

Bouwen in Japan

ONTWIKKELINGEN IN DE JAPANESE BOUW DR ARJEN VAN BLOKLAND, TECHNISCH WETENSCHAPPELIJKE ATTACHÉ (TWA) TOKIO, EN DR IR SEIJI SAWADA, SHIMIZU CORPORATION

GEAUTOMATISEERDE BOUWPRODUCTIESYSTEMEN IR FRANS VAN GASSEL, TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN

CONSUMENTGERICHT BOUWEN IR YPE CUPERUS, TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT

OPEN BOUWEN ING. KAREL DEKKER, TNO BOUW

MODERNE JAPANESE ARCHITECTUUR DRS DAVE VAN EIJSBERGEN, DESHIMA INSTITUUT VOOR JAPANESE TAAL, CULTUUR EN ARCHITECTUUR

ONDERGRONDSE VERBLIJFSRUIMTEN PROF. IR JOUKE POST, TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN

ONDERGRONDSE INFRASTRUCTUUR

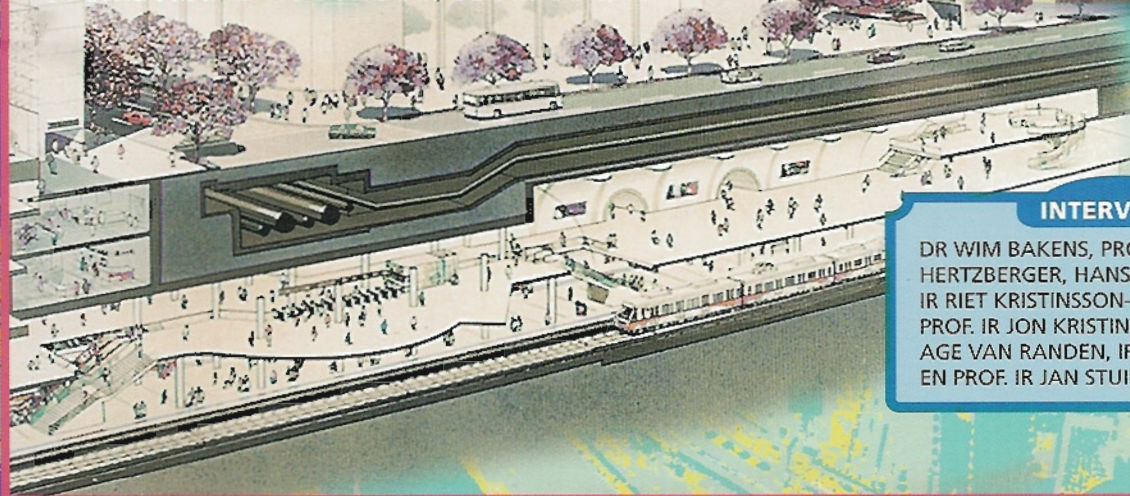
IR GEERHARD HANNINK, CENTRUM ONDERGRONDS BOUWEN

STAALBOUW IR ARNOLD DE VRIES ROBBÉ, BOUWEN MET STAAL

FUTURISTISCHE HOOGBOUW BEN MAANDAG



日本の建築美



INTERVIEWS

DR WIM BAKENS, PROF. IR HERMAN HERTZBERGER, HANS HESEN M.SC., IR RIET KRISTINSSON-REITSEMA EN PROF. IR JON KRISTINSSON, PROF. IR AGE VAN RANDEN, IR FRITS SCHEUBLIN EN PROF. IR JAN STUIP

4

施工図
Shop Drawing CAD

Bouwprodu

実績管理S.S.
Actual Management S.S.

部材計画S.S.
Material Plan S.S.

GEAUTOMATISEERDE BOUWPRODUCTIESYSTEMEN

3次元建物モデルデータ
3D Building Model Data

実績管理表
Actual Management List



Betere arbeidsomstandigheden

Weersonafhankelijk bouwen en veilig bouwen op grote hoogte

資材管理
データベース
Material Management
Database

Vermindering van arbeidsuren en arbeidsbelasting

Verkorten van de productietijd door modularisatie en prefabricage

建方現場管理S.S.
Erection Site Management S.S.

Vereenvoudiging van het productieproces

部材搬入情報
Material Carry-in
Data

搬入実績情報
Carry-in Actual Data

建方実績情報
Erection Actual Data

建方部材情報
Erection Material

Intelligent bouwmanagement door toepassen van informatie en communicatie technologieën

T156375

搬入指示書

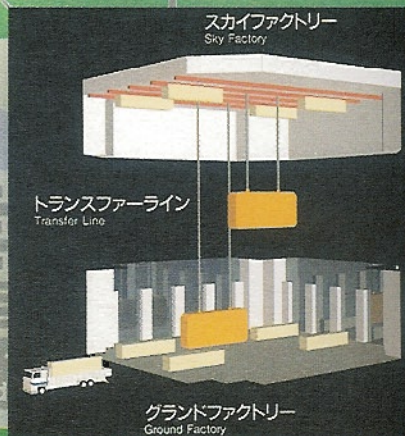
Schone en veilige bouwplaats

部材一覧表
Stocked Material List



工場
Factory

ストックヤ
Stock Yard



Productiesystemen in Japan

Management System

建方計画S.S.
Erection Plan S.S.

