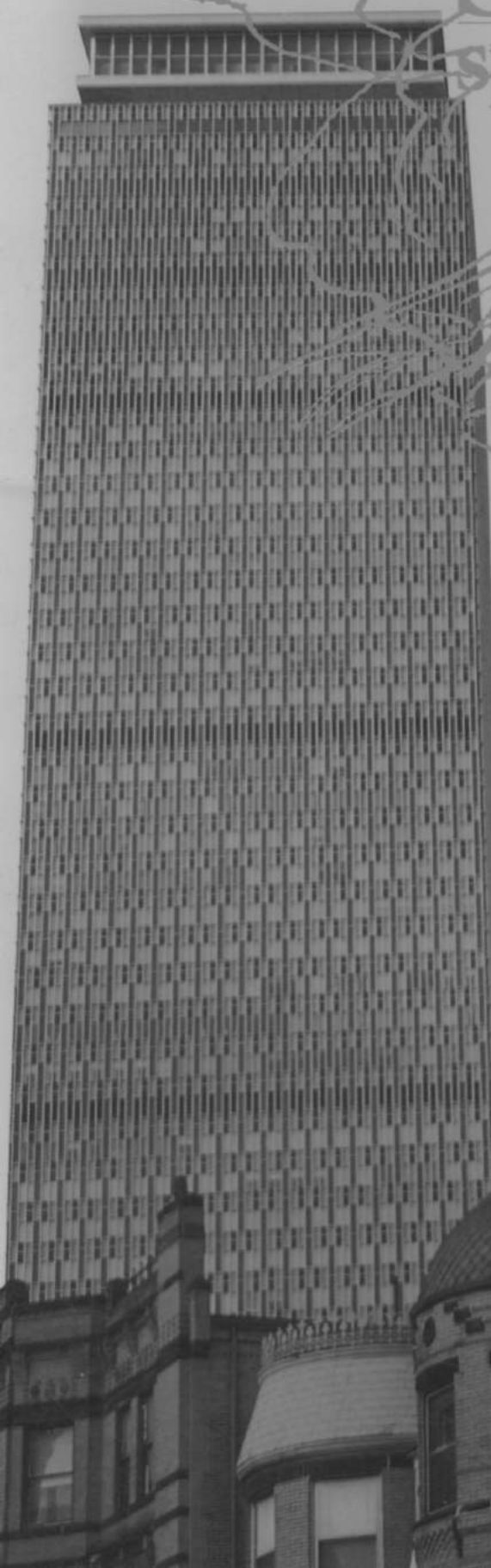


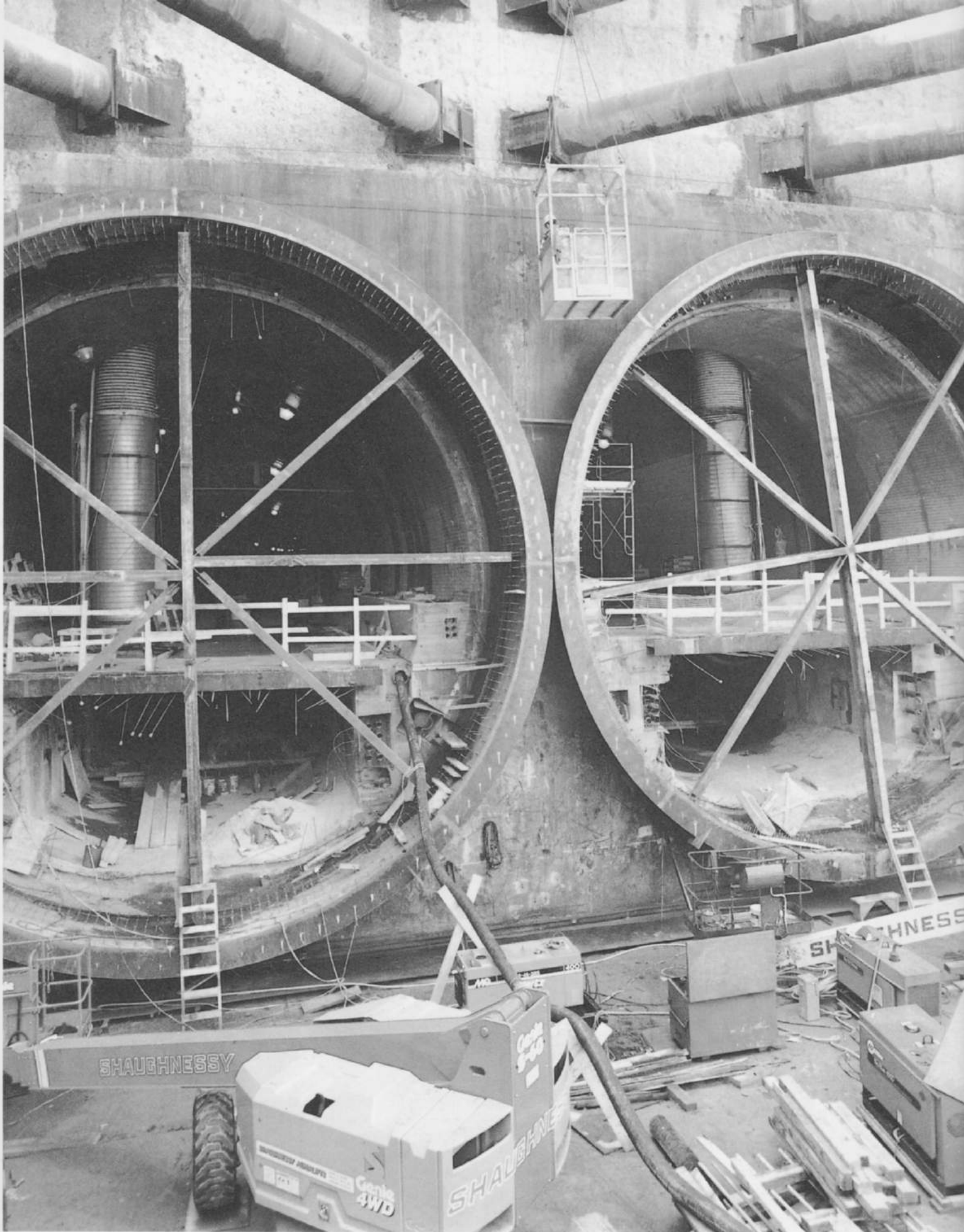
RIVISTA INTERNAZIONALE DI ARCHITETTURA

spazio e società

space & society



73
GANGEMI EDITORE



Il più grosso progetto di costruzione autostradale in corso a Boston - il Central Artery/Tunnel Project - ha raggiunto un'importante fase di realizzazione: il completamento di un tunnel a quattro corsie sotto il porto e il collegamento dell'aeroporto Logan all'entroterra del Massachusetts. Concepito nel 1972, in progettazione dal 1987 e in costruzione dal 1992, il completamento del Third Harbor Tunnel che collega il porto all'aeroporto è già un risultato importante. Ma nel conte-

sto del progetto, che comprende la sostituzione dell'esistente viadotto interstatale con un tunnel a otto corsie costruito sotto la città, il completamento di questa prima fase rappresenta soltanto una premessa al grosso del lavoro che si svolgerà proprio nel centro di Boston.

Facendo seguito a un precedente servizio sul "Grande scavo" ("Spazio & Società", n. 54), vogliamo verificare i risultati di questo importante progetto e valutare la fase successiva, una vera "Eiger"

di ristrutturazione urbana.

In un certo senso, il Central Artery/Tunnel Project è l'ultimo di una serie di straordinarie imprese tecniche del Nuovo Mondo tra le quali, per citarne tre soltanto, il ponte di Brooklyn di Roebling, il Golden Gate Bridge di Joseph Strauss e la Hoover Dam. Anche Boston ha fatto la sua parte in questo campo. Un elemento importante della città, l'elegante Back Bay venne costruita su terreno di riporto intorno alla metà del secolo scorso; la prima ferrovia sotter-



Hubert Murray, Principal at Wallace, Floyd, Associates in Boston was Chief Architect for the Central Artery project from 1989-1992.

Hubert Murray

IL GRANDE SCAVO CONTINUA

The Big Dig Continues Central Artery/Tunnel, Boston

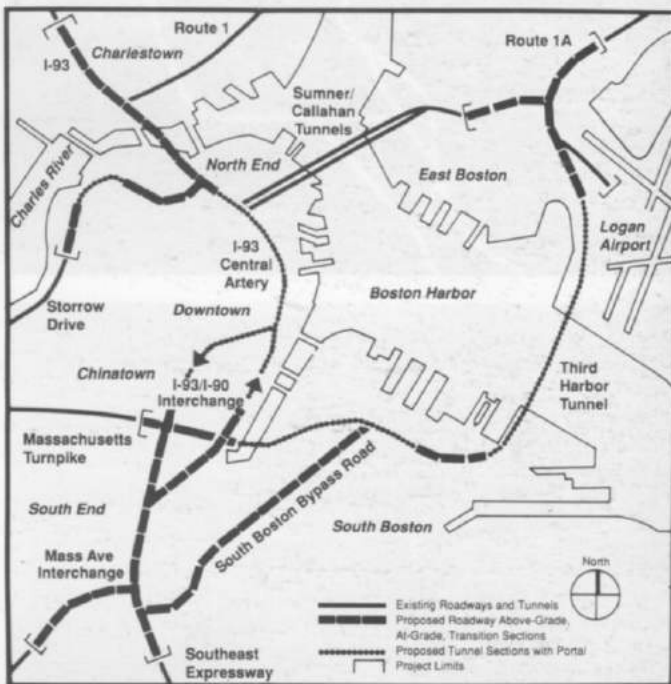
The major highway construction project currently in progress in Boston, Massachusetts - the so-called Central Artery/Tunnel Project - has reached a major stage in its realization, the completion of a four-lane tunnel under Boston Harbor and the connection of Logan Airport with the Massachusetts hinterland.

Conceived in 1972, under design since 1987 and in construction since 1991, the completion of the Third Harbor Tunnel linking the seaport to the airport is a major achievement in itself. But seen in the context of the entire project, which includes the replacement of the existing Interstate viaduct with an eight-lane tunnel constructed under the city, the completion of this first phase represents only an overture to the main

work to be played in the heart of downtown Boston.

Following an earlier coverage of the project (Space & Society, n. 54), we now take the opportunity to assess the achievements of this major project and take stock of the next phase, a veritable "Eiger" of urban reconstruction.

The Central Artery/Tunnel Project is in one sense just the latest in a series of astounding engineering feats in the new world in which we may count Roebling's Brooklyn Bridge, Joseph Strauss' Golden Gate Bridge and the Hoover Dam, to name but three. Boston too has had its share of major engineering achievements. A major part of the city, the elegant Back Bay was constructed on landfill throughout the middle



years of the last century; the first subway in America was opened at Park Street in 1896; the South Station terminus to trains from New York and points south was completed in only eighteen months, opening in 1898; and the first tunnel under Boston Harbor, completed in 1904 (the year Henry Ford started his first factory), merited several pages of technical discussion in the Encyclopedia Britannica of 1911 as being the most advanced of its kind. Barely a century later, Boston is currently investing billions of dollars in a massive refurbishment and extension of its urban infrastructure.

While historically these projects and others were accomplished at great speed, there was scant regard for the social and environmental

1 Mappa del Central Artery/Tunnel Project.

1 Central Artery/Tunnel Project Map.

BOSTON'S CENTRAL ARTERY

Central Area: modello computer che mostra l'lineamento attraverso downtown e il Charles River Crossing.

4 Tubo d'acciaio rimorchiato all'interno del porto di Boston.

5 Sezione trasversale del tunnel immerso.

6 Chiatta di posa con la sezione del tubo d'acciaio. I tubi sono stati rivestiti di calcestruzzo per appesantirli e immergerli in una trincea di 16 metri.



rana americana venne inaugurata in Park Street nel 1896; il terminal della South Station dei treni da New York e dalle località a sud venne completata in soli diciotto mesi e inaugurata nel 1898; e il primo tunnel sotto il ponte di Boston, completato nel 1904 (l'anno in cui Henry Ford aprì il suo primo stabilimento), ottenne parecchie pagine di commenti tecnici nell'*Enciclopedia britannica* del 1911 in quanto era il più avanzato del genere. Ora, poco meno di un secolo dopo, Boston sta investendo miliardi di dollari in una ristrutturazione massiccia della sua infrastruttura urbana.

In passato questi, come altri progetti, sono stati realizzati molto rapidamente, ma con poca attenzione agli effetti sociali e ambientali di interventi così importanti, e i rischi personali e gli alti livelli di mortalità dei lavoratori edili venivano considerati un costo naturale, se pur spiacevole, del progresso.

Il progetto della Central Artery, invece, come molti progetti analoghi della stessa scala, è in elaborazione da oltre vent'anni e richiederà altri nove anni per essere realizzato. Robert Moses, il grande tecnico delle strade di New York, che ha dominato la scena per quasi quarant'anni, stimava che un progetto importante richiedesse una gestazione di oltre vent'anni dall'ideazione al completamento. E la sua stima era precedente alla voluminosa legislazione ambientale e urbanistica che a partire dalla fine degli anni 70 ha trasformato radicalmente le procedure per le costruzioni importanti.

