

## 出國報告

行政院及所屬機關出國報告

(出國類別：考察、其他)

參加第二屆亞洲地區土木工程國際會議  
(2<sup>nd</sup> CECAR)暨工程技術考察報告書

The Second Civil Engineering Conference in the Asian Region(2<sup>nd</sup> CECAR)

13-20 April 2001

服務機關：交通部高雄港務局

出國人：職稱：工務組設計課長

姓名：鍾英鳳

出國地區：日本

出國期間：90年4月13日至20日

報告日期：90年6月29日

## 出國報告

行政院及所屬機關出國報告

(出國類別：考察、其他)

參加第二屆亞洲地區土木工程國際會議  
(2<sup>nd</sup>CECAR)暨工程技術考察報告書

The Second Civil Engineering Conference in the Asian Region(2<sup>nd</sup> CECAR)

13-20 April 2001

服務機關：交通部高雄港務局

出國人：職稱：工務組設計課長

姓名：鍾英鳳

出國地區：日本

出國期間：90年4月13日至20日

報告日期：90年6月29日

系統識別號:C08906752

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數:81 含附件: 否

報告名稱: 參加第二屆亞洲地區土木工程國際會議(2<sup>nd</sup> CECAR)暨工程技術考察報告書

主辦機關: 交通部高雄港務局

聯絡人 / 電話: 方當良 / (07)5622415

出國人員: 鍾英鳳 交通部高雄港務局 正工程司兼課長

出國類別: 考察、其他

出國地區: 日本

出國期間: 民國 90 年 4 月 13 日 -民國 90 年 4 月 20 日

報告日期: 民國 90 年 06 月 29 日

分類號/目: G4 / 土木工程

關鍵詞: 工程, 會議, 人工島

內容摘要: 近年來,台灣工程建設不段推陳出新,但是卻少有令人驚豔之個案。但日本近年來卻完成許多令人讚美且可說世界第一之工程,日本在工程技術、施工方法、施工管理、建材方面屢有創作,有許多值得我們參考及學習之地方。因此,基於為提昇國內之工程水準,中國土木水利學會邀請國內產官學界參與此一為期八天參觀及研討學習之旅。

對於施工方面,對於在神戶之兩隧道工地地區為人口稠密地區,其良好之施工管理、勞工安全及環境之管理制度,使工區附近民眾及勞工安全獲得保障。明石大橋及東京灣穿越工程,此二工程其所用材料數量十分龐大。工程施工艱鉅及整體環境及景觀之設計,及為克服施工障礙而創新材料及工法是最值得學習之處。

對於京都車站及美保美術館,一是在繁忙營運中之車站,於短

短四年完成改建為一座具新視野之現代化建築。另一個是在保護區內，興建人間桃花源。其設計觀念有許多獨特之處。尤其是美保美術館，其包括有隧道、吊橋、及房屋，但其造型充分融入大自然之環境中。另對於預組及預鑄工法，把樓版當模版、樓版分別採預鑄及場鑄二階段之作法，可減少模版及施工期。對於未來之新建築材料則應趨向不使用資源、不浪費資源、永續利用之概念，以確保人類之永續生存。

對於論文中工程之施工及管理、未來計畫、災難之探討、環境保護及未來技術之探討。說明目前工程最重要的不是技術，而是對環境之尊重。基於工程建設之不可逆性，每件工程需先瞭解環境，對於工程所用之材料應有材料再利用之觀念及如何將工程與自然和諧共存。且計畫之實施應與當地人民、地方企業及地方政府合作共同發展。對於環境指數、費用/效益評估之方法應加以發展等，以建立真正地球人的家。

---

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## 摘要

近年來，台灣工程建設不斷推陳出新，尤其有關道路、橋樑、隧道等交通工程方面尤其多；對於建築方面，亦屢有超高層建築出現。但是卻少有令人驚豔之案例。反觀日本近年來卻完成許多令人讚美且可說世界第一之工程。日本工程師為造就世界第一，克服艱難地形，在工程技術、施工方法、施工管理、建材方面屢有創作。在日本工程界中，有許多值得我們參考及學習之地方。因此，基於為提昇國內之工程水準，中國土木水利工程學會邀請國內產官學界參與此一為期八天工程考察及研討學習之旅。

神戶地區之長田隧道及元町工區隧道為位於人口稠密地區之施工案例，其主要在於施工管理、勞工安全及環境之管理，使工區附近民眾及勞工安全獲得生命及生活之保障。明石大橋及東京灣穿越工程，為橫過海峽之道路系統，其包括橋樑及隧

道工程，為建此二工程其所用材料之巨多，施工之艱鉅及整體環境及景觀之設計，及為克服施工障礙而創新材料及工法是最值得學習之處。

對於京都車站及美保美術館等建築物，京都車站是在繁忙營運中之舊車站，於短短四年完成一座具新視野之現代化建築。另美保美術館是在保護區嚴格之法令限制下，興建人間桃花源。此兩案之設計均為世界著名之建築師所設計。尤其是美保美術館有隧道、吊橋、及房屋，但其造型充分融入大自然之環境中，成為大自然之一體景觀。另對於預組及預鑄工法，其工法雖不是最新，但有關樓版當模版、樓版分兩階段採預鑄及場鑄之作法，節省材料及工期，值得讚賞。對於新材料講究不使用資源、不浪費資源、永續利用之概念，實為地球人為永續生存所必須有之觀念。

論文中，對於工程之施工及管理、未來計畫、災難之探討、環境保護及未來技術之探討，說明目前工程最重要的不是技術，而是對環境之尊重。基於工程建設之不可逆性，每件工程需先瞭解環境，對於工程所用之材料應有再利用之觀念及如何將工程與自然和諧共存；且計畫之實施應與當地人民、地方企業及地方政府合作共同發展。對於環境指數、費用/效益評估之方法應加以發展等，以建立真正地球人的家。

## 目 次

### 壹：前言及目的

### 貳、行程

### 參、工程技術考察及會議過程

### 肆、工程技術考察主要心得

#### 一、明石大橋

#### 二、神戶高速道路二號線長田隧道

#### 三、神戶高速鐵路海岸線（地下鐵）

#### 四、京都車站

#### 五、MIHO 美術館

六、月島預鑄式組合房屋工法

七、組合式房屋工法

八、東京灣穿越工程

## 伍、會議主要心得

一、會議概述

二、土地開發規劃應注意環境保護

三、填築人工島建立新環境

四、日本離岸人工島之興建—離岸機場為例

## 陸、建議事項

## 柒、圖說及照片

## 壹、 前言及目的

亞洲地區土木工程國際會議（CECAR）為亞洲最高階層與最大規模國際會議之一，四年前（西元 1997 年）於菲律賓召開第一次會議，確定會議型式。爾後每隔四年於亞洲地區各地區輪流召開。本次會議為該會成立以來之第二次會議，由日本主辦，並於日本東京舉行。本次會議邀請各國菁英發表有關營建工程施工與管理（Construction & Management），永續發展（Sustainable Development），及公共工程建設與創新科技（Infrastructure & Innovative Technology）等論文，共計 63 篇具前瞻性且廣域之文章，並於會議中發表及討論。本次出席之國家包括巴基斯坦、香港（中國）、印度、日本、韓國、寮國、菲律賓、沙烏地阿拉伯、中華民國、泰國及越南等十一亞洲國家，另尚有來自澳洲之澳大利亞，及美洲之加拿大及美國等計三個國家，共有十四個國家參加。人數約七百人，其中日本代表團人數最多，其次韓國，我國有三十九人參加，名列第三。

為配合參加 2nd CECAR 會議，中國土木水利協會特函邀國內知名團體及個人會員參加此一盛會，一則以彰顯國內經濟及學術實力，一則為八年後爭取於台灣主辦第四屆 CECAR 會議，同時保護會籍以免因為其他國家為讓中國大陸參加而犧牲我國參與之權力。同時為提升工程技術及對施工中之交通、安衛、環保等事項之提升，而透過日本土木協會於會議前安排參觀明石跨海大橋、神戶之高速公路隧道及地下鐵潛盾隧道、京都車站、美保美術館、及東京都區之大樓及透天房屋以預鑄工法施工之工地。

## 貳、 行程

本次行程共計八天，其中二天為參加會議，另一天參加大會準備之工程參觀活動；其餘時間由中國土木水利工程學會安排工程技術考察活動，其各日之行程如下

一. 民國九十年四月十三日（星期五）--神戶

由桃園中正國際機場出發，中午抵達日本關西人造水上機場，並隨即赴明石大橋，於現場聽取簡報及工程技術交流。

二. 民國九十年四月十四日（星期六）神戶，大阪，京都

早上至神戶地區元町地下鐵潛盾工程及高速公路之長田隧道，現場聽取簡報及工程技術交流，下午參觀大阪古城。

三. 民國九十年四月十五日（星期日）京都，東京

早上至建築大師貝律銘設計之美保美術館（包括景觀、橋樑、隧道、建築），及京都具現代化風格之京都車站建築，現場聽取簡報及工程技術交流。下午搭新幹線線前往東京。

四. 民國九十年四月十六日（星期一）東京

早上至東京都會區預鑄工法之建築工程，下午則至預組式房屋「浦和住宅綜合展示場」，並於現場聽取簡報及工程技術交流。晚上參加 2nd CECAR 會議之開幕典禮。

五. 民國九十年四月十七日（星期二）東京

參加 2nd CECAR 會議之論文發表及研討會。

六. 民國九十年四月十八日（星期三）東京

參加 2nd CECAR 會議之論文發表及研討會。

七. 民國九十年四月十九日（星期四）東京

參加 2nd CECAR 會議安排之工程參觀—東京灣高速公路地下隧道潛盾施工，及東京灣穿越工程|。

八. 民國九十年四月二十日（星期五）東京，台北

回程

## 參、 工程技術考察及會議過程

- 一. 本次參訪之人員包括國內工程界中土木、建築、隧道等專業人員及學者專家。所以工程考察之項目包括橋樑部分—明石大橋，隧道部分—神戶市高速道路二號線長田隧道及神戶高速鐵路海岸線（地下鐵）等二項工程，建築方面包括美保（MIHO）美術館、京都車站、東京月島之預鑄式房屋及組合式房屋。而本次大會安排參觀東京灣穿越工程。
  - (一). 四月十三日參觀已完工使用之明石大橋，蒙日本國道人員解說並回答相關之工程問題，該大橋為目前世界上最長之吊橋，施工期程長達十年，橋樑中間之淡路島，為一中途休憩站。
  - (二). 四月十四日參觀神戶地區元町區地下鐵隧道及高速公路長田隧道。此二工程之特色為位於人口稠密之地區興建隧道及興建車站。其中地下鐵隧道已接近完工階段，而高速公路之隧道正進行施工中。主要為瞭解都市施工時勞工安全衛生、交通維持、環保保護，及如何與當地市民互動，使工程順利進行，並瞭解工程招標之情形。
  - (三). 四月十五日至建築大師貝聿銘聯同日本紀萌館設計室設計之美保（MIHO）美術館（包括景觀、橋樑、隧道、建築），及京都具現代化風格之京都車站建築。美保美術館及京都車站均已完成使用中。美保美術館為宗教之財團法人所興建，該名字「美保」為主持人之名字。參觀之主要目的為學習工程人文素養，如何利用自然及配合自然創造人類之夢想。而京都車站為一具有現代感十分前衛之設計，將車站、百貨商場、旅館飯店、政府機關及許多私人企業結合成商業中心，創造共同之榮景。
  - (四). 四月十六日至東京都會區預鑄工法之建築工程，及預組式房屋「浦和住宅綜合展示場」。前一工區為正進行中以預鑄工法興建之辦公住宅大樓，藉由機械、材料之研發，大面積之樓層只要 7 天即完成一層樓之結構體。而預組式房屋更快，百分之九十之工作均於工廠中完成，一棟三層樓透天之房子只要 30 天即可完成。未來人類建屋之技能將大為提升。
  - (五). 四月十九日參加 2nd CECAR 會議大會安排之工程參觀—東京灣高速公路地下隧道潛盾施工，及東京灣穿越工程。東京灣高速公路地下隧道潛盾工程

目前尚在施工，其深入地底達五十公尺，工程可說非常艱鉅。東京灣穿越工程，為一長達 9 公里海底隧道，穿越東京灣地底。

二. 民國九十年四月十七日及十八日兩天參加 2nd CECAR 會議之論文發表及研討會。該會議於十六日晚上揭幕，各國來賓均參加此一盛會，會場並設有二處展覽會場，供各國之營建廠商、顧問業者、材料廠商、建設公司擺設攤位。我國之中華顧問工程司及中興顧問社均有參展。會議之專題討論分為三項主題。

- (一). 施工與管理 (Construction & Management)，其內容包括管理、施工、計畫。
- (二). 永續發展(Sustainable Development)，其內容包括災難、自然災害、環境。
- (三). 公共工程建設與創新科技(Infrastructure & Innovative Technology) 包括城市發展、水資源和儲水、河川管理及新技術。

## 肆、 工程技術考察主要心得

有關參觀工程之概述及主要心得分述如下：

### 一. 明石大橋

#### (一). 橋樑概述

明石大橋為日本神戶-淡路-鳴門高速公路之一座橋梁，該段道路長八十九公里，並經過寬 4km 之明石海峽（詳圖 1-1：明石大橋位置圖）及寬 1.3km 之鳴門海峽，連接本洲及四國二島。工程完工後，於神戶與德島間之通車時間，可由三小時降為一小時半。本道路路線於 1955 年著手研究跨海之路線，歷經民意之查訪、經濟之評估，地質、地理位置、環境之影響評估而於 1969 年方確定路線，1973 年日本政府同意興建，並於 1986 ~ 1988 年開始進行測量與地形、海、氣象及地質之調查工作，歷經十年，且經歷過阪神大地震而於 1998 年四月開放通車。

#### (二). 工程設計：

1. 橋長 3991 公尺，由三跨組成（詳圖 1-2：海峽橫斷面），每跨長度分為 960M、1991M、960M，中央 1991 公尺為世界最長之吊橋。
2. 橋下水深最深處為 160M，海流流速為 4.5M/sec，為主要漁場區，且為東京灣各港口主要之通道，每天有 1400 艘船舶通過。設計及施工均需考量未來船舶之通行，故需一定寬度及與海面需有一段之高度，以供船舶之通行。
3. 施工時對於浚挖、沈箱拖放、水下之工作需考量強大之海流，水深大且潛水人員不能到達；又該區為重要漁場區，施工及興建不能破壞漁場，且及不能影響航行之安全。
4. 基於長跨徑之吊橋，受風之影響相當大，故先以 1:100 之模型進行風洞試驗，確定安全後方進行設計。
5. 於橋址半徑 300 公里，復現期 150 年，地震規模 8.5 作為設計之基準。其附近於 1995 年發生之阪神大地震，其地震規模為 7.2。
6. 相關設計資料如下表：

### 道路規範 ( 橋樑部分 )

路名	National Highway #28
等級	一等二級 ( 1st grade, 2nd class )
車道數	6
設計車速	100 km/h

### 物理條件及設計規範 ( Physical Conditions, Design Specifications )

物理條件 ( Physical Conditions )	海峽寬 ( width of strait )	約. 4 km	
	最深處 ( deepest construction site )	約. 110 m	
	最大之海流速度 ( maximum current speed )	約 9 knots(4.5m/s)	
	設計風速 ( design wind speed )	46 m/s	
Design Specifications (outline)	橋樑型式( type of bridge )	懸吊橋 ( suspension bridge )	
	組成 ( format )	3 span, 2 hinged stiffening truss system	
	Length	3,911m	
	section lengths	960 m + 1,991 m + 960 m	
	Design wind speeds:	stiffening girder	60 m/s
		tower	67 m/s
	aseismic design standard:	Aseismic Design Standard for Akashi Kaikyo Bridge	
	height of road surface at center span	approx. 97m	
淨高 clearance	N.H.H.W.L 65m		
Quantity of Steel in Superstructure	towers	46,200 tons	

	cables	57,700 tons
	stiffening trusses	89,300 tons
	total	193,200 tons

(一). 主塔基礎部分：

1. 明石大橋計有二座主塔位於中間位置，二座橋台位於兩側。主塔基座位於水深六十公尺處，需承受 120,000 噸重之主塔力量，並將力量傳至基礎土壤。
2. 基礎採用沈箱基礎。施工時，在基礎安置之海床面先以抓斗船浚挖至設計深度（埋入土中十公尺）。但因在水下六十公尺且有強大之海流及波浪之作用下，故以精密之控制以達到浚挖所需之水深，且其高程誤差控制在正負 50 公分以內，以符合沈箱拖放所需之標準。
3. 基礎用沈箱之直徑為 80M，高 70M（另一座直徑 78M 高 67M），係以鋼板於工廠製成之圓筒。該座沈箱使用鋼筋達 15,800T（另一座為 15,200T），混凝土使用 355,000 立方公尺（另一座為 322,000 立方公尺）（詳圖 1-3：橋墩基礎圖）
4. 沈箱之安置採沈放之工法(setting down meathod)，沈箱先在工廠製作，而後進行拖放至定位；進行安放後，在於其中填充水中混凝土及一般混凝土。基於安置地點強大之海流及波浪故採無方向性之圓形沈箱，以利於安放。
5. 對於沈箱安放後，基於該地強大之海流作用，對於沈箱基腳將產生沖蝕之效應，故先做水工模型試驗，試驗結果顯示，於沈箱周圍將產生凹槽，而其外側將突起。於是依試驗結果，將沈箱基腳保護模擬成試驗結果施做。
6. 基於水中混凝土澆注之深度頗深，一般混凝土易失敗，故發明了「水下不分離混凝土」(underwater nondisintegration concrte)以因應，結果成效良好。
7. 阪神地震時 1A 橋台向上移動 0.13m，向陸側移動 0.72m，4A 橋台向上移動 0.22m，向陸側移動 0.37m，2P 塔基向上移動 0.09m，向 1A 移動 0.72m，

3P 塔基向下移動 0.19m，向 4A 移動 0.08m。

## (二). 主塔塔身部分

主塔需承受橋樑藉由鋼纜(cable)傳來之 100,000T 之力量，再藉由塔身傳至基礎。塔身係由鋼鐵製成，由三十階組成，每階為三格組成。在第 17、18、21 階設有十字形，每個重十噸之防止風造成橋樑震動之減震設備 (tune mass dampers TMD) 有關塔之規格如下表，斷面圖如圖 1-4：主塔橫斷面圖，立面圖如圖 1-5：主塔立面圖。

### Tower Specifications

Theoretical height of cable	+297.3 m
Tower Height	282.8 m
Tower Width	46.5 m - 35.4 m
Maximum Weight Supported	approx. 50,000 tons/tower
Material	SM570
Weight	23,000 tons/tower

## (三). 橋台部分：

1. 橋台及懸吊鋼索之錨錠座採用共構之型式 (詳圖 1-6：橋台及錨錠座)，編號 1A 橋台，係採用雙夾層連續壁，錨錠座下方採用直徑 85M，深 63.5M 之人造圓形沈箱基礎，混凝土之數量為 140,000 立方公尺。編號 4A 橋台之錨錠座採用擴展基腳，混凝土之數量為 150,000 立方公尺。
2. 錨錠座需支持吊橋鋼纜(cable)之張力，其必須強度高且具有防蝕之功能，故澆注之混凝土採用高工作性混凝土(highly workable concrete)，此種混凝土具高工作性，高流度，故澆注時不需搗實。故其工作效率高且可大幅縮短施工所需之人力及時間。