建方計画情報
Erection Plan Data

作業指示書
Erection Instructions
Sheet

現場
Site

DE ROMEINSE BOUWMEESTER EN INGENIEUR VITRUVIUS ONTWIERP NIET ALLEEN TEMPELS, MAAR OOK MOOIE ZELFOPRICHTENDE HIJSMACHINES OM BOUWDELEN OP HUN PLEK TE ZETTEN. HET GEÏNTEGREERD ONTWERPEN EN UITVOEREN VAN EEN GEBOUW IS DUS NIET IETS NIEUWS. DE SCHAAK WAARIN DIT GEBEURT WEL. HET ZIJN JAPANESE BOUWONDERNEMINGEN, DIE HIERIN DE AFGELOPEN TWINTIG JAAR HET VOORTOUW HEBBEN GENOMEN, DOOR ONTWIKKELING EN TOEPASSING VAN GEAUTOMATISEERDE BOUWPRODUCTIESYSTEMEN.

Professor Shigeyuki Obayashi van de Science University of Tokyo noemt drie redenen waarom Japanse bouwondernemingen hun bouwproductie automatiseren en robotiseren: vergrijzing van arbeidskrachten, hogere opleidingsniveau van medewerkers en de lage toestroom van jonge mensen in de bouw. Dat de ontwikkeling van geautomatiseerde bouwproductiesystemen in Japan voorspoedig verloopt, heeft volgens dr. Roozbeh Kangari van het Georgia Institute of Technology te maken met het gunstige researchklimaat. Drie factoren spelen hier een rol, aldus Kangari: grote Japanse bouwondernemingen hebben uitstekende faciliteiten om informatie te verzamelen, ze hebben geïnvesteerd in research-consortia, joint ventures en partnerships, en hun afnemers ondersteunen innovatieve technologieën.

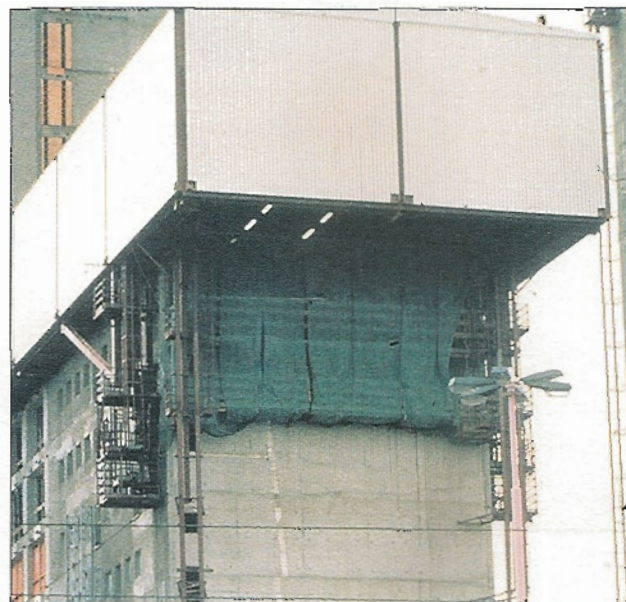
Definitie

Een bouwproductiesysteem is een technische installatie, die bouwdeelen assembleert tot een gebouw. Een installatie in deze betekenis kan worden opgevat als een verzameling van mogelijk samenwerkende mensen, werktuigen, computers en telecommunicatiemiddelen. Wanneer we deze definitie koppelen aan de verschillende taken in de uitvoering van een bouwactiviteit - fysieke taken en denktaken - levert dat een onderverdeling op van productiesystemen in traditionele, gemechaniseerde, gemechatroniseerde en geautomatiseerde bouwproductiesystemen. De onderlinge relaties van de verschillende parameters zijn weergegeven in onderstaand schema.

Type productiesysteem	Fysieke taken	Denktaken in uitvoering	Denktaken in organisatie
Traditioneel	Mensen Werktuigen	Mensen	Mensen
Gemechaniseerd	Werktuigen	Mensen	Mensen
Gemechatroniseerd	Werktuigen	Computers Telecom.	Mensen
Geautomatiseerd	Werktuigen	Computers Telecom.	Computers Telecom.