Il Central Artery Tunnel è un intervento di viabilistica urbana ideato, studiato e progettato con grande attenzione per prevedere e attenuare in anticipo ogni possibile conseguenza ambientale, per coordinare la progettazione e pre-costruire nella realtà virtuale ogni centimetro della strada prima di iniziare lo scavo. Niente di tutto questo sarebbe stato possibile senza la computerizzazione che pervade ogni aspetto del progetto -

dall'animazione tridimensionale al disegno "intelligente" collegato alla programmazione e alle fasi costruttive, e al controllo continuo delle situazioni attraverso il monitoraggio della popolazione dei topi o la misurazione della qualità dell'aria.

Nel processo costruttivo, la computerizzazione è associata a un livello di meccanizzazione senza precedenti, come l'escavatore "Super Scoop" che ha tolto 890.000 yarde cubiche di rocce e sedimenti dal letto del porto per preparare una trincea per i tubi prefabbricati del tunnel; e l'idrofresa, impiegata per scavare trincee per diaframmi sotterranei in punti particolarmente difficili. Queste macchine hanno fatto il lavoro di migliaia di operai aumentando enormemente il livello produttivo e, ciò che più conta, senza vittime.

Una conseguenza dell'intensificarsi di investimenti del processo costruttivo è il parallelo aumento di scala degli appalti in partecipazione per ridurre il costo marginale d'investimento nei singoli componenti dell'attrezzatura costruttiva. Molti degli appalti costruttivi sono dell'ordine da 100 a 200 milioni di dollari, e parecchi vengono realizzati simultaneamente. A questo aumento di scala corrisponde un aumento delle esigenze di finanziamento e di cauzioni. Spesso, come per l'azzardo fisico posto dalla costruzione, è il rischio finanziario che ha promosso la formazione di joint-venture per gli appalti principali.

Nonostante la crescente capitalizzazione del processo progettuale e costruttivo che implica la computerizzazione e la meccanizzazione, il progetto della Central Artery dimostra quanto siano ancora determinanti l'abilità e l'esperienza umane per tradurre il progetto in prodotto costruito.

Se la struttura del tunnel è stata prefabbricata in dodici sezioni, preparata e calata sul posto con pochissima mano d'opera, l'operazione di finissaggio del tunnel ha trasformato l'interno dei tubi in una scena alla Hieronymus Bosch,

consequences of such major interventions and the personal risk and high mortality rates of construction workers were regarded as the natural, if regrettable, cost of progress.

In contrast, the Central Artery Project, in common with many similar projects built on such a scale, has been over twenty years in the making and faces a further nine years in construction. Robert Moses, the great highway engineer of New York, master of all he surveyed for close on forty years, reckoned on a gestation of twenty years or more for the realization of a major project from conception to completion. And that observation was made prior to the comprehensive environmental and planning legislation which so transformed the prosecution of major construction from the late 1970's.

What we see in the Central Artery Project is a major urban transportation project meticulously conceived, planned and designed in advance to predict and mitigate every foreseeable environmental consequence, to coordinate the design and to pre-construct in virtual reality every inch of the highway before ground is broken. None of this would be possible without computerization which permeates every aspect of the project from 3-D animation to the "smart" drawing linked to scheduling and construction sequencing, as well as tracking commitments through monitoring the rat population and measuring air quality throughout construction.

In the construction process computerization is complemented by an unprecedented level of mechanization, notably the "Super Scoop" excavator which has removed 890,000 cu.yds of rock and sediment from the harbor floor in pre-

paring a trench for the prefabricated tunnel tubes; and the hydromill, used for digging slurry wall trenches in tightly restricted areas. Each machine has performed the work of thousands of laborers, vastly increasing production capacity and, perhaps most significantly, without fatality.

One consequence of the capital intensification of the construction process is the corresponding increase in scale of contract share to reduce the marginal cost of investment in the indivisible items of construction equipment. Many of the construction contracts are in the \$100 million to \$200 million range, a substantial number being performed simultaneously. With that increase in scale there is a corresponding escalation in financing and bonding requirements. As much as the physical challenge posed by the

construction, it is often the financial risk that has promoted the formation of joint ventures for the major contracts.

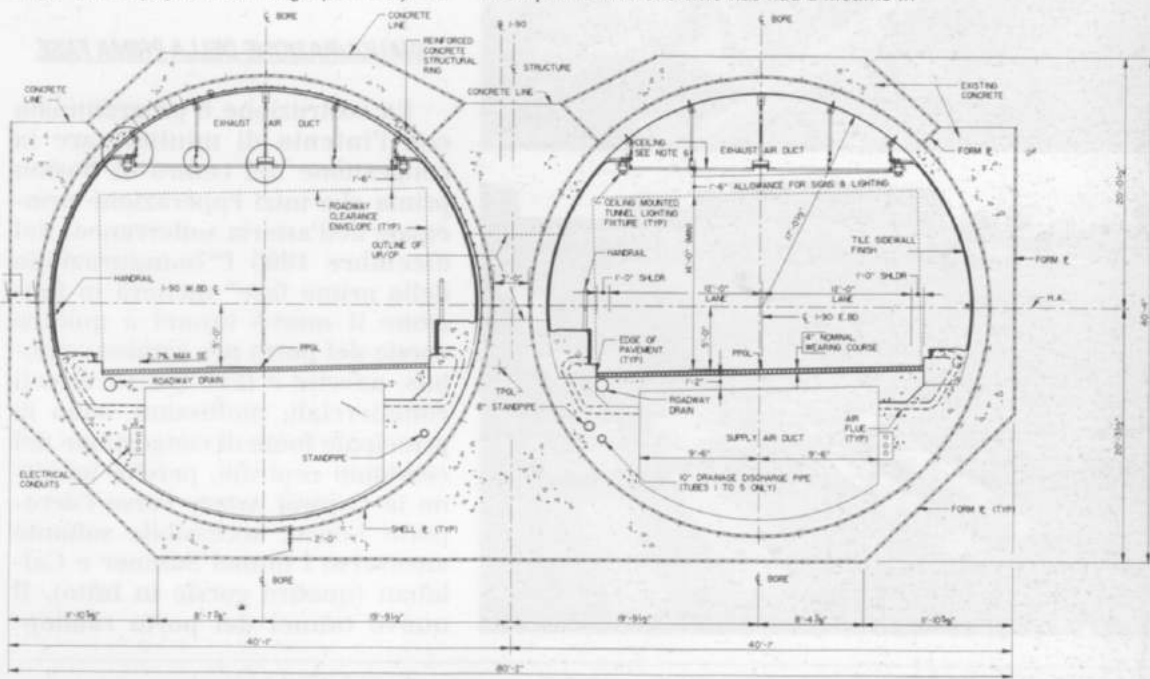
Despite the increasing capitalization of the design and construction process, involving computerization and mechanization, the Central Artery Project exemplifies a continuing dependence upon skill and experience in translating design into built product. While the tunnel structure was prefabricated in twelve sections, prepared and sunk in place with the minimum of labor, the tunnel finishes contract transformed the interior of the tubes into a scene from Hieronymus Bosch, with hundreds of laborers handsetting wall tiles throughout the twin tubes of the 2.5 km tunnel. The master tiler who was able to resolve the setting out of the tiles in three curvilinear planes was one who has had a lifetime in

2 Central Area computer model showing alignment through Downtown and Charles River Crossing.

3,4 Steel tube being towed into Boston Harbor.

5 Cross-section of immersed tube tunnel.

6 Lay barge holding steel tube section. The tubes have been encased in concrete, reducing buoyancy prior to immersion in a 16 metre trench at the bottom of the harbor.



BOSTON'S CENTRAL ARTERY

7 Estremità della sezione "a binocolo" del tubo, prima di essere collegato al cassone dal terminale ad est (Foto Peter Vanderwarker).

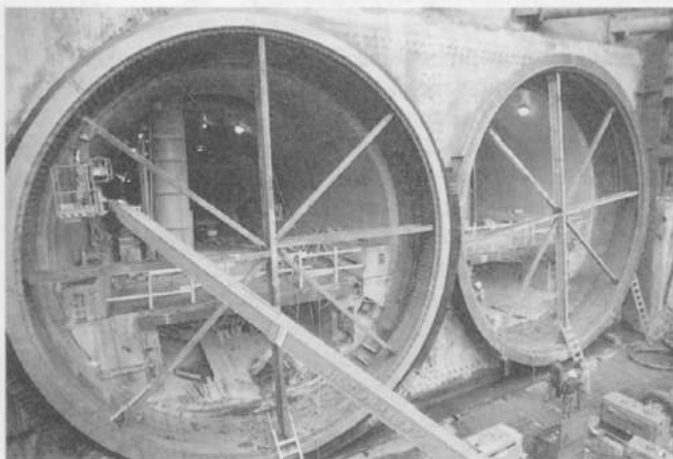
8 Boston-est: costruzione

ne del pavimento e delle pareti del tunnel col metodo "cut-and-cover". I condotti di ventilazione sono in costruzione.

9 Il tunnel immerso: sezione da un ingresso al-

l'altro del porto di Boston.

10 Interno del tubo con la struttura in acciaio per realizzare i rivestimenti e i percorsi pedonali (Foto Andrew Ryan).



con centinaia di operai che posavano a mano le piastrelle dei muri nei tubi gemelli dei 2 km di tubo. Il capo piastrellista che è riuscito a risolvere il problema della posa delle piastrelle in tre piani curvilinei fa questo mestiere da una vita, e la sua esperienza resta insostituibile. Questa esperienza dimostra come sia necessaria un'ampia gamma di capacità, dagli energici giovani che creano una realtà *virtuale* che prefigura la costruzione, alle persone più mature ed esperte che continuano a essere maestre di eccellenza *reale*.

INAUGURAZIONE DELLA PRIMA FASE

La costruzione è programmata con l'intento di minimizzare la congestione nel centro di Boston prima che inizi l'operazione principale dell'arteria sotterranea. Nel dicembre 1995 l'"Inaugurazione della prima fase" metterà in funzione il nuovo tunnel a quattro corsie del porto per camion, autobus, navette e taxi. Questi veicoli commerciali, moltissimi, sono la principale fonte di congestione del corridoio centrale, perché intasano la Central Artery verso l'aeroporto Logan, accessibile soltanto attraverso i tunnel Sumner e Callahan (quattro corsie in tutto). Il nuovo tunnel del porto raddopp-

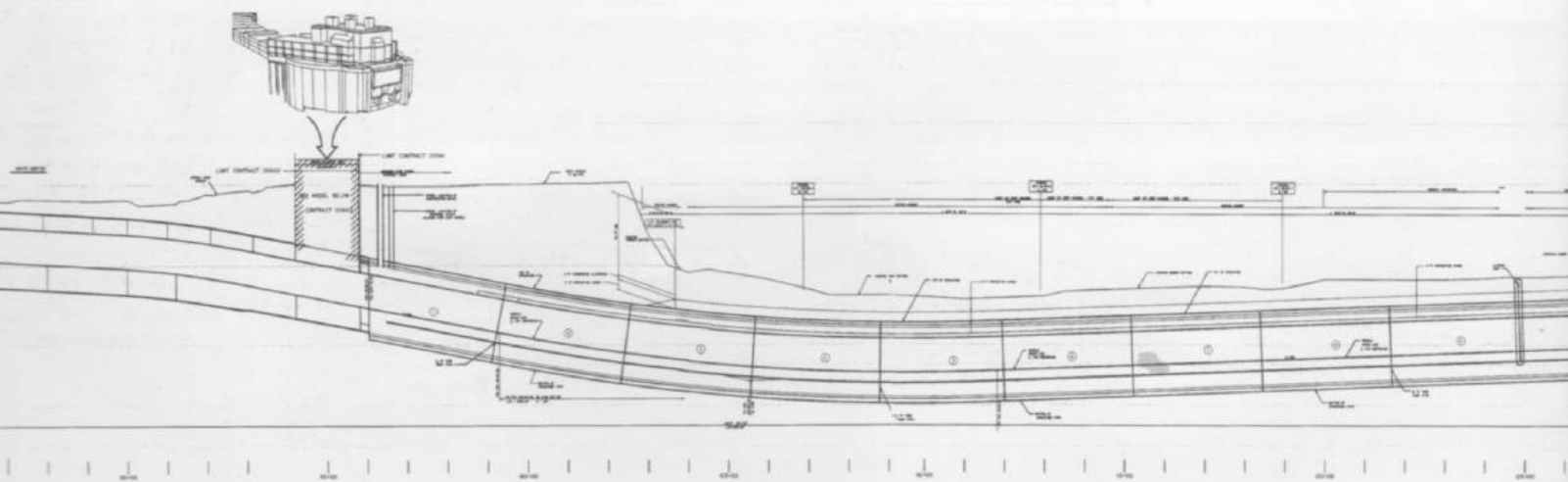
ierà il numero di corsie trasversali del porto e darà accesso diretto dei veicoli al sistema stradale dell'aeroporto, con pagamento elettronico del pedaggio e controllo del traffico per accelerarlo.

