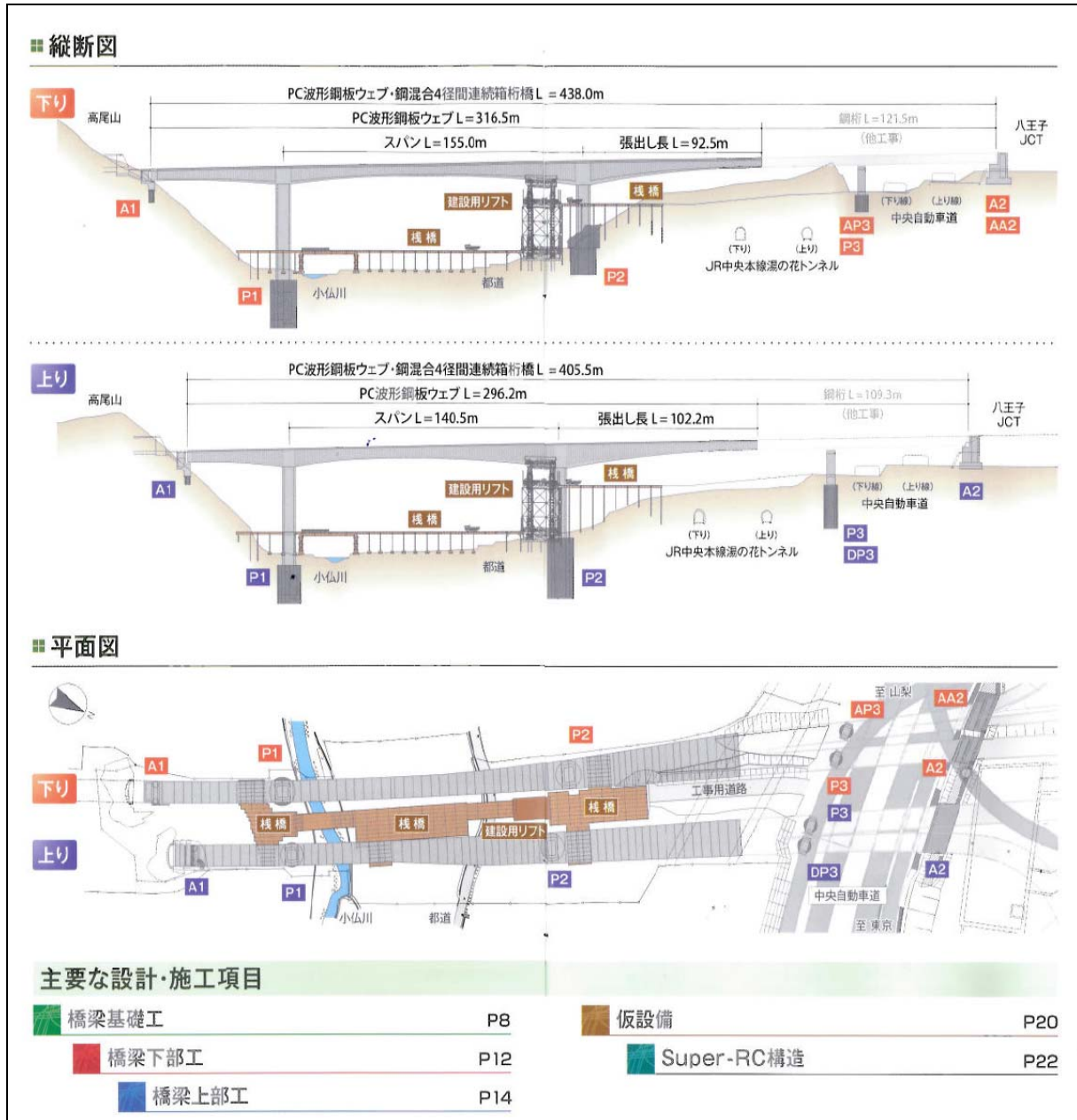
Figur 8 Skisse av ferdige bruer.