## (四). 吊纜(cable)

1. 每一鋼纜線(cable) (詳圖 1-7：鋼纜構造圖) 用 290 股(strand) 組成，組成後之直徑為 1122mm；每股又含有 127 條高張力直徑 5.23 公釐之絞

線，組成後每股直徑為 59.58mm。該鋼纜索使用之鋼絞線之長度 300,000KM，足夠繞地球 7.5 次。

2. 以往鋼絞線之抗拉強度為 160kgf/mm<sup>2</sup>，為使鋼纜之重量減輕，而發明抗拉強度為 180kgf/mm<sup>2</sup> 之鋼絞線。使原本每側需兩條鋼纜減為一條，亦使建造更為簡易。

### 3. 鋼纜規範 (Cable Specifications)

Construction method	PS (Prefabricated Strand) method	
懸垂度 (Sag)	1/10	
Maximum tensile strength per cable	approx. 62,500 tons	
Maximum tensile strength per hanger rope	approx. 560 tons	
Material	high strength galvanized steel wire	
Tensile strength per wire	180 kg/mm <sup>2</sup>	
Cable diameter	1,122 mm(not inclusive of wrapping)	
Composition	5.23 mm dia * 127 wires/strand *290 strands/ cable * 2 cables	
Total number of wires	36,830/cable * 2 cables	
Strand length	4,071m - 4,074m	
Total wire length	approx. 4.07 km * 127*290*2=300,000 km	
Weight of steel	main cable	50,500 tons
	hanger ropes, saddle. etc.	7,200 tons
	total	57,700 tons

(五). 橋樑本體 (橋面版及桁架)

1. 本橋之橋體係以九萬噸高張力之鋼鐵製成，採用高張力鋼之原因一則減少橋樑之重量，另一目的為較為經濟。詳圖 1-8：橋樑本體構造圖。
2. 為減少橋樑因風壓所造成之扭力震動，在橋版中央部分安裝穩定版 (stabilizing plates)，此一穩定版將導引風之流向，以減少橋面版上下之壓力差導致扭力之發生。其方式及安裝位置如圖 1-9：穩定版作用圖

**Stiffening Girder Specifications**

Flexibility	Vertical displacement (upward)	approx. 8 m
	vertical displacement (downward)	approx. 5 m
	Horizontally	approx. 27 m
Amount of expansion and contraction		approx. +/- 145 cm
Wind Resistance	design wind speed	60 m/s
	flutter velocity	78 m/s
Materials		SS400 - HT780
Weight of steel	main structure	74,400 tons
	maintenance road etc.	14,900 tons
	Total	89,300 tons

3. 橋樑採用節塊推進法 (Plane block method)，由主塔及錨錠座開始施做，先用浮船台上設置吊車安裝，主塔部分先安裝六塊，錨錠座部分先安裝八塊，其他於工廠組裝後，載運至工地，以垂直中心直接接合安裝。有關施工之順序如圖 1-10：施工順序圖。

(六). 景觀部分：

1. 對於一座橋樑因其形體龐大，景觀上對自然地形有一定程度之影響，故設計時需配合周遭環境建立美的架構，營造一可信賴、未來之視覺意象，並對於光及影之作用予以平衡化，以將塔及吊橋融合周遭之環境。

2. 錨錠座採用大量混凝土，使整體看起來不會形成龐然大物，而為一小而美且具平衡感之形體。並對於陰影及外牆之顏色予以特殊處理。
3. 基於現代城市地標之諧和性、鮮明性，考量與海及天空融為一體之感覺，主塔採用灰綠色之油漆。
4. 為減少維護，採用高耐久性之氟性油漆，以保持塔台之光鮮及防止鏽蝕。
5. 有關橋樑上之燈光，每晚於日落時至晚上 24 時點亮，並隨著不同時間不同季節及不同之節慶做不同顏色之表演，使成為燈光秀，及成為一觀光景點。詳圖 1-11：明石大橋夜間燈光景觀圖

#### (七). 感想

1. 明石大橋完成後，於橋下設立橋的科學館。透過模型、文字、圖像及影片，將此連接本州、四國世界最長之吊橋建設技術及工程，詳細介紹給一般人瞭解如何在交通繁忙、海流與波浪強大，再加上有暴風、地震之襲擊等惡劣情況下，歷經十年完成此一艱鉅之橋樑，亦教育民眾好好愛惜此一橋樑。
2. 橋樑之設計壽年雖為 100 年，但以目前歷經阪神大地震之情況及未來良好之維護，工程師有自信本大橋可使用五百年。因此該橋樑之維護工作，每天進行 3% 之維護，一年完成一次之維護工作。15 年作一次全面性之重新油漆 (REPAIR) 工作。此說明橋樑之興建技術固然重要，但未來使用安全及確保與延長橋樑之壽命，需有計畫之維修方可達到。
3. 施工期間恰好碰到阪神大地震，地震時橋只有二座主塔懸掛鋼纜 (cable) 而橋台尚未懸吊，故除 cable 之懸垂度改變，主塔基礎移為一公尺外，其他並未損壞。足見其耐震強度足夠。
4. 通車三年來，每天通車輛為 25,000 萬輛車，較原先預估之車數少，但目前持續增加中。完成後對於橋樑經過之城鎮，人口及經濟均有顯著之提升。
5. 明石大橋之興建結合大地、港灣、土木、結構、景觀工程專家之心血結晶，創造出目前最長之吊橋。其從計畫之成形、環境之調查、設計及施工，歷經十年之歲月，方完成此一曠世巨作。因而一件卓越之工程，有賴於事先之規劃及調查工作之完善。

6. 施工中對於於海下六十公尺浚挖土方及精確度要求需達 50 公分之精度，本橋樑施工時做到了。但在台灣在港內十公尺之水深，30 公分之誤差都是奢求，承包商時有反應，認為不可能達成、沒辦法達成、或是馬馬虎虎想蒙混，工程品質之優劣及施工人員之心態實一比就知道。
7. 對於水下海流強勁之處，為保護基礎，於基礎邊 80 公尺寬之地區拋放塊石，在靠近沈箱基礎邊 18 公尺處，由 EL-50M EL-60M 之處拋石，然後沿邊坡拋放至與海床面相交處且形成周圍高中央低之拋石保護基腳，以保護基腳免遭受沖刷。
8. 為了因應水中混凝土不容易凝結成一塊，而形成不良混凝土，因而發明水中不分離之混凝土，此種混凝土以後對於水中結構物之施工、耐久性將有長足之進步。
9. 錨碇座部分利用高強度高流動性之混凝土，一方面使未來水氣不容易進入錨座中，減少錨頭之鏽蝕，以確保安全，一方面使外圍景觀呈現最自然之混凝土表面，而不需另行噴塗油漆，一舉兩得。

## 二. 神戶高速道路二號線長田隧道

### (一). 工程概述：

1. 本工程為神戶高速道路二號線之一段，長 760 公尺之隧道，隧道採南北二線分離之方式，二線間之距離約 20 公尺，北線比南線高約 7M。隧道幅寬 12M，高 10.5M，開挖面積為 110M<sup>2</sup>。於隧道口處擴大開挖至幅寬 17.7M，高 13M，開挖面積為 190M<sup>2</sup>，其配置如圖 2-1：長田隧道設施配置圖。
2. 此隧道設計車速為 60KM/H，為車道寬 3.25M 之二線單向道。平面最小曲率半徑 R = 3,500M，縱向坡度為 3%。
3. 本道路隧道施工區位於神戶市區內，工區上方為住宅密集之地區。區域內之土質大多為黏土及沙土及黏土互層，地下水位甚高。

### (二). 施工方式：

1. 本工程之工程招標採用合理標之方式決標。其每公尺之造價約新台幣 60 萬元。施工方式採用 NATM 工法（機械掘削），施工時分成上下二層分別

不同時段之開挖施工，採取先補強後開挖之方式。對於換氣孔之處採用高壓噴射灌漿方式補強，其他地方採注入式灌漿工法補強。補強完成後以掘削機掘削土壤，再以卡車外運之方式施工。其施工方式如圖 2-2：長田隧道施工順序圖。

2. 隧道位置離地表距離最近處只有 30 公尺，施工時控制地表沈陷量在 2 公分以內。因此施工時對於地中及地表之沈陷均進行觀測，另對側向變位、孔隙水壓之變化亦進行監測，以控制地面之沈陷量，確保居民之生命財產之安全。

### (三). 勞工安全及衛生

#### 1. 對於勞工之安全措施

- (1). 門口張貼有「暴力集團驅逐協會」之標章，以杜絕暴力集團深入工地，保障業主及施工人員之安全，使不受暴力之威脅。
- (2). 外露之鋼筋皆有黃色之塑膠套，以防止人員掉落時，受到鋼筋之插入而傷亡。
- (3). 安全檢查者、檢查時間皆有規定，且以顯著之標語牌將檢查者之姓名列出。
- (4). 工地內，每隔一段距離設有安全通報系統、警示標語、急救站。
- (5). 對於參訪者，事先準備安全帽、反光背心、手套、口罩、塑膠雨鞋，並設有牌子以統計進入隧道之人數。所有人員必須裝備齊全方准予進入工地，進入隧道前需先洗腳。引導參觀時，前面有該公司之帶領及解說者，後面亦有殿後者。以保障人員之安全。
- (6). 本工地零災害已達 60 萬小時，足見安全教育與設施之完備。

#### 2. 對於環境保護

- (1). 進出隧道，設有清潔池，隧道口設有雨鞋之電動刷，將泥土沖洗乾淨後方離開，以避免將泥土帶出隧道污染地面。
- (2). 設有污水處理機，所使用過之污水皆經過處理後再排放。
- (3). 工地內外均保持乾淨，鄰近街道看不到泥巴。
- (4). 隧道內，保持一定之濕度，但不會有泥濘之狀況。

(四). 感想：

1. 本工地為施工中之工地，對於隧道之工法有其獨特之處。但參觀中，最令我感到讚佩的是勞工安全及環保衛生之作法。本工區施工時注意到每一細節，不只是對於施工者，連同參訪者之生命亦受到尊重。
2. 由參觀之旅途中，常見室外堆放之土推；每一個土堆接推成梯形，且予以夯壓成平整之表面，使人不覺得有至工地之感覺。就是在施工中之隧道，也維持一整齊清潔之情況，以減少事故之發生。
3. 黑道對於工程之干擾及需索，在台灣及日本均有此一情形，唯台灣靠的是什麼？營造廠本身之力量？或許以黑治黑？或許花錢消災？因而在台灣，黑道無論如何對營建廠商及正派之生意人一種壓力，或許不願再投入公共工程，或許與黑金共舞。但日本敢於門口張貼暴力集團驅逐協會標語，應是警政單位之支持，此事工程人及相關機關應重視之問題。
4. 日本之工作人員及工人，在工地施工一定需裝備齊全，如裝備不全者則不准進入工地工作。所有員工均著公司之工作服。他們上下班穿西裝但一到工地即換成工作服，投入工作中，表現十足之敬業精神。
5. 隨團有營建業之公司負責人說：「在台灣給予相同之費用，老闆亦有心將勞安做好，但因工人及專業人員之素養不足，很難做到日本一樣好，但差不多可做到八成。」因此台灣勞安未能落實主要係因設備、心態及工程素養、觀念等問題。所以勞工安全及衛生在台灣要做好，除政府應有之法令外，營造廠、工程人員、勞工應從再教育開始。

### 三. 神戶高速鐵路海岸線（地下鐵）

(一). 工程概述

1. 神戶高速鐵路海岸線計八公里，且皆為地下隧道組成。全長有十個車站及一個車庫。本工程為該線位於元町-神戶商業精華區段，工程項目包括629.35M 長之地下鐵及 165M 長之停車場部分。
2. 隧道位置離地表深度 9M ~ 21M。軌道寬為 1.435 公尺，與台灣鐵路寬相同。斷面為圓形斷面，直徑 5.3 公尺，比原有山手線直徑 6.8 公尺略小。主要係因未來車輛係採用線性馬達（Linear motor）行駛，該系統於鐵

軌之中心有 Reaction plate；故該系統其所需要之空間較其他種鐵輪式車輛系統所需之空間小。

3. 車站寬 14M 19M，高 9M 21M，結構分為三層，每層設計成 2 3 個跨距之剛性結構，其地震係數在施工過程中因阪神地震而修正。
4. 車站分三層，第一層為停車場、第二層為月台，第三層為機器設備室。並設有與百貨公司連接之通道。
5. 逃生空間，多利用防火門之作法，可將逃生所需之空間相對減小。
6. 當地之土質黏土層較厚，沙土層較薄，呈現黏土層與沙土層互層之現象。此土層之軟硬程度之差異，將可能造成機器鑽掘之偏差，故對於鑽掘之潛盾機需慎選。。

## (二). 施工：施工配置圖詳圖 3-1：神戶高鐵路海岸線施工場地配置圖

1. 停車場之位置（詳圖 3-2：神戶高鐵路海岸線停車場施工方法）為現有道路之下方，施工時需開挖 25 公尺寬，202.5 公尺長及深 20 公尺，該開挖寬度幾乎為現有道路之全寬。其採用挖工法，並採 SM (soil mixing wall) 工法作為擋土止水之用，且利用深井抽水以防止底板之隆起。對於 SM 完成後有缺陷部分，以 CJG(Column Jet Grouting)工法，以高壓噴射灌漿固結土壤以改善。同時施工中對於地盤之變動、地下水位之變動、支撐鋼構架之變形量進行監測，以保障工地之安全。
2. 在完成後進行內面施工時，先於原擋土、止水之 SM 牆上噴灑瀝青後再澆注混凝土以防水。
3. 隧道之開挖採土壓式薄殼機器(Earth Pressure Blanced shield machine)，詳圖 3-3：神戶高鐵路海岸線隧道施工方法。該機器備有結合系統，使機器能夠於尖銳之角度下前進。同時亦適用於在 N 值 10 20 之沖積沙層，N 值 10 50 之洪積沙層，及 N 值 10 左右之洪積黏土層。並以自動抽水機傳送開挖之土壤。
4. 隧道分東西兩線，兩線同時各以一部機器進行開挖。基於地面道路和其他之因素，本隧道有二個平曲線，其曲線半徑分別為 100M 及 160M；另縱向坡度為 5%，亦即存在豎曲線，且需穿過建築物之正下方，部分地區其

與建築物基樁最接近之處只有 30 公分。因此為避免損及鄰近房屋、避免下陷需很高之工程技術。

5. 施工進度：在建築物底下隧道之掘削，一天進行約 7 8 公尺，並利用假期時日夜施工之方式，使施工對居民之影響減至最小。
6. 對於沈陷之控制，建築物方面先進行藥液灌漿，將建物之基礎穩定，以控制沈陷量在 3MM 以內，對道路之沈陷量亦控制在 5MM 以內。施工時設有監測站，當沈陷超過 5MM 時，及發出警報，並作相對之因應措施，使工程之施工對附近居民之生活干擾減至最小。
7. 隧道之襯砌，直線段採用鋼筋混凝土製弓型版，但在曲線段則採用石墨鑄鐵。
8. 在預鑄鋼筋混凝土襯砌之接縫，採用之填縫膠為遇水即發生膨脹之之膨脹劑。
9. 本案工程費不包括建築物計 100 億日圓，其中車站土木部分 30 億日圓，隧道土木部分 40 億日圓，其他如通氣孔、百貨公司之通道 30 億日圓。工期五年半。
10. 車站之設計在貼磁磚部分，轉角處接作圓形之轉角磚。

### (三). 勞工安全及環保

#### 1. 勞工安全之措施

- (1). 該工區有一標語為預定零災害目標為 75 萬小時，目前已達 61 萬小時無災害。

#### 2. 環境保護

- (1). 施工期間每週一次與當地之居民召開協調會，對於因施工造成居民不能睡者，由官方出錢請居民暫住旅館；施工期間對於房屋之龜裂部分，亦由官方負責賠償。
- (2). 為減低對環境之影響，防止噪音及震動，許多新的施工方法運用於本工程。例如沙土搬運時所產生之噪音，特別建一密閉式空間，並於空間內完成沙土之裝卸。
- (3). 因在市區施工，施工期間需絕對保持店面前之通行道路，以免影響商家之營業，如無法避免則於晚上施工。有關土方之運送大部分均於

晚上施工。

### 3. 交通維持

- (1). 施工區擺設簡潔之阻絕設施，儘量以不妨礙人民之通行，且行人亦不會進入工區。外觀看起來非常之清潔及整潔，不像在施工。

## (四). 感想

### 1. 工程施工品質

- (1). 日本與台灣對工程品質態度之差別，直接影響到後來工程品質、及勞工安全。在日本由計畫開始即進行 QC 控制，所以無論是規劃階段、設計階段、施工階段，每一階段均有嚴格之 QC 控管。在日本當完成規劃工作時，應考慮之事項大多均已考量，故由其規劃之結果，對於工程之特性及可行性之方面，就可預測未來可達成 80% 之成功率。因而整體而言，台灣目前工程界之 QC 控管不如日本之嚴謹，此為我們日後應加強之處。

### 2. 勞工安全及衛生方面：

- (1). 日本工地之整理相當好，使得工作效率提高、工期縮短，且所做之任何事皆留下記錄以便工程完工後之檢討改進。反觀國內部分，一般營造廠或工程從業人員認為安衛是花錢且不值得的；記錄最好不留，以免未來有所疏失而遭追究。所有工程技術能否進步係在於有無勇氣檢討過失，並勇於改善。
- (2). 台灣營造業傷亡比例高之原因：其因於國內廠商不重視勞安。我國雖有採購法，其可用公開招標、最有利標、限制性招標之方式招商，但一般營建工程通常以公開招標並以最低標決標之方式辦理。對此方式，一般單位認為最低單價為替國家、社會省錢。但實際上包商可能賠錢去作工程嗎？因而偷工減料、違法超載、違規盜取沙土、或違法偷倒廢棄物等等，造成更大之社會成本。於工程施工時，因招標採最低標，而致標價不合理，廠商為求利潤而犧牲安衛、環保部分之費用。再加上層層轉包文化，及國內營造廠制度不健全，工程師及工人流動性大，且得不到應有之專業訓練，而造成公安事件

之不斷。

3. 勞安之必須觀念：隨團營建業公司負責人所談之勞安之觀念，十分有道理：
  - (1). 實際將安衛執行好，則因工地整潔，使工人產生信賴及愉悅，將使人員出勤率提高、工作效率提高。據工地統計分析，做好安衛環保工作可提高 15%之效率，故做好勞安不一定會賠錢。
  - (2). 對於勞工安全，需有體認，如果工地髒亂，則將不周延之處掩蓋，使工程品質易生暇疵。如果工地注重安衛，處處整潔，則缺點無法掩蓋，品質自然就提升。且注重安衛，使人對於施工者將產生好印象，無形中將提升公司之行象。
  - (3). 每一個工地施工人員，應有「死一個人是四、五個人家庭之破滅」。為了自己和同事家庭，每一個人應注重勞安及環保。
4. 環境保護：