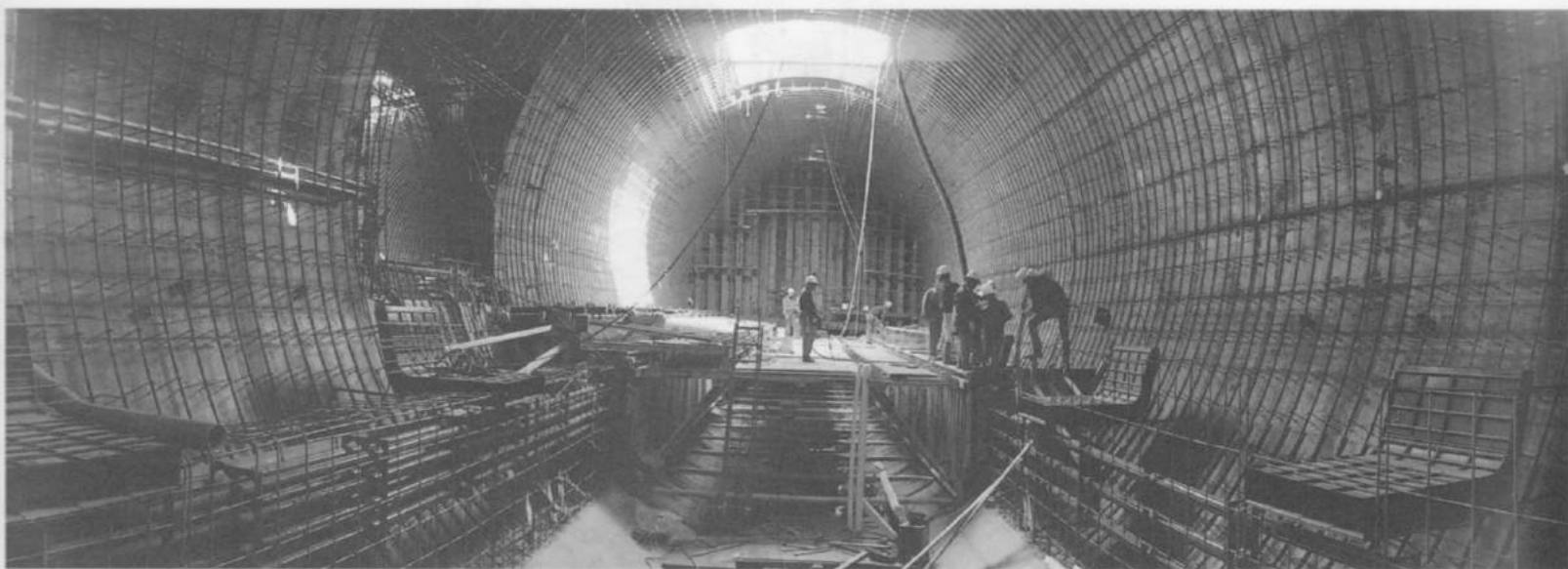
In se stessa, questa prima fase (del costo di 1,2 miliardi di dollari) è uno dei progetti autostradali più grandi e ambiziosi degli Stati Uniti. Il lavoro si svolge nel porto interno di Boston, uno dei più importanti porti mercantili della costa orientale. La costruzione avviene di fianco al movimentatissimo aeroporto Logan di Boston (decimo per volume di traffico degli Stati Uniti), attraverso aree umide ambientali protette, nel canale navigabile dell'oceano e i quartieri degli affari. La costruzione del tunnel utilizza il meglio della tecnologia di progettazione e di monitoraggio degli Stati Uniti.

IL TUNNEL A TUBI AFFONDATI

Il progetto del nuovo tunnel del porto di Boston - il terzo tunnel sommerso per veicoli degli Stati Uniti - ha permesso al Dipartimento Strade del Massachusetts (MHD) di raggiungere il duplice obiettivo di minimizzare l'impatto sulle attività economiche circostanti e di risolvere le previste esigenze del traffico.

Un tunnel tradizionale scavato





the trade and for whose experience there is still no substitute. An emerging paradigm in construction appears to depict a spectrum of skills from the young and energetic who create virtual reality in anticipation of construction; and the old and experienced who remain masters of real virtuosity in the field.

First Phase Opening

Construction is being scheduled in an attempt to minimize congestion in downtown Boston before major work on the underground artery begins. The so-called "First Phase Opening" will put the new four-lane harbor tunnel and connecting roads in service to trucks, buses, shuttles, and cabs in December 1995. These commercial vehicles are a major source of con-

gestion in the downtown corridor, because so many crowd the Central Artery enroute to Logan Airport — accessible only via the Sumner and Callahan tunnels (four lanes total). The new harbor tunnel will double the number of cross harbor lanes and give vehicles direct access to the airport road system, with electronic toll collection and traffic control to speed their trips.

On its own, the \$ 1.2 billion First Phase Opening is one of the largest, most ambitious highway construction projects in the United States. The work is taking place in Boston's Inner Harbor, one of the most important shipping ports on America's Eastern Seaboard. Construction is being carried out alongside Boston's Logan Airport (the 10th busiest air terminal in the U.S.), through protected environmental wetlands areas, in the ocean shipping channel, and in industrial business districts. Construction of the

tunnel made use of the best available design and monitoring technology in the United States.

Immersed Tube Tunnel

The design of Boston's new harbor tunnel — the third immersed tube vehicle tunnel in the U.S. — helped the Massachusetts Highway Department meet the dual goals of minimizing the impact on neighboring businesses and meeting projected traffic demand.

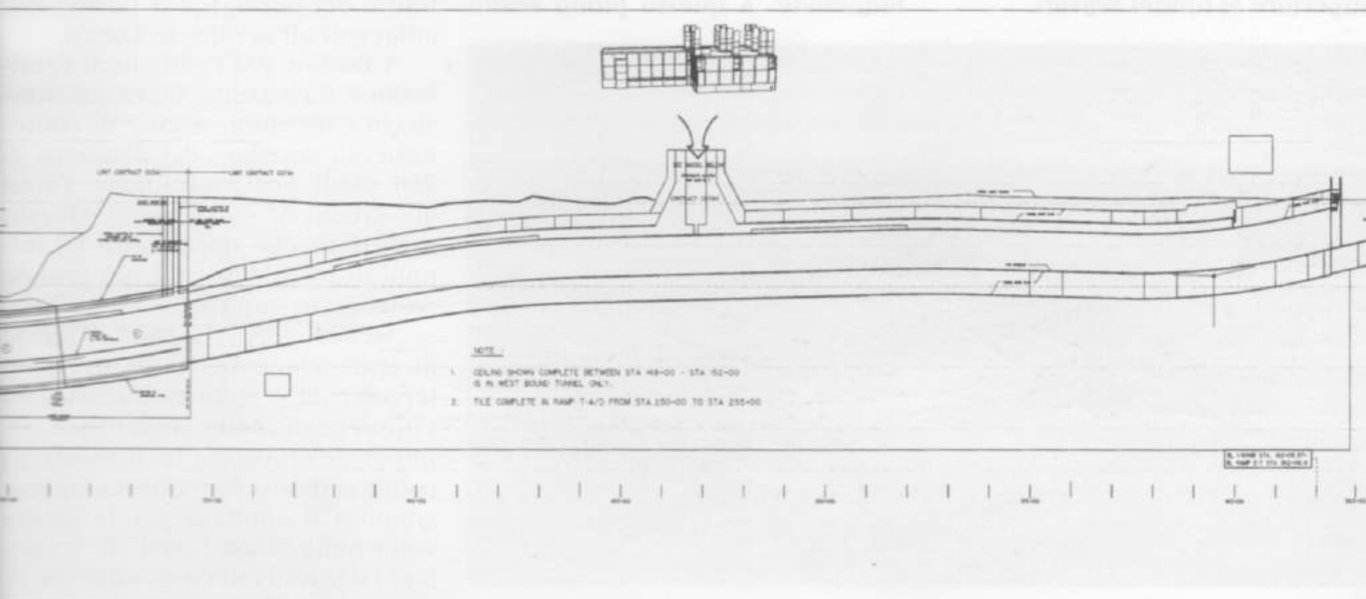
A conventional tunnel bored through bedrock would require a profile reaching depths of up to 150 feet, lengthening approach distances. In contrast, the immersed tube design employs prefabricated tunnel segments laid in an underwater trench and covered with 5 to 10 feet of locking rock and gravel fill.

7 End of steel tube binocular section, prior to being connected to tunnel box from East Boston end. All workers on the tunnel are required to undergo underground life safety training (Photo Peter Vanderwerker).

8 East Boston: cut-and-cover tunnel floor and wall construction. Supply air ventilation ducts are in the process of construction.

9 Immersed Tube Tunnel: portal-to-portal section through Boston Harbor. Ventilation Building #6 located on the South Boston shore is on the left; Ventilation Building #7 located on the East Boston shore next to Logan Airport is on the right. The vertical scale is exaggerated 5 times.

10 Interior of steel tube showing reinforcing steelwork for tunnel linings and walkways (Photo Andrew Ryan).



BOSTON'S CENTRAL ARTERY

11 Edificio di ventilazione #7: diagramma al computer.

12 Vista da sud dell'edificio di ventilazione #7 quasi completato. Sullo sfondo l'aeroporto Logan.

13 Cofferdam e cassone del tunnel in costruzione, visti dal fronte del porto verso Boston-sud.

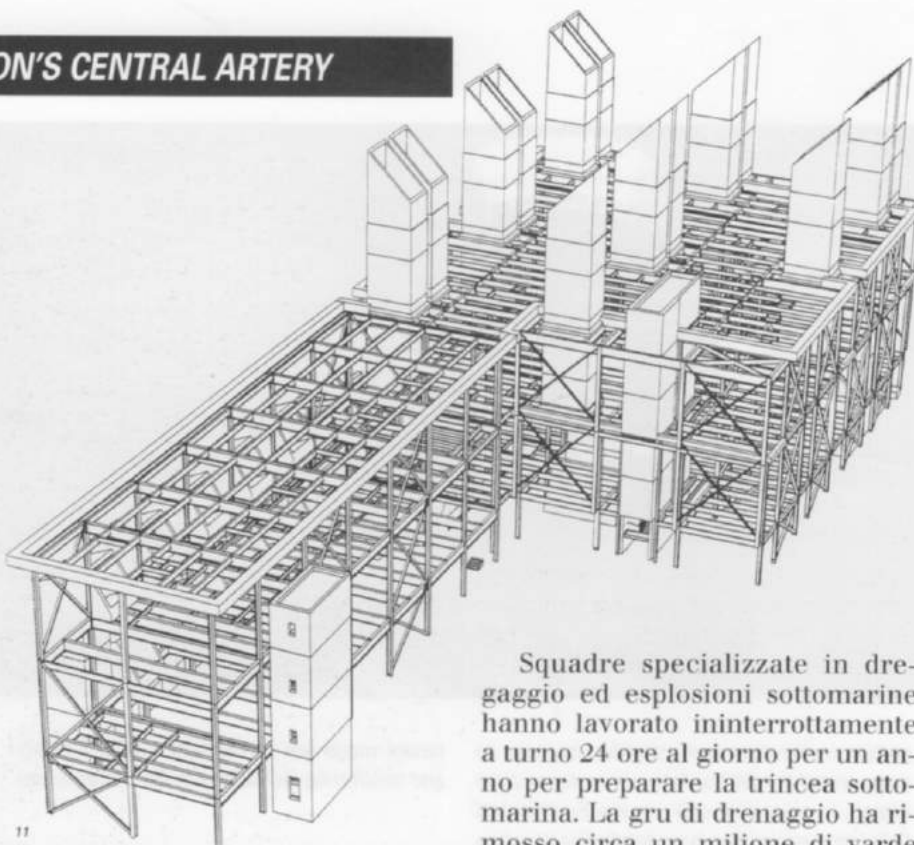
14 Il cofferdam in costruzione.

11 Ventilation Building #7: computer wire diagram.

12 Ventilation building #7: view from south of building nearing completion, Logan airport in the background. 5 exhaust terminal caps have been placed; rainscreen cladding panels are not yet installed. The upper walls in concrete block act as the inner pressure equalizing skin of the rainscreen assembly. The bituminous sheathing on the near wall is the air and moisture membrane applied to the outer face of the inner wall.

13 Cofferdam and tunnel box in construction. View from harbor front towards South Boston. Note the addition of shoring to the tunnel walls and the growth of the ventilation building superstructure.

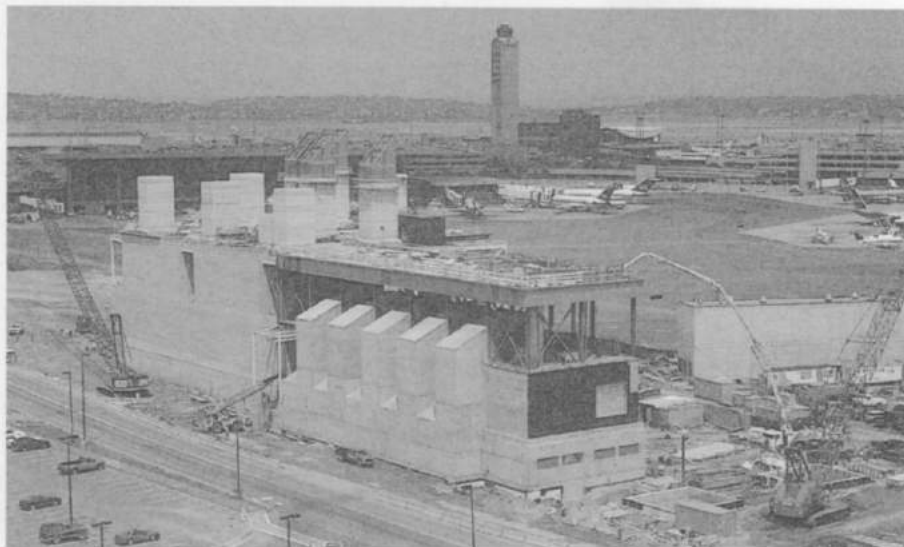
14 Cofferdam under construction. The 76 metre diameter cofferdam allowed construction of the ventilation building and connection with the tunnel box to take place in a harborside site with high water table.