Nederlands bouwproductiesysteem

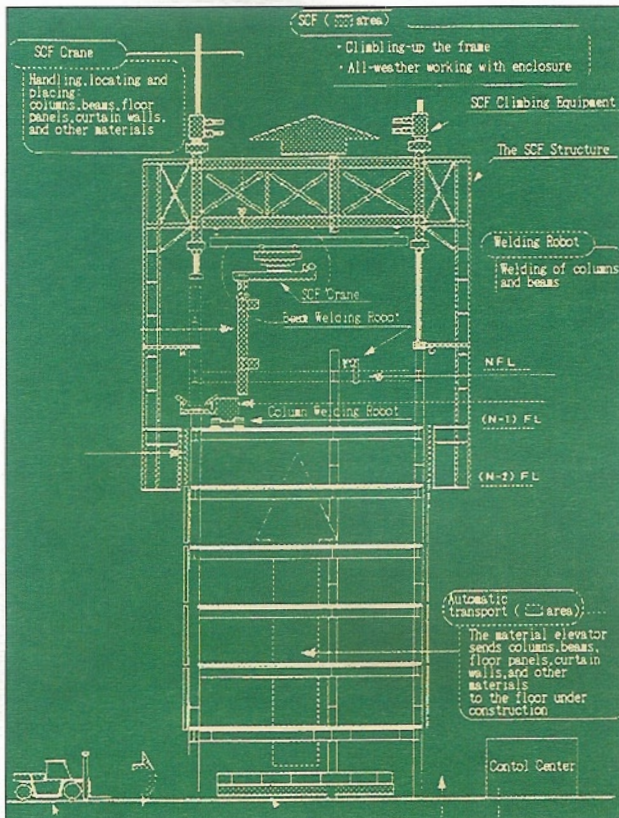
Niet alleen in Japan, maar ook elders wordt gewerkt met bouwproductiesystemen. Een bekend voorbeeld van eigen bodem dateert uit 1991. Bij de bouw van het 150 meter hoge kantoorgebouw van de Nationale Nederlanden in Rotterdam is gebruik gemaakt van een gemechaniseerd bouwproductiesysteem voor



De hijsloods van het gemechaniseerd bouwproductiesysteem van Nationale Nederlanden in Rotterdam. Betonnen vloeren en wanden kunnen bij slecht weer gehesen en geplaatst worden.

AUTEUR

Ir Frans van Gassel,
Technische Universiteit Eindhoven



Bouwproductiesystemen in Japan

Systeemnaam	Gebouwgegevens	Systeemgegevens	Tijden
Roof Push Up Takenaka Nagoya	Gebouwd opp 816 m ² Vloeroppervlak 11.880 m ² 14 verdiepingen Hoogte 66 m	Push Up installatie (120 ton) Hijskraan op hoed Zonder steunkolommen Stalen draagconstructie	Opbouw 1 maand Bouw 3 maanden Afbreken 1 maand
SMART Shimizu Nagoya	Gebouwd opp 1.348 m ² Vloeroppervlak 20.657 m ² 20 verdiepingen Hoogte 88 meter	Horizontaal en verticaal transportsysteem Assemblage in hoed Bedieningsruimte operators Weersonafhankelijk bouwen Robots lassen kolommen Stalen draagconstructie	Opbouw 1,5 maanden Bouw 10 maanden Afbreken 1,5 maanden
T-up Taisei Yokohama	Gebouwd opp 6178 m ² Vloeroppervlak 110.918 m ² 34 verdiepingen Hoogte 145 meter	Bouwkundige kern nodig Hoed klimt tegen kern op Geleidingskolommen Hijskraan	Bouw 23 maanden
ABCS Obayashi Tokio	Vloeroppervlak 10.190 m ² 10 verdiepingen	Assemblage hoed op begane grond Automatisch opslagsysteem Automatisch materiaal leveringssysteem	Bouw 22 maanden
MCCS Maeda Tokio	Gebouwd opp 613 m ² Vloeroppervlak 6.614 m ² 10 verdiepingen Hoogte 44 meter	Assemblage hoed op begane grond Stalen draagconstructie Robots lassen kolommen Automatisch transportsysteem in hoed	Bouw 20 maanden
Akatsuki 21 Fujita Nagoya	Gebouwd opp 1.168 m ² Vloeroppervlak 13.065 m ² 16 verdiepingen Hoogte 70 meter	Assemblagehal in dak Vijzelsysteem Weersonafhankelijk bouwen Kraan op dak Bouwplaatsfabriek	Bouw 27 maanden
AMURAD Kajima Nagoya	Gebouwd opp 443m ² Vloeroppervlak 3.408 m ² 9 verdiepingen Hoogte 27 meter	Verdiepingen naar boven vijzelen Stalen als betonnen draagconstructie mogelijk Computergestuurd bouwen	Bouw 11 maanden
FACES	Gebouwd opp 2.660 m ² Vloeroppervlak 24.876 m ² 20 verdiepingen Hoogte 85 meter	Lift Up frame Prefabricage van draagstructuur en installaties Bovenloopkraan	
Liftup System	Vloeroppervlak 688 m ² 10 verdiepingen Hoogte 51 meter	Compacte bouwdelen van minder dan 4 ton Stalen als betonnen draagconstructie mogelijk	Opbouw 22 dagen Bouw 4 maanden Afbreken 13 dagen
Big Canopy Obayashi Singapore	Vloeroppervlak 42.652 m ² 28 verdiepingen	Vier masten met hoed Twee verdiepingen per keer Geschikt voor pre-fab betonnen bouwdelen	Bouw 22 maanden

Linksboven

Het ABCS bouwproductiesysteem van Obayashi toegepast bij de bouw van een kantoor.

