

プレキャスト PC 円柱を用いた消波護岸の設計・施工 — 羽田空港 D 滑走路 埋立 / 棧橋接続部護岸工事 —

野口 孝俊*1・田中 秀夫*2・新原 雄二*3・吉原 知佳*4

東京国際空港（羽田空港）の沖合いに建設中の D 滑走路は、建設地の一部が多摩川の河口域にかかるため、河口法線内には棧橋工法を、それ以外には埋立工法を用いたハイブリット構造の滑走路となった。この D 滑走路の埋立部と棧橋部を繋ぐ埋立 / 棧橋接続部の護岸は、護岸からの反射波を低減することを目的として、プレキャスト PC 円柱を用いた消波護岸を採用した。

消波護岸の設計においては、設計供用期間 100 年間の塩害に対する耐久性を確保するため、円形スリット柱や上床版にはプレストレスを導入してひび割れの発生を抑えた。また、これらの部材をプレキャスト化することにより、現場施工を軽減して大量急速施工を実現した。本報告は、羽田空港 D 滑走路の埋立 / 棧橋接続部の消波護岸の設計および施工について報告する。

キーワード：空港、消波護岸、プレキャスト PC 円柱、耐久性

1. はじめに

羽田空港では、新たな 4 本目の滑走路と国際線旅客ターミナル等の整備を核とした羽田空港再拡張事業が進められている。この事業が完成すると、空港の年間の発着能力が現在の約 30 万回から約 41 万回に増強され、利用客の利便性の向上や経済的効果などが大いに期待されている。この羽田再拡張事業の 1 つである D 滑走路の建設は、現空港の南の沖合いに埋立工法と棧橋工法を組合せた延長 2 500 m の滑走路をもつ海上空港を建設するものである（図 - 1）。関西国際空港や中部国際空港といったこれまでの海上空港はいずれも埋立工法で建設されてきたが、この羽田空港 D 滑走路は建設地の一部が多摩川の河口にあたるため、河川の流れを阻害しない配慮が求められ、多摩川河口域内を棧橋構造、域外を埋立構造とする埋立 / 棧橋組合せ構造が採用された。

D 滑走路建設工事は設計施工一括発注方式であり、設計

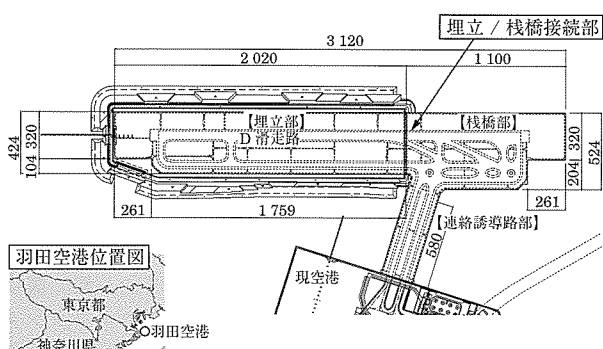


図 - 1 羽田空港 D 滑走路平面図

供用期間を 100 年とした維持管理計画の作成も含まれている。そのため、設計・施工段階から長期耐久性に対する配慮が求められるとともに、点検や補修が可能な構造とし、設計・施工から維持管理段階に至るまで一貫した思想のもとに維持管理計画を立案する必要がある。

この D 滑走路の埋立部と棧橋部を繋ぐ埋立 / 棧橋接続部（以下、接続部）は、航空機が走行する滑走路の基礎として、また大水深・軟弱地盤上の埋立地盤を支える護岸としての性能が求められ、D 滑走路の中でも重要な構造物の 1 つである。このような性能が求められる接続部には、鋼管矢板井筒を基礎とし、円形スリット式の消波護岸を上部構造とする鋼管矢板井筒護岸を採用した。本報告は、接続部の鋼管矢板井筒護岸の上部構造である円柱スリット柱を用いた消波護岸の設計、施工および維持管理の概要について報告する。

2. 鋼管矢板井筒護岸の構造概要

鋼管矢板井筒護岸の下部構造となる鋼管矢板井筒基礎は護岸延長 428.7 m、鋼管矢板 $\phi 1\ 600$ ($n = 641$ 本) を使用した 24 個の連続矩形セル断面となっている（図 - 2）。埋立部の土圧による護岸変位を抑制するために、隔壁となる鋼管矢板の継手にはせん断耐力の大きい高耐力継手を使用し¹⁾、鋼管矢板の頂部を頂版コンクリート ($t = 3$ m) で結合して井筒基礎とすることにより剛性を高めている。また、鋼管矢板を支持層まで根入れすることによって十分な支持力を確保し、航空機荷重を支える基礎としている。