日本所有工地設有污水處理機，所有工地所產生之污水及廢水皆經過處理至符合法令後再排放；在台灣則自由的排入附近之排水溝，時常造成水溝之淤塞。
5. 神戶重建後之街道，非常之整潔，鄰工地之小巷道只以單行車道設置，但兩旁設有比車道還寬之人行步道，並於人行道上種植樹木，看起來非常舒服

## 四. 京都車站

### (一). 概述：

1. 京都車站位於京都塔旁，1997 年秋天才改建完成的 JR 京都車站，非常具現代感，可說是多功能機制的複合式建築。大樓原址為京都車站之位置，鐵道之寬度達 50 公尺，鐵道、地下鐵並存於此區。大樓高 59.8M，東西方向長 470M，南北方向寬 60M 80M，基地面積 38,000M<sup>2</sup>，建築面積 32,400 M<sup>2</sup>，樓地板面積 238,000 M<sup>2</sup>，為一地下三層地上 16 層之建築物。大樓間以地下道或空中走廊連通各相關樓層，使成為一商業中心。大樓內包括車站、旅館飯店、商業設施、文化設施及停車場。正門一樓是 JR 車站，

右邊是伊勢丹百貨公司，左邊是 Hotel Granvia Kyoto。整棟車站建築以灰色做為基調，鋼架支撐的挑高的大廳，寬敞、明亮，廳內右手邊有一極長的電扶梯，分好幾段，可達車站內兩處咖啡點心座及百貨公司各樓層，與屋頂的大空廣場；在此可眺望京都市區。電扶梯左邊有一段弧形階級，可供人休憩，也是觀看舞台表演的看台。車站下方的地下街四通八達，有服飾店、照相器材店、美容用品店、各式餐廳、速食店、紀念品店、麵包店... 本車站完成後，不只乘客增加，同時遊客及消費者也大幅增加。詳圖 4-1 京都車站圖

2. 本棟大樓之設計採國際競賽之方式，共邀請四位日本國內及三名日本國以外之知名建築師參與競圖。各建築師以不同之角度去設計符合京都之歷史風土、自然環境及新的都市景觀之建築物。最後由日本建築師原廣司獲選。
3. 基於京都是通往歷史門戶之觀念，以 V 型且以格網狀之金屬鋼架配合玻璃天窗連通東西兩向，廣闊之室內空間藉由玻璃之反射至天空，且使外觀與天空合為一體。
4. 京都車站大樓之特徵為利用獨特的空間及走道，創造出具有動態之內部空間，讓遊客沿著廣場感受到寬敞之空間。

## (二) 施工

1. 工程項目包括舊車站拆除、新車站及大樓之新建、基地內管線之移設、整體構造等。地上層部分採用鋼骨施工，地下層部分採用鋼骨及鋼筋混凝土施工。所用之鋼鐵總量達 53,000 噸。
2. 結構物之建造採用逆打工法，管線則用推進工法，埋設管線。
3. 施工前先用拖底工法將軌道予以支撐住，以維持營運之正常，施工時最困難之事項為需一邊營運一邊施工，對於旅客之安全、施工進度均為一大挑戰。
4. 施工期程：因不確定之因素太多，至完工前四個月尚難確定完工時間。原預定 60 個月完成，但最後於 48 個月完成所有工程。
5. 施工期間並無任何之工安事件之發生。
6. 為趕時效之地方採用高流動性混凝土，以節省人力及時間。

### (三). 財源籌措

1. 本鐵道係屬西武(Western Japan)公司所有，西武為一民間公司，其出資一半，一半由銀行貸款。計畫於 15 年內回收，但目前受景氣之影響將可能延後回收期。
2. 車站完成後，每天之乘客達 33 萬人。每天增加之旅客量較以前增加 30 %。非乘客一年估計達 3 千 3 百萬人，係一很大之商業機會。

### (四). 感想：

1. 京都車站功能當初基於經濟及財政之考量，而決定建成此一複合性之大樓。在戶外之地方設有階梯，其高度約六層樓高，最下方為一舞台，可供表演。其可說一成功創新之案例。
2. 在交通流量大，且火車須維持營運之情況下，該工程施工期間無任何之工安事件發生，且施工期亦縮短一年，此基於其有良善之施工計畫及良好之管理，最重要為其屬民間投資興建，少了繁文縟節之行政程序。

## 五. MIHO 美術館

(一). 簡述：MIHO 美術館位於日本滋賀縣信樂町的自然保護區。由貝聿銘建築師歷時一年半作基本設計，日本紀萌館設計室作細部設計，對於構造物之設計則由數間公司合作完成。施工部分由日本清水建設於 1996 年 8 月開始進行建設，歷經五年完成。其工程費為 45 億日圓（包括橋樑及隧道）其基地面積為 1,002,000 平方公尺，建築面積為 9,241 平方公尺，樓地板面積 20,780 平方公尺。

(二). 整體及建物設計構想：

1. 美術館基於要保護自然環境及與周圍的景色融為一體，建築物的 80%是埋藏於地下。這一個獨特設計清楚地表現設計者貝聿銘的概念，創造一個地上的天堂。當他第一次到這個地方的時候，他很感動地表白：「這裏是桃源鄉」。因此其由停車場經由兩排之垂柳櫻花道，穿過光線微弱之隧道，過隧道後，一望廣闊之山巒近在眼前，塵囂已被隔絕在外，MIHO 美

術館在綠油油的信樂山岳中若隱若現。走過吊橋，便會在長滿松樹的山坡中瞥見玻璃的屋頂，恰似中國古代的傳說 地上的天堂 「桃源鄉」。其意境即為桃花源記中「忽逢桃花林，夾岸數百步，中無雜樹，芳草鮮美，落英繽紛……復前行，欲窮其林。林盡水源，便得一山。山有小口，彷彿若有光，便捨船，從口入。初極狹，纔通人；復行數十步，豁然開朗」。

2. **設計者貝聿銘博士說**「日本傳統的建築師喜歡將建築物與周圍的環境及景色融為一體。當然，我不希望抄襲。但我十分尊重日本民族的思想、文化及傳統。」「我肯定來這裏的人將會明白我是有意識地令此美術館與自然融為一體。」因此此一設計概念為將建築物設計成自然景觀之一部分。
3. 本美術館係屬宗教法人所有，其設計亦具有朝拜之意味，由階梯進入大廳，而至走廊，再走到展覽館。
4. 為避免影響參觀人之興緻，採取人與車分道之觀念，運送貨物之車道與人行步道相距甚遠，參觀群眾看不到車輛進出展覽館，以免破壞桃花源之意象。
5. 因為處於公園用地且為保安林地，儘可能將自然保存或於施工後復原。該區建物限高 13 公尺，但實際所需皆超過；故採全山挖開只留 20%之房屋外露。房屋建築依山之等高線佈設，以金字塔型式之階梯，並平均保留有 2 公尺之覆土深度以供作樹木之種植之用。
6. 為避免地下水之入滲，施工時之擋土牆與建築物中間留下空間。
7. 不作柱子及棟梁，6.18M 之跨距之版，以 55CM 厚之承重牆承受。
8. 正廳屋頂採用空間桁架設計，並以玻璃被覆，使光線充足的照入，具有溫暖色澤及美感之石灰石之岩壁面，使人心情愉悅。
9. 減少木材之使用量，施工中之排水儲存及再利用，工程廢土再利用作綠化植生用，減少廢棄物之產生，等等設計上之考量，顯示對地球之尊重及愛護。
10. 建築物每一個部份均細密的考慮到，且均蘊藏著設計師打破傳統統的創新風格。

(三). 施工：

1. 本工程由屬日本清水建設施工，因本區屬保安林區，樹木不可砍伐，所以先將樹木移至他處，並將山挖開後開始建築。完工後回填土並將樹木植回。
2. 施工時先作檔土牆，為減少開挖，採用直立式地錨檔土牆之方式，完成後再行開挖。

(四). 材料

1. 進入隧道前之櫻花道及隧道地上先鋪 20 公分之透水混凝土，在於其上方鋪設陶土燒製之圓形顆粒之材料，並以 EPOXY 黏結，使成一透水性之路面。
2. 房屋材料採用不鏽鋼、石頭、玻璃、及彩色混凝土。

(五). 橋樑設計構想及施工：

1. 設計構想：

- (1). 橋樑全長 120 公尺，橋寬 7.5 公尺，活載重為  $350\text{kgf}/\text{m}^2$ ，輪荷重為  $0.36\text{tf}$ ，為倒斜張橋及單斜張橋之組合。近美術館端為倒斜張橋之方式，靠近隧道部分採單斜張之方式。主塔採用與隧道相同之鐘型，並將鋼纜之錨碇座與隧道結成一體，使整體景觀連成一體 詳圖 5-1：MIHO 橋樑平面圖。
- (2). 單斜張吊橋與倒斜張於橋之中間為分隔點，並利用呆載重與施加預力之作用力方向之不同，所施之預力將使橋樑向上之彎距力距減至未來活載重承受之範圍。根據設計者之計算，預力將使最大之彎距力距減半。如此桁架桿件之受力將減小，使得桿件之尺寸亦大幅減小。因而採用之空間桁架寬只有 7.5M，高 2M。詳圖 5-2：橋樑應力圖。
- (3). 主塔與地面成 60 度角，塔基支承採用球狀軸向支承，使塔可自由轉動。
- (4). 橋版由 120 行\*4 列之 1M\*2M 鋼板組成。基於如使用排水管時，其管徑將大於空間桁架各桿件之之直徑，將影響橋樑美觀且增加橋樑之重量，而使橋樑桁架尺寸增加。故於不鏽鋼版上鋪設陶土燒製之透水材

料，作為排水用，讓水直接透過透水材料，而流至下方山谷中。

## 2. 材料

- (1). 橋版及欄杆使用 SUS304 之不鏽鋼。橋版上鋪上陶土燒製成之顆粒並以 EPOXY 黏結，成透水性之路面。
- (2). 桁架桿件之直徑為 267.4mm~139.8mm，材質強度為 KHP60 STK490 之鋼管組成。

## 3. 施工

- (1). 先設置 10 座臨時墩柱作為支撐，並於其旁邊搭設 12 公尺寬之作業平台，供 150T 之吊車作為吊放作業，詳圖 5-3 施工配置圖。
- (2). 一節節預先裝配好之空間桁架吊放在臨時支架上，並將主塔先行錨碇於隧道上方之。
- (3). 以二台吊車將鋼纜線由隧道至主塔至空間桁架間予以串起來。
- (4). 將單斜張部分之鋼纜線逐一且逐步施加預力，完成後再施加倒斜張部分。同時配合千斤頂將彎距移除。
- (5). 將橋版放入並利用張力計量測各鋼纜之張力予以調整至符合設計值。
- (6). 完成後其誤差與設計值差約 9mm。

## (六). 入口：

1. 美術館由入口訴求尋訪桃花源之意念，又結合傳統日式設計的路燈及松樹，增強了 MIHO 美術館入口的時代感。在主要入口大門的圓形玻璃窗則顯現出自然及建築物的親和力。從入口大廳正面以借景方式眺望，開放的信樂大自然充滿動力地展開。
2. 入口大廳牆壁上的半透明燈罩及北館大廳樓梯扶手旁的燈罩均是用西班牙的雪花膏石做成，在黑夜來臨時，美麗燈光的幾何圖形顯現出柔美之氣息。

## (七). 室內：

### 1. 天窗：

- (1). 由天窗藉著天然光線產生了會隨著一日不同時間，一年不同季節而變化的光，不斷變化的光與影幾何圖案，使室內與大自然融為一

體的魅力。

(2). 根據「用途」是好的設計之主要元素，塗上深灰色或桃色的天窗，作用是令天然光更加擴散。因此，藝術品得以清晰地表現出來而不會反射耀眼的光線。

2. 明亮的感受，開放的空間：一進入室內，便可領會到因美術館室內環境而產生的戲劇性變化。陽光從屋頂裝有現代設計的百葉窗板的天窗中進入寬敞的接待處，照亮了蜂蜜色的石灰石牆，帶來一種溫暖的光芒。空間感及開放感被四周山脈的景色影響下變得更廣。

(八). 屋頂：

1. 基本構架直徑 6.18 米的窗櫃是主要的結構元素。鋼鑄的中心點是由最多 9 個與圓球鑄成一體的內部垂體或圓柱接合點做成。每一個中心點是接合 2 個以 6 粒螺釘裝設在鋁管尾部的垂片。中心點是鋼鑄的球體而其他部份則是用機器打磨而成的準確中心點設計。

(九). 結語：

1. 只須走過一條兩旁長滿了櫻花樹的斜路、通過隧道、橫過天橋，便會到達 MIHO 美術館。這是設計師 貝聿銘博士根據「桃花源記」而建成的「地上天國」。當貝聿銘博士第一次來到 Miho 美術館的所在地時，他感動地說：「這裏就是世外桃源。」所以美保美術館是結合人類之夢想及與大自然融合之意念而成。其外型嶄新的鋁質框架、玻璃天幕，燈光之造型、配置、材料之選擇（如以 Magny Dori 石灰石及染色混凝土等暖色物料）；以至量身定作的展覽及存放裝置，都充分表現出設計者匠心獨運的心思。

2. 貝聿銘博士的提議「我肯定來這裏的人將會明白我是有意識地設計此美術館與自然融為一體。」美術館是建築上兩方向的壯麗體現：建築物聳立於自然中，同時亦成為大自然的一部份。

3. 設計及建造過程中，貝聿銘博士花了二年之時間完成設計圖，第三年帶來設計模型，該模型連室內展覽品均有，可見其模型之精緻與逼真。當建築與土木、結構原理衝突時，貝聿銘博士只有兩個字「挑戰」。因而各參與者莫不全力以赴，已完成此一土木與建築之藝術結晶。

(十). 感想：

1. 「築夢」是對美保美術館的評價。由往美術館之路途中，經過清幽之山間林道，迎面而來之青翠樹木、幽美繽紛之櫻花，實在有避秦人之心。當人們遠離塵囂後，踏入幽靜之山谷，無形中生命中許多美好之事情一一被喚醒。也使人之心情頓時沈靜下來。想一想，原來建築物可讓人有此享受，原來建築也可以如此之方式表現。
2. 尊重自然、融合自然，不要再以地球之征服者自居，貝聿銘博士以謙虛之態度，瞭解業主之所需，但同時瞭解自然資源之珍貴，充分的珍惜自然，也使得自然亦發更美。
3. 有關於燈光之設計，國內之土木建築與機電分開，往往一美好之作品，基於建築師對於燈之外行且不願投入心力，造成整體美感之破壞。本件作品中，隧道為營造內外之區隔，隧道內只有微光，且看不到燈具，讓人有身心放鬆之感覺。進入展覽館，在頭頂之投射燈隱藏於鋼架中，因而更顯現鋼架之美。
4. 庭園景觀方面，將庭園引入室內，使室內回歸自然，並且利用天窗將光自然的引入室內，隨著太陽之運行，室內之光影亦隨之變化。
5. 整棟設計均於尊重自然、保存自然與自然共存之意念下進行。

## 六. 月島預鑄式組合房屋工法

(一). 概述

本件為一集合共同住宅、店鋪、幼稚園、停車場之建築物，計有地下二層樓，地上 38 層樓，531 戶住家。基地面積為 5,680M<sup>2</sup>，建築面積為 2,891.71 M<sup>2</sup>，樓地板面積為 57,129.36 M<sup>2</sup>。基地位址原有七十戶人家，花了十年之時間與該居民溝通遷移後才興建，並於大樓完成後再搬回。

(二). 設計構想：

1. 依日本之規範新觀念：

- (1). 樓版之厚度應達 20 公分，方能達成防震及隔絕上下樓之噪音問題。

(2). 對於梁、柱主筋號數放大，箍筋間距放大。

2. 模板部分：

(1). 對於結構之選材及平面配置均經過事先之考量。各個單元均採模組化，以利統一規格製作樑版。

(2). 利用版厚分層施工，並將預鑄 PC 底版放置於梁上當作底模，減少支撐架。

3. 地下室儘可能於基地面積中開發，以減少向下挖深之面積及體積，且可減少擋土擋水之設施費用，增加樓地板之使用面積，同時可降低工程費及施工期程。大面積之地下層分兩部分，且一起施工。

4. 梁：

(1). 採預鑄工法，先於一樓完成預鑄梁，預鑄梁與梁之接頭在跨距 1/4 之處。每一預鑄梁保留兩端露出鋼筋，在現場以鋼筋續接器將鋼筋連結後，再澆置高流動性混凝土。

5. 樓梯：施工時先作樓梯後作結構，使所有工作動線均事先完成，以減少施工架之搭設。

6. 管線：基於樓板係分二層施工，未來管線破裂更新時，可於自己樓層中實施，不需與樓上或樓下之住戶協商。

(三). 材料：

1. 鋼筋：較粗之鋼筋採用螺紋鋼筋，該種鋼筋具有規格化之螺紋。當鋼筋需續接時，鋼筋不需另行車牙，只要將續接器順著螺紋方向旋入即可。

2. 高流度混凝土：基於梁及柱交接處之鋼筋很密，一般混凝土之工作性不好，易發生蜂窩，故採用高流度混凝土以減少震動之人工及確保施工品質。該種混凝土所使用之碎石粒徑不超過 20mm。

3. 大樓柱混凝土強度依樓層不同越上層強度越小。25 層以下為  $600\text{kg}/\text{cm}^2$ ，25 30 層為  $540\text{kg}/\text{cm}^2$ ，30 層以上為  $420\text{kg}/\text{cm}^2$ 。樓版之混凝土由地面層之  $480\text{kg}/\text{cm}^2$ ，漸變至頂樓  $360\text{kg}/\text{cm}^2$ 。大樓地下室柱使用  $600\text{kg}/\text{cm}^2$ ，樑、版使用  $360\text{kg}/\text{cm}^2$ 。詳圖 6-1：月島組合式建築混凝土強度分配圖。

4. 鋼筋採高強度之鋼筋：梁柱之箍筋採用鋼絞線或鋼鍵代替一般鋼筋，以減少重量。目前基於箍筋所需強度大，日本朝向使用降伏強度

$f_y \geq 14000 \text{ kg/cm}^2$  之鋼鍵及鋼絞線代替鋼筋。

#### (四). 施工

1. 發包方式：採用統包之方式發包施工，即工法由承包商自行決定。
2. 工期：三年。
3. 施工場地：以一樓及地下室當作鋼筋彎紮、預鑄梁及預鑄版、預鑄柱外圍版之施工場地。預鑄版、梁完成後再以塔吊之方式吊至施工樓層。詳圖 6-2：月島組合式建築施工場地配置圖。
4. 梁：
  - (1). 樑先於一樓施工場地完成一部份，而後吊至組裝地點進行組裝。
  - (2). 樑之間之預留孔利用氣袋(air bag)，即利用氣球打氣當 PVC 管，待混凝土灌漿完成後，將氣放掉，及形成管線孔，如此可以減少 PVC 管之使用。
5. 柱：柱於地面先澆注預鑄方形空心薄殼 PC 版，並將此版當作模板，以減少現場組模、拆模及未來修飾之時間。每塊柱之 PC 預鑄版厚 8 公分，長一公尺。施工時應先完成柱鋼筋之彎紮後，將空心薄殼 PC 版套入，再澆置混凝土。鋼筋與預鑄方形空心薄殼 PC 版之間設有突起之鋼筋作為固定版位置用。
6. 樓版：
  - (1). 每塊樓版面積 5M\*5M，厚度為 24 公分。施工時先於一樓完成 10 公分厚之預鑄版，然後吊至組裝樓層，安裝管線後，在於於其上澆置混凝土。預鑄版部分並於未來交接面設置凸凹不平之施工接榫，使上下版成一體，並於預鑄版上先安裝應有之吊燈、吊扇、及其他應有之吊鉤。吊放完成之版其中間之下陷量約 2~3mm。
  - (2). 所有預鑄版外露之部分模板，採用樹脂塗裝模板，使混凝土完成面成為一非常光滑之表面，未來可直接油漆而不需另行水泥粉刷，如此可減少粉刷之工料費用。
7. 外牆：亦使用預鑄 PC 版，版與版之間以填縫膠 (silicon) 填塞，以阻止水之滲入。但該物質會老化，約 3 5 年約進行維修一次。
8. 施工程序，詳圖 6-3：月島組合式建築預鑄式房屋施工程序圖。