Ura-Takao Bridges blir en del av den nye ytre ringveien rundt Tokyo. Japan Highway er byggherre og Kajima Corporation er entreprenør. Kostnaden på prosjektet er ca. €100 millioner. Anlegget består av to nye parallelle bruer, og blant annet tunnel gjennom et hellig fjell. Fjellets hellighet fører til forsinkelser i framdriften pga. sene tillatelser for anleggsdrift. Ca.100 lignende bruer er bygd, og designen er fransk. Lettvektsmaterialer benyttes i stor grad. Bruene skal være klare for åpning i april 2011. Bruenes plassering er ved en svakhetszone. Dette har påvirket hvordan fundamentene har blitt designet.



Figur 9 Skisse som viser hvor brua er lokalisert i forhold til Tokyo.

Fundamentene er bygd på et noe utradisjonelt vis, sett med norske øyne, men metoden er ikke ukjent. Det ble boret vertikale sjakter med TBM-lignende maskiner. Mens maskinen boret seg nedover, ble hullet stivet av med stålbuer, på samme måte som en tunnel i løsmasser. Etter at bormaskinen var fjernet, ble fundamentene armert og støpt.



Figur 10 Lengdeprofiler for de to bruene og en oversiktsskisse.



Figur 11 Jakke, refleksevest, hvite hansker og hjelm er obligatorisk vernetøy før man beveger seg ut på anlegget.



Figur 12 De to bruene under oppføring. Utsikt fra anleggsheisen.



Figur 13 Utsikt møt øst. Utkanten av Tokyo i bakgrunnen.

2.5 MLIT og Kajima

Hos Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism traff vi Yasuhiro Okumura, direktøren for internasjonal ingeniørvirksomhet. MLIT er et departement som spenner ganske bredt, noe navnet også tilsier. Under vårt besøk fokuserte Okumura på tema knyttet til samferdsel, og gav oss interessant informasjon om Japans utfordringer. Mye av diskusjonen dreide seg om jordskjelv, utbyggingsprosjekter og drift- og vedlikeholdsutfordringer. I løpet av det relativt korte besøket vårt, fikk vi inntrykk av at Norge og Japan har mange av de samme utfordringene. Jordskjelv er noe de kan mye om i Japan, og Statens vegvesen bør forsøke å lære av deres erfaringer.

Etter besøket hos MLIT reiste vi til Kajima Corporation, som er Japans største entreprenør. På hovedkontoret deres traff vi flere utsendte geoteknikere, ingeniørgeologer og konstruktører fra designavdelingen. De holdt presentasjoner om aktuelle prosjekt og problemstillinger i Japan i dag, med hovedvekt på tunnelprosjekt, 3d-analyser for å kunne etablere lager for atomavfall i bergrom, samt utfordringer knyttet til oppgradering av eksisterende vegnett i byområder hvor det er svært trangt, og det stilles store krav til setninger. Jordskjelv ble igjen belyst som en av de største utfordringene de møter når de skal dimensjonere konstruksjoner.