3. 消波護岸の設計

3.1 消波護岸の構造概要

鋼管矢板井筒護岸の上部構造の円柱スリット式の消波護

*1 Takatoshi NOGUCHI：国土交通省関東地方整備局 東京空港整備事務所

*2 Hideo TANAKA：鹿島建設(株) 東京土木支店

*3 Yuji NIHARA：鹿島建設(株) 東京土木支店

*4 Tomoyoshi YOSHIWARA：鹿島建設(株) 東京土木支店

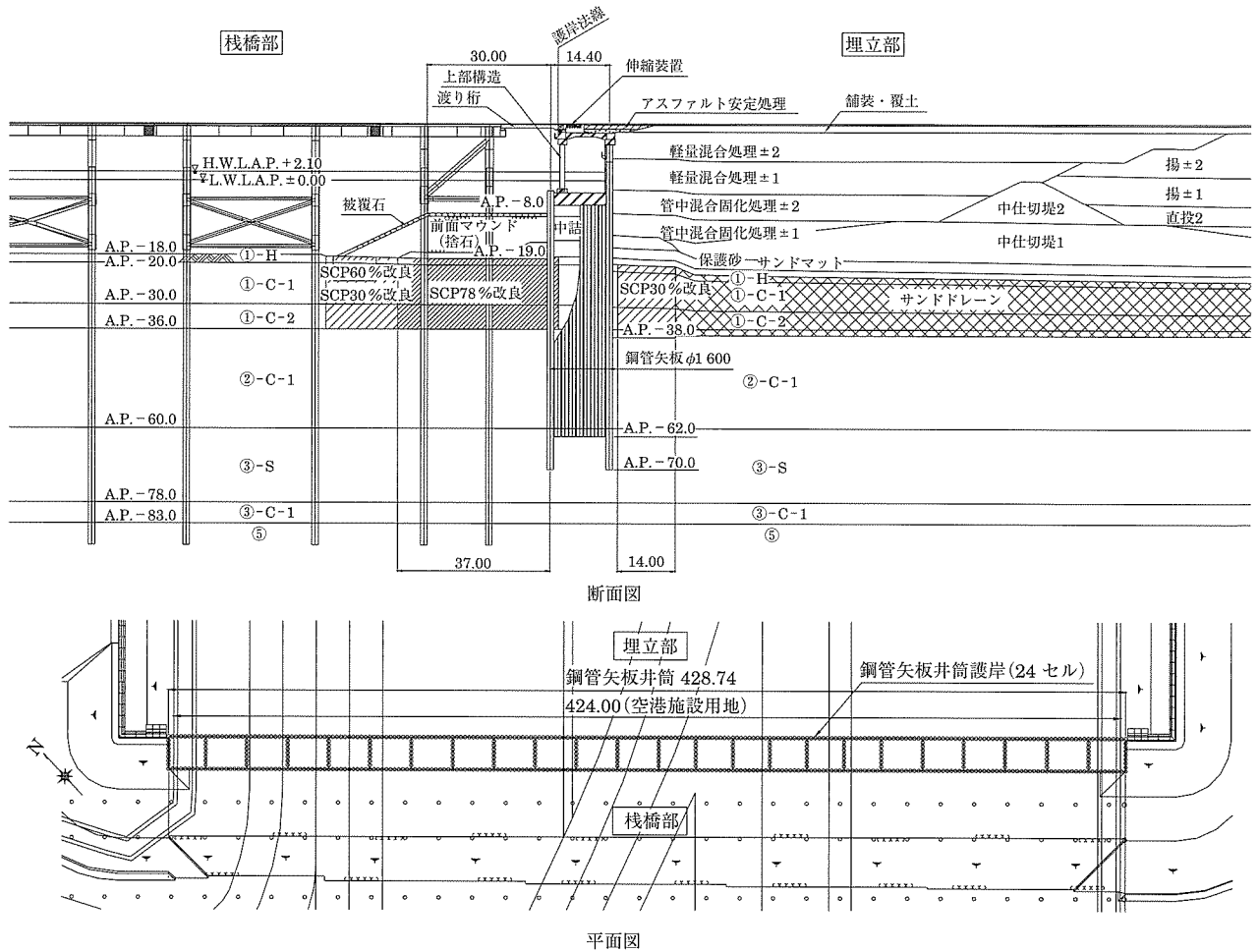


図 - 2 羽田空港 D 滑走路接続部の鋼管矢板井筒護岸

岸は、円柱間の隙間（スリット）を波が通過する際に波のエネルギーが減衰することを利用して、護岸からの暴風時の反射波の波高を低減するもので、波の打ち上がりによる栈橋部のチタンカバープレート（鋼材の防食のため栈橋全体に取り付けられたパネル）の損傷防止や、護岸前面渡り桁への波の上揚力作用の軽減を図るものである。