11

attraverso il fondale di roccia avrebbe richiesto di arrivare a una profondità fino a 150 piedi, allungando le distanze di ingresso/uscita. Il progetto sommerso, invece, si basa su segmenti di tunnel prefabbricati posati in una trincea sott'acqua e ricoperti da 5 a 10 piedi di roccia di bloccaggio e riempimento di ghiaia. Si ha così una profondità massima di circa 100 piedi e un limitato prelievo di terra. Gli involucri di acciaio e calcestruzzo dei tubi sommersi garantiscono una sicurezza simile o superiore ai tunnel scavati.

Squadre specializzate in dragaggio ed esplosioni sottomarine hanno lavorato ininterrottamente a turno 24 ore al giorno per un anno per preparare la trincea sottomarina. La gru di drenaggio ha rimosso circa un milione di yarde cubiche di sedimenti e rocce, poi trasportate su chiatte ai luoghi di scarica a Spectacle Island e al confine esterno dell'aeroporto Logan. I dodici tubi sommersi necessari per attraversare il canale largo 3800 piedi sono stati fabbricati in un cantiere navale vicino a Baltimora nel Maryland e rimorchiati con chiatte oceaniche fino a Boston. I tubi, ancora galleggianti all'arrivo, sono stati rivestiti da pareti di calcestruzzo e massicciate spessi da 5 a 7 piedi, raggiungendo un peso complessivo di 35.000 tonnellate. A questo punto erano



12

abbastanza pesanti da poterli immergere. Squadre di operai hanno messo in stazione ogni tubo di 325 piedi tra il doppio scafo di una "chiatta di posa" costruita appositamente, che ha messo in posizione il tubo sopra la trincea. Uno strumento di controllo azionato dal laser, che rilevava le letture da una torre di posizionamento applicata al tubo in immersione, contribuiva a guidare ogni segmento di tunnel entro i centimetri dalla posizione stabilita.

Ganci di assemblaggio idraulici tipo ferrovia tiravano insieme i tubi, formando una potente chiusura stagna con guarnizioni di neoprene di 38 piedi di diametro. Gli operai entravano nei tubi attraverso boccaporti situati al disopra del livello del mare e tagliavano i diaframmi di acciaio che chiudevano ogni sezione. Procedendo al ritmo di un tubo al mese, tutta l'operazione di posa è durata un anno. L'appalto da 227 milioni di dollari è stato completato nel 1994.

ACCESSI AL TUNNEL

Alle due estremità il tubo sommerso è collegato all'autostrada in terraferma da un tunnel di calcestruzzo costruito in sito a forma di scatola installata in trincea, in cima al quale sono situati gli edifici di ventilazione: 6 a Boston-sud al limite del porto, e 7 a Boston-est, adiacenti all'aeroporto Logan.

A Boston-sud l'edificio di ventilazione è costruito sopra un massiccio cofferdam, argine di contenimento circolare del diametro di 250 piedi per prosciugare l'area del lavoro di costruzione. Questo cofferdam, che sposta oltre 4,2 milioni di piedi cubi, è il più grande costruito in America.

All'aeroporto Logan, il punto di transizione tra il tunnel e la terraferma è stato realizzato con l'impiego di malta cementizia per impermeabilizzare le strutture di collegamento. Per questa operazione si è adottata per la prima volta nella "East Coast" la tecnologia dei muri di contenimento di

The result is a maximum profile depth of approximately 100 feet and reduced land takings. The steel and concrete shell of the immersed tubes offer design safety comparable or superior to bored tunnels.

Dredging and marine blasting crews worked 24 hours a day on continuous shifts for one year to prepare the underwater trench. The "Super Scoop" dredging crane removed nearly one million cubic yards of sediment and rock, which was hauled by barge to disposal sites on Spectacle Island and on the outer edge of Logan Airport.

The 12 immersed tubes needed to span the 3,800-foot wide channel were fabricated in a shipyard near Baltimore, Maryland, and towed by ocean-going barge to Boston. Still buoyant on arrival, the tubes were encased with 5-7 foot thick concrete walls and roadbed, bringing their total weight to 33,000 tons.

At this weight, the tubes became heavy enough to submerge. Crews cradled each 325-foot tube between the dual hulls of a specially built "lay barge", which positioned the tube over the trench. Laser-guided survey equipment, taking readings off a siting tower affixed to the descending tube, helped guide each tunnel segment to within centimeters of its assigned location.

Railroad-style hydraulic couplers pulled the tubes together, forming a powerful watertight seal on 38-foot diameter neoprene gaskets. Workers entered the tubes via vertical snorkel hatch and cut away the bulkheads.

Proceeding at the rate of one tube per month, the entire placement operation lasted one year. The \$ 227 million contract was completed in 1994.

Tunnel Approaches

The immersed tube is linked at each end to the landside highway by cut-and-cover box section concrete tunnels, on the top of which are located the ventilation buildings: #6 in South Boston at the harbor edge; and #7 in East Boston, adjacent to Logan Airport.

In South Boston, the ventilation building is built over a massive 250-foot diameter circular cofferdam to dewater the construction work area. Displacing more than 4.2 million cubic feet, the cofferdam is the largest ever built in North America.

At Logan Airport, the connection from tube to land tunnel was accomplished through the use of concrete grout to hold back water. This contract featured the first use of soil mix slurry wall retaining technology on the U.S. East Coast. A gang of three augers simultaneously digs a trench and mix soil with concrete, creating vertical wall panels and reducing the quantity of excavated spoil. Internal steel reinforcement and tie backs to counteract lateral forces from unstable soil and a high water table are added as the concrete cures and strengthens.

Fort Point Channel

While not part of the First Phase Opening, the future connection of the Massachusetts Turnpike (I-90) to the harbor tunnel has posed unique engineering challenges in the Fort Point Channel which have only recently been resolved. Expected to open in 2001, this segment of highway must go under the active rail lines to Boston's busiest rail terminal, South Station,



13



14

BOSTON'S CENTRAL ARTERY



15 L'edificio di ventilazione #6 in costruzione, sopra il cofferdam e il cassone del tunnel. Vista dal fronte del porto verso Boston-sud, giugno 1995.

16 Il cassone Boston-sud del tunnel in costruzione cut-and-cover. Sullo sfondo il centro di Boston.

17 Centro controllo operazioni; esploso assonometrico.

18 L'interscambio a South Bay (I-90 / I-93) visto da nord verso il centro di Boston.

impasto liquido di *soil mix*. Una batteria di tre trivelle scava simultaneamente una trincea e mescola la terra con cemento, creando un diaframma e riducendo la quantità di materiale di sterro scavato. Mentre il cemento matura e si solidifica, il diaframma viene armato con profilati di acciaio verticali e ancoraggi trasversali che reagiscono alle forze orizzontali.

FORT POINT CHANNEL

Anche se non rientra nell'“Inaugurazione della prima fase”, il futuro collegamento dall'autostrada a

pedaggio del Massachusetts (I-90) al tunnel del porto ha creato nel Fort Point Channel problemi tecnici eccezionali che solo da poco sono stati risolti. Questo segmento di autostrada, che si dovrebbe inaugurare nel 2001, deve passare sotto le attuali linee ferroviarie verso la South Station, il più importante terminale ferroviario di Boston, e rimanere sotto l'acqua del Fort Point Channel adiacente - ma passare sopra la metropolitana Linea rossa costruita nel 1912 in cemento non rinforzato, sotto la linea di fango del canale.

Le tecniche costruttive tradizionali avrebbero richiesto massicce strutture sotterranee di contenimento, profonde fino a dieci piani. Gli ingegneri del progetto hanno adottato una soluzione alternativa che prevede segmenti di tubo sommersi di cemento gettati in un bacino di carenaggio a paratia circolare chiusa sul lato est del canale e spinti sul posto sotto le linee ferroviarie sul lato ovest da potenti martinetti idraulici. Questo tipo di costruzione è abbastanza nuovo nel nord America, ma i tunnel sommersi e il *jacking* sono stati usati spesso in Europa.

ARCHITETTURA

A parte il progetto dei principali elementi dell'autostrada e

degli interni del tunnel, l'architettura fuori terra è ora visibile nelle strutture di ventilazione del tunnel del porto. I due edifici, a cavallo dei due lati opposti del tunnel di 1,6 miglia, sono studiati per essere visti dal porto come sentinelle dell'ingresso marittimo di Boston. La struttura di Boston-sud è situata a fianco dei moli commerciali e dei servizi di scarico, mentre la struttura dell'aeroporto Logan è vicina agli hangar, alle cucine di volo e agli air terminal. Entrambe sono chiaramente visibili dai palazzi di uffici del centro.

La funzione di questi edifici è di immettere aria nel tunnel attraverso condotti che passano sotto il letto stradale ed estraggono l'aria di scarico dal polmone del soffitto, attraverso camini verticali che disperdono i fumi molto al di sopra degli edifici circostanti.

In quanto strutture-macchina non abitate, questi edifici sono studiati per essere espliciti, con una forte articolazione delle feritoie di ventilazione e dei condotti, e il trattamento iconico dei camini di scarico e dei loro cappucci di acciaio inossidabile.

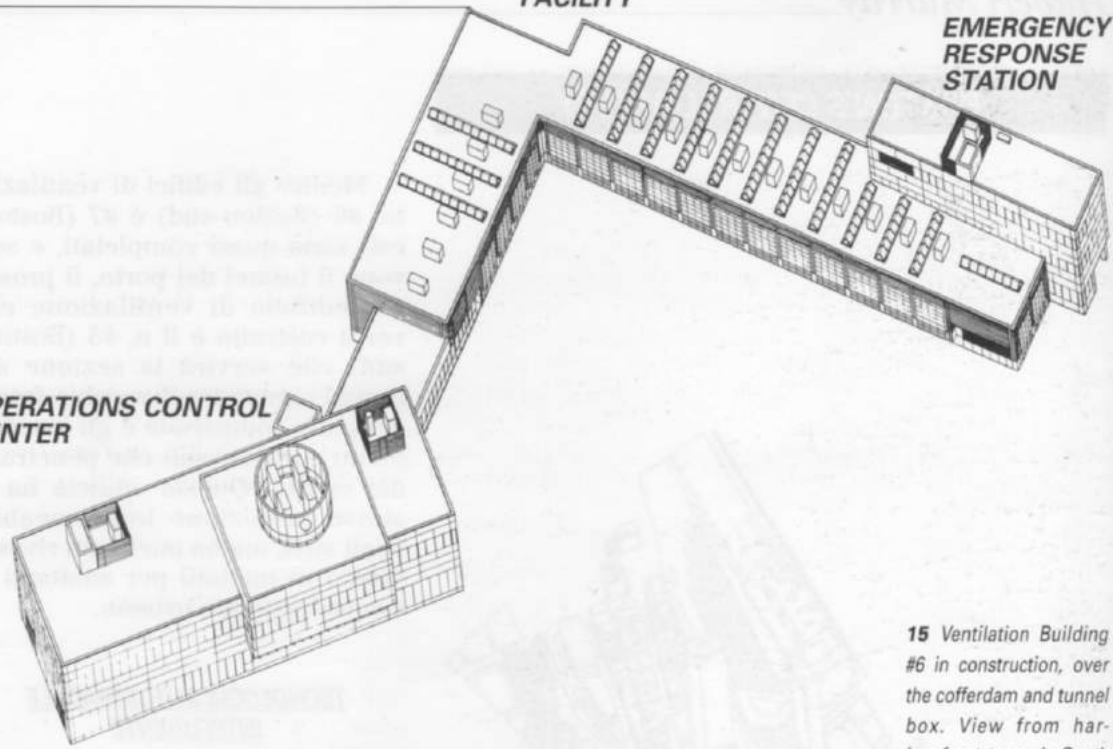
Per minimizzare le esigenze di manutenzione e i costi del ciclo vitale, e ridurre i possibili danni interni in caso di cedimenti del sistema dell'involucro, su tutti gli edifici di ventilazione si è applicato un rivestimento impermeabile bilanciante di pressione. Il rivestimento impermeabile sfrutta i principi dell'infiltrazione d'acqua controllata e della pressione d'aria bilanciata per impedire che la pioggia penetri nella parete solida interna. Il sistema è studiato in modo da avere giunti aperti e pannelli mobili, evitando la manutenzione sul posto di giunti fissati a malta o muniti di guarnizione. Sistemi impermeabili simili sono stati impiegati diffusamente in Europa e in alcune strutture commerciali nel Nord America, ma questa è la prima applicazione in un'opera pubblica negli Stati Uniti.



SATELLITE MAINTENANCE FACILITY

EMERGENCY RESPONSE STATION

OPERATIONS CONTROL CENTER



17

Architecture

and remain beneath the waters of the adjacent Fort Point Channel — but pass over the 1912-era unreinforced concrete Red Line subway tunnel beneath the channel's mudline.

Conventional construction techniques would have required massive underground retaining structures — as much as 10 stories deep. Project engineers adopted an alternative design featuring concrete immersed tube segments cast in a graving basin on the east side of the channel and pushed into place under the rail lines on the west side with powerful hydraulic jacks. While this type of construction is relatively new in North America, concrete immersed tunnels and jacking have been used in a number of applications in Europe.

In addition to the design of the major highway elements and the tunnel interiors, the project's above-ground architecture is now manifest in the harbor tunnel ventilation structures. The two buildings stride opposite ends of the 1.6-mile tunnel, designed to be seen from the harbor as waterfront sentinels to Boston's maritime gateway. The South Boston building stands beside commercial wharfs and importing facilities, while the Logan Airport structure is a neighbor to hangars, flight kitchens, and air terminals; both are clearly visible from downtown office towers.