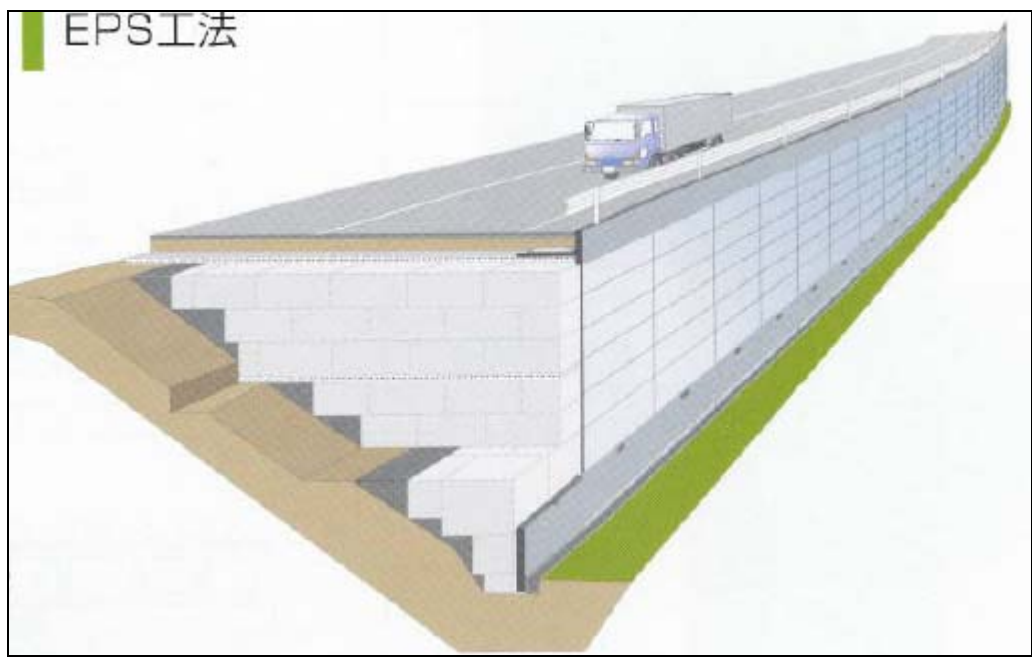
2.6 Ekskursjon til Otari Road, Nagano

Den 18. oktober dro vi til en 17 meter høy EPS-konstruksjon under oppføring utenfor Nagano. Mengden av EPS i konstruksjonen er det meste som er under oppføring i Japan for øyeblikket og har et omfang på ca. 30 000 m³. Total byggetid er 6 år, og i skrivende stund er de godt over halvveis i oppføringen.

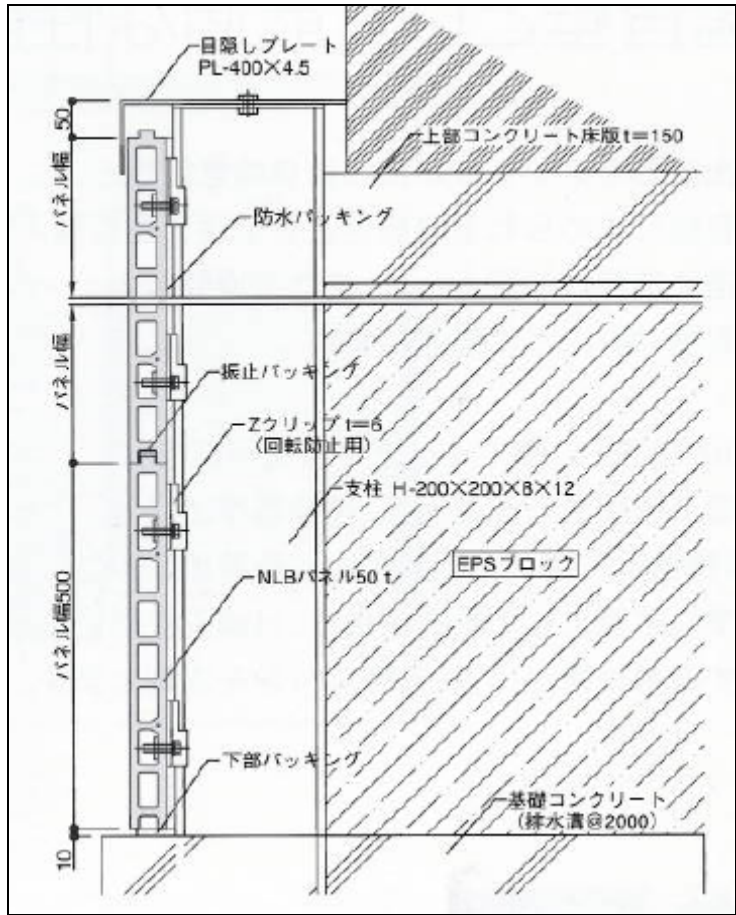


Figur 14 Kart over Japan med markering av hvor EPS-fyllingen ligger.