消波護岸の断面図と構造概要を図 - 3 および表 - 1 に示

表 - 1 消波護岸の構造概要

部 位	構 造
スリット柱	・プレキャスト PC 円柱 ϕ 1 200 mm, 中心間隔 1.8 m ・コンクリート強度 $f_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ ・下端はアンカーボルトにより頂版に固定
受台 接合部	・現場打ち RC 構造 ・コンクリート強度 $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
上部 PC 桁	・桁長 9 900 mm, 桁高 950 mm, 幅 900 mm のプレキャスト PC 桁 ・コンクリート強度 $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ ・現場で滑走路直角方向に PC 鋼材で横締めし、版としての一体性を確保
背面壁 鋼管矢板	・埋立側鋼管矢板を延長し内部にコンクリートを充てん ・発生断面力に対して鋼管矢板断面のみで設計（コンクリートは無視） ・前面側に鋼管腐食防止コンクリートを打設

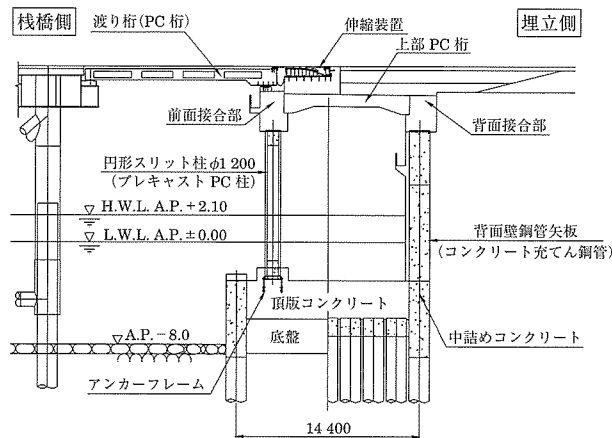


図 - 3 消波護岸断面図

す。円形スリット柱には遠心成形された ϕ 1 200 のプレキャスト PC 柱を使用し、頂版コンクリートに埋め込まれたアンカーフレームにボルト接合している。また、埋立側の背面壁は、鋼管矢板 ϕ 1 600 を立ち上げ、その中をコンクリートで充てんしたコンクリート充てん鋼管柱別壁とした。塩分による鋼管の腐食を防止するため、コンクリート充てん鋼管の前面を被覆コンクリート（鋼管腐食防止コンクリート）を打設する。円形スリット柱の上部には前面受台、背面壁鋼管矢板の上部には背面受台を RC 部材で構築し、それらの間に上部 PC 桁（プレキャスト PC 桁、 $L = 9.9 \text{ m}$ ）

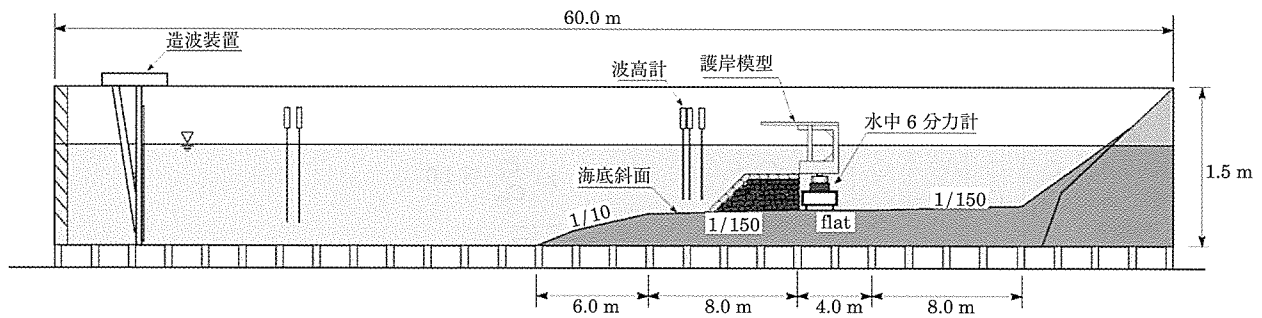


図 - 4 水理実験状況図 (造波水路)