The function of the buildings is to supply fresh air to the tunnel through ducts leading under the road bed and extract exhaust air from the ceiling plenum through vertical stacks which disperse the fumes at a height well above surrounding buildings. As uninhabited machine-like structures in the urban landscape, these buildings have been designed to explain themselves through a strong articulation of the air louvers and ducts, as well as iconic treatment of the exhaust stacks and their stainless steel "caps".

To minimize maintenance requirements and life cycle costs, and to reduce possible internal damage in the event of an envelope system failure, pressure-equalized rainscreen cladding has been used on all the ventilation buildings. Rain screen cladding allows a cushion of equalized air pressure to build up in the cavity between an inner and outer skin, preventing rain penetration of the solid inner building wall. The system as designed has open joints and removeable panels, avoiding on-site maintenance of mortared or gasketed joints. Similar rainscreen systems have been used extensively throughout Europe and on a few commercial structures in North

America, but this application is a first for a U.S. public works project.

As Ventilation Building #6 (South Boston) and #7 (East Boston) near completion, serving the harbor tunnel, the next ventilation building to be built is #5 (South Boston), serving the section of tunnel sited between the old industrial waterfront and the encroaching commercial development from downtown. This building employs the same rainscreen cladding as the others, but also incorporates a brick skin veneer in response to the more urbane context in which it is situated.

Smart Highway Technology

With 37 lane miles of tunnels, the CA/T Project will be one of the busiest and most com-

plex underground highway systems in the world. The project's Operations Control Center will be one of the most advanced electronic traffic monitoring and control systems in the United States. This "smart highway" technology — known as Intelligent Vehicle Highway Systems or IVHS — attempts to make every lane as efficient as possible thereby reducing the need to expand the physical capacity of the road as much as was computed in earlier generations of highway design.

The Operations Control Center will house 10 operator consoles. Computers will assimilate data from 15,000 sensors and control points, 350 closed circuit television cameras, and an optical fiber network for voice and data transmission. Operators will be able to dispatch response teams, close lanes and guide traffic around trouble spots, and advise motorists via radio and

15 Ventilation Building #6 in construction, over the cofferdam and tunnel box. View from harbor front towards South Boston, June 1995.

16 South Boston cut-and-cover box tunnel under construction. View from South Boston towards downtown.

17 Operations Control Center: exploded axonometric.

18 South Bay Interchange (I-90/I-93) looking north to downtown Boston. Bridges crossing the Fort Point Channel are to be relocated to accommodate mainline viaduct as well as tunnel construction under the channel.



18

BOSTON'S CENTRAL ARTERY

Mentre gli edifici di ventilazione #6 (Boston-sud) e #7 (Boston-est) sono quasi completati, e servono il tunnel del porto, il prossimo edificio di ventilazione che verrà costruito è il n. #5 (Boston-sud) che servirà la sezione del tunnel situata tra il vecchio fronte del porto industriale e gli insediamenti commerciali che penetrano dal centro. Questo edificio ha la stessa protezione impermeabile degli altri, ma ha anche un rivestimento in mattoni per adattarsi al suo contesto più urbano.

TECNOLOGIA AUTOSTRADALE INTELLIGENTE

Con i suoi tunnel che comprendono 37 miglia di corsie, il CA/T sarà uno dei sistemi autostradali sotterranei più trafficati e complessi del mondo. Il Centro controllo operazioni sarà uno dei sistemi di controllo elettronico del traffico più avanzati degli Stati Uniti. Questa tecnologia autostradale "intelligente" - nota come IVHS (Intelligent Vehicle Highway Systems) - si propone di rendere ogni corsia il più efficiente possibile, riducendo quindi la necessità di allargare la capienza fisica della strada nella misura che si riteneva necessaria nelle passate generazioni di progettazione stradale.

Il Centro controllo operazioni ospiterà 10 consolle di operatori. I computer riceveranno dati da 15.000 sensori e punti di controllo, 350 televisori a circuito chiuso e una rete a fibre ottiche per le trasmissioni foniche e di dati. Gli operatori saranno in grado di mandare squadre di soccorso, di chiudere corsie e guidare il traffico intorno ai punti in difficoltà, di avvisare gli automobilisti via radio e segnali autostradali computerizzati - tutto entro pochi minuti dall'incidente. Si calcola che il 60% della congestione autostradale urbana è "non ripetitiva", cioè dovuta a incidenti o guasti. L'avanzato sistema di controllo del traffico studiato per il CA/T ridurrà la congestione causata da questo ti-

po di ritardi, aumentando notevolmente la capienza.

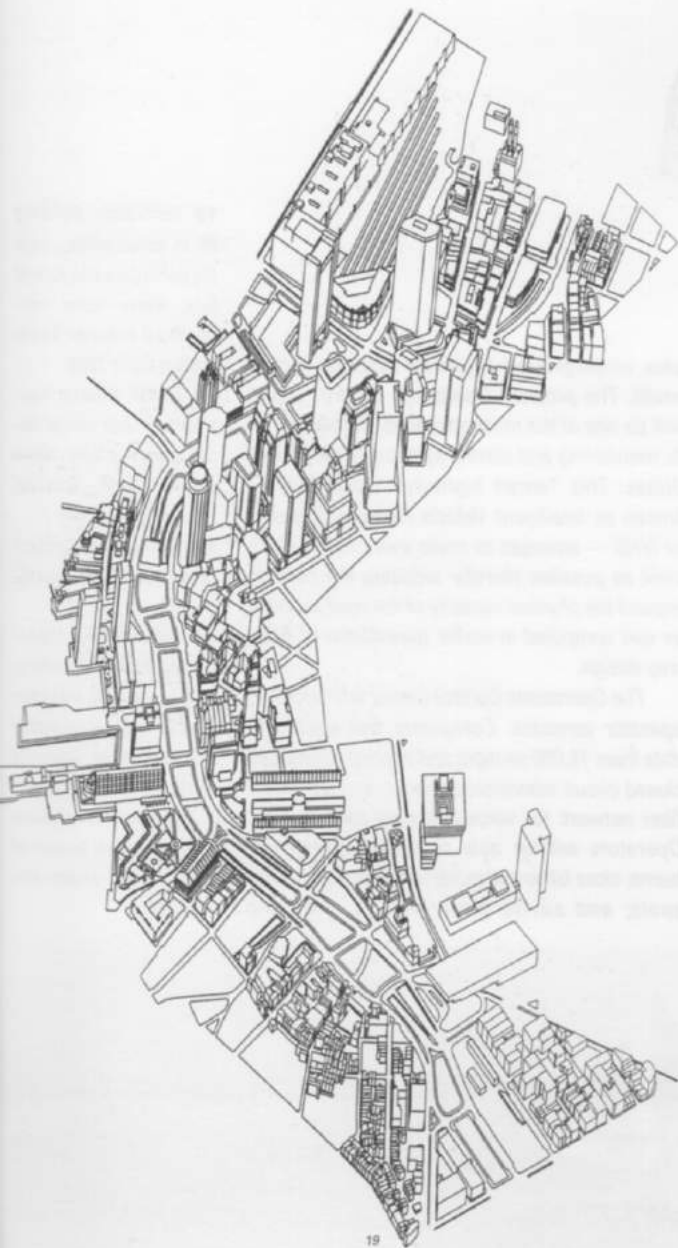
A partire dall'inaugurazione della prima fase nel 1995, il pagamento elettronico del pedaggio consentirà agli automobilisti, con un apparecchietto grande quanto una carta di credito sul parabrezza, di pagare il pedaggio per il nuovo tunnel del porto senza fermarsi. La dimensione della piazzuola per il pagamento del pedaggio, come le code e i fumi dalle macchine in coda saranno drasticamente ridotti.

ANALISI AMBIENTALE

La prima analisi ambientale del progetto è stata fatta dieci anni fa, e da allora lo studio dell'impatto ambientale dell'operazione è proseguito continuamente. La costruzione coinvolge ambienti soggetti a una quantità di regole. Occorrono più di 400 permessi, e sono state concordate centinaia di altri impegni ambientali.

Per rispondere a tutte queste esigenze, il gruppo Servizi ambientali ha escogitato una grande varietà di soluzioni. Per proteggere le aringhe e altri pesci migratori durante le esplosioni marine è stato adottato un sistema sonar a rivelazione e pulsazione per spaventare i pesci e farli allontanare a distanza di sicurezza prima delle esplosioni sottomarine. Appena fuori del porto, è stata costruita una scogliera artificiale sott'acqua per compensare la perdita dell'habitat delle cozze e dei molluschi nelle zone di costruzione. In tutte le zone d'operazione, un efficacissimo programma di controllo dei roditori individua le popolazioni di topi esistenti e le elimina. E il programma di monitoraggio dell'aria vanta una collaborazione senza precedenti con gli enti ambientali federali per garantire un'aria respirabile durante la costruzione.

Forse, l'iniziativa più importante di miglioramento ambientale è stato il recupero di Spectacle Island nel porto di Boston. L'isola,



19

19 Vista verso sud del modello al computer della Central Area.

20 Vista verso nord del modello al computer della Central Area.

computerized highway signs — all within minutes of an incident. An estimated 60% of urban highway congestion is “non-recurring,” caused by accidents or breakdowns. The advanced traffic management system designed for the CA/T Project will minimize the congestion created by these types of delays, effectively increasing capacity.

Starting with the First Phase Opening in 1995, electronic toll collection will permit drivers with a credit card-sized device on their windshield to pay their toll for the new harbor tunnel without stopping. Toll plaza size, as well as queues and exhaust from idling vehicles, will be dramatically reduced.

Environmental Review

The project conducted its first environmental review a decade ago, and the study of the project’s environmental impact has been an ongoing effort since then. Construction is occurring in every type of regulated environment. More than 400 permits are required, and hundreds more environmental mitigation commitments have been made.

To meet these requirements, the project’s Environmental Services team has responded with a variety of novel solutions. To protect the alewife and other species of migrating fish in Boston Harbor during marine blasting, a sonar detection and pulsing system was employed to startle the fish to a safe distance prior to underwater blasts. Just outside the harbor, the project built an artificial underwater reef to compensate for the loss of mussel and clam habitat in construction areas. Throughout work zones, a highly successful rodent control program tracks existing populations and then eradicates the pests. And the project’s air quality monitoring program features a first-ever partnership with federal environmental agencies to maintain breathable air during construction.

The greatest initiative in environmental mitigation undertaken by the project may be the restoration of Spectacle Island in Boston Harbor. The island, named for its twin land masses that resemble a pair of eye glasses, was used as a landfill for decades. Now, excavated project dirt and clay is being used to cap the landfill, stemming the runoff of contaminated water into the harbor and laying the foundation for the future construction of a public park. But like government agencies at all levels, the project now faces contemporary budget constraints that have planners in search of funding options to finish the park when the landfill closure is complete.

Construction in Downtown Boston

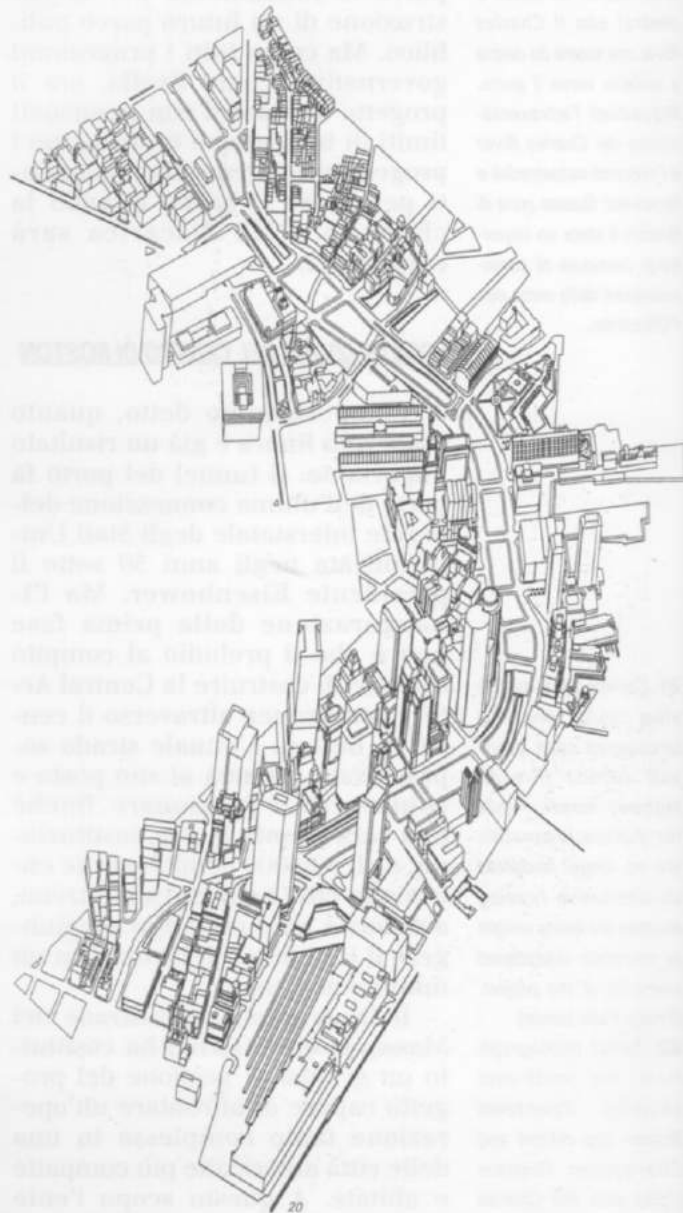
The foregoing construction has been a major accomplishment in its own right. The harbor tunnel is part of the last link in the entire U.S. interstate highway system, begun in the 1950s under President Eisenhower. But significant as it may be, the First Phase Opening is only an overture to the formidable task of constructing the underground Central Artery through Boston’s downtown. Not only will construction crews maintain the elevated artery in position and operational until the replacement is ready, but the 800,000 commuters who enter the city everyday by train, bus, and automobile must be able to reach their businesses with a minimum of inconvenience.