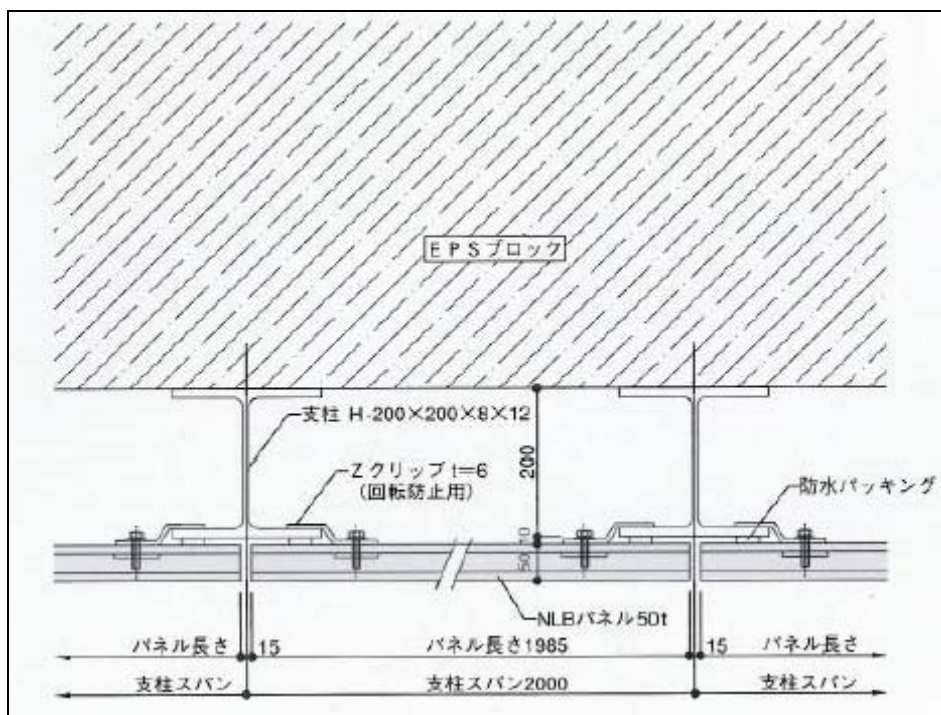
Den japanske måten å bygge EPS-fyllinger på virker ganske standardisert. På samme måte som for fyllingen ved Yamagata, bygges rammen til konstruksjonen opp med H-profiler, satt med en senteravstand avhengig av lastsituasjon. Bak H-profilene fylles det opp med EPS-blokker som er dimensjonert for den aktuelle situasjonen, samtidig som det settes ned et slags kompositt-panel for å beskytte EPS-blokkene. Skissene under viser en typisk oppbygging av en EPS-konstruksjon i Japan.



Figur 15 Prinsippskisse av ferdig EPS-fylling.

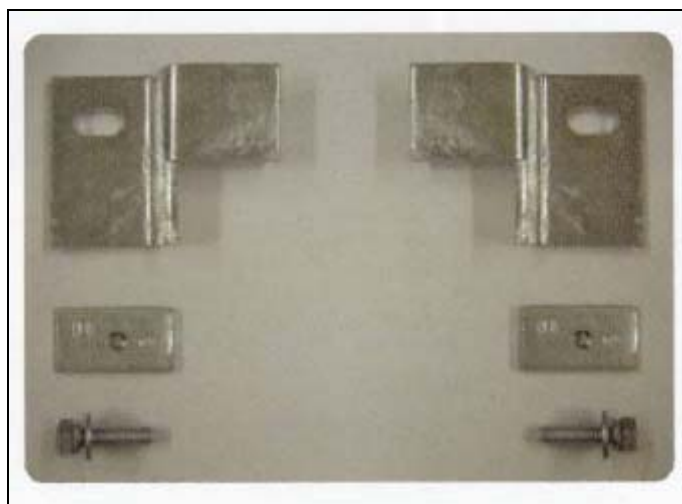


Figur 16 Prinsippskisse av vertikalt snitt av EPS-konstruksjon.