#### (五). 安衛環保

1. 施工場所設有一建築廢棄物集中所，施工中產生之廢棄物予以分類集中於該處，且為避免髒亂，所有廢棄物集中地均用帆布遮蓋。
2. 工地中有一標語 4R，其意義為
  - (1). Refuse：表示拒絕非必要之包裝。
  - (2). Reduce：減少不必要之浪費。
  - (3). Recycle：所有廢棄物應予以再資源化。
  - (4). Reuse：所有之東西應再利用。

### 七. 組合式房屋工法

(一). 概述：本項施工法以採用之材料並配合組裝以創造「愉悅之生活品質」、「環境之保護」、「創造生活之美感」，朝向不製造垃圾、不浪費資源、不浪費能源之理念建造一個「地球人的家」。

(二). 設計構想：

1. 不製造垃圾：利用廢建材，開發出 M-WOOD 之仿木質材料，做為地板、門、窗等材料之使用，以減少地球之垃圾。
2. 不使用資源：取用地球中最常見之泥土、石灰石做成陶質牆面。
3. 不使用能源：充分利用太陽光及太陽能，將能源之使用完全取至於無污染之太陽能，以盡力求自給自足。未來完成後使用時，達到能源比一般房屋減少一半以上之效果。
4. 百年好屋：基於永續利用，材料及結構能使用一百年達到節省能源，減少使用地球物質，及減少房屋拆除產生之事業廢棄物。
5. 創造環境：不只是蓋房子，房屋之設計應注意房子四周環境之調和性。並以「簡單就是美」之觀念。對房屋內外之顏色只取三色系，以免過多之色系造成複雜且使人產生不舒服之感覺。

(三). 材料：

1. 屋頂採用採光玻璃，利用自然之太陽光，以減少電能之使用；並將玻璃施予防熱塗裝，以阻絕熱傳至室內而增加能源之使用。
2. M-WOOD

- (1). 利用木材及廢木材（建築廢棄物）製成。
- (2). 具有木材之柔軟性，且又具有木材不具備之均勻性、耐久性及防水性。

### 3. 新陶材版：

- (1). 係以地球上豐富之硅石及石灰石為主要原料製成，其比重為 0.54 比水還輕。在地震發生時，因房屋整體重量較一般鋼筋混凝土製之房屋減少 70% 之重量，因而房屋呆重所造成之地震力亦減少 70%。因而對於房屋梁、柱之強度亦可減少，進而使整體材料需求較少。
- (2). 新陶版內含經防鏽處理過之配筋，具有高強度耐久性。又其收縮率為 0.015 較 RC 之 0.06 小，故其發生裂縫之機會較少。材料經耐火試驗，經 1 小時溫度為攝氏 1000 度之耐火試驗中，無異常狀況發生，因而具有較佳之防火功效。
- (3). 在工廠可製作時可隨意製成不同之形狀，可當帷幕牆亦可當承重牆。施工時可採乾式施工法，為目前最先進之建築材料。

### (四). 工法：

所有之組件均於工廠製作，每棟房子約 20 個單元，各單元之性質均一，應而其施工快速。以一棟三樓之透天房子之組裝，因 90% 之工作均於工廠完成後，再運至工地進行組裝。所以其施工期程，通常基礎部分需十天（可與單元組件並行施工），單元組件生產需 20 天，組裝只需三小時，內裝十天，總計 30 天可完成一棟房子。其施工程序如下：

- (1). 工地基礎施工同時於工廠製造作外牆版材。
- (2). 於工廠製造房間的鋼筋框架單元，並按棟分別製作。
- (3). 將外牆版、窗框及各種各項之設備安裝後即完成單元組零件。
- (4). 載至現場進行組裝，安裝只需 3 小時，同一天完成防雨設施之安裝。

### (五). 感想：

1. 一件建築物作規劃設計時應就功能、能源、環保、物質之再生、垃圾之處理及客戶之服務均應納入考量，此為一個工程司應有之認識。
2. 對於一件結構物，在規劃、設計及施工時不應只由工程之角度看，必須加一點人文之素養，方能賦予結構體生命力。

## 八.東京灣穿越工程

- (一). 東京灣穿越道路，總長 15.1 公里，橫過東京灣中央，沿岸城市包括東京、橫濱、川崎、千葉、木更津。因應東京都市圈之發展，所以需建造三道環線道路及九條輻射狀道路，東京灣穿越道路，為連結外環道至東京城市圈之一條道路，以使東京可由此路至全日本地區。且此道路可使許多城市間距離大幅縮短。本項工程費需 12,401 億日圓。
- (二). 環境保全：此道路穿越東京灣，因而建造時對於自然環境及社會環境保護及諧和做了許多之努力，許多環境保護之措施被用以使環境之衝擊減至最小。施工期間對於水質、流況、沖淤情形、空氣品質、噪音、震動、自然環境皆進行監測。
- (三). 景觀設計：東京灣為日本之門戶，每項建設需具有景觀之特徵，下列之象徵被用於景觀之設計上：
  1. 象徵：景觀象徵新首都地區。
  2. 品質：景觀儘可能表現尊貴。
  3. 和諧：新首都景觀應與自然和諧。
- (四). 東京灣穿越道路包括 10 公里長之隧道，五公里長之橋樑，還有兩座人工島在中間。基於東京灣一天有 1400 艘船通過，且又臨東京國際機場，所以不可能建立需高塔之斜張橋，唯有以隧道之型式興建。另在海上交通較少且水深較淺處，興建橋梁，以符經濟效益。隧道部分隧道直徑 13.9M，最深部分在海平面下 60M。此隧道採用 closed face type shield 機以應付軟弱土層中之高水壓力。
- (五). 風之塔 (kazenotou)：位於隧道之中間，直徑約 193M，建造時被用作開始興建之地點，完成後則成為垂直通氣孔。
- (六). 海之螢 (Umihotaru) (sea firefly)：此為橋樑與隧道交界處之人工島，在此橋樑及隧道之坡度為 4%。
- (七). 有關各項之工程詳圖
  1. 圖 8-1：東京灣穿越工程隧道剖面圖
  2. 圖 8-2：東京灣穿越工程橋樑施工圖

3. 圖 8-3：東京灣穿越工程 sea firefly 斷面圖
4. 圖 8-4：東京灣穿越工程風之塔施工順序圖
5. 圖 8-5：東京灣穿越工程潛盾機圖
6. 圖 8-6：東京灣穿越工程隧道地中接合圖
7. 圖 8-7：東京灣穿越工程隧道設備圖

## 伍、 會議主要心得及感想

### 一. 會議概述

- (一). 本次會議開幕時有三場專題演講，演講後隨即分成三組進行分組討論。該三場演講之主題為土地開發規劃應注意環境保護(Land Planning on the Care of Environment)、工程永續發展(Engineering for sustainability)、菲律賓旗艦計畫 (The Flagship Project in the Philippines ) 等三篇，而分組討論之議題分述如下
- (二). 第一組為關於施工與管理之議題。其內容包括
  1. 施工管理部分：包括有施工規範、管理系統之運用，招標制度之探討、

價值工程之應用、施工管理及未來公共工程之管理及替代方案之實施...等議題。

2. 計畫方面：包括日本離岸人工島之興建、菲律賓鐵路夢及實現、仁川國際機場興建計畫、....等
3. 運輸方面：包括穿越海峽、管道修復未來之展望、日本新幹線網等議題。

(三). 第二組為永續發展其包含

1. 災難：包括由集集地震中學習、阪神地震後土木設施之地震規範之發展、在下一地震前完成基礎設計及重建之準備、...等議題
2. 自然災害：包括越南之地下水及土地管理、中台灣引水計畫、The cherry 山崩塌事件、...等。
3. 環境：包括越南洪水及解決方案、為城市缺水管理及保存水之範例、為建立新環境之填海造島計畫.....等

(四). 第三組為設施及革新技術，其包含

1. 都市發展：包含日本城市之發展、馬尼拉地下運輸系統之發展、...等。
2. 水資源及河川管理：包含匯集河川儲水計畫、....等
3. 創新技術和 R&D：包含日本土地資訊系統、日本地下鐵超級計畫、...等。
4. 改進設計及施工之技術新知：包括 4D 管理系統計畫、日本 CALS/EC 目前狀況及遠景、...等。

對於各項題目皆有其可看性，參加時則分別選擇以自己有關之議題參加，茲將參與且較有意義之題目提出心得如後

## 二. 土地開發規劃應注意環境保護(Land Planning on the Care of Environment)

(一). 前言

日本係由四大島及三千個小島組成，其面積 377,829,000km<sup>2</sup>，其中 80% 是山且山區且 80% 為森林覆蓋，四季景觀分明。近年來施工技術之發展，將土地予以串連起來之構想一直被提起。然而在大規模開發後，環境就不容易回復。因而對於工程之施工計畫不得降低環境之品質，所以日本建設部提出

「Land Planning on the Care of Environment」。

(二). 對於目前及未來日本有數項重大的交通建設

1. 日本群島之交通系統：高速鐵路（新幹線）系統和主要島嶼均於圖上顯現，依規劃圖可知將於各島設置許多站及港口，目前上不包括國內線及渡輪站等。
2. SEIKAN TUNNEL 連接 HOKKAIDO TO MAIN LAND：該隧道總長 53.85KM。
3. 關西國際機場：建於水深 18M 離岸五公里之海上，面積 511 公頃，所有之土方量達 18,000 萬立方公尺。另需建設之航空站，其停機坪和 3,500M 之跑道，因預定開放時間已定，故該工程需 900 支混凝土樁和 36,000T 之鐵材。另因日本平地難找，所以 Haneda 機場將於東京灣填海造地以擴充機場之規模。
4. 橋樑系統連接 Honshu 和 Shikoku：此區為人口稠密之地區，居住於此區之人民希望建橋連接，目前已有三座橋樑系統。世界最長之吊橋明石大橋，此位於此處。該項工程使用大量之混凝土及鋼鐵。

(三). 基於上述之建設均需甚多材料且規模甚大。於是日本建設部長於 2000 年初下令成立規劃及環境委員會，該委員會於公元 2000 年九月提出土地開發規劃應注意環境保護(Land Planning on the Care of Environment) 之政策，其內容包括：

1. 環境基本認知：每件工程建設，於規劃階段應體認環境之重要性，每件建設如果工程完工後能夠保護或改善環境，則應為人民接受。
2. 基本政策：基本政策為保護環境，最重要三點為
  - (1). 工程建設應有材料再利用及與自然共存之觀念。
  - (2). 與市民、NGOS、地方企業及政府合作。
  - (3). 發展諸如環境指數、費用/效益評估之方法。
3. 完美之工程建設案例

(四). 結論：

1. 一件大工程完成後將留在地面上一段很長之時間，人民在施工期間忍受短暫不方便後即能享受大型土木工程所帶來之效益。因而計畫需慎重且執行需小心從事。工程之施工對於工程品質理論及實際之控制，均需導

入工程中。

2. 初步之調查及效益評估分析應確實，使決策者正確下決定。
3. 大型之建設會改變地區之環境，如風、流之方向及速度、野生動物之棲息地、人民之生活習慣。假如環境已改變，則很難回復至原來之情況。科學研究者以電腦模擬是越來越有可能。
4. 一大型土木工程應計畫保護自然，或至少做到與自然環境和諧共存。

#### (五). 感想

1. 日本是一高度開發之國家，在地狹人稠之土地上，人民要求需有便捷之交通系統，但同時要求美麗之自然環境。由參觀之過程中，處處可見其對自然環境之保護及尊重。諸如美保美術館或預組式房屋等，均要求廢棄物再利用，減少使用木材等。但在台灣廢棄建材之再利用卻不常見，許多可用之資材隨處丟棄，形成環境之壓力。
2. 國內之大型建設對於事先之調查及規劃欠缺嚴謹之作法，民之所欲高於一切，但遇到抗爭政府又拿不出一套辦法，形成工程施工困難且民眾又不滿意之結果。

### 三. 填築人工島建立新環境 ( LANDFILL ISLANDS PROJECT FOR CREATING NEW ENVIRONMENT )

(一). 本垃圾填地計畫主要係日本為了在東京灣增加一個新的環境，其主要目的是針對目前各種固體廢物及工程剩餘土壤持續增加後，如何處理之急迫性問題之解。本計畫初步決定東京灣為最適合的建造地點，未來將於東京灣以廢棄固體及剩餘土建造三個分離但離開不遠之人工島，面積為 32 平方公里，建造期 50 年。這個計畫回填料將採用未經充分利用的剩餘材料，並對於環境安全之可能影響上作小心的估算，特別是對於海洋環境的數量及品質上之影響的檢查。最後結果，這個計畫能實際執行的可能性極高。

#### (二). 計畫緣起及概述

1. 基於人類需求之行為帶來世界持續性的發展，但繁榮的文明應與美好的

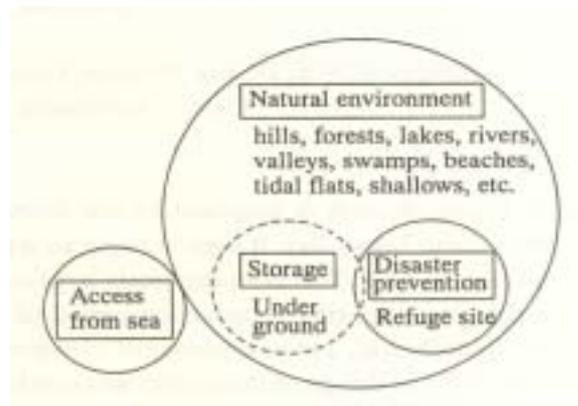
環境共存，因而環境地理學在維護我們的環境上必須而且將扮演一個重要的角色。由於高密度的人口、大量的經濟、工業的發展、高水準的消耗，以及自然資源的缺少，對於廢棄未利用之物質的管理將為世界上非常重要的問題，目前各種不同形式的廢物持續的大量增加，且大部份均未使用。若能將其作有效的處理，即可使物質充分之利用，故在日本強力推薦採用處理後之廢物填築人工島。

2. 本垃圾填島計畫是一種新形式的海洋大型填地工作計畫。此計畫處理方式不僅可為各種不同工業固體廢物及土木建造工作之後所造成廢土問題之處理提供一解決之道，且可提供一個含有大量綠化且舒適環境的水邊空間。

### (三). 計畫原則

1. 計畫基本構想：本計畫的觀念是增加一個以固體廢物及剩餘廢土所建造位於大都市邊的水邊環境，這個計畫重要性主要為下列：
  - (1). 必須結合各種可利用於本計畫的資料，使在環境創造及貢獻上顯現物理上、技術上訴求。
  - (2). 為二十一世紀持續的發展，必須創設新的空間。
  - (3). 提供最可行的廢物管理系統：廢棄物是現在及未來最困難的問題。以廢物填島，它包含的面積及高的山丘，將可視為現代文明的紀念碑。
  - (4). 為實施上述構想，必須創新，且從每一個人傳統思維反向的思考。廢物填島空間如何使用在環境影響方面同樣扮演極重要角色。
2. 廢物填島空間的使用：為強調本計畫含意，在廢物填出之人工島之功能：
  - (1). 多樣性的自然環境：廢物填地的主要功用是創造一個人類的自然環境，這個島嶼是一個三度空間的景色，因此這個計畫中必須築高堤岸。而一般填築之人工島，一般僅做為港口。但港口設備及適合居住的填地工作，不可能築一個如山高的堤岸。因此此一地方僅是為了創造一個自然環境，提供農藝、漁業、林業使用。因此，在島上將設有湖泊、河流、森林、溪谷、沼澤、農場、海濱等等，提供居住於都市中人們一個心情安寧的生活空間。

- (2). 必須從海上坐船前往：此處沒有住宅功能，進入此地必須坐船，所以在每個島上需設有小的港口，這些港口亦作為填地工程時使用。
- (3). 災難時的緊急避難場所（例如地震時）：在一個將影響城市結構物及功能的大災難來臨時，這個位於城市中的大填地空間將成為緊急避難場所。
- (4). 物資儲存場所：考慮作為城市災難避難場所需能提供長期之安全，因此由高堤岸所建造之山景下方（地下）可容易的利用為儲存場所。
- 基本的空間利用功能概念如下圖。



#### (四). 地點特性及造景設計

##### 1. 地點特性：

- (1). 廢物填島的尺寸：根據社會對於這個計畫的需要，建造地點應位於城市區域中心，日本東京灣之河岸後方超過四千萬人口，此城市區域為最佳之選擇。
- (2). 島上規畫有許多的海濱、淺灘、潮汐平台、湖泊及河流。主計畫包含三個主要填島所組成，使成為緊湊的景色，並各自有不同功能與尺寸，每個島嶼的建造均是一步一步的，因此在廢物管理利用的環境改變上具有良性之反應。這個計畫面積共 32 平方公里，約 30 億立方公尺填方，詳如 Table 1。

Table 1 General scale of Landfill Islands

Number of Island	Area (ha)		Filling Volume (x million m <sup>3</sup> )
	Reclamation	Land	
I-Island	800	600	690
II-Island	1,600	1,100	1,580
III-Island	800	500	590
Total	3,200	2,200	2,860

- (3). 由於東京地區飛航管制高度限制之故，這個島的限高不能超過 250 公尺，本計畫將持續進行 50 年，從地質、地理、社會觀點上的基本可行性研究後，得到之配置位於內灣的中心點，不致造成過多不方便。
  - (4). 目前這個巨大的島嶼採高度 250 公尺的三度空間綠化方式建造，增加許多潮汐平台及海濱可供海水之淨化作用。
2. 景色設計：在東京地區，最重要的景色就是富士山，雖然在東京市中心每天並非很容易的看到富士山，但它仍然是日本人民精神支柱及宗教信仰之一。從東京灣的海岸上，高大的填島景色使我們仍必須確認是否是富士山，未來填島之景觀將如下圖成為東京灣一個新的優美形象的景色。