を架設する。前背面受台と上部 PC 桁との接合部にコンクリートを打設して一体化することで、消波護岸はラーメン構造となる。

3.2 水理実験による最適スリット形状の検証

消波護岸の設計に先立ち、反射波を効果的に低減することができる最適な柱の形状 (円柱, 角柱) とスリットの開口率, さらに設計に用いる波圧の計測を目的として水理実験を行った²⁾。水理実験は, 図 - 4 に示すような造波水路内に捨石マウンドおよび消波護岸の 1/40 模型を設置した。実験状況を写真 - 1 に示す。実験の結果, 効果的な消波効果が発揮されたのは柱断面が円形で, スリットの開口率が 33% の場合であり, その反射率 (暴風時) は $K_r = 0.48$ であった。

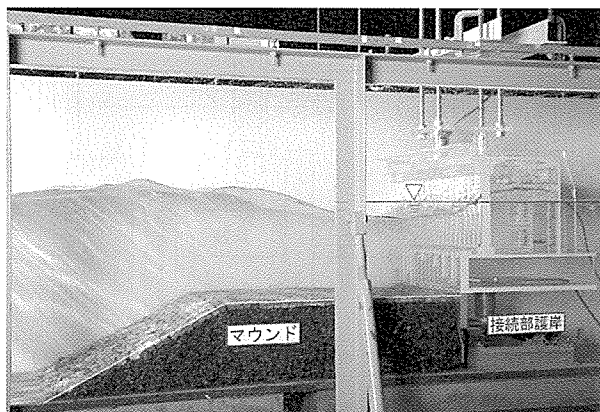


写真 - 1 消波護岸の水理実験状況

3.3 消波護岸の構造設計

(1) 設計フロー

消波護岸の設計フローを図 - 5 に示す。航空機荷重の載荷条件 (衝撃係数や制動荷重等) の違いを考慮して, 護岸全長を ① 滑走路・高速脱出誘導路, ② 平行誘導路, ③ 着陸帯, ④ 場周道路の 4 つの区分に分類して設計を行った。

滑走路方向の設計は, 円形スリット柱, 前面・背面受台, および接合部, 上部 PC 桁, 背面壁を梁要素でモデル化した 2 次元骨組モデルに, 施工時荷重, 完成時荷重を作用させて得られた断面力に対して許容応力度を満足するように設計した。航空機が走行する滑走路・高速脱出誘導路の設計荷重の組合せを表 - 2 に示す。円形スリット柱および上部 PC 桁の 2 つの PC 部材を用いたラーメン構造であるた

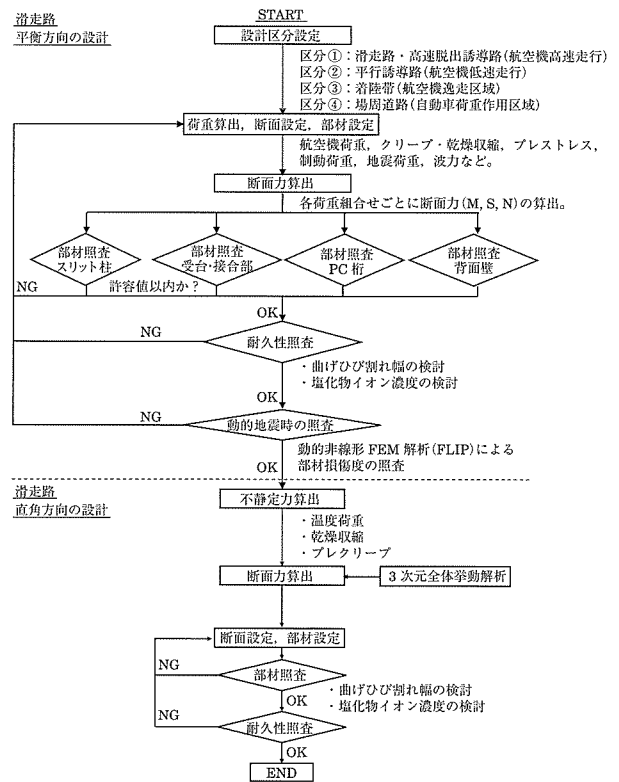


図 - 5 消波護岸の設計フロー

め, クリブ・乾燥収縮による 2 次力の影響も考慮している。また暴風時の波力は水理実験の波圧測定結果から設定し, また, 静的な設計における地震時荷重は, 設計震度を $k_0 = 0.22$ としている。消波護岸の構造配筋図を図 - 6 に示す。