Bovenloopkranen die uit het gebouw steken kunnen langs de gevel bouwdelen naar boven hijsen.

het verticaal transporteren en assembleren van de vloer- en gevelelementen. Dit bouwproductiesysteem bestond uit twee zelfklimmende hijsloodsen met bovenloopkranen. Tot windkracht negen kon met dit systeem nog worden gewerkt. Er is voor inzet van hijsloodsen gekozen omdat men geen vertrouwen had in het functioneren van de torenkranen. Het op die hoogte plaatsen van vijftien ton zware bouwdelen zou problematisch zijn. Ook de invloed van de wind op de bouwdelen was een onzekere factor. Door toepassing van de hijsloods is de bouwtijd van 32 maanden gehaald, met de kosten van een traditionele kraaninzet.

Systeemopbouw

In het Nederlands bouwproductiesysteem, zoals gebruikt bij de nieuwbouw van Nationale Nederlanden in Rotterdam, vinden we elementen terug van Japanse systemen. Deze systemen bestaan grofweg uit vier onderdelen. Een assemblageruimte, waarin weersonafhankelijk gebouwd kan worden, een automatisch vizelsysteem, een automatisch transportsysteem en een gecentraliseerd informatiesysteem. Hiern kunnen twee over-all systemen worden onderscheiden, één met assemblageruimte op het gebouw en een met assemblageruimte op of onder

de begane grond. Gebaseerd op deze twee typen zijn momenteel in Japan ongeveer tien geautomatiseerde productiesystemen in gebruik. In de tabel op pagina 40 worden ze met een aantal karakteristieken beschreven.

ABCS

De Japanse bouwonderneming Obayashi bouwde in 1999 ten zuiden van Tokio in Mukaigawara een kantoorgebouw voor de computerfirma NEC met het systeem ABCS. Op het tijdelijk dak staan giekkranen en onder het dak bevinden zich bovenloopkranen die buiten het gebouw bouwdelen kunnen hijsen. De constructie biedt de mogelijkheid de gevelpanelen te monteren vanuit de hoed. De hoed is afgeschermd, zodat bij slecht weer kan worden doorgebouwd.

Big Canopy

Obayashi bouwde een kantoor in Singapore met behulp van het bouwproductiesysteem Big Canopy. Het tijdelijk dak steunt op vier masten die ook bij torenkranen worden toegepast. Het dak schuift hierlangs omhoog, waarbij nieuwe stukken masten worden tussen geplaatst. Op het dak staat een giekkraan en onder het dak bevinden zich bovenloopkranen. Door een slim

Links onder

Doorsnede van het ABCS bouwconstructiesysteem. De verschillende hulpmiddelen om bouwdelen te hijsen zijn aangegeven.

Links

Alle grote bouwondernemingen in Japan ontwikkelen bouwproductiesystemen. In nevenstaande tabel een overzicht van de belangrijkste systemen kort toegelicht aan de hand van een gerealiseerd project.

Rechts

De bouwplaats bij het ABCS bouwproductiesysteem ziet er overzichtelijk uit.



mechanisme van kraanbaanwissels voor loopkatten kunnen hijskussen gelijktijdig worden uitgevoerd. Aan de zijkant bevindt zich ook een zeer snelle lift die goederen op elke verdieping kan afleveren.

De goederenstroom wordt beheerst door een 'material management software programma', waarbij gebruikt wordt gemaakt van barcodes op de bouwdelen.

AMURAD

Het bouwconstructiesysteem AMURAD (AutoMatic Up Rising construction by ADvanced technique) is gebaseerd op Jackbloc, een systeem dat het gebouw voor zich uit, omhoog, vijzelt. Op de eerste vier verdiepingen vindt de assemblage van bouwdeelen plaats: op de eerste twee verdiepingen de draagconstructie, op de derde verdieping de wanden en op de vierde verdieping installaties en afbouw. Het systeem levert vooral voordelen op waar de ruimte rond het gebouw weinig mogelijkheden biedt om bouwdeelen aan te voeren, en om verticaal en horizontaal te transporteren en te monteren. De meest economische hoogte voor dit systeem is 12-15 verdiepingen.