(五). 填方材料

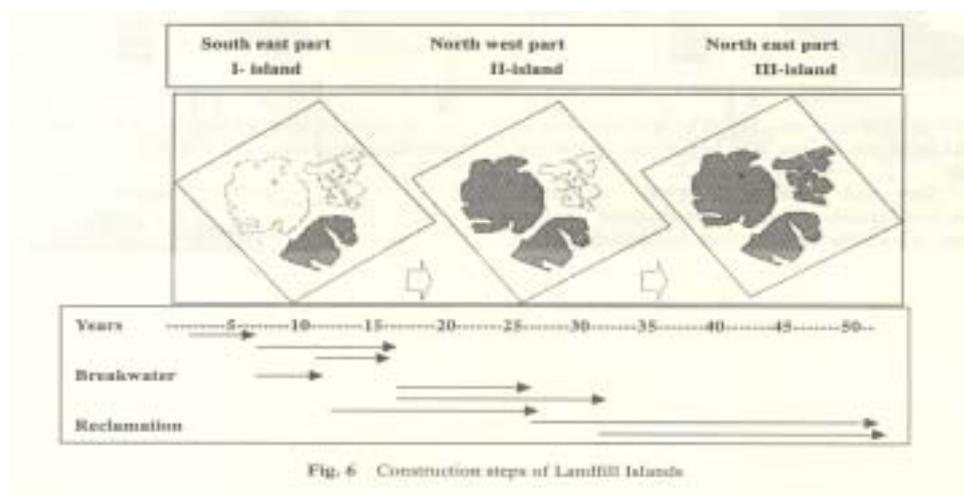
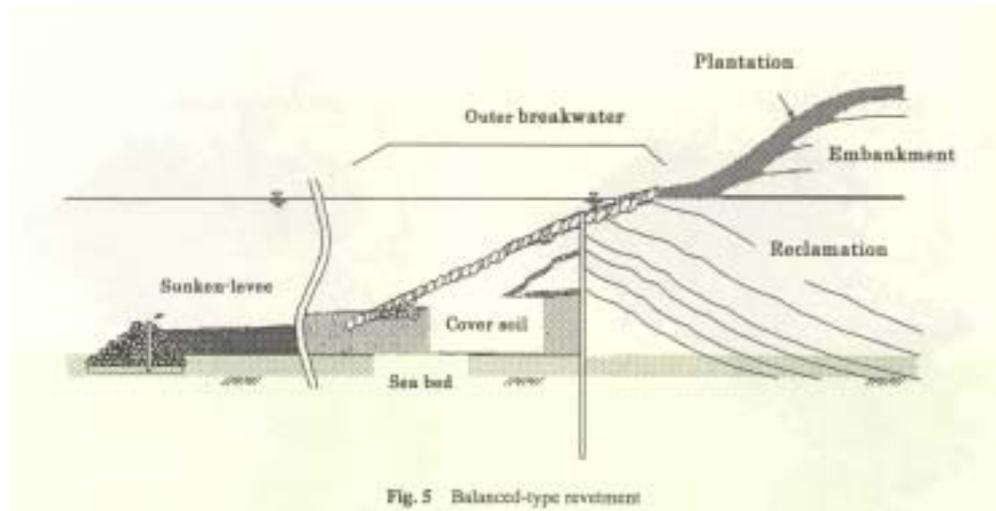
1. 本計畫需要 28.6 億立方公尺的大量填方，故若要從自然地表取得砂土材料實在是不可能的，再者，由於日本高度工業化活動致大量釋放及傾倒許多廢物料，而相關可處理地點卻極有限，因此對於無毒性、較不具傷害性的固體廢物材料及建造工程產生之廢棄土應可再作有效之再利用，所以本計畫即採用上述固體廢物及廢棄土最為材料。
2. 對於本計畫填方材料使用估算如下：
  - (1). 使用東京都會區總建築廢棄土量的 35%，約 4100 萬立方公尺之廢棄土。
  - (2). 使用東京灣浚挖之全部爛泥約八百萬立方公尺。
  - (3). 使用東京市的焚化殘渣約八百萬立方公尺。

上述每年共計提供 5700 萬立方公尺回填材料，假設持續供應 50 年，將足夠填島所需之總量。

(六). 填地地層之機械性能：

1. 未來填島後之地質完全視填於該處廢物材料之型式及數量而定。使用不同型式廢棄物做為材料時的工程屬性，每種經過改善處理均可為填方材料。瓦礫、爐渣經過破碎及攪拌處理後，同屬較佳品質的回填料。在回填工作程序上對於廢棄物經一定程度小心的處理後再利用是必須的，將來回填地土層屬性即是依據該回填料而定。

(七). 建造步驟：填地時，大的外廓防波堤是必須的，由於內部只有輕載，故以護岸即可，fig5 為平衡式護岸斷面圖，fig6 則為建造時程圖，穩定的廢棄物諸如廢棄混凝土、瓦礫、玻璃、廢棄土等可填於海水下，較具有害性者則必須控制回填於海水上，以防滲入水中。



(八). 環境衝擊評估:在採用廢棄物填土之前對於環境安全之影響應仔細評估,特別在海洋環境之品質及數量上應詳細檢驗。

1. 東京灣之水質淨化:東京灣積聚著大量的爛泥,它包含許多有機物質,造成海洋環境上之負載,它是一個海洋污染源,存在於爛泥之最深處,當我們將它回填覆蓋後,由於這些爛泥所造成之負載減小了,這些位於東京灣因爛泥部份所致之總負載經以 COD 為基礎量測結果每天大約 100 噸,因為填地之影響經估算每天約為 12.5 噸。
2. 潮汐平台及海濱有一個很重要的功用及能力就是淨化海水水質,因此,有許多的潮汐平台及海濱被設計在本計畫中。它們的功能大致如下:
  - (1). 潮汐平台淨水能力估算值:潮汐平台總面積為 8.75 平方公里,以 COD 計算其淨水能力每年約 1,000 噸。
  - (2). 海濱淨水能力估算值:海濱面積約 2.25 平方公里,以 COD 計算其淨水能力每年約 70 噸。因此潮汐平台及海濱淨水總能力以 COD 計算每年約 1,070 噸。
3. 廢物填島後環境影響估算結果:以東京灣水質之檢驗分析數字可讓我們瞭解以廢棄物填地對環境上之衝擊。經分析顯示水中浮游生物分佈情形,它們顯示本計畫的環境衝擊情形,但尚不嚴重且可接受。
4. 創造新的水邊:大面積的綠化可提供許多供鳥類庇護的生存環境,這是目前所沒有的。在漁業資源方面,防波堤及護岸設施可吸引魚及殼類的聚集。

(九). 建造計畫及費用估算:對於大面積、長時期的填地工作所需的一些新觀念是必須發展的,如下所列:

1. 柔性結構:即 fig5 所示之平衡式護岸。
2. 便宜的建造方式:廢棄材料的再利用。
3. 防波堤結構物減低環境負載。
4. 環境衝擊減少之方法,慢及平衡的結構為主要之關鍵
5. 這個大回填計畫的造價是非常高的,表三為整個總造價,以每個結構物

的工作數量及其單價粗估結果至少需 400 億元，在這個案子，我們可以考慮接受廢棄料，因此回填所需填方材料不需費用，而每立方公尺的廢棄料尚可收取約 10 至 100 美元的廢物處理費，收取之處理費則依廢棄材料之品質而定，無毒及固體廢棄物如砂、礫石等收費最便宜，軟爛泥、有害物等的廢棄物價錢則較高，這個填地案平均可接受之廢棄物處理費約為每立方公尺 30 美元，由於本計畫填地材料所需的總數量將達 30 億立方公尺，總收費預料將達 900 億美元，可為建造費的兩倍以上。雖然我們仍須考慮初期處理場建造費之投資，但足夠平衡。

		體積	單價 ( US\$ )	總價 ( 百 萬 US\$ )	備註
防 波 堤	外圍	10km	300,000/m	3,000	.包括地質改良 .水深-20M
	平衡用	30km	100,000/m	3,000	一般沙土堆之坡度
填埋		2,790 百萬 m <sup>3</sup>	10/ m <sup>3</sup>	27,900	.包括運送及夯實
植生及設施		3,200ha	100/ m <sup>2</sup>	3,200	.包括碼頭及港口設施
地下結構		5 百萬 m <sup>3</sup>	500/ m <sup>3</sup>	2,500	.儲存結構及維修設施
運輸設施		8 站	50 百萬/站	400	廢料及回填料之裝載碼頭
總計				40,000	

(十). 結論：利用廢物填島計畫為廢物管理中，最可行對策之一，它包含廢物回填及長時期建造，而其結果無論在地質、環境調查等，顯現以廢棄垃圾填島為高可行性且可實際的執行，尤其海洋環境及結構造價上。剩下的問題需予解決的羅列如下：

1. 求取並獲得公眾的贊同。
2. 廢棄物填地的法律。
3. 詳細的環境衝擊評估
4. 運輸填方材料的技術性問題
5. 填島的管理及掌控。

(十一). 感想

1. 對於廢棄物一直是世界各國之痛，以台灣而言，垃圾大戰、廢棄土之處理，一直是台灣中央及地方政府之難題。在台灣看看我們之垃圾有在山谷、河邊、海邊，其先決條件為無人居住之地方，而非環境事宜之地方。比如建於河邊之垃圾場，每遇洪水即遭破壞，垃圾向下游流或流入海中。在海邊之垃圾場亦常因颱風之波浪損壞，垃圾流入海中，對於環境及海洋生態實一浩劫。
2. 本計畫時間長達五十年，可能初期之效益不佳但隨著陸地土地資源之日漸減少，將成為必須走的一條路。在台灣其實在地層下陷區亦可以此觀念推動，以一個長遠之計劃，將國土再造。

#### 四. 日本離岸人工島之興建—離岸機場為例

(一). 概述

1. 在日本三大主要都會區，於陸地尋找地方興建機場愈來愈困難，主要係因噪音之問題，因此離開岸邊於海上尋求基地興建機場。在 ISE 灣，中日國際航空公司 (CJIA) 已建有離岸機場；在 Osaka 灣，關西國際航空公司 (KIA) 已建有人工島並在營運中(phase 1)，目前正進行第二期人工島之興建中(phase 2)。在東京灣，東京市政府建造一廢棄物堆儲場，未來將建機場並由東京國際航空公司營運。

三座機場計畫表

	TIA	KIA(phase 1)	CJIA
位置	Tokyo Bay	Osaka Bay	Ise bay
計畫執行者	Ministry of Land, Infrastructure and Transport	Kansai International Airport Company ,ltd	Central International Airport Company ,ltd
人工島面積 (ha)	1100	510	470

施工期	Since Jan 1984	Jan. 1987-sep. 1994	Aug.2000-Mar.2005
計畫概述	第一期：新跑道 A 第二期：西側旅客中心 第三期：新跑道 B&C, 東側旅客中心	24 小時營運機場，且有 3500M 之跑道	24 小時營運機場，且有 3500M 之跑道

## (二). 離岸人工島機場施工特性

1. 離岸人工島機場施工特性有二，其一為島本身之壓密沈陷，其二為機場主要設施如跑道、停機坪之差異沈陷。另需注意的是，由於大面積之離岸人工島將導致水文環境變化之衝擊。

### (1). 離岸人工島壓密沈陷之考量

上表三區海灣之土質為沖積層和洪積層組成，最大部分為沙和黏土組成之沖積層，而洪積層部分則由多層之沙和黏土組成。當建造時，該表層之沖積土層因回填料而產生壓密沈陷。在 KIA 島例子中，因較大水深，而使回填料之呆重造成土層之移動，導致沖積土層壓密度較預期的好。

機場營運時，不能因波浪之越波將陸地沖毀，且施工時因採重力排放之方式，所以陸地完成面需有足夠之高度。因為決定最後完成面之高度是很重要的，所以必須先行預測並於施工中作沈陷監測，以決定完成面之高程。

### (2). 對於機場主要設施差異沈陷之考量

對於跑道、車道、停機坪於工程中需要求很高之平整度，在日本停機坪之坡度應等於或小於 1%；跑道之縱向坡度應等於或小於 1.5%。在機場之重要設施如果不能保證，則混凝土鋪面，如跑道將損壞而發生危險。因而地質改良必須進行以確保營運時沈陷量減至最小。同時對於重要設施如跑道、停機坪、房屋之差異沈陷減至最小。因此排水沙樁工法被用以改良海底床黏土層是適當的。但因土質改良因技術限制無法到深度較深處，則仍有差異沈陷發生之可能。則於設計、未來營運、修補時需予以補償。

## (三). KIA 第一期離岸人工島壓密沈陷之考量案例

1. 海床地質：施工位置離岸 5KM，平均水深為 18M，海床由 20M 厚之沖積黏土層，其下為幾百或更深之洪積黏土及沙礫層。各土層之深度在本區並不均勻。

2. 離岸人工島壓密沈陷之考量；

因施工地點水深深，考量回填之厚度大（最小深度為 30M），不僅沖積黏土層之正常壓密沈陷需考量，同時洪積層之壓密沈陷亦應考量。利用排水沙樁工法，使在營運前強迫沖積層之黏土土壤壓密沈陷。地基土壤改良以此方式是適當的，但對洪積層曾就無任何改良之方法可適用。基此緣故，最重要之技術問題為如何評估洪積層黏土長期之沈陷量？及如何正確設定填築高程？

依興建前之調查，洪積層沈陷面積非常廣。計畫提出時，先提出一最可能之沈陷值。施工時作一全尺度之填築區，並量測及修正估算值。此一監測及施工方法，可改善預估值。

另一為減小不同時間回填產生差異沈陷之問題。也就是說，因主要設施，包括旅客中心、跑道等係沿著長軸之方向興建所以回填之規則應平行長軸進行。

再者，由於回填層厚 30M 或更厚，因壓縮沈陷及搖動沈陷（因地震）造成差異沈陷穿過設施，所以對於回填層之基礎改良以夯實工法改良。

#### (四). TIA 第一、二期工程對機場主要設施差異沈陷之考量案例

1. TIA 係計畫利用離岸廢棄物堆積場興建，其土方來源為鄰近都會區建築廢土和東京灣水道、儲水池、和航道等處浚挖之污泥。其原來之土層為具有緩坡之沖積沙層及黏土層，和洪積黏土及沙-礫石層。1970 年代因東京灣之工業區發展所以於灣中抽取沖積層沙造地，所以現海床面凹凸不平。後來浚挖污泥及工程廢棄土傾倒此處形成一人工島，其地層組成非常複雜。

為瞭解此一土層所以在此以 100M 之格網作鑽探，50M 之格網作荷氏錐，25M 之格網作聲納以檢測。

2. 基礎改良：第二期為混凝土製之停機坪所在，全區採用塑性排水及擠壓沙樁，沙樁深度達 20M 但較深之土層無法改善，且其厚度不均一及平滑，

因此預測殘餘沈陷量未能完全排除。

### 3. 對於主要機場設施差異沈陷之考量

如地層未改良沈陷量為 2M 4M，依上述方法改良後，五十年之殘餘沈陷值為 0 1M。但仍有差異沈陷存在。所以以工程設計之手段處理。停機坪部分，用預力混凝土（PC）。當差異沈陷發生時，因預力之作用，停機坪將變形但不至於損壞。如變形太大，PC 版以千斤頂抬升後，在版下方用水泥漿予以注漿，以減少修復之時間。

### (五). 以 CJLA 工程為例

#### 1. 工程特性：

本區水深只有 3M 10M，島之東方有一軟弱黏土層，預估沈陷量為 2 3 公尺。該區為興建跑道及停機坪之處，需有良好之基礎。在基礎改良後，預估未來只有 30 公分之沈陷量，其較前二案較佳。

在本案有一千萬立方公尺由 Nagoya 港浚挖而來，並將予以用水泥處理後置放在島之北方。因為是利用港區挖取之沙再利用水泥處理，其較便宜且快速，其完成後土壤之強度為 120KN/M<sup>2</sup>，此為日本第一次如此大體積之泥土以水泥處理工作。

(六). 結語：人工島之興建除沈陷及差異沈陷需考量外，對於島之位置、形狀、海堤結構等必須就水文環境之衝擊予以考量。

## 陸、 建議事項

- 一. 基於國內廠商不重視工地之勞工安全衛生、環境保護，所以營建業之工安事件及因損鄰、污鄰造成鄰近居民之抗爭屢見不鮮。因而建議對於法令、施工規範應予以加強，對於勞安需作事項及罰則應逐條訂定規範於合約中並確實執行。
- 二. 台灣工程採最低標將造成工程品質之低落，時有不合理之價格出現，其造成之結果可能為偷工減料、違法盜取砂石、違法超載、正派經營之營造廠商倒閉...等造成社會成本大增。因而工程招標之制度應作適度之修改，已確保營建市場

之生機。

- 三. 公共工程由政府部門設計、發包因對於新工法、新材料之使用會有違法之嫌，為促進國內工程之水準，對於大工程或有新工法之工程，宜多採統包之方式招標，以促進國內工程之水準。且對採購法相關子法中「統包實施辦法」需予以強化。
- 四. 對於工程廢土、港區浚挖之土，建議應仿效日本填海造地之作法，將土壤予以有效之存放一段時間後，再予以開發利用。如此一方面可解決廢棄土亂倒之問題，一則對於天然資源可充分利用。
- 五. 工程之設計不只是功能、機能之符合，更重要的是應加入人文素養及對環境之尊重。對於國內工程人員之人文素養之提升，建議應多辦講座。