The Massachusetts Highway Department’s project management team is organized to undertake heavy construction in one of America’s most compact and habitable cities. In order to undertake this effort, the public agency responsible for highway construction has employed the specialist expertise and massive production capacity of private consultants. MHD managers are augmented by more than 800 engineers and support staffers from the joint venture management consultant Bechtel and Parsons Brinckerhoff, firms with extensive international experience in construction and construction management.

Complementing the worldwide experience of the engineering team, architecture, landscape architecture and urban design are undertaken exclusively by Boston-based firms who apply their local knowledge to the sensitive task of bringing the highway through the city. The design and construction of the new harbor tunnel has in itself also yielded valuable lessons, providing this multidisciplinary project team with a depth of professional and on-site experience that is unparalleled in the United States.

The first two major segments of downtown construction have begun.

Crews are starting to engage in the complex underpinning of the Red Line subway platform in Dewey Square in front of South Station so that the new northbound lanes of the Central Artery can be dug through 100 feet below street level. A few hundred meters further north, near Boston’s most heavily trafficked tourist area, Quincy Market Place, the reconfiguring of surface streets has been accomplished so that the construction of the vertical tunnel walls may begin. To ensure that significant artifacts were recovered before tunneling began, an extensive archaeological exploration has been conducted in this area, near the home of American Revolutionary figure Paul Revere.



19 Central Area computer model looking south along alignment from above North Station.

20 Central Area computer model looking north along alignment from above South Station.

BOSTON'S CENTRAL ARTERY

21 Modello di Central Area: vista nord che mostra l'organizzazione dello spazio aperto e la sezione del tunnel autostrada. (Foto Peter Lewitt)

22 Foto aerea da nord-est del centro di Boston e di Charlestown (in basso a destra) con il Charles River che scorre da destra a sinistra verso il porto. Riquadrati l'attraversamento del Charles River e i raccordi autostradali e ferroviari. Questa zona di Boston è stata un importante corridoio di comunicazione dalla metà dell'Ottocento.

così chiamata per le sue due parti gemelle che ricordano un paio d'occhiali, è usata da anni come discarica. Adesso, la terra e l'argilla scavate nell'operazione vengono utilizzate per coprire la discarica, per contenere le perdite di acqua inquinata nel porto e porre le fondamenta per la costruzione di un futuro parco pubblico. Ma come tutti i programmi governativi a ogni livello, ora il progetto si scontra con i consueti limiti di budget che costringono i progettisti a cercare finanziamenti per finire il parco quando la chiusura della discarica sarà completata.

COSTRUZIONE DEL CENTRO DI BOSTON

Come abbiamo detto, quanto realizzato finora è già un risultato importante. Il tunnel del porto fa parte dell'ultima connessione della rete interstatale degli Stati Uniti, iniziata negli anni 50 sotto il presidente Eisenhower. Ma l'inaugurazione della prima fase non è che il preludio al compito enorme di costruire la Central Artery sotterranea attraverso il centro di Boston. L'attuale strada sopraelevata rimarrà al suo posto e continuerà a funzionare finché non sarà pronta la sua sostituzione, e gli 800.000 pendolari che entrano in città ogni giorno in treno, autobus e auto potranno raggiungere il loro posto di lavoro con un minimo di disagio.

Il Dipartimento autostrade del Massachusetts (MHD) ha costituito un gruppo di gestione del progetto capace di affrontare un'operazione tanto complessa in una delle città americane più compatte e abitate. A questo scopo l'ente pubblico responsabile della costruzione di autostrade ha utilizzato la competenza specialistica e la forte capacità operativa di consulenti privati. I dirigenti del MHD sono affiancati da oltre 800 ingegneri e personale di appoggio dei consulenti della joint-venture, gli studi Bechtel e Parsons Brinckerhoff, con una vasta espe-

rienza internazionale nel campo costruttivo e gestionale. Accanto al team di ingegneri, l'architettura del paesaggio e il disegno urbano sono affidati esclusivamente a studi di Boston che applicano la loro conoscenza del luogo al compito delicato di far passare l'autostrada attraverso la città. Il progetto e la costruzione del nuovo tunnel del porto sono stati fonte di insegnamenti preziosi, offrendo a questo gruppo di progettazione interdisciplinare una ricchezza di esperienza professionale diretta senza precedenti negli Stati Uniti.

I primi due segmenti principali della costruzione nel centro sono già iniziati. Le squadre stanno cominciando ad affrontare la complessa puntellatura della piattaforma sotterranea della Linea rossa a Dewey Square di fronte alla South Station in modo che si possano scavare le nuove corsie verso nord della Central Artery 100 piedi sotto il livello stradale. Poche centinaia di piedi più a nord, vicino a Quincy Market Place, la zona turistica più frequentata di Boston, si è realizzata la riconfigurazione delle strade in superficie, in modo che si possa iniziare la costruzione delle pareti verticali del tunnel. Per garantire il recupero di artefatti significativi prima dell'inizio del tunnel, è stata condotta una vasta esplorazione archeologica dell'area che è vicina alla casa di Paul Revere, un protagonista della rivoluzione americana. Siccome la costruzione durerà altri dieci anni, è stato studiato e realizzato un percorso flessibile e modulare per guidare i pedoni attraverso il più grande cantiere che molti di loro potranno mai vedere.

Già nel corso della costruzione il MHD, insieme all'ente statale costruzione e sviluppo, la Division of Capital Planning and Operation, sta studiando uno strumento per l'assegnazione del terreno lasciato libero dall'autostrada, costituito principalmente dai 27 acri dell'area centrale. Secondo le attuali previsioni, il 75% di questo terreno sarà destinato a spazio pubblico e il 25% a lotti edificabili. Il fi-

nanziamento delle Autostrade federali non coprirà la piantumazione e la pavimentazione dell'area di superficie, per cui bisognerà cercare fondi di finanziamento alternativi. La struttura del tunnel, così com'è progettata, può sopportare edifici di quattro o cinque piani, senza ulteriori rinforzi. Probabilmente si dovrà rivedere il rapporto tra spazi edificabili che creano reddito e spazio aperto pubblico per risolvere così la questione finanziaria e realizzare gli obiettivi di disegno urbano della città.

ATTRAVERSAMENTO DEL CHARLES RIVER

Mentre procedeva la costruzione del tunnel del porto, si è portato avanti lo studio dell'attraversamento del Charles River che prevede il passaggio dell'autostrada a otto corsie nord-sud sopra il Charles River da Boston a Cambridge e la realizzazione del collegamento est-ovest con quattro linee di traffico nel modo più urbanisticamente corretto ed economico. Siccome questo progetto vuole essere un importante segno urbano, l'allineamento dell'autostrada, il disegno particolareggiato del ponte e lo spazio aperto connesso sono stati oggetto di un ampio processo pubblico di partecipazione guidato dal gruppo di disegno urbano, che ha coinvolto un *panel* di esperti indipendenti delle città di Boston e Cambridge. The Bridge Design Review Committee ha convinto il gruppo di progettazione a proporre una soluzione che prevede di infossare alcune corsie in un tunnel sotto il fiume riducendo così la larghezza del ponte. Questo schema del 1993 ha ottenuto il consenso unanime delle comunità coinvolte ma si è rivelato troppo costoso per la Federal Highway Administration. Una nuova soluzione, senza il tunnel sotto il fiume e con un ponte più largo, definita come la "porta" della configurazione ad arco dei piloni di supporto è ora nello stadio finale di progettazione ed entrerà in costruzione nel 1998.

21 Central Area model: view north showing landscaped open space and section through highway tunnel. Funds for surface restoration are no longer budgeted so alternative funding sources are being sought to complete landscaped elements of the project. (Photo: Peter Lewitt)

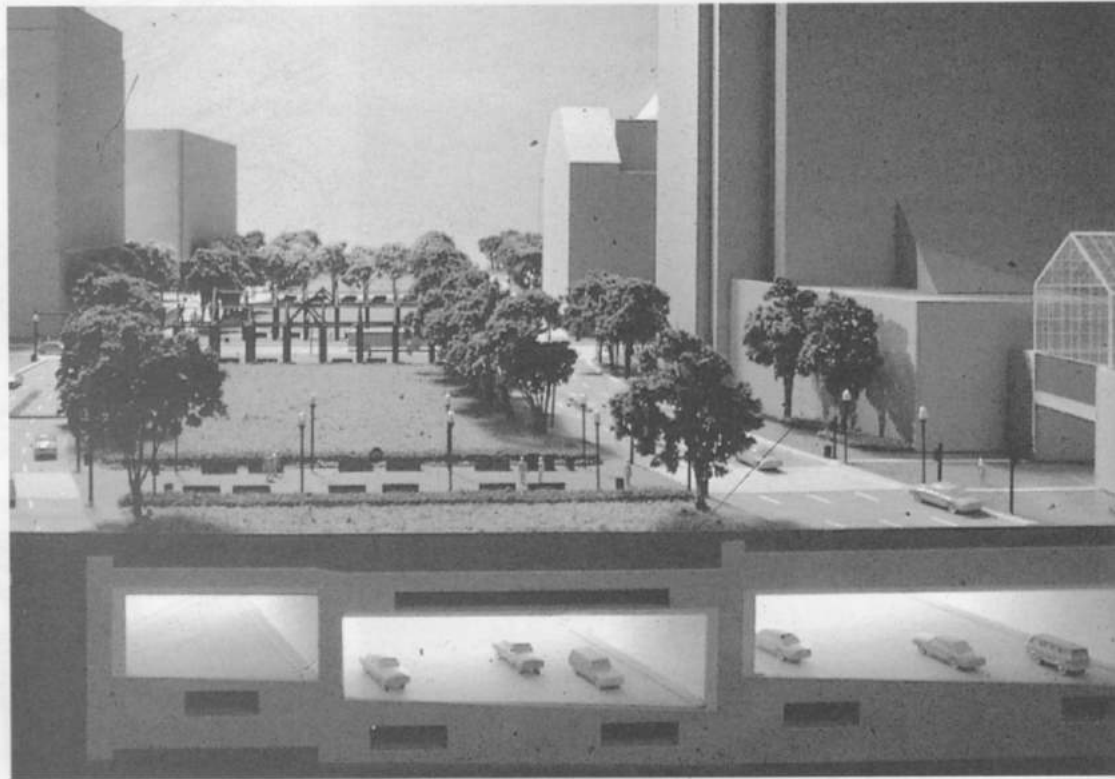
22 Aerial photograph from the north-east showing downtown Boston (top center) and Charlestown (bottom right) with the Charles River flowing from right to left into Boston Harbor. The Charles River Crossing area is framed showing existing highway and railroad connections. This area of Boston has been a major arterial corridor since the mid-nineteenth century.

As construction continues through the next decade, a flexible, modular walkway "kit-of-parts" has been designed and implemented to guide pedestrians through the biggest construction site, most people will ever see in their lifetime.

Even as construction proceeds, the Massachusetts Highway Department, working with the state building and development agency, the Division of Capital Planning and Operations, is formulating a mechanism for the disposition of land created by the highway. The principal real estate asset will be the 27 acres of land created over the tunnel box in the central area. As the current permitting stands, 75% of this is committed as public open space, 25% as developable parcels.

Federal Highway funding will not cover planting and special paving in the surface restoration so alternative sources of funding are being sought.

The tunnel structure as currently designed can accept buildings of between 5 and 10 storeys, without any additional strengthening. The ratio of developed, revenue-bearing space to public open space is therefore likely to be reviewed as one element in the financial solution to realizing the urban design goals of the city.



21

Charles River Crossing

While the construction of the harbor tunnel has been underway, design development for the Charles River Crossing has been in process. This design task involves taking the eight-lane mainline north-south highway over the Charles River from Boston to Cambridge and making a four-way east-west connection in an urbane and economical manner.