Prestaties

Wat zijn de prestaties van deze systemen? Shimizu heeft de praktijk van het SMART bouwproductiesysteem gemonitord. SMART, het eerste geautomatiseerde bouwproductiesysteem in Japan, uit 1991, leverde de volgende prestaties:

- Tijdens de bouw zou 20 procent van de productietijd onwerkbaar zijn geweest vanwege wind- en regenverlet als er geen overkapping was geweest waarin men weersafhankelijk had kunnen bouwen.
- Voor taken die door het SMART bouwproductiesysteem

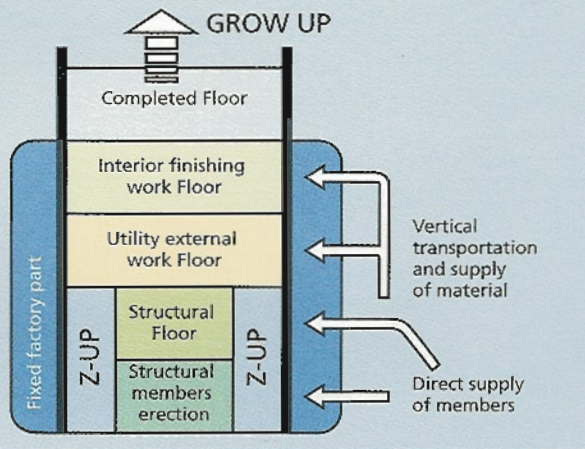
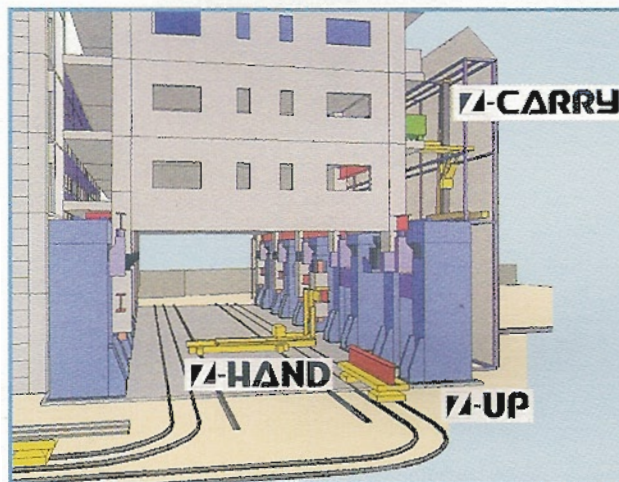


werden uitgevoerd heeft men 50 procent op arbeid verdiend, op het hele project bedroeg dit percentage 30 procent.

- Tijdens het productieproces werd de assemblagetijd van een verdiepingvloer teruggebracht van negen naar vijf dagen. Deze verbetering werd niet alleen bereikt door het repetitieve-effect, maar ook door het verbeteren van technieken en verfijningen in software.
- De hoeveelheid bouwafval werd met 70 procent verminderd.

Boven

Doorsnede van het Big Canopy geautomatiseerd bouwproductiesysteem. Assemblagedak op vier kolommen die buiten het gebouw zijn geplaatst zodat het ontwerp van het gebouw niet al te veel beperkingen oplevert.



Links

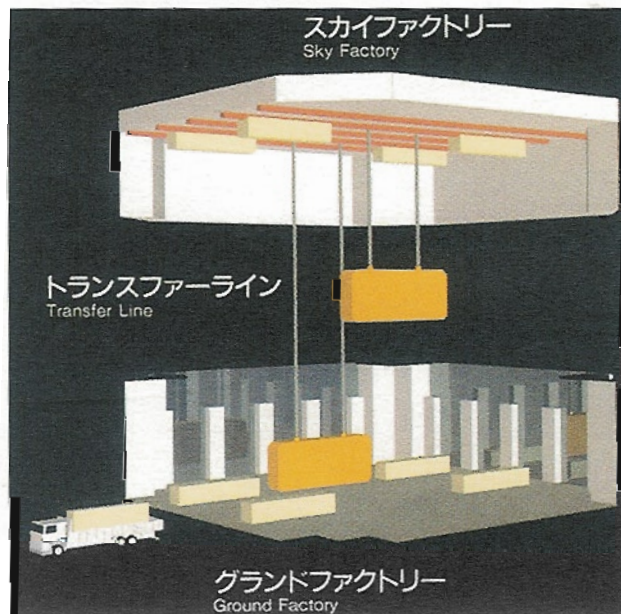
AMURAD het Jackbloc systeem van Kajima. Men begint aan de bovenste verdieping te bouwen (en ook af te bouwen) en gaat daarna verder met de onderliggende verdiepingen.

Innovative and Intelligent Field Factory IF7

De huidige bouwproductiesystemen hebben een aantal nadelen. De belangrijkste zijn: beperking van ontwerpvrijheid en de noodzaak van een hoge bezettingsgraad. Daarom zijn Japanse bouwondernemingen bezig met de ontwikkeling van een nieuwe generatie. Met deze systemen wil men beter in kunnen spelen op specifieke wensen van opdrachtgevers. Tegelijkertijd moeten de nieuwe systemen betere oplossingen bieden voor logistieke beperkingen van bouwplaatsen, de relatieve gebruiksduur van de producten moet worden verlengd en men wil de hoge investeringskosten reduceren. In welke richting deze nieuwe generatie zich ontwikkelt, geeft Shigeyuki Obayashi aan: research richt zich niet meer op het ontwikkelen van robots, maar op complete geautomatiseerde bouwproductiesystemen inclusief managementsystemen. Een voorbeeld van deze nieuwe generatie systemen is het Innovative and Intelligent Field Factory IF7.