## 柒、圖說及照片（如下）

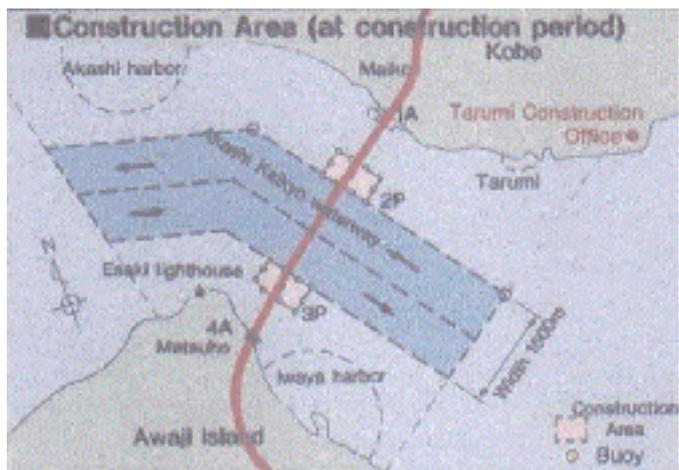


圖 1-1：明石大橋位置圖

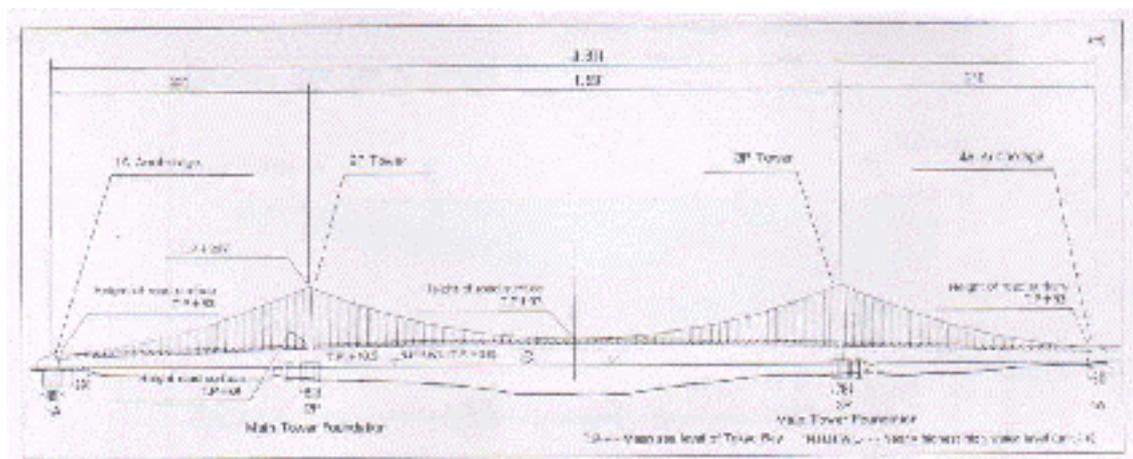


圖 1-2：海峽橫斷面

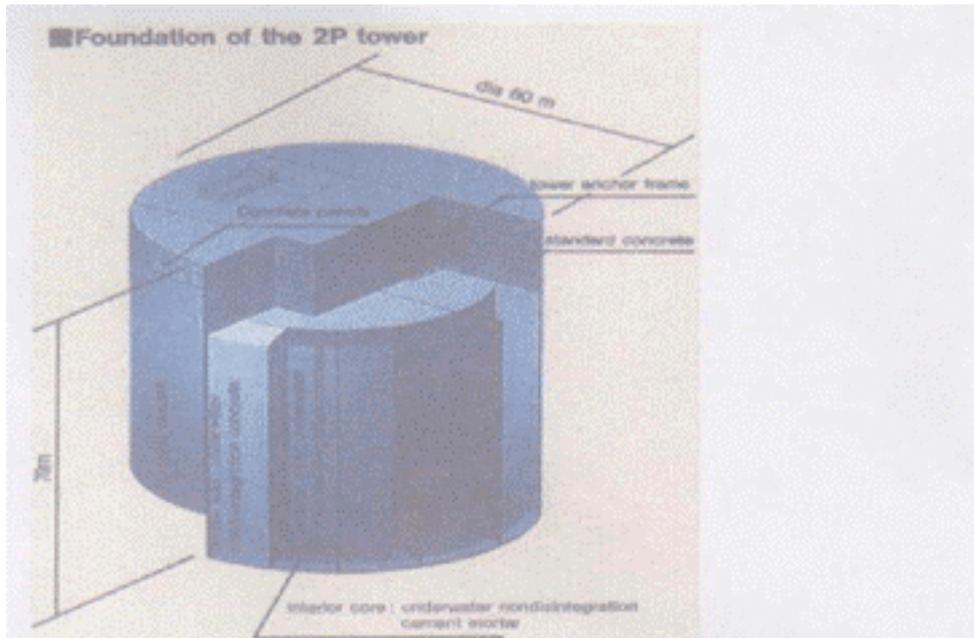


圖 1-3：橋墩基礎圖

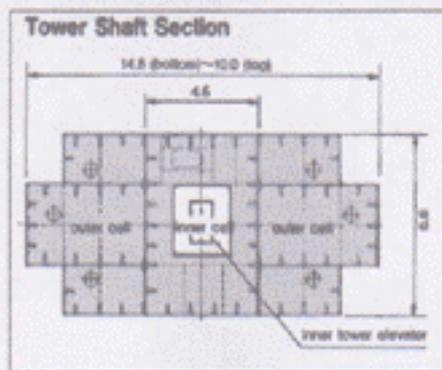


圖 1-4：主塔橫斷面圖

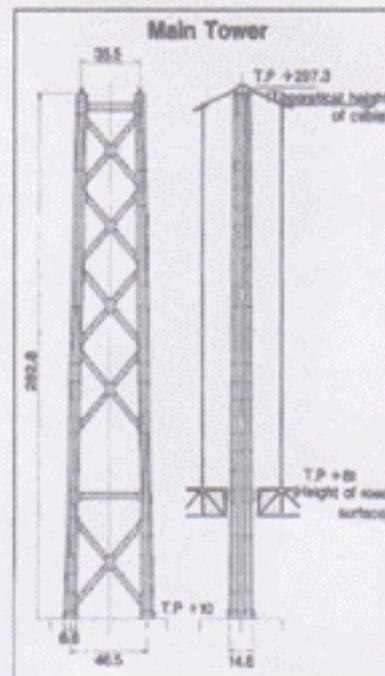


圖 1-5：主塔立面圖

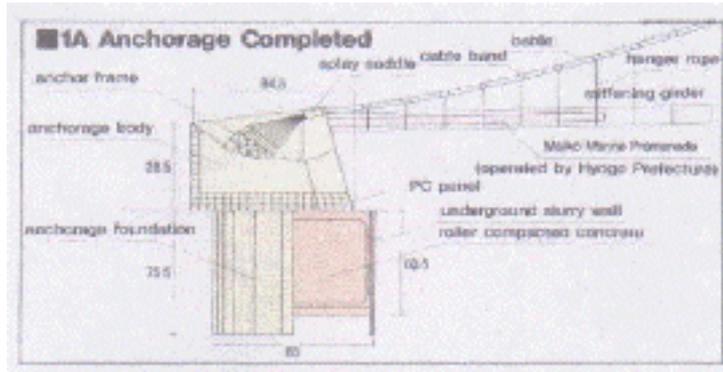


圖 1-6：橋台及錨錠座

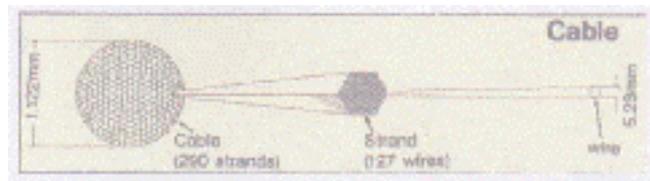


圖 1-7：鋼纜構造圖

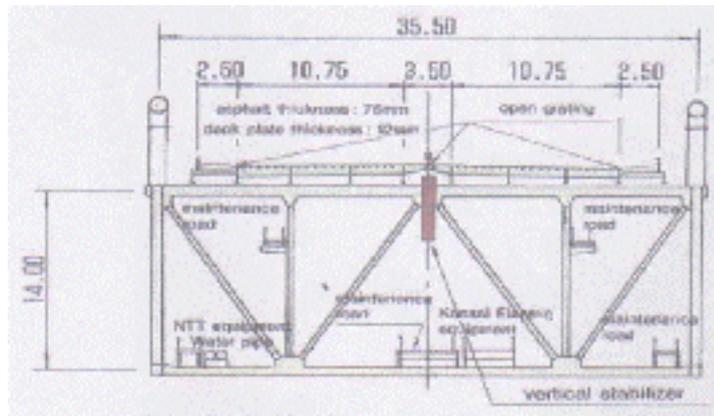


圖 1-8：橋樑本體構造圖

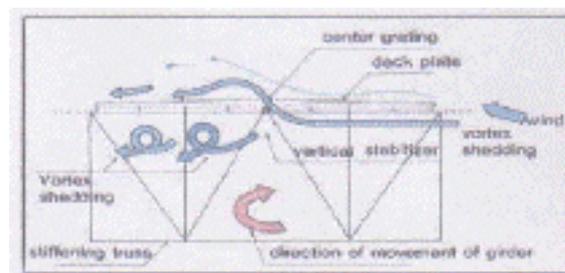


圖 1-9：穩定版作用圖

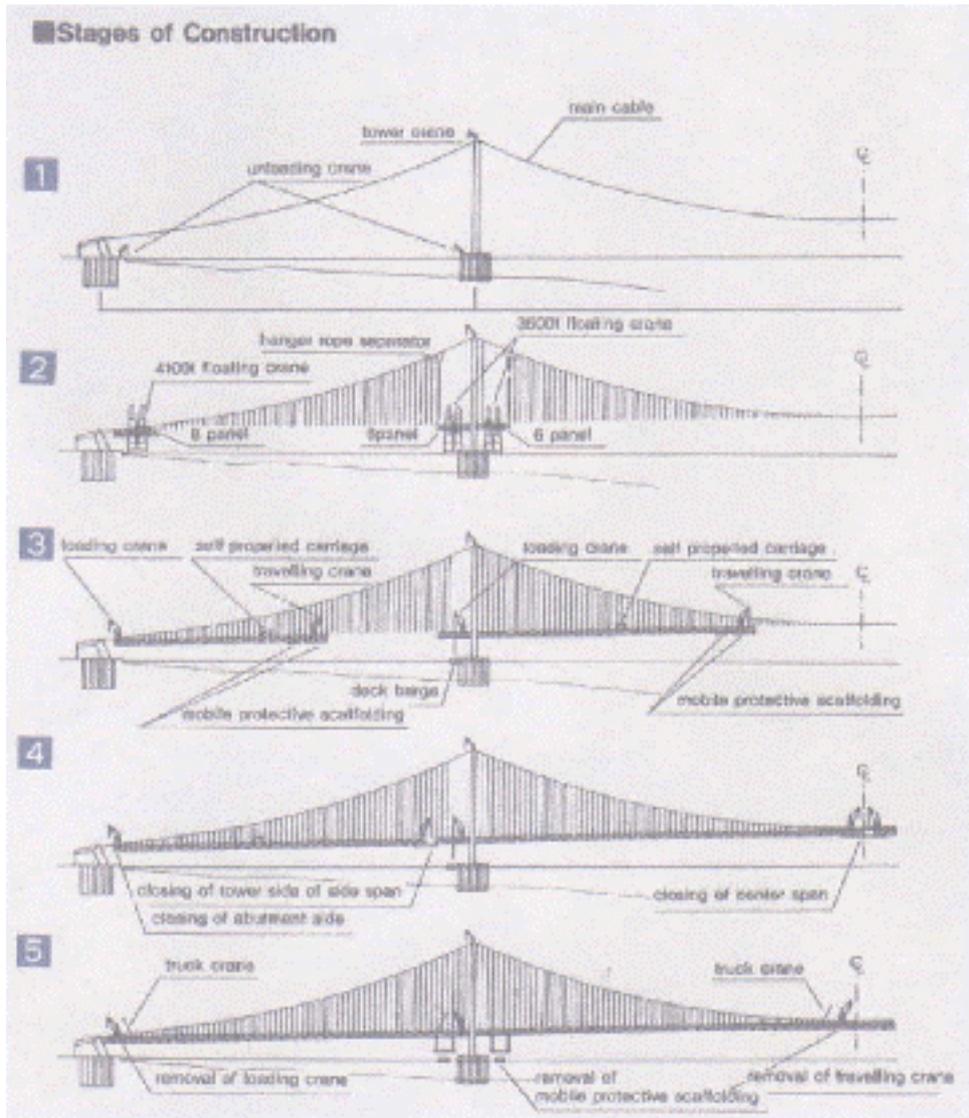


圖 1-10：施工順序圖





圖 2-1 : 長田隧道設施配置圖

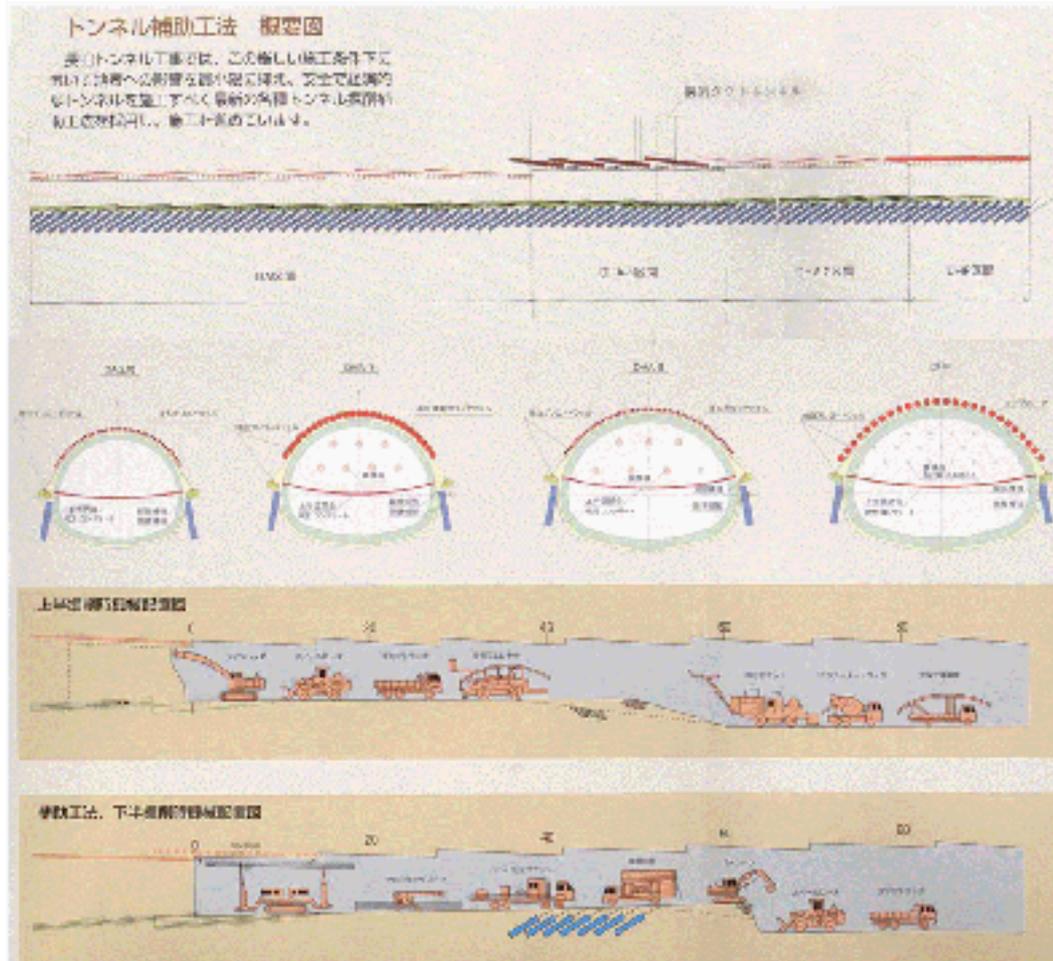
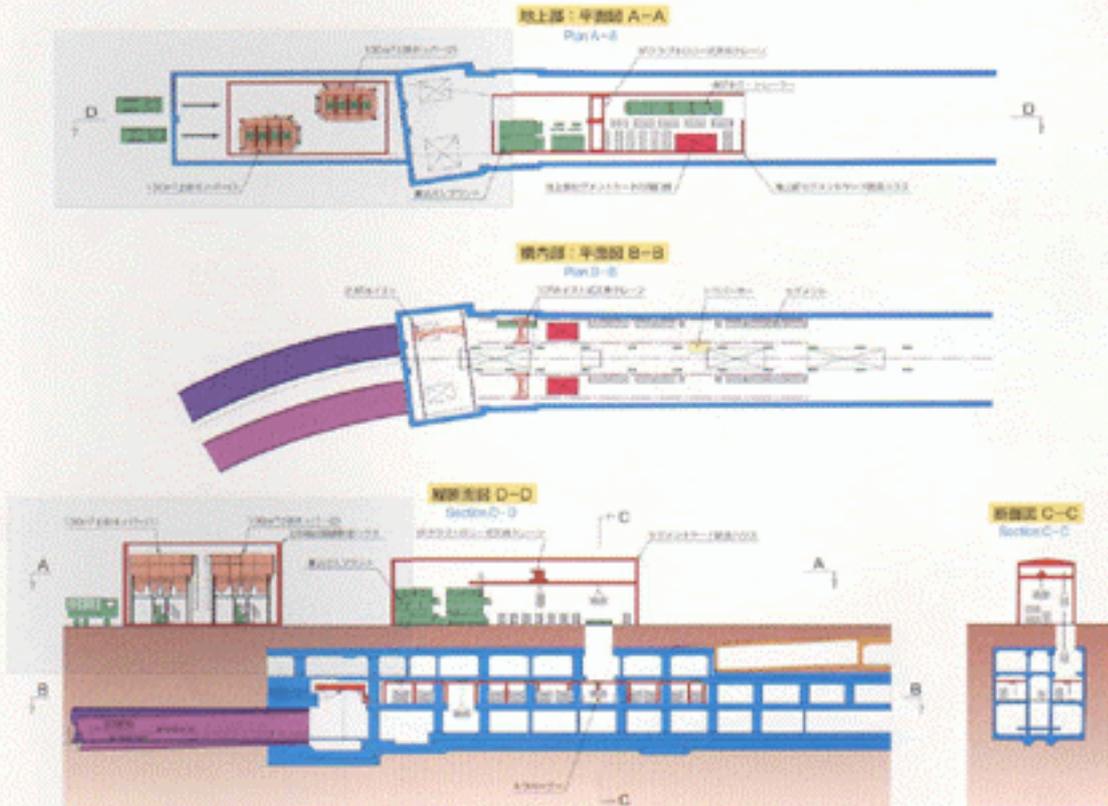


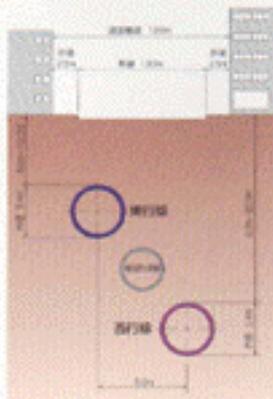
圖 2-2 : 長田隧道設施順序圖

# Underground Railway (Shield Tunneling Method)

## ● シールド基地設備 Equipments of Shield Tunneling Base

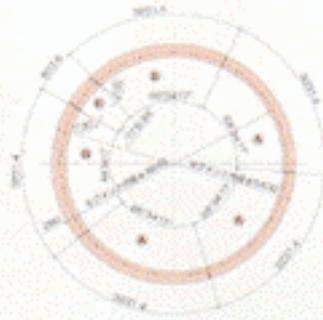


## ● 線路部 標準断面図 Typical Section of Underground Railway



## ● シールド一次覆工 (セグメント) Segment

鉄筋コンクリートセグメント (RC Segment)  
(幅：1,200mm)



ダクタイルセグメント (DC Segment)  
(幅：900及び1,200mm)



図 3-1：神戸高鉄海岸線施工場地配置圖

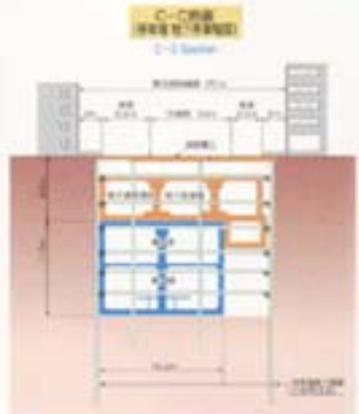
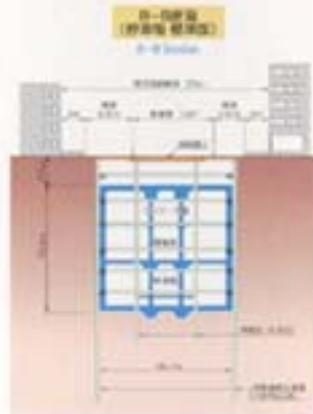
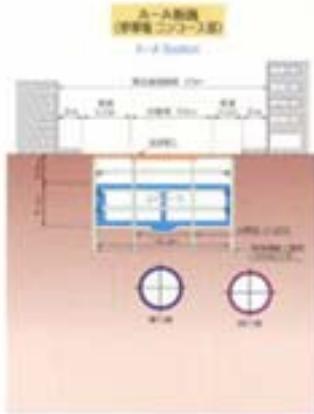
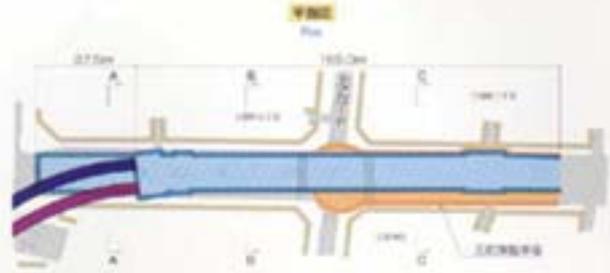
## 停車場部（開削工法）



## Motomachi Station (Cut and Cover Method)

停車場部は、道路のほぼ全幅員（25m）にわたり、延長202.5mを開削工法で施工します。土留壁は、地下水が豊富にあるため止水性の高いSMW工法を採用します。また、GL-26m以下にある湧き出す土留の地圧水は非常に高く、掘削中の膨ぶくれ防止対策として地下水位低下工法を採用します。

The dimensions of open excavation at Motomachi station are 25m wide which is nearly the entire width of the existing road, and 202.5m in length and 20m in depth. A SMW Soil Mixing Wall method is being adopted to the retaining wall system to ensure blockage of underground water, and a deep well method is also being applied against floor heaving, which might be caused by high-pressure water at the Chlorium Sandy layer (GL-26m).