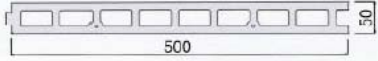
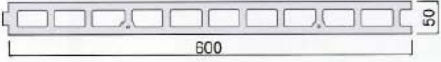


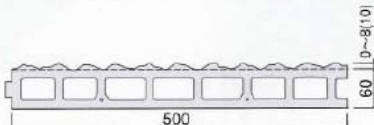
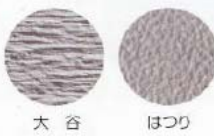


Figur 17 Prinsippskisse av horisontalt snitt av EPS-konstruksjon.

En detalj som ikke vises i skissene over, er betongplaten som blir støpt inn i konstruksjonen med jevne mellomrom. Denne betongplaten er avstivende og gir en forbindelse mellom EPS-blokkene og H-bjelkene. Måten dette skjer på, er at det blir skåret vertikale slisser i flensen, som armeringsjernene i betongplaten blir ført igjennom. Dette gjøres for at konstruksjonen skal kunne deformere seg litt, uten at dette gir for store påhengskrefter til H-bjelkene. Komposittplatene blir festet til H-bjelkene med skrueforbindelser, som vist på figuren under.



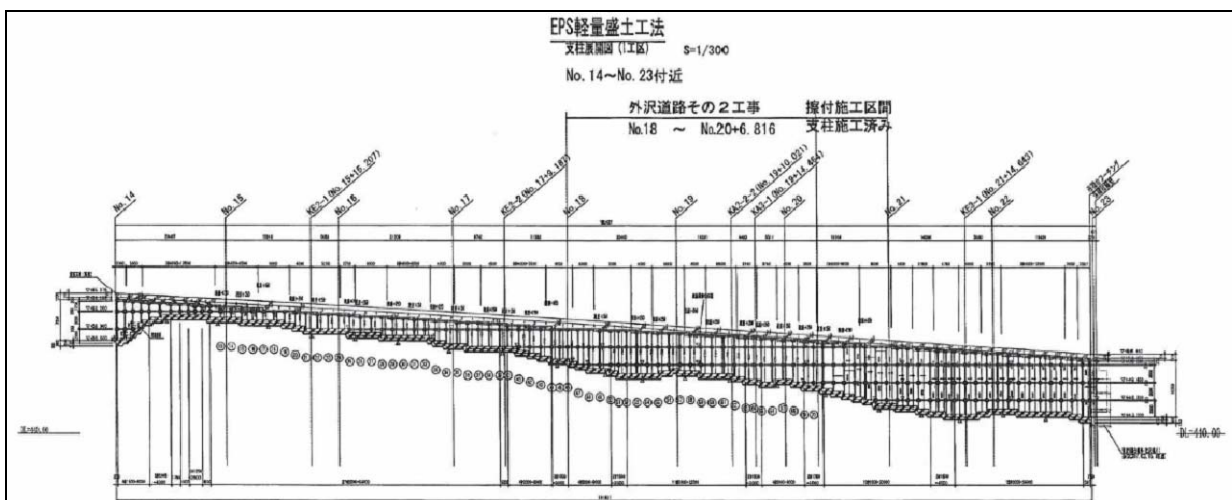
Figur 18 Skrueforbindelse for festing av komposittplate.

製品名		形状および寸法	重量
50mm厚品	NLB5050W		58kg/m ²
	NLB5060W		
60mm厚品	NLB6050W		69kg/m ²
	NLB6060W		
デザイン品	NLBエンボス	 	76kg/m ²

Figur 19 Oversikt over tilgjengelige størrelser av komposittplater hos en japansk leverandør.