(2) 円形スリット柱の設計

円形スリット柱は, $\phi 1200$, 部材厚 $t = 160$ の中空断面で, 軸方向に PC 鋼棒 ($\phi 26$, SBPR930/1080) を 18 本, 帯鉄筋 D 13@250 を配置しており, 活荷重載荷状態でフルプレストレスとなるよう設計した。また, 円形スリット柱下端に取り付けられている鋼製の端版にベースプレートを溶接し, 頂版コンクリートに埋め込まれたアンカーフレームにボルト接合した。さらにベースプレートやアンカーボルトの腐食を防止するため, 円形スリット柱基部には根巻きコンクリートを打設し鋼材を保護している。また, 円形スリット柱の頭部には定着鉄筋 D 32 を 18 本配置して前面受台に定着した。

表-2 設計荷重の組合せ (①滑走路・高速脱出誘導路)

荷重組合せ	常時(温度影響なし)		常時(温度影響考慮)		制御荷重時	暴風時	地震時
	航空機作用時	背面上作用時	航空機作用時	背面上作用時			
主荷重	自重	○	○	○	○	○	○
	死荷重						
	渡り桁自重	○	○	○	○	○	○
	舗装・路床	○	○	○	○	○	○
	伸縮装置	○	○	○	○	○	○
	活荷重	○	-	○	-	○	-
	航空機荷重(衝撃含む)						
	土圧	○	○	○	○	○	○
	水圧	○	○	○	○	○	-
	背面上載荷重	-	○	-	○	-	○
クリープ	○	○	○	○	○	○	
乾燥収縮	○	○	○	○	○	○	
プレストレス	○	○	○	○	○	○	
主荷重に相当する特殊荷重	波浪(暴風時)	-	-	-	-	-	-
	高潮流	-	-	-	-	-	-
従荷重	温度変化	-	-	○	○	-	-
	地震の影響	-	-	-	-	-	○
従荷重に相当する特殊荷重	制動荷重	-	-	-	○	-	-
	施工時荷重	-	-	-	-	-	-
許容応力度の割増し係数	コンクリート	1.0	1.0	1.15	1.15	1.25	1.5
	鉄筋	1.0	1.0	1.15	1.15	1.25	1.5

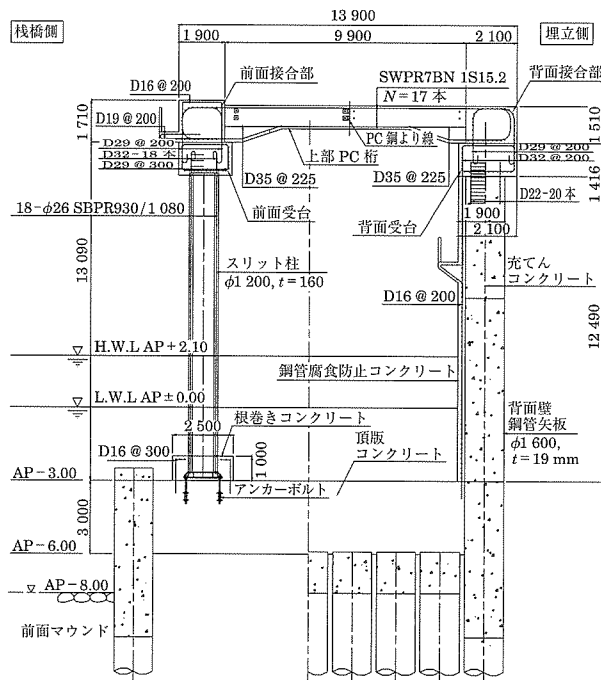


図-6 構造配筋図

(3) 上部 PC 桁の設計

上部 PC 桁は、桁長 9.9 m、桁幅 900 mm、桁高 950 ~ 1800 mm のプレテンション PC 桁 ($f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$) である。消波護岸は滑走路直角方向に 11 個のブロックに分かれており、上部 PC 桁を前面・背面受台上に架設した後、桁間に間詰めコンクリートを打設して、ブロックごとに PC 鋼材で横締めして 1 枚の版とする。上部 PC 桁の端部からは定着鉄筋 D 35 が出ており、前面・背面接合部のコンクリートに定着される。