IF7 is een internationaal onderzoeksproject van verschillende bouwondernemingen – Kajima, Hitachi Zosen, Shimizu en Hazama en onderzoeksinstituten Aoyama Gakuin University, Osaka University en University of Tokyo. Het project staat onder auspiciën van 'Intelligent Manufacturing Systems' (IMS), een internationaal research- en ontwikkelingsprogramma, dat ontwikkeling van nieuwe productietechnologieën inleert. Het ook in Nederland bekende FutureHome is onderdeel van IMS. In het kader van IF7 is een aantal taakstellingen geformuleerd:

*Geautomatiseerd
bouwproductiesysteem
Akatsuki 21 van Fujita.
Niet alleen geschikt voor
montage, maar ook
voor demontage.
Het systeem bevat een
'ground factory' en een
'sky factory'.*



- Het ontwikkelen van technologieën voor het automatisch assembleren van grote constructies, zoals gebouwen en schepen.
- De voordelen en beperkingen onderzoeken van twee verschillende assemblagemethoden: assemblage van bouwdelen, zoals kolommen en liggers, en de assemblage van samengestelde bouwdelen.
- Het automatisch monteren van samengestelde bouwdelen door het ontwikkelen van montage robots die grote en zware lasten kunnen manipuleren binnen een bepaalde nauwkeurigheid.
- Het ontwikkelen van een informatie-management-systeem met de mogelijkheden om beslissingen te nemen tijdens de assemblage, met gebruikmaking van een kennis database. De kennis database bevat informatie uit vorige projecten en van het lopende project.
- Het ontwikkelen van een subsysteem dat op tijd informatie geeft omtrent gevaarlijke situaties of andere factoren die van invloed zijn op de bouwkosten en snelheid.

IF7 is opgedeeld in drie projecten: één project voor het ontwikkelen van assemblage-methoden voor omvangrijke bouwdelen; één voor het mechaniseren van deze assemblage-methoden; en één voor het ontwikkelen van een 'Virtual and Real-field Construction Management System' (VR-Coms).

Takada bouwconstructiesysteem en VR-Coms

Twee van de drie projecten zijn ver gevorderd. Zo ontwikkelde Shimizu het bouwconstructiesysteem Takada voor appartementenverdiepingsbouw dat wordt ingezet in het IF7 project mechaniseren van assemblage-methoden. Dit systeem is gebaseerd op Space Modul Units, omvangrijke, tafelvormige bouwdelen. Deze units worden in een bouwplaatsfabriek automatisch gemonteerd, daarna naar het gebouw vervoerd en geassembleerd met speciale hijsvoorzieningen. De units wegen tussen de 20–60 ton en zijn gemaakt van prefab beton. Een unit wordt in 30 minuten geplaatst. Met dit systeem kan tot zestien verdiepingen worden gebouwd.

Het project VR-Coms moet een aantal ondersteunende computerprogramma's opleveren die oplossingen bieden en kennis vasthouden, met het doel het bouwproces te verbeteren op de aspecten snelheid, mensvriendelijkheid en maakbaarheid. Het project bestaat uit vier deelonderzoeken:

- Een onderzoek naar 'real time based concurrent construction management system', om de veiligheid en productiviteit te versterken, vanaf planning tot en met uitvoering.
- Het bouwen van simulatiesystemen met behulp van 'Virtual

Reality' technieken waarbij werkvoorbereiding, planning en prestatieregistratie zijn geïntegreerd.

- Een onderzoek naar een transparante bouwplaatsfabriek, waarbij gedetailleerde informatie, pro-actieve adviezen en richtlijnen elektronisch op alle werkplekken beschikbaar zijn voor de procesontwerpers en bouwvakarbeiders, om mee te denken en om besluiten te nemen.
- Een onderzoek naar het inzetten van 'cyber-agents' met het doel veiligheidsmaatregelen, kennis, hulpmiddelen en informatiebronnen op de hele wereld te beheeren. Cyber-agents zijn softwareprogramma's die zelfstandig op zoek gaan naar informatie in het wereldwijde web van databanken.

In bijstaand schema zijn de 'Virtual-field Factory', 'VR-Coms' en 'Real-field Factory' in samenhang weergegeven.

VR-Coms is een variant van 'Cyber Construction Management' (CCM), ontwikkeld om problemen te ontdekken en op te lossen. Het systeem beschikt over informatie die elektronisch op verschillende werkplekken toegankelijk is voor projectmanagers, uitvoerders, voorlieden en arbeiders. Continu worden voorstellen bedacht en geëvalueerd tot een optimaal productieproces tot stand komt.