### ●開削部主要工法 (Main Methods for the construction of Station)

**SMW工法：土留壁工** (SMW method: soil retaining wall)  
SMWの造成は、粉砕土とセメント系懸濁液を攪拌練砕機によって混合攪拌し、高い止水性を持った連続土留壁とするものです。水圧・土圧の増大に対しては、H形鋼芯材を挿入し、耐力増大させます。

**CJO工法：土留壁掘削機工法** (CJO method: soil retaining wall excavation machine method)  
超高圧水で土を切削し、そのスラ임을効率的に排出させると同時に壁心距を確保し、円柱状の掘削体と鋼骨構入で地盤を改良します。

**オールケーシング工法：地下水位低下工** (All-casing method: groundwater level lowering work)  
砂質土層中の地下水位による膨ぶくれを防止するため、オールケーシング工法にてディープウェルを設置し、降水を行い、低下地下水位を低下させ掘削地盤の安定を図ります。

**プレロード工法：土留壁保工** (Preload method: soil retaining wall maintenance)  
掘削に先立ち、高圧ジャッキで切羽に圧力を導入する工法です。導入圧力は、弾塑性応力設計にて得られた切羽耐力値とします。掘削による土留壁に荷重が作用しても、プレロード分の圧力は軽減されます。このため、切羽の弾性変形やジョイント部のおそびによる漏れが防止され、土留壁工深掘全体の剛性が高くなり土留壁の变形が少なくなります。

**計測システム：計測工** (Measurement system: measurement work)  
工事中の岩盤地盤変動・地下水位変動・土留壁工の変位変動をリアルタイムで計測し、安全性や周辺への影響を把握します。計測データをもとに計画と照合し、施工にフィードバックしながら、工事の安全性を図ります。

図 3-2：神戸高鉄海岸線停車場施工方法

## 線路部 (シールド工法)

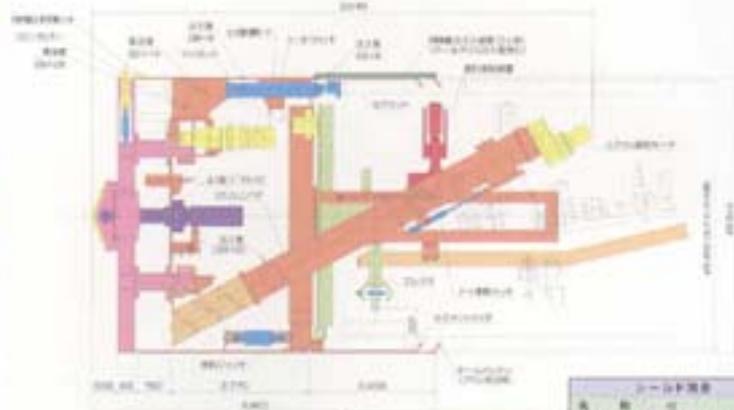
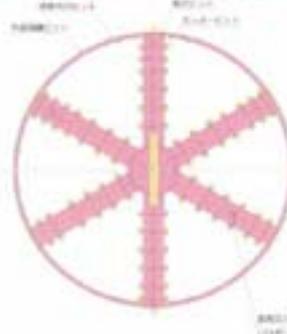


シールド機は、余剰土量を掘削力少なくし、容易に急曲線施工ができるよう中折れ方式を採用します。シールド通過部の土層は、主にN値10～20の沖積砂質土層、N値10～50の沖積砂質土層、N値10前後の洪積粘性土層となっています。掘削土砂搬出には、急勾配であること・メタンガス対策等を考慮して土砂運搬方式を採用します。

An earth pressure balanced shield machine, equipped with articulation system has been adopted, in order to minimize over excavation, and to enable the machine to drive at a sharp curved line. Soil layers for the excavation vary between alluvial sand (N value 10-20), diluvial sand (N value 10-50), and diluvial clay (N value around 10). An automatic pumping method is being applied to the transportation of excavated material. In applying this method, conditions such as the steep gradient of the line, the possibility of existence of methane gas have been considered.

### ● 泥土圧式シールド機

Earth Pressure Balanced shield machine

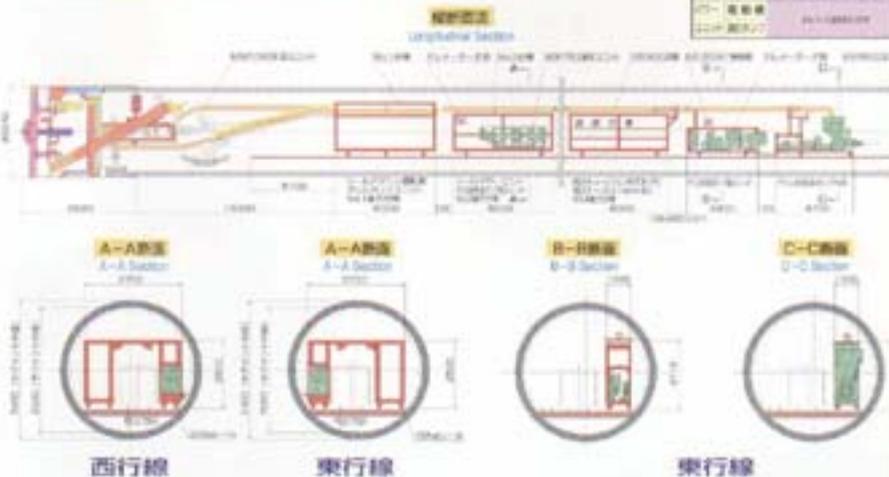


### ● シールド機の特徴

1. 掘削土中の約一半掘削量を切り削り土圧が急激に増大しないようにスカーブタイプのカッターヘッドを採用。
2. 掘削中の予知地層変動からのカッタービットの保護はローレル刮削装置採用のため、先行ビットよりさらに先に特種形状ビットを装備。
3. 切削入り機内から掘削できるようバレルヘッド部等に常時注水装置。
4. テールホイルの送りかなり装置のため、送付量に注入量を調整。
5. 急傾斜施工が容易にできるように中折れ構造を採用。

### ● シールド掘進設備

Equipments of Shield Driving System



常備品及び入替要品表	
品名	仕様
掘削シールド	EPBシールド機
ローレル	刮削装置
バレル	ヘッド
カッター	ビット
スクレイパー	装置
コンベヤ	装置
ポンプ	装置
送風機	装置
照明	装置
冷却機	装置
給排水	装置
電力	装置
空気	装置
ガス	装置
その他	装置

シールド機表	
品名	仕様
シールド機	EPBシールド機
ローレル	刮削装置
バレル	ヘッド
カッター	ビット
スクレイパー	装置
コンベヤ	装置
ポンプ	装置
送風機	装置
照明	装置
冷却機	装置
給排水	装置
電力	装置
空気	装置
ガス	装置
その他	装置

常備品及び入替要品表	
品名	仕様
掘削シールド	EPBシールド機
ローレル	刮削装置
バレル	ヘッド
カッター	ビット
スクレイパー	装置
コンベヤ	装置
ポンプ	装置
送風機	装置
照明	装置
冷却機	装置
給排水	装置
電力	装置
空気	装置
ガス	装置
その他	装置

カッター表	
品名	仕様
カッター	ビット
スクレイパー	装置
コンベヤ	装置
ポンプ	装置
送風機	装置
照明	装置
冷却機	装置
給排水	装置
電力	装置
空気	装置
ガス	装置
その他	装置

図 3-3：神戸高鉄海岸線隧道施工方法

圖 3-3：神戸高鉄海岸線隧道施工方法





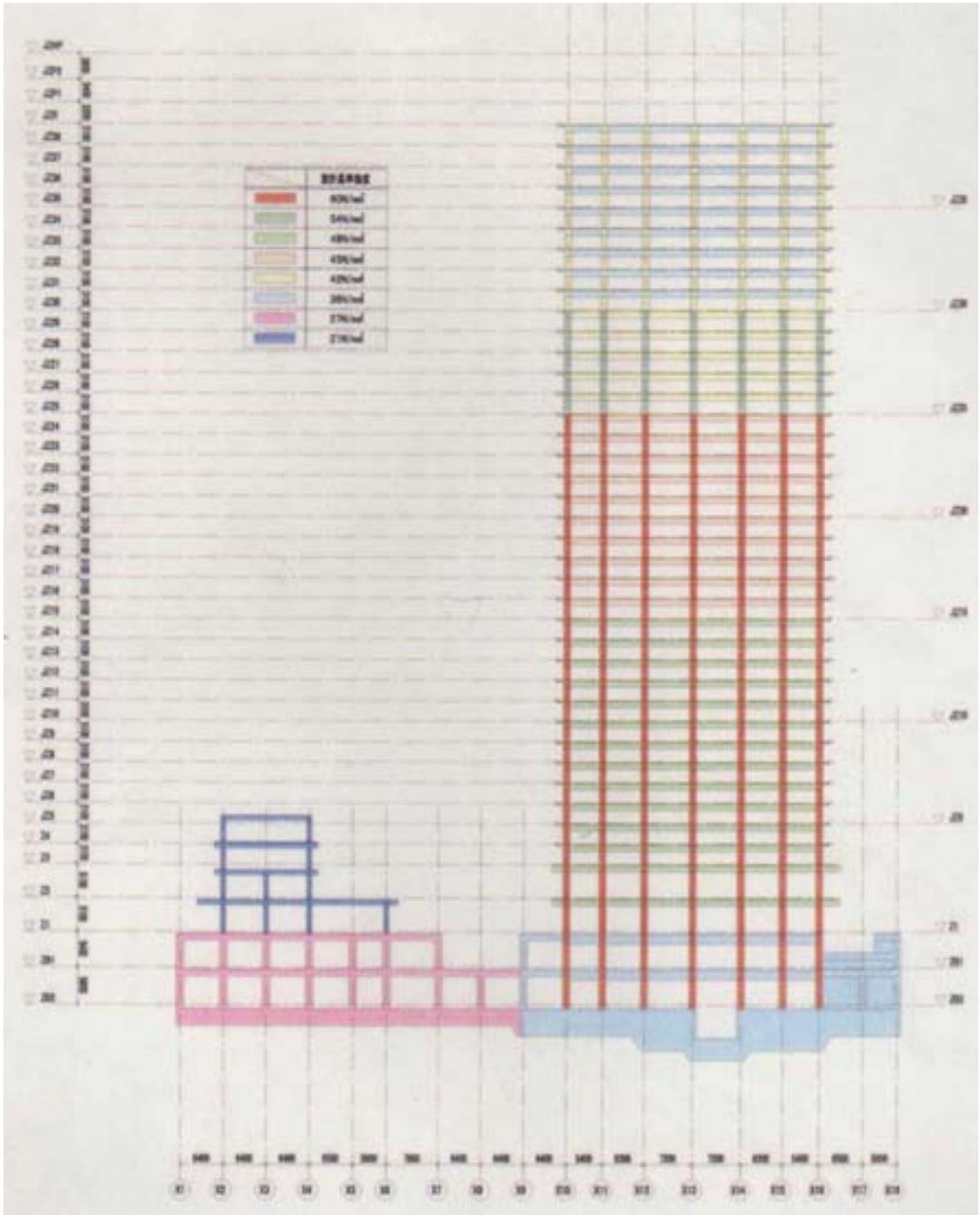


圖 6-1：月島組合式建築混凝土強度分配圖



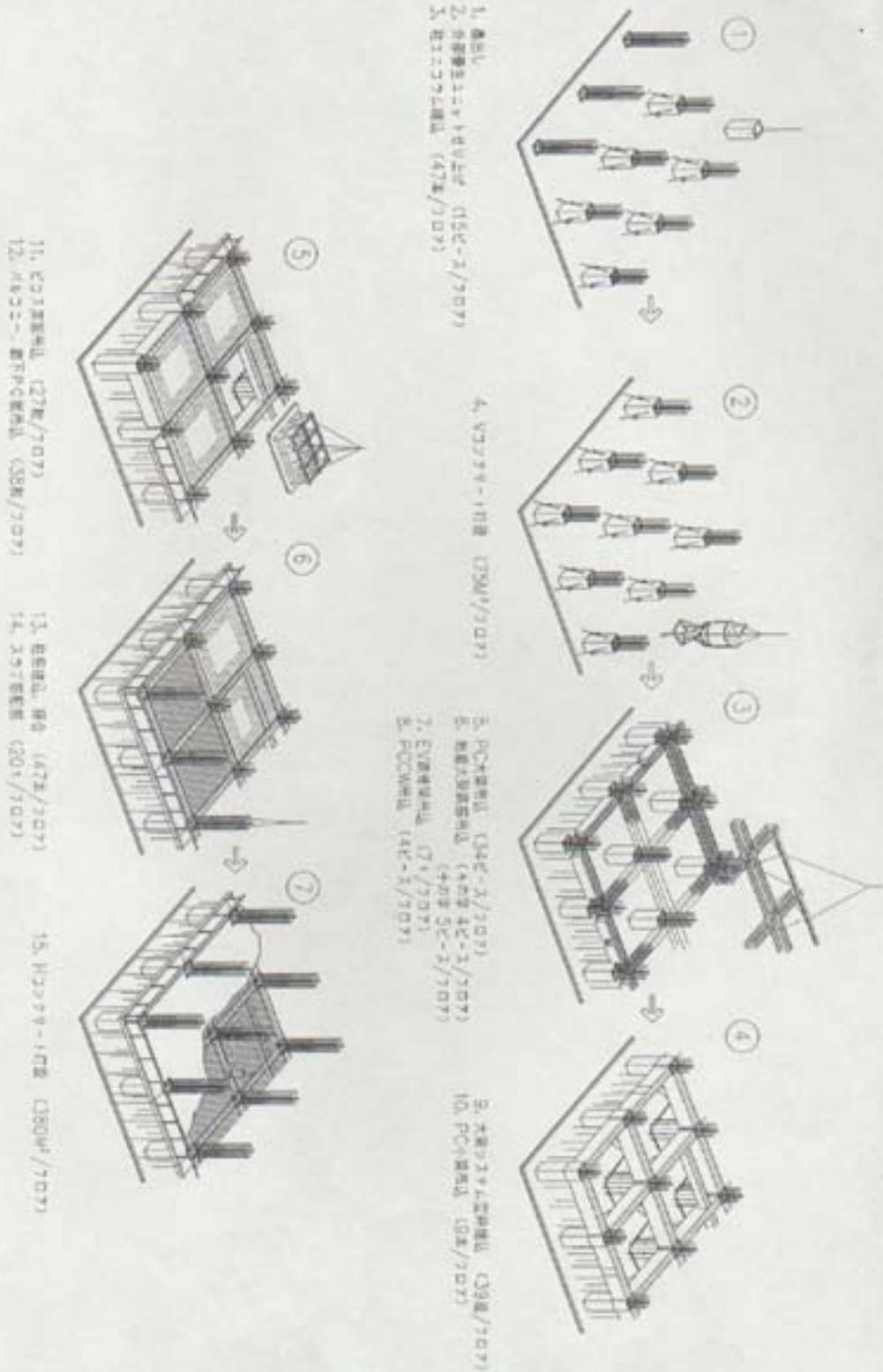


圖 6-3：月島組合式建築預鑄式房屋施工程序圖

# 東京湾アクアトンネル Tokyo Wan Aqua-Tunnel

## 東京湾の海底10kmの道

アクアトンネルは、海底下最大60mの海底を両側から掘り進んで途中接合させた延長約13km、世界最大の遠征シールドトンネルです。

## Route with a Length of 10 km Running on the Bottom of Tokyo Bay

The Aqua Tunnels providing the route running on the bottom of Tokyo Bay are one of the largest highway shield tunnels in the world with the full length of about 10 km, where the bottom of the sea were excavated from the both sides and joined together with the maximum depth of 60 m from the sea level.

## 世界最大級のトンネル

シールドトンネルは、高水圧で軟弱地盤と言う条件下で切羽の安定と止水を確保するため、密閉型シールドマシンを使用しました。シールドマシンは、口径14.14mの間隔状で先端に取り付けられた刃が回転しながら、高圧の泥水を使用し、崩れないように押しえられた土を削り取ります。泥水となった土はポンプにより排出し、マシン後方では1.5m進む毎にセグメントをリング状に組立てトンネル壁を構築しました。この掘削、泥水の循環水、セグメントの組立は全て自動化されています。浮島製作所及び宇津保人工島の立坑と川崎人工島の両側から推進した2本のトンネルは向って施工し途中で接合しました。

## The Biggest Shield Tunnels in the World

To insure stability and watertightness at the tunnel face under the severest geological conditions of high water pressure in very soft soils, the slurry shield tunneling method has been selected.

The shield machines are cylindrical, with a diameter of 14.14 meters. Cutting tools mounted on the forward surface rotate to cut away the earth ahead of the shield, while high pressure slurry prevents the earth face from collapsing during work. The cut earth is reduced to slurry, which is then pumped away from the work site. The tunnel wall is constructed by assembling ring-shaped segments at the rear of the shield machine after each 1.5 meter advance. The entire process of boring, slurry supply and discharge, and segment assembly is automated.

The twin tunnels starting from the Utsushima Access, Umihotaru, and the two sides of the Kazenobu were dug simultaneously from both ends and met underground.

## 耐震対策 / Anti Seismic Measures Taken



- 可とうセグメント / Flexible Segment**  
最大変位最大60mm、垂直方向10-15mmの変位量を吸収する。Deformation reaching maximum 6 mm in horizontal direction and 10-15 mm in vertical direction is absorbed, respectively.
- 弾性減衰ゴム製ワッシャー / Elastic Washer**  
1箇所12箇所の変位量を吸収する。Absorb 12 places of displacement of 6 mm at a point.