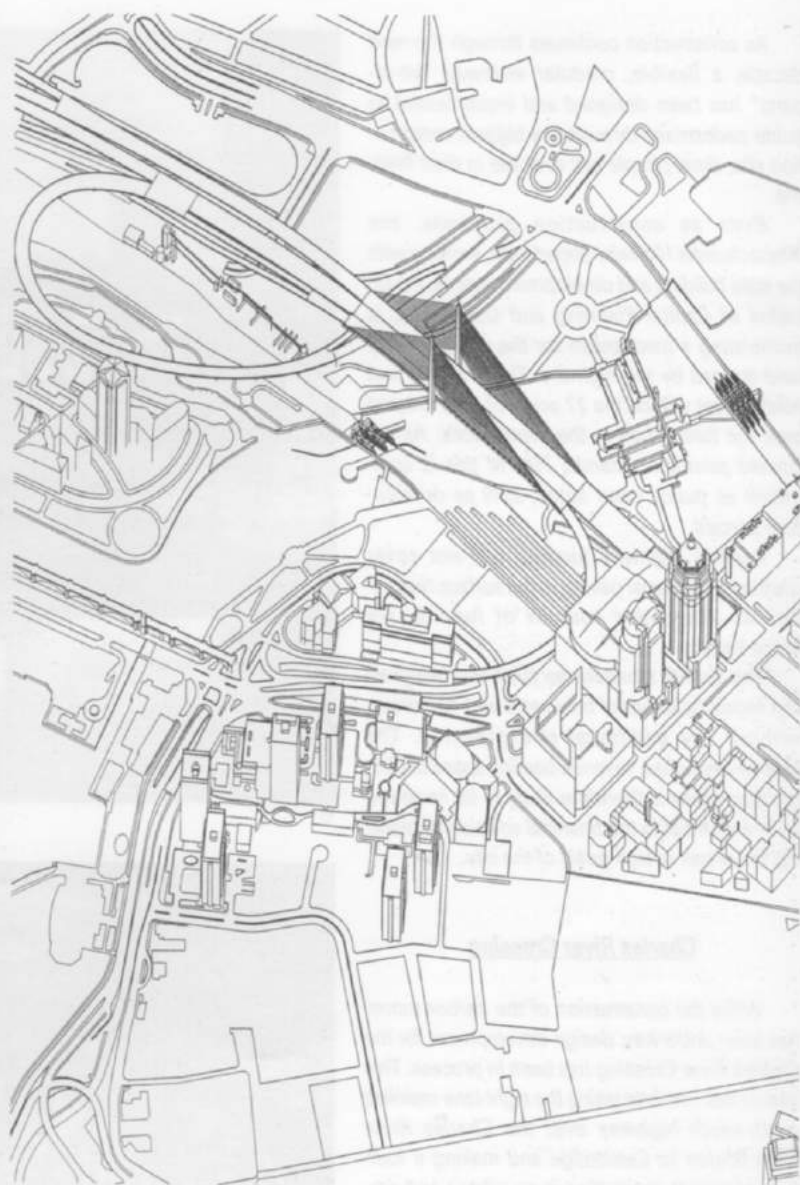
Conceived as a major urban landmark, the highway alignment, detailed bridge design and associated open space development has been the subject of an extensive public participation process guided by the urban design team and involving a panel of independent experts from the cities of Boston and Cambridge. The Bridge Design Review Committee guided the engineers to a solution which buried some of the travel lanes in a tunnel under the river thereby reducing the width of the bridge. This 1993 scheme won unanimous support from the affected communities but proved to be too costly for the Federal Highway Administration.

A revised design, without a river tunnel and with a wider bridge, referred to as the "gateway" design for the arched configuration of the support pylons, is now in final design and will be in construction by 1998.



22

BOSTON'S CENTRAL ARTERY



Diffusione di tecniche avanzate

Il Dipartimento trasporti promuove uno scambio di informazioni tra i progetti, in modo che i partecipanti pubblici e privati a costruzioni importanti possano valersi dell'esperienza degli altri. Il progetto Central Artery/Tunnel ha migliorato le tecniche esistenti o ne ha elaborato di nuove, imposte in gran parte dal Rapporto impatto ambientale, nei seguenti campi:

Controllo impegni: una banca dati testi-grafica controlla sei livelli di impegni di progetto dalla pianificazione alla costruzione.

Gestione integrata roditori: il più completo programma di controllo roditori mai applicato in un progetto di costruzione. Tutte le informazioni sono collegate alla banca dati per controllare la popolazione dei topi prima, durante e dopo la costruzione.

Protezione dei pesci migratori: per non danneggiare o interrompere i movimenti dei pesci anadromi del porto di Boston si è studiata una tecnica che impiega la rilevazione sonar e un sistema elettronico di allarme dei pesci per assicurare una "zona di sicurezza" per le esplosioni nel letto del porto.

Programma di protezione degli actiti: dove il programma di rimozione della terra disturbava la nidificazione degli uccelli, si è deciso di falciare l'erba per scoraggiare la nidificazione, e di creare zone di nidificazione alternative protette.

Tutela dell'ambiente pubblico: il programma mira a mantenere, durante la costruzione, un ambiente sano, gradevole e vitale per il pubblico in generale e per il commercio. Oltre a controllare il livello di polveri e di rumore e a regolare l'accesso, si è creata una rete di passerelle (percorsi) pedonali mobili e di segnaletica provvisoria che guiderà i pedoni attraverso i cantieri. Questi percorsi verranno anche utilizzati per un programma artistico provvisorio.

Programma di tutela storica: il conservatore del

CA/T ha il compito di controllare e tutelare le strutture storiche adiacenti al percorso dell'autostrada, dalla progettazione al completamento del progetto.

Principali motivi di preoccupazione sono i danni causati dagli scavi, l'effetto delle vibrazioni, l'abbassamento della falda freatica, la scopertura dei pali di fondazione in legno. Il lavoro del conservatore ha prodotto una classificazione degli edifici mai vista e ha portato a modificare il tracciato dell'autostrada nei punti particolarmente delicati.

Monitoraggio qualità dell'aria: si sono adottati completi programmi di previsione e di monitoraggio per studiare misure che garantissero il mantenimento della qualità dell'aria per tutto il tempo della costruzione.

Impermeabilizzazione: molti edifici dell'autostrada sono progettati per una durata di 75 anni, ma normalmente non ospitano persone. Per minimizzare le esigenze di manutenzione e ridurre i possibili danni interni nel caso di cedimenti del sistema di involucro, su tutti gli edifici di ventilazione si è usato un rivestimento impermeabile a pressione bilanciata. Il sistema ha giunti aperti e pannelli mobili per evitare la manutenzione in situ di giunti a malta o a guarnizione.

Manutenzione reti impianti: 29 miglia di tubature esistenti sono state sostituite o spostate prima della costruzione dell'arteria principale per garantire uno spazio di lavoro libero e ridurre le improvvise interruzioni dei servizi.

Costruzione diaframmi di terra, cemento e bentonite: questa tecnica ha lo scopo di creare delle pareti stabili entro le quali si può costruire. Lavorando a serie alternate, tre livelli da 900 mm perforano fino a 20-30 metri e metà della terra di scavo viene miscelata a un impasto liquido di calcestruzzo. L'impasto stabilizza sufficientemente il terreno perché si possa scavare nella parte interna della parete. Questo metodo, introdotto da imprese di costruzione

giapponesi, è più rapido e silenzioso dei metodi di scavo tradizionali e richiede minor spazio.

Programma controllo incendi: benché molti nuovi tunnel autostradali siano stati progettati e costruiti negli Usa recentemente, vi sono state poche sperimentazioni dei sistemi di ventilazione in caso di incendio. Il CA/T ha compiuto una serie di esperimenti in un tunnel ferroviario dismesso nel West Virginia per controllare diversi sistemi di ventilazione in diverse situazioni di incendio. I dati vengono utilizzati per il progetto CA/T e per altri progetti negli Usa.

Tubi installati con martinetti idraulici: questa tecnica, molto usata in Europa e meno negli Usa, adotta cricchi idraulici per spingere i tubi di calcestruzzo (o di acciaio) nel terreno, evitando di ricorrere alla costruzione tradizionale a trincea aperta. Ha il vantaggio di essere più silenziosa, sicura, e di disturbare molto meno il traffico e le attività cittadine.

Strumentazione geotecnica: inclinometri ed estensometri sonda per controllare le deformazioni orizzontali e verticali vengono installati in cantiere e collegati a una banca dati che registra le letture. La banca dati è collegata a sua volta a un Cad tridimensionale per cui si può ottenere una stampa grafica di ogni posizione.

Prove e tracciamento della terra: si è adottato un sistema accelerato di eliminazione della terra scaricando la terra scavata in una matrice correlata a campioni di test.

Programmazione metodologia a carico dei costi (CPM): questo sistema, molto usato nel settore privato, è abbastanza nuovo per i progetti a finanziamento federale. L'appaltatore deve assegnare un costo a tutti gli elementi del contratto. A ogni attività è assegnato un costo, e l'appaltatore è pagato soltanto per quell'attività quando è completata e solo per il valore di quell'attività. Questo metodo migliora moltissimo la gestione della costruzione e consente di valutare esattamente le possibili alternative di programmazione della costruzione.

23 Foto aerea da sud che mostra l'attuale Central Artery che attraversa il Charles River da Boston (in primo piano) a Cambridge e Somerville (in alto a destra) e Charlestown e l'autostrada 1A (in alto a sinistra).

24 Modello al computer del bacino di Charles River da sud-ovest, con in primo piano la struttura verticale del ponte sospeso del 1993, la North Station, l'arena per il basket Boston Garden (ultima nel 1995) e i grattacieli commerciali in progetto.

25 Central Artery Architecture, Urban Design and Landscape Architecture team: Summer Street bridge, South Boston, estate 1992.

23 Aerial photograph from the south showing the existing Central Artery as it crosses the Charles River from Boston (foreground) to Cambridge and Somerville (upper right) and Charlestown and Route 1A (upper left). This photograph was taken in 1987 prior to Route 1A being put in tunnel under Charlestown.

24 Computer model of Charles River Basin from the south-west, showing the 1993 "needle" tower scheme for the cable stay bridge. North Station, the Boston Garden basketball arena (completed 1995) and proposed high-rise commercial development can be seen in the center right.

25 Central Artery Architecture, Urban Design and Landscape Architecture team: Summer Street bridge, South Boston, Summer 1992.

Technology Transfer

The US Department of Transportation sponsors an exchange of information between projects so that both public and private participants in major construction can benefit from others' experiences. The Central Artery/Tunnel Project has either improved existing techniques or developed new technologies in the following areas, most of which have been mandated through the Environmental Impact Statement:

Commitments Tracking: a text and graphic database tracking six levels of projects commitments from planning through construction.

Integrated Pest Management: the most comprehensive rodent control program implemented anywhere on a construction project. All data are

linked to database and 3-D mapping to track rodent populations before, during and after construction.

Protection of Migrating Fish: to avoid damage or interruption to the movement of anadromous fish in the Boston Harbor a technique was developed using sonar detection and an electronic fish startle system to ensure a "safe zone" for blasting on the harbor floor.

Upland Sandpiper Protection Program: where the soil disposal program conflicted with bird nesting, the project undertook mowing in areas where nesting was to be discouraged and protecting and creating alternative nesting areas.

Maintenance of the Public Environment: this program is intended to maintain a pleasant, safe and lively environment for the general public and businesses during construction. As well as specifying and maintaining dust and noise control and regula-

ting access, the program has instituted a network of moveable pedestrian walkways and temporary signage which will lead pedestrians through construction sites. The walkway structures are also being used as a vehicle for a temporary arts program.

Historic Conservator Program: the Project Conservator is charged with the monitoring and protection of nationally registered historic structures adjacent to the highway alignment, from design through the end of construction. Key issues of concern are excavation induced damage (settlement, façade separation); vibration impacts; groundwater drawdown (consolidation/settlement), exposure of wooden pilings). The work of the Conservator has led to an unprecedented level of cataloging of buildings and to the modification of the highway design in particularly sensitive areas.

BOSTON'S CENTRAL ARTERY

Investment in Urban Infrastructure

Boston at the Turn of the Century

Contrary to the current tide of political discourse in the United States and Europe which favors a reduction in expenditure in the public sphere, Boston is investing heavily in its future. In addition to the Central Artery/Tunnel Project, there are many other ongoing and active interventions in the urban infrastructure. Below is a partial list of current projects in construction in the Boston metropolitan area:

Central Artery/Tunnel Project — highway expansion: \$7.7 billion (1990-2004)
 Logan 2000 — airport modernization: \$1.2 billion (1993-2001)
 North Station Improvements — intermodal center: \$350 million (1988-2000)
 South Station Transp. Center — intermodal center: \$100 million (1993-1996)
 South Boston Piers Transitway — light rail extension: \$597 million (1995-2008)

Old Colony Railroad — commuter rail extension: \$480 million (1986-1996)
 Boston Harbor Project — water and sewer improvements: \$3.4 billion (1986-2000)
 Fleet Center (Boston Garden) — sports arena North Station: \$92 million (1993-1995)
 Federal Courthouse: \$153 million (1994-1998)

Acknowledgements

Central Artery/Tunnel Project

Client
 Massachusetts Executive Office of Transportation and Construction
 James Kerasiotes, Secretary
 Massachusetts Highway Department
 Laura Bedingfield, Commissioner
 Central Artery/Tunnel Project
 Peter M. Zuk, Project Director
 Curtis Davis, Director of Design and Engineering
 Shirin Karanfiloglu, Manager of Architecture and Urban Design

Prime Consultant
 Bechtel/Parsons Brinckerhoff (a joint venture of Bechtel Civil Inc. and Parsons Brinckerhoff Quade and Douglas, Inc.):
 Managers of Design and Construction
 Stuart Tholan, Project Manager
 A.R. Lancellotti, Design Manager

Sub-Consultants
 Wallace, Floyd, Associates Inc:
 Managers of Architecture, Urban Design, Landscape Architecture and Planning
 Stull and Lee, Inc., Architecture and Urban Design
 Carol R. Johnson & Associates, Inc., Landscape Architects

Thanks to Brian Baker, Peter Brigham, Donna Chase and David Elvin for help in the preparation of this article.