Ontwikkelingen in Nederland

Het werken in de Japanse bouw was Kitanai (vies), Kitsui (zwaar) en Kiken (onveilig). De Japanse bouwondernemers hebben daarom allerlei initiatieven op touw gezet, zoals geautomatiseerde bouwproductiesystemen. Wat betekent dit

Virtual-field Factory

•3D & 2D CAD
•Discrete event simulation
•Robot simulation

•Digital mock up

•Construction plan
•Material requirement planning
•Scheduling

Application agents

User agents

Transfer agents
Global Network

User agents

Application agents

•3D & 2D CAD
•3D dynamic simulation
•Robot simulation
•Discrete event simulation
•Object-oriented Database

V&R-Coms
•Planning and scheduling
•Safety management
•Quality management
•Human resource management
•Cost control
•Accounting
•Procurement

Real-field factory

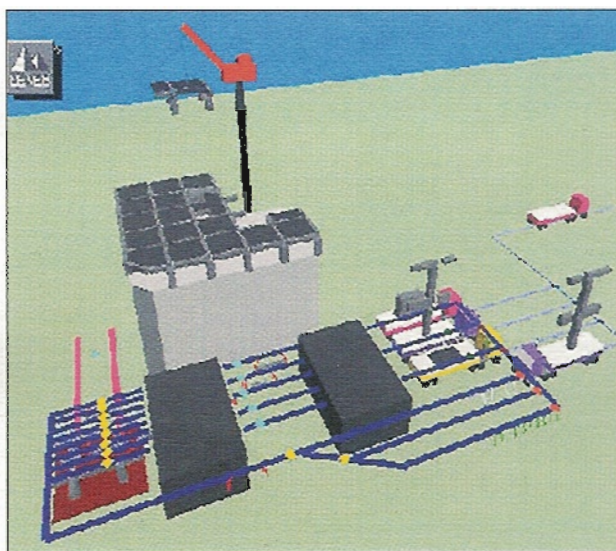
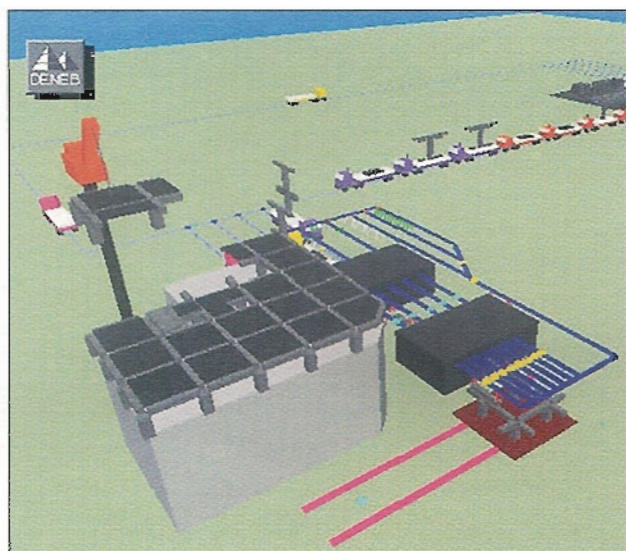
•Architectural and Engineering firms
•Subcontractors
•Material and equipment suppliers

•Site-office of general contractor
•Site factory
•On-site work and installation place

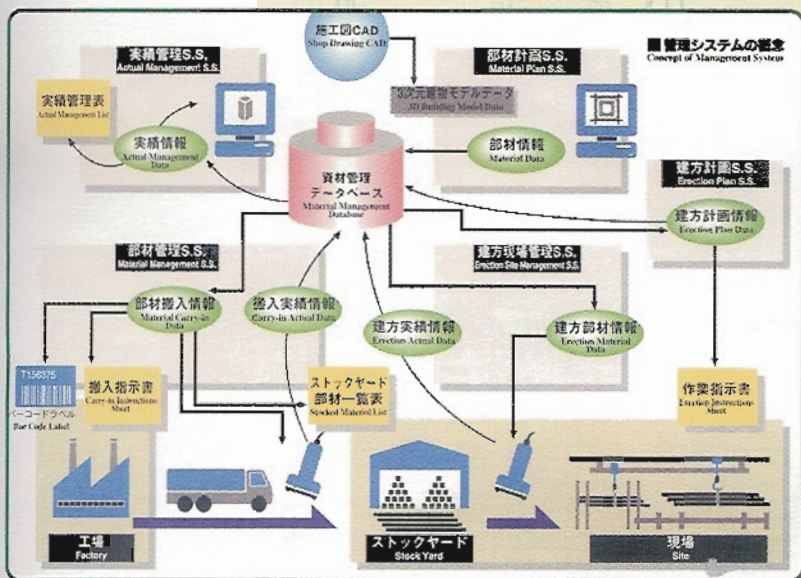
•Headquarters of general contractor

voor de Nederlandse bouw? De ARTB Bouwvisie 2015 geeft onder het hoofdstuk 'Technologie en Arbeid' vier innovatierichtingen aan: toenemend gebruik van materieel; nieuwe bouwproducten; nieuwe uitvoeringstechnieken en vernieuwing in ontwerpen, engineering en beheer. De ontwikkelingen in Japan geven genoeg inspiratie om in Nederland aan de slag te gaan het bouwproces te integreren. Met moet echter wel oppassen de ontwikkelingen niet klakkeloos te kopiëren. Japanners gaan vanuit hun culturele achtergrond met een