## 可とうセグメント / Flexible Segment

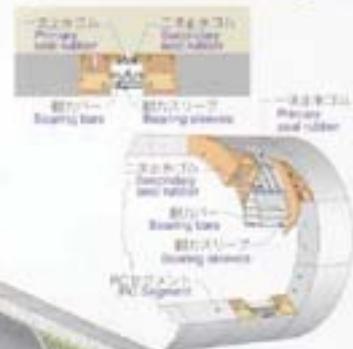


図 8-1 : 東京湾穿越工程隧道剖面圖

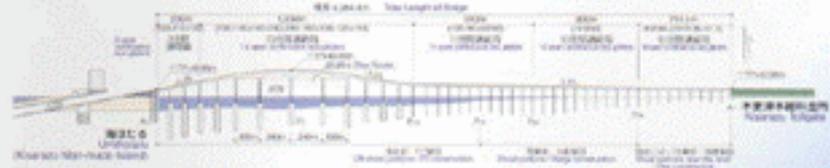
# 東京湾アクアブリッジ Tokyo Wan Aqua Bridge

## 東京湾アクアブリッジ

アクアブリッジは、海ほたるから木更津取付前までの区間を結ぶ、全長約4.4kmの大橋梁です。

## Tokyo Wan Aqua Bridge

Aqua Bridge is a large bridge connecting Umihotaru and Kisarazu Tollgate with a total length of about 4.4 km.



## 最長10径間連続桁

世界でも例のない多径間連続化が図られ、最長では10径間連続桁、延長1,630mとなっています。積路をまたぐ沖合部では最大支間長240m、最も高い道路面は海面より約40mとなっています。

## Beams with maximum continuous 10 spans

Maximum number of continuous 10 spans was materialized as a worldwide exception reaching a total length of 1,630 m. In the portion located off-shore crossing the sea route, the maximum span length is 240 m, and the highest road surface is about 40 m high above the surface of the sea.

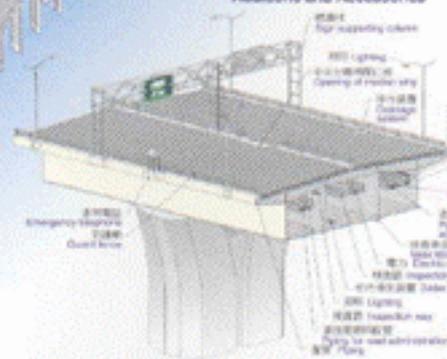
## 橋梁諸元 / Profile of Bridge

- 橋長 / Length 4,384.4 m
- 全幅 / Road Width 22.9 m (将来施工 / planned for future) 29.3 m
- 車線数 / Number of Traffic Lanes 4 (将来施工 / planned for future) 6
- 径間長 / Bridge Span 80m~240m
- 橋脚数 / Number of Bridge Piers 42

海ほたる (木更津人工島)  
Umihotaru (Kisarazu Man-made Island)

インターチェンジとランプ  
Interchange and Ramp

## 添装物及び付属物概要 Additions and Accessories



耐風設計・耐震対策  
Wind-resisting design and countermeasures taken for over excitation



防食対策  
Anti-corrosive Measures



耐震対策  
Earthquake-resisting Measures



## 橋梁上部構造の架設 / Construction Procedure of Bridge Superstructures

<p>① 沖合部 (PC架設) Offshore portions (PC construction)</p>	<p>② 浅瀬部 (台架架設) Shallow portions (SHJ construction)</p>	<p>③ 陸地に近しい浅瀬部 (橋脚架設) Shallow portions near the land (Pier construction)</p>	<p>④ 洗滌部 Washing portion</p>	<p>⑤ 沖合部 Offshore portions</p>
---	---	--	----------------------------------	------------------------------------

## 沖合部鋼製橋脚の施工手順 (P7橋脚) / Construction Procedure of Bridge Substructures (Case of Offshore)

① 浚渫工 Dredging	② 敷石工 Gravel filling	③ 導管設置工 Guide frame installation	④ 鋼管杭打設工 Steel pipe piling	⑤ 杭沈工 Underwater pile setting	⑥ 橋脚設置工 Pier installation	⑦ フーイングコンクリート工 Feeding concreting	⑧ 柱状コンクリート工 Bridge column concreting

圖 8-2 : 東京湾穿越工程橋樑施工圖

# 海ほたる (Sea Firefly)

## 海ほたる

東京湾には、本邦初の洋食料館の海上に位置し、川崎側のアクア・トンネルと千葉側のアクア・トンネルの接続を目的に建設された人工島の人工島です。

## 人工島

人工島の基礎地盤は、一部を海を越した地盤の深さから既設の地盤、海島工法は既設管を基礎として、山形と砂を埋め立てる工法を基盤として行います。その他、斜地部分の平坦化の掘削工、土留工の施工を行いました。浮動体部分の基礎は、鋼管パイプ工法を採用しました。

## 斜地部の基礎構造

### 埋め立て土留工

埋め立て土留工 (Fill and pile treatment)



### シャフト工留工

シャフト工留工 (Shaft pile treatment)



## 平坦部の基礎構造

### 鋼管パイプ工留工

鋼管パイプ工留工 (Steel pipe pile treatment)



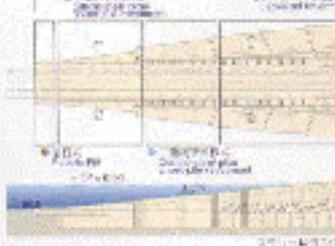
### 鋼管パイプ工留工

鋼管パイプ工留工 (Steel pipe pile treatment)



## 人工島の平面図・断面図

### Plan and Section of Man-made Island



## Umihotaru

"Umihotaru" (Sea Firefly), located about 5 km offshore, Kasama is an embankment made for the purpose of connecting the Aqua Tunnels on the Kawasaki side and the Aqua Bridges on the Kasama side.

## Man-made Island

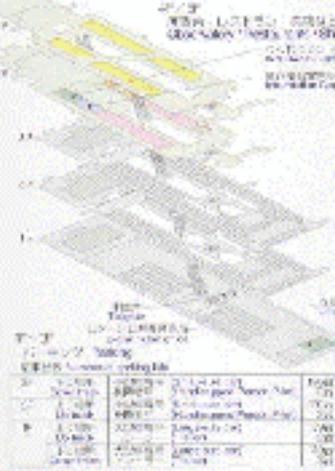
The foundation ground in this man-made island consists of soft ground with alternatively thin layers with some partial excavations.

Therefore, basic treatment of this foundation ground was the removal of soil and thin layers by dredging and replacement with soil and crushed stone.

After that, the slope and flat areas were enhanced and filled.

In addition, steel shell type caissons were used for the pile where the piled machines were launched on in the case of Utsunomiya Access.

## 施設紹介 / Facilities Introduction



## 施設断面図 / Section of Facilities



圖 8-3 : 東京灣穿越工程 sea fire fly 斷面圖

# 風の塔 Kazenotou (Towers of Wind)

## 風の塔

人工島上の換気所設置のために、東京湾特有の風に配慮した風洞実験を分析の結果、独自の形状を持つ、大小2つの塔の設置が採用されました。

太い藍色のストライプのデザインは、この塔の構造的な大きさを感じさせるものであり、「風の塔」と命名されました。

風の塔の施工位置は、川崎湾沖合5kmで、水深29m程度あり、海面下約30mは軟弱地盤層となっています。このためサンドコンパクションパイル工法等によって地盤改良を行い、その後土留め・護岸及び足場となる鋼製ジャケットを設置しました。

人工島の構築は鋼製ジャケットの間に地中連続壁を施工し、その内側に人工島本体のコンクリート構造物を造りました。トンネル施工中はシールドマシン推進基地として利用し、完成後に換気施設として利用しています。

## Kazenotou (Towers of Wind)

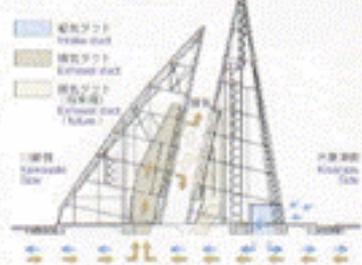
For the Ventilation Station located on the Kawasaki Man-made Island, a unique configuration of a large tower and a smaller tower was adopted after wind tunnel experiments and a numerical analysis, based on the distinctive features of the wind in Tokyo Bay. A bold marine stripe design gives a feeling of architectural volume to this structure, which has been christened the "Kazenotou" (Towers of Wind).

The location selected for the Kazenotou is 5 km off-shore from the Ukiyama Access, where the water is approximately 29 m deep. Because the seabed is soft to a depth of about 30 m, the ground is firstly stabilized by the sand compaction method and deep mixing method. A steel jacket serves as a combination retaining wall, pile structure, and work platform.

As the structure of the man-made island, diaphragm wall extending into the sea bottom is built between the inner and outer jackets. This concrete structure of the man-made island itself will then be constructed inside this diaphragm wall. During tunneling, the island provides a work base for the shield tunnel. After completion, it is serving as a ventilation facility.



断面図 / Cross Section



## 建設手順 / Construction Procedure

	<p><b>1) 地盤改良工</b> 海底下は軟弱な地層です。工事はまずこの軟弱地層を改良することから始められました。鋼製ジャケットの静的安定性を確保するため、サンドコンパクションパイル(SCP)工法で地盤改良を行いました。また中粒土の下部はセメントによる深層混合処理工法(DMB)により地盤改良を行いました。人工島本体の土台の完成です。</p>	<p><b>1) Soil improvement work</b> The soil under the ocean floor is soft strata. The works were started to improve this soft soil in the first place. To secure the horizontal resistance of the piles used for the steel jackets, sand compaction pile (SCP) construction method was used for the soil improvement. The soil used for the bottom of the fillers and embankments was also improved by the deep mixing method (DMB) of soil stabilization.</p>	
	<p><b>2) 鋼製護岸設置工</b> 改良地盤上に鋼製ジャケットと呼ぶやぐらを、2層のドーナツ状に配置します。この鋼製ジャケットは28章で構成され、最大のもは高さ33m、最大幅30m、重量約2,200tの4基です。これほど大規模なものは世界にも例がありません。</p>	<p><b>2) Installation of steel trestle structures</b> The scaffolds called "steel jackets" was built on improved soil in the form of double donuts. These steel jackets comprise 28 units including the largest four units with a height of 33 m and a width of 30 m, each weighing about 2,200 tons. There is no other example of such large units in the whole world.</p>	
	<p><b>3) 中粒土工、地中連続壁工</b> 次に海底地盤を土留めし、水もシャットアウトします。外側と内側のジャケットの間に連続壁を築きます。この地中連続壁は内径 98 m、高さ 19m、厚さ 2.8m で、世界最大規模を誇るものです。施工に関しては、許容誤差 ±70 mm という厳しい精度管理が求められました。</p>	<p><b>3) Filling between inner and outer trestle structures, and construction of diaphragm wall</b> Next, the water was spilt out by continuous underground wall which was built between the outer jackets and inner jackets. This underground walls with a inner diameter of 98 m, a height of 19m and a width of 2.8 m is of the largest scale in the whole world. The execution required severe accuracy control, allowing the error of ±70 mm, only.</p>	
	<p><b>4) 内部掘削工、中間部側壁工</b> 内側のジャケットを撤去し、海面下70mまで掘削します。様々な重機が集めた土砂を、1500t吊りフローティングクレーンに取り付けた45m<sup>2</sup>の巨大なクラブバケットにより排出します。その後、地中連続壁の内側に人工島の本体となるコンクリート壁を作ります。</p>	<p><b>4) Excavation at inside of diaphragm wall, construction of side wall in middle portion</b> After the removal of the inside jackets, the soil was excavated to a depth of 70 m from the sea level. The earth and sand collected by various types of machinery was discharged using a huge grab bucket with a capacity of 45 cubic meters installed to a floating crane with a capacity of 1,500 tons. After this, concrete walls were built to provide the body of the man-made island inside the continuous underground walls.</p>	
	<p><b>5) 底版・下部側壁工</b> いよいよシールドマシンを導入し、トンネル掘削の開始です。川崎側の2基と木更津側の2基とともに、ここから4基のシールドマシンによりトンネルを建設して行きます。</p>	<p><b>5) Construction of bottom slab and side wall in lower portion</b> Tunnel excavation was started by the shield machines carried inside. From this stage, the tunnels were constructed by four shield machines together with two on the Kawasaki side and other two on the Kisarazu side.</p>	
	<p><b>6) 上部側壁工、内部構築工</b> シールドマシンが出発した後、換気塔本体の内部を作ります。内部は7層建ての構造になっています。換気塔の地上部は高さ90mの大塔と75mの小塔で構成されており、30階建の高層ビルに匹敵する規模となります。</p>	<p><b>6) Construction of side wall in upper portion, inner structure and ventilation shaft</b> After the shield machines have been started, the inside body of the ventilation tower was built. The inside sets of seven-stories structure. The portion of the ventilation tower exposed on the ground will comprise a large tower with a height of 90 m and a small one with a height of 75 m, comparable to a thirty-stories high building.</p>	

圖 8-4 : 東京灣穿越工程風之塔施工順序圖



# 地中接合 Tunnel Underwater Connection

## 探査ボーリング工法

両側から掘進してきたトンネル建設は、最先端技術の測距機器を用いても計算上200mm以上の誤差が考えられました。そして、この誤差を如何に少なく抑えることができるかが最大の課題でした。そこで考えられたのが「探査ボーリング工法」であり、次の手順により工事を進めました。

- 1) 両側から接近してきた2つのシールドマシンの間隔が50mになった段階で一時作業を止め、先着側のシールドマシンから後着側のマシンに向けて、直径 318.5mm のボーリングロッドを通し、直接マシンのスレを計測します。
- 2) 2つのマシン間のスレを修正するように、方向、傾きを調整しながら再び掘り進みます。
- 3) 手前30mになった段階で再度計測し、再び掘進方向を修正します。
- 4) これらの手順によって50m地点で計測された最大180mmの誤差を、接合地点においては数ミリに抑えることができました。

## Investigation Boring Method

It was anticipated that the construction of the tunnels excavated from the both sides involved errors larger than 200 mm in calculation even using the most up-to-date measuring instruments. Consequently, the most serious problem was how to control and minimize such errors. In this situation, the survey boring was considered, and the work was put forward in the following procedure:



- 1) When two shield machines coming from the both sides approach each other to a distance of 50 m, interrupt the work temporarily. Pass a boring rod with a diameter of 318.5 mm from the shield machine arriving earlier to that arriving later to measure directly the misalignment between those two shield machines.
- 2) The tunnels are further excavated while the direction and inclination of the both shield machines are adjusted to correct possible gaps between them.
- 3) When the distance between two shield machines becomes 30 m, make measurements again, and also correct the direction of excavation again.
- 4) Through the above said procedure, we could control the errors to be less than a few mm at the joining point which were maximum 180 mm at a distance of 50 m.

## 地中接合手順 / Construction Procedure

	<p><b>1) 探査ボーリングによる調査</b></p> <p>先着のシールドマシン側から行った探査ボーリング結果をもとに、後着シールドマシンが地中接合地点まで修正し、掘進します。</p>	<p><b>1) Survey by Investigation Boring</b></p> <p>Based on the results of the investigation boring carried from the side of the shield machine arriving earlier, make necessary corrections on the shield machine arriving later, and excavate the ground to the underground joining point.</p>	
	<p><b>2) 一次解体と凍土の造成</b></p> <p>先着のシールドマシンのセンターカッターを引き込み、シールドマシンのバルクヘッドより後方を一次解体します。封鎖凍結管を打設し、地中接合部の両側に凍土を造成します。</p>	<p><b>2) Primary Dismantling and Creation of Frozen Soil</b></p> <p>The center cutter of the shield machine arriving earlier is pulled in, and the portion at the rear of the bulkhead is temporarily dismantled. Frozen soil is prepared around the underground joints using the radial freezing pipes laid in the ground.</p>	
	<p><b>3) 止水継ぎ板の溶接</b></p> <p>一次解体完了後、緊急時の異常出汁に備えバルクヘッドを残した状態で、シールドマシンのカッターフェースを切断・解体し、次にU型の止水継ぎ板を溶接します。</p>	<p><b>3) Water Cutoff Splice Plate Welding</b></p> <p>After completing primary dismantling, cut off the cutter faces of the shield machines and dismantle them with the bulkheads kept remained for excessive flood in an emergency. Then, weld U-shape water cutoff iron plates.</p>	
	<p><b>4) バルクヘッドの解体 (二次解体)</b></p> <p>止水継ぎ板の取付が完了したら、バルクヘッドを解体します。カッター部を補強し、シールドマシンの残り部分を二次解体します。</p>	<p><b>4) Bulkhead Dismantling (Secondary Dismantling)</b></p> <p>After completing the installation of the cutoff iron plates, dismantle the bulkheads. Reinforce the remaining cutters, and apply secondary dismantling to the remainder of the shield machines.</p>	
	<p><b>5) 化粧板取付</b></p> <p>地中接合部に3リング分のスチールセグメントを設置します。防水を行った後にステンレス製の化粧板を設置します。その後、凍土部分を強制解凍し注入材を注入します。</p>	<p><b>5) Face lining installation</b></p> <p>Lay steel segments for three rings on the underground joints. After applying waterproofing, lay stainless steel face linings. After this, defrost frozen soil forcibly, and pour the grout into dehoist soil.</p>	

図 8-6 : 東京灣穿越工程隧道地中接合圖

# トンネルの諸設備 Facilities of Tokyo Aqua-line Tunnel

## ■質の高いサービス

アウアトンネルには、高速道路としての「安全性」「快適性」「信頼性」を確保するための機器・電気・通信設備が設置されています。

## ■High Quality Service

To secure safety, comfortableness and high speed on the highway, various machines, electrical equipment, communication facilities and buildings have been installed to secure safety.

### 1) 呼吸する道路

海抜トンネルの中でも自然と同じような自然環境を確保します。

### 1) Breathing Freeway

Even in the underwater tunnels, natural environment so that in the open air is prepared.

### 2) サービス・ロード

道路の設備によりトンネルの安全を守ります。

### 2) Safety Road

The road up-to-date facilities secure the safety of the tunnels.

### 3) 通信設備

海抜にはつねに心から安全な電気通信設備が定めてサポートします。

### 3) Arteries Under the Sea Bed

The network for the electric communication facilities spread in the tunnels supports everything.

### 4) 快適走行を支援

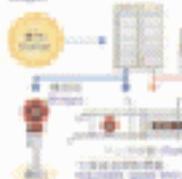
トンネルを常に建設の状態で保ちます。

### 4) Supporting Comfortable Driving

The tunnels are always maintained in optimum condition.

### ■ 速度情報提供設備 Speed control signs

トンネル、橋梁部、急勾配区間には、速度制限の表示機が設置されています。



### ■ 道路情報提供設備 Roadway information board

トンネル、橋梁部、急勾配区間には、道路情報提供機が設置されています。



### ■ 電気制御設備 Electrical generator

トンネル内には、電気制御設備が設置されています。



### ■ ブースターファン設備 Booster fans

トンネル内には、ブースターファンが設置されています。



### ■ 非常電話設備 Emergency telephones

トンネル内には、非常電話が設置されています。



### ■ 消火設備 Fire fighting facilities

トンネル内には、消火設備が設置されています。



トンネル内には、様々な設備が設置されています。



図 8-7 : 東京湾穿越工程隧道設備圖