Denne måten å bygge EPS-fyllinger på er, som sagt, relativt standardisert i Japan. Det som gjør fyllingen ved Nagano så spesiell, er at den er bygget i kombinasjon med jordankere. Grunnen til dette er at terrenget vegen går gjennom har svært lav stabilitet. Massene i området består stort sett av steinrøys med svak jordmasse over. Området har en naturlig friksjonsvinkel på 40 grader, og jernbanen går rett i underkant av utvidelsen av vegen. I tillegg har de regnet ut at sannsynligheten for at et jordskjelv på over 8 på Richters skala vil inntreffe i løpet av de neste 30 årene er 14 %. Prosjekteringen av konstruksjonen ble stort sett gjort ved hjelp av FEM-analyser.

Figurene under viser snittegninger av konstruksjonen.



Figur 20 Lengdesnitt for deler av konstruksjonen ved Nagano.



Figur 22 Bygging av EPS fylling Otari Road.



Figur 23 Kutting av EPS blokk med "glødende" tråd.



Figur 24 Alle detaljer skal på plass.



Figur 25 Lås av aluminium. Brukes til sikre forbindelse mellom EPS-blokkene.



Figur 26 Deltagerne på ekskursjon til Nagano, fra venstre: T. Konami, O. Nariaki , A. Slobodinski, K.Aunaas, T.Kubota, A.Sugiyama

2.7 Public Works Research Institute, PWRI

Den siste dagen for det faglige oppholdet gikk med til å besøke Public Works Research Institute, PWRI, i utkanten av Tokyo.

Her fikk vi først en innføring i PWRI's kjerneområder som for det meste omhandler samfunnstjenelig infrastruktur. Noen områder som kan nevnes er dammer og veier.

Deretter fikk vi fire korte presentasjoner angående;

- Kjerneområdene til Construction Technology Research Team
- Setninger på vegfyllinger fundamentert på kalk-sement peler
- Utvikling på kompakteringshåndtering av jordkonstruksjoner med tanke på store nedbørsmengder og jordskjelv
- Testing av egenskapene til armerte jordkonstruksjoner.

Etter presentasjonene fikk vi også en omvisning i både felt og laboratoriene til PWRI.



Figur 27 Testfylling hvor det har blitt brukt geosynteter.

I felten fikk vi blant annet se en testfylling for fullskala testing av langtids stabilitet. Det er brukt geotekstiler i fyllinga.



Figur 28 Testhall for fullskala håndtering av støv fra tunneldriving.

Et annet spennende testplass vi fikk se var en hall for observering av tetthet og rekkevidde for støvpartikler som oppstår ved bygging av tunneler. Testhallen er i virkelig tunnelskala.

- Høyde: 8 m
- Bredde: 13 m
- Lengde: 100 m
- Tverrsnitt: 80m²



Figur 29 Sentrifuge

Vi fikk også se en sentrifuge for geotekniske tester.

- Radius for rotasjon: 3,5m
- Sentrifugal akselerasjon: maks 140G
- Påtvunget kapasitet: 1000kg

Sentrifugetesting gir mulighet for utførelse av tester med frekvens. Innretningen brukes blant annet til å teste fenomenet "liquifaction".

3 Tanker og erfaringer

Erfaringene vi sitter igjen med etter turen, er at Japan er et land som stadig er ute etter å forbedre seg, gjerne ved å utvikle ny teknologi, eller tilpasse eksisterende teknologi til Japanske forhold. Japanerne fremstår også som svært presise og ordentlige i det de gjør, og har en enorm yrkesstolthet.

Denne turen har gitt oss mange erfaringer og gode forslag til hvordan vi kan bruke EPS på nye måter. Konstruksjoner som den i Yamagata og Nagano er gode løsninger i områder med dårlig stabilitet og svak grunn, eller hvor man ønsker å breddeutvide vegen i bratt terreng.

Det eneste vi skulle ønske vi hadde fått mer informasjon om på turen vår, var erfaringer og dokumentasjon i forbindelse bruk av såkalte dreinsblokker av EPS. Prinsippet er at blokkene skal kunne redusere oppdriften blokkene blir utsatt for i terreng med høy vannstand. På grunn av at vi ikke har fått all dokumentasjon vi har etterspurt fra kontaktene våre i forbindelse med dette, har vi utelatt det lille vi har om temaet i denne rapporten.