Project Statistics

Length: 7.5 miles, 3.5 miles in tunnel (128 lane miles; 37 lane miles in tunnel)
 Project cost: \$7.96 billion U.S. dollars plus inflation
 Employment: 9,000 jobs in 1995; peak of 15,000 in 1998
 Central Artery traffic volume today: 190,000 vehicles a day; 8-10 hours of congestion
 Traffic volume in 2010: 244,000 vehicles a day
 Number of on/off ramps in downtown section will be reduced from 27 to 14. Portal-to-portal length of harbor tunnel: 1.6 miles
 Number of ventilation fans: 128
 Installed horsepower: 36,000 Hp
 Air recirculation: 31 million cubic feet per minute
 Power requirements: 50 MW peak connected load (10.5 MW operating load)
 Air quality: 12% reduction in carbon monoxide; 9% reduction in particulate matter (fine black dust from exhaust)
 Open space created: 150 acres: 27 in downtown corridor; 105 acres of parkland on Spectacle Island.
 Economic loss from wasted fuel, accidents, and delays if not built: \$530 million per year

Construction Statistics

Excavated soil: 13 million cubic yards
 Concrete quantity: 3.5 million cubic yards
 Reinforcing steel: 500,000 English tons
 Storm water pumping stations: 21
 South Boston cofferdam: 250 feet diameter; 85 feet deep; 4,170,312 cubic feet displacement
 Immersed tube: 12 sections, each 33,000 tons, 325 feet in length, 37.5 feet diameter per bore
 Maximum harbor tunnel depth: 100 feet below mean water level, 50 feet below ocean floor
 Number of tiles in harbor tunnel: 1.1 million
 29 miles of utility lines relocated in downtown area

Air Quality Monitoring: comprehensive forecasting and monitoring programs have been employed to develop mitigation measures ensuring that air quality is maintained throughout the construction period.

Rainscreen Systems: many of the highway buildings are designed for a 75 year life but do not normally accommodate people. In an effort to minimize maintenance requirements and to reduce possible internal damage in the event of envelope system failure, pressure-equalized rainscreen cladding has been employed on all the ventilation buildings. The system employed has open joints and removable panels, avoiding on-site maintenance of mortar or gasketed joints.

Maintenance of Utilities: 29 miles of existing utilities are being renewed and relocated prior to mainline construction to ensure clear construction workspace and reduce emergency interruptions of service.

Soil Mix Wall Construction: the purpose of this technique is to create stable walls between which underground construction can take place. Working in alternate series, three 900mm augers drill down

20-30metres, half the excavate being mixed with concrete slurry. This mixture stabilizes the earth sufficiently for excavation to take place on the inside face of the wall. Pioneered by Japanese construction firms, the method is quicker and quieter than conventional excavation and requires less space.

Tunnel Fire Test Program: despite the design and construction of many new highway tunnels in the US in recent years, there has been little empirical testing of ventilation machinery in case of fire. The project has set up a series of experiments in a disused railroad tunnel in West Virginia to test various ventilation systems under a variety of fire conditions. The data is being used for the CA/T project and for others throughout the US.

Pipe Jacking: this technique, used extensively in Europe, less so in the USA, employs hydraulic jacks to push concrete (or steel) pipes through soil, obviating the need for conventional open-trench construction. The advantages are that it is quieter, quicker, and less disruptive to traffic and city activities.

Geotechnical Instrumentation: inclinometers and probe extensometers to monitor horizontal and vertical deformation are installed on site and linked to a database which records the readings. The database is in turn linked to 3-D CADD so that a graphic printout can be obtained for any location.

Soils Testing and Tracking: an accelerated program for soil disposal has been achieved by dumping removed soil in a matrix correlated with test samples.

Cost Loaded Critical Path Methodology (CPM) Scheduling: while this is commonly used in the private sector, it is relatively new for federally funded projects. Cost Loaded CPM directly integrates cost and schedule CPM. The contractor is required to cost load all items of the bid document. A cost is assigned to each activity and the contractor is only paid for that activity on completion and only for the value of that activity. This method greatly improves construction management and enables an accurate assessment of hypothetical alternatives in construction scheduling.

Cronologia

1930

Il City Planning Board propone la Central Artery sopraelevata originale.

Anni 50

Si costruisce la Central Artery sopraelevata che attraversa Boston, che rientra nel programma Autostrade interstatali di Eisenhower.

1972

Il governatore del Massachusetts, Sargent, decreta una moratoria sulla costruzione di autostrade. Il Boston Transportation Planning Review (BTPR) sollecita miglioramenti ed estensioni del trasporto metropolitano e ferroviario e la costruzione di una Central Artery sotterranea e di un nuovo Third Harbor Tunnel.

1983

Aprile — Si comincia a lavorare all'Analisi definitiva impatto ambientale/Rapporto sulla Central Artery/Tunnel Project (CA/T).

1986

Gennaio — Documento definitivo Impatto ambientale/Rapporto approvato dagli enti statali e federali.

1987

Il Congresso approva il finanziamento e le finalità del progetto CA/T. Viene nominato il team di consulenti.

1988

Approvato il progetto della prima sezione per la ste-sura definitiva.

1990

Il Congresso stanziava 755 milioni di dollari per il progetto.

1991

Gennaio — Approvato il Rapporto definitivo supplementare impatto ambientale, con l'intesa di migliorare il progetto per l'attraversamento del fiume Charles.

Febbraio — Inizia il lavoro del Comitato analisi progetto ponte, composto da 42 persone, per stabilire finalità e criteri del miglioramento del progetto di attraversamento del fiume Charles.

Maggio — La Federal Highway Administration rilascia il Record of Decision che consente di iniziare la costruzione.

Settembre — Inizia la costruzione del Third Harbor Tunnel (I-90) e la Haul Road Boston-sud.

1992

Gennaio — Iniziano le operazioni di dragaggio e brillamento della roccia con dinamite per il Third Harbor Tunnel.

Agosto — Inizia lo spostamento delle reti degli impianti nel centro.

Settembre — Il Review Committee del progetto del ponte presenta le proposte per l'attraversamento del fiume Charles al Segretario ai Trasporti Taylor.

Il primo dei dodici tubi di acciaio per il Third Harbor Tunnel arriva a Boston.

1993

Febbraio — Il primo dei dodici tubi viene immerso in una trincea preparata nel porto adiacente all'aeroporto Logan.

Aprile — Iniziano i lavori per lo spostamento della conduttura del gas di 30" nell'area centrale della città.

Maggio — Completato il cassone a tenuta stagna sul lato Boston-sud del Third Harbor Tunnel.

Luglio — Abbozzo di Analisi supplementare impatto ambientale. Presentato il rapporto per l'attraversamento del fiume Charles.

Settembre — Riunioni pubbliche a Charlestown, Cambridge e Boston-centro per discutere tre soluzioni alternative per l'attraversamento del fiume Charles, seguite da un'udienza pubblica formale.

Novembre — Posa dell'ultimo dei dodici tubi sotto il porto.

Il segretario ai trasporti Kerasiotes seleziona i nuovi progetti per l'attraversamento del fiume Charles.

1994

Febbraio — Il Rapporto supplementare definitivo impatto ambientale viene sottoposto per l'approvazione all'Ufficio esecutivo problemi ambientali del Massachusetts. Il documento definitivo supplementare impatto ambientale viene sottoposto per l'approvazione all'Ente protezione ambientale degli Stati Uniti.

Marzo — Il progetto ottiene il certificato di approvazione del Massachusetts.

Aprile — Il progetto riceve il Record of Decision dall'EPA degli Stati Uniti, che approva il progetto di attraversamento del fiume Charles.

1995

Febbraio — Iniziano due contratti di costruzione dell'Arteria principale nell'Area centrale (I-93).

Dicembre — Apertura del Third Harbor Tunnel (I-90) al traffico commerciale.

2001

Apertura del Third Harbor Tunnel a tutto il traffico.

2004

Apertura della Central Artery (I-93) a tutto il traffico.

Project Chronology

1930

Original elevated Central Artery envisioned by City Planning Board.

1950's

Elevated Central Artery built through Boston as part of Eisenhower's Interstate Highway program.

1972

Massachusetts Governor Sargent calls for moratorium on highway building. Boston Transportation Planning Review (BTPR) recommends improvements and extension to metropolitan transit and rail system as well as the construction of an underground Central Artery and a new Third Harbor Tunnel.

1983

April — Work begins on Final Environmental Impact Statement/Report for Central Artery/Tunnel Project (CA/T)

1986

January — Final Environmental Impact Statement/Report is approved by state and federal agencies.

1987

Congress approves funding and scope of CA/T project. Consultant team appointed.

1988

First Section Design package awarded for final design.

1990

Congress allocates \$ 755 million to the project.

1991

January — Final Supplemental Environmental Impact Report approved, subject to improved design for the Charles River Crossing.

February — Work begins with 42-person Bridge Design Review Committee to establish goals and criteria for improved Charles River Crossing design

May — Federal Highway Administration issues Record of Decision to allow construction start.

September — Construction begins on Third Harbor Tunnel (I-90) and South Boston Haul Road.

1992

January — Dredging and blasting for the Third Harbor Tunnel begins.

August — Utility relocation begins downtown.

September — Bridge Design Review Committee presents recommendations to Secretary of Transportation Taylor on the Charles River Crossing.

First of 12 steel tubes for the Third Harbor Tunnel arrives in Boston.

1993

February — First of 12 steel tubes is immersed in a prepared trench in the harbor adjacent Logan Airport.

April — Work begins on relocation of 30" gas main through central area.

May — Cofferdam on South Boston side of Third Harbor Tunnel completed.

July — Draft Supplemental Environmental Impact Statement / Report for the Charles River Crossing is filed.

September — Community meetings held in Charlestown, Cambridge and central Boston to discuss three alternative design solutions for Charles River Crossing, followed by a formal public hearing.

November — Last of the 12 steel tubes under the harbor is placed.

Secretary of Transportation Kerasiotes selects new design for the Charles River Crossing.

1994

February — Final Supplemental Environmental Impact Report submitted to Massachusetts Executive Office of Environmental Affairs for approval.

Final Supplemental Environmental Impact Statement submitted to US Environmental Protection Agency for approval.

March — Project receives Certificate of approval from Massachusetts.

April — Project receives Record of Decision from US EPA giving approval to Charles River Crossing design.

1995

February — Two mainline construction contracts in Central Area (I-93) begin.

December — Third Harbor Tunnel (I-90) open to commercial traffic.

2001

Third Harbor Tunnel open to all traffic.

2004

Central Artery (I-93) open to all traffic.

RIVISTA INTERNAZIONALE DI ARCHITETTURA

spazioe società

space & society

Spazio & Società

Anno XVIII n. 75

1996

Gennaio-Marzo / January-March

Trimestrale edito da

A quarterly published by

Gangemi Editore

Via Cavour, 255 - 00184 Roma

Registrazione presso il Tribunale

di Milano - n. 208 del 10 maggio 1978

Associato alla Unione

Stampa Periodica Italiana (USPI)

Direttore responsabile

Giancarlo De Carlo

Direzione e redazione

20145 Milano - Via Pier Capponi, 13

Tel. (02) 435582

Fax (02) 48194667

Prezzo di un numero: Lit. 15.000

Amministrazione

Gangemi Editore

Via Cavour, 255 - 00184 Roma

Tel. (06) 4821661

Fax (06) 4747999

Abbonamenti/Subscriptions:

Spazio e Società,

Via Pier Capponi, 13 - 20145 Milano

Tel. (02) 48011832

Fax (02) 48194667

Conto corrente postale n. 24159204

Abbonamento annuo (4 numeri)

Italia: Lit. 50.000

estero: Lit 100.000

Coordinamento vendite

e distribuzione in libreria:

Arnoldo Mondadori - Milano

Distribuzione in edicola:

Dipress s.r.l. Milano

Distributore estero:

Sole Agent for Distribution

and Subscriptions Abroad:

A.I.E. - Agenzia Italiana

di Esposizione S.p.A.

Via Manzoni, 12

20089 Rozzano (MI)

Tel. 02/5/612575 - Fax 02/57612608

Telex 515567 aiem-i

Stampa: Grafiche Zanini Bologna

Editore/Publisher

Gangemi Editore, Roma

**Coordinamento di redazione/
Editorial Coordination**

Giuliana Baracco

Redazione/Editorial Board

Nicolò Ceccarelli

Mauro Manfrin

Consulenti/Consultants

Julian Beinart, USA

Balkrishna B. Doshi, India

Bengt Edman, Sweden

Sverre Fehn, Norway

Herman Hertzberger, Holland

Lucien Kroll, Belgium

Donlyn Lyndon, USA

Fumihiko Maki, Japan

Frei Otto, Germany

Peter Prangnell, Canada

Yorgos Simeoforidis, Greece

Peter Smithson, Great Britain

Luo Xiaowei, China

Progetto grafico/Graphic Design

Giovanni Galli

Traduzioni/Translations

Giovanna Glauber

Richard Sadleir

Benedict Zucchi

Direttore/Editor

Giancarlo De Carlo

Vice direttore/Deputy Editor

Amedeo Petrilli

Direzione artistica/Art Director

Daniele Brandolino

**Corrispondenti stranieri/
Foreign Correspondents**

Peter Blundell Jones, Great Britain

Georges Descombes, Switzerland

Antonio DiMambro, USA

Per Olaf Fjeld, Norway

Naomi Miller, USA

Luciana Miotto, France

Juhani Pallasmaa, Finland

Ruben O. Pesci, Argentina

Athinà Savvidu, Greece

Hugo Segawa, Brazil

Grafica/Graphics

Mauro Manfrin

Editing

Marco Abate