Een systeemschema van het Virtual Reality Computer Management systeem VR-COMS. Een van de deelonderzoeken van het Intelligent Field Factory IF7 onderzoeksproject.



De bouwplaats van Takada bouwconstructiesysteem. Een bouwplaatsfabriek, waar automatisch zeer grote en zware bouwdelen worden geassembleerd, het transport ervan naar het gebouw en het inhijzen.

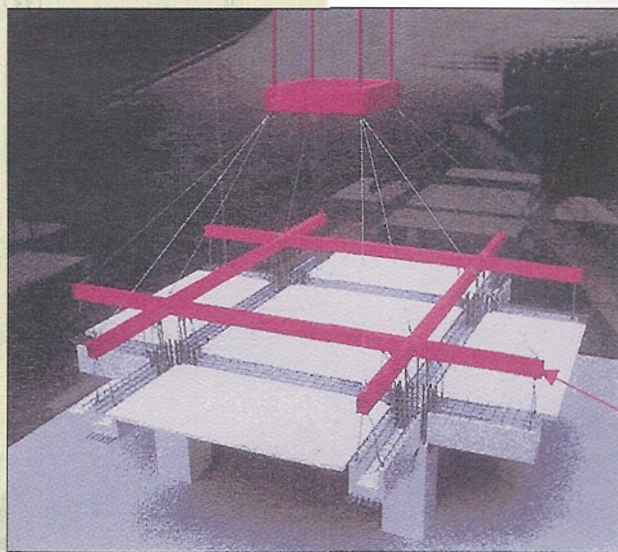
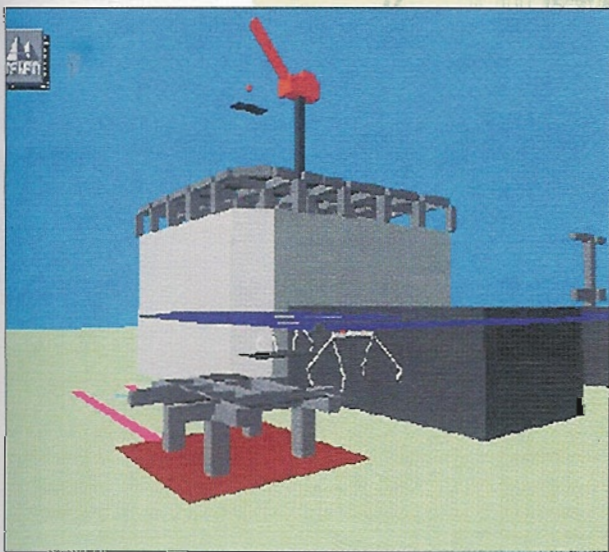


Computerondersteund managementsysteem van de bouwdeelenstroom vanaf fabriek tot en met verwerking

aantal zaken anders om dan wij. Het nemen van individuele verantwoordelijkheid en het improviseren bij problemen zijn vaardigheden die bij ons een andere waarde hebben.

Literatuur

- ARTB Bouwvisie 2015, uitgave 1998
- Cousineau, Leslie, Nobuyasu Niura, Construction Robots, 1998, The Search for New Building Technology in Japan, ASCE Press.
- Van Gassel, Frans, 1999, Mechanisatie op de bouwplaats, collegedictaat Technische Universiteit Eindhoven.
- Janssen, Jan, 1992, Projectencollege "Delftse Poort" Rotterdam, collegedictaat Technische Universiteit Eindhoven
- Kangari, Dr. Roozbeh, 2000, Innovative Technologies/ Management in Japan op www.murmur.arch.gatech.edu
- Nishigaki, Shigcomi en anderen, 1999, Development of Virtual and Real-field Construction Management System in Innovative, Intelligent Field Factory, in proceedings International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Madrid.
- Nishigaki, Shigcomi, Learning and discovering problem solving solutions in construction sites.
- Obayashi, Shigeyuki, 1999, Construction Robot System Catalog, Council for Construction Robot Research, Tokyo.
- Peters, Ton, 1997, Vitruvius. Handboek bouwkunde Athenaeum – Polak & Van Gennip, Amsterdam.
- Yagi, Junichi, 1999, Automation and Robotics in Construction in Japan, in proceedings International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Madrid



De assemblage van de grote bouwdeelen vindt plaats met behulp van een speciale hijsvoorziening.