3.4 耐久性設計

飛沫帯に位置する消波護岸は厳しい腐食性環境にさらされることから、コンクリート標準示方書に従い、100 年後の鋼材位置における塩化物イオン濃度の照査を行った。

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0$$

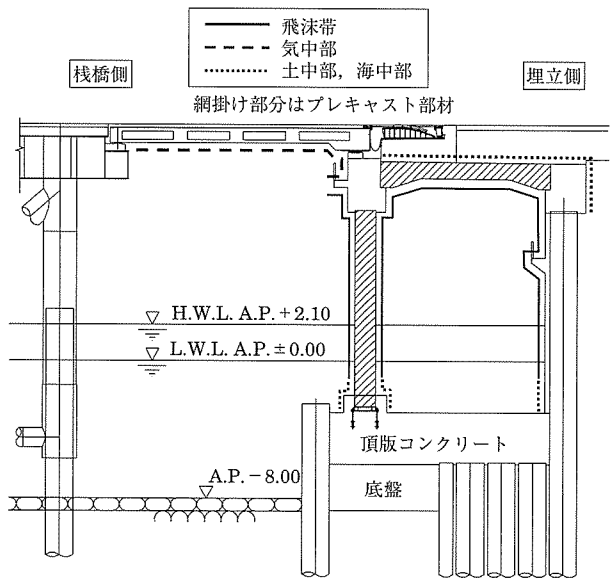
ここに、

γ_i : 構造物係数 (重要構造物 = 1.1)

C_{lim} : 鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度 (= 1.2 kg/m³)

C_d : 鋼材表面における塩化物イオン濃度の設計値

円形スリット柱により囲まれた遊水室には常時波が入水し、ひび割れ補修などの工事が難しいことから、塩化物イオンの浸透速度が小さい材料 (高炉セメント、高強度、低 W/C など) を使い、エポキシ樹脂塗装した鋼材を使用して十分なかぶりを確保した。設計で考慮した各部位の腐食環境条件を図-7 に、上部 PC 桁の塩化物イオン濃度を図-8 に示す。



	PC 部材	飛沫帯	気中部	土中・海水中
腐食性環境	-	とくに厳しい腐食性環境	腐食性環境	一般環境
使用鉄筋	エポキシ樹脂塗装鉄筋		普通鉄筋	
許容曲げひび割れ幅	フルプレストレス	0.0035 C		鉄筋 0.005 C PC 鋼材 0.004 C

図-7 腐食環境の条件

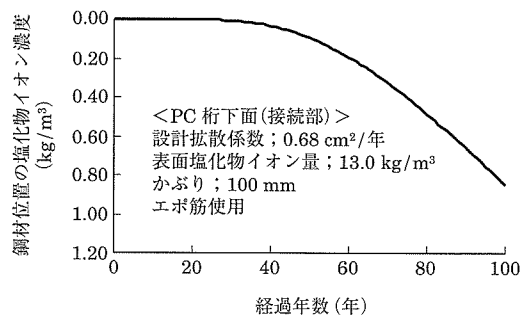


図-8 塩化物イオン濃度計算結果 (上部 PC 桁)

3.5 耐震設計

(1) 動的解析の概要

消波護岸の耐震設計では、静的な地震荷重に対する設計に加えて、動的解析によるレベル1、レベル2地震動に対する照査も行った。レベル1地震は再現期間をおおむね75年とし、宮城県沖地震で八戸港で観測された地震波を補正したもの（八戸波、補正基盤最大加速度439 gal）である。レベル2地震動は設計許容期間中に発生する確率は低いが、大きな強度を有する地震動で、南関東を震源とする想定南関東地震（シナリオ地震）である³⁾。

接続部の鋼管矢板筒護岸の地震時挙動は、背面の埋立地盤の影響を強く受けることから、動的な耐震設計には、地盤と構造物の連成を考慮した動的非線形FEM解析（FLIP）を用いた。

(2) 消波護岸の構造部材のモデル化と損傷レベル

動的FEM解析において、消波護岸のRC部材は材料非線形性を考慮し、ひび割れ発生点 ϕ_c 、鉄筋降伏点 ϕ_y 、最大曲げモーメント ϕ_m を変化点とする非線形梁要素でモデル化した。RC部材の非線形性と損傷度の許容値を図-9に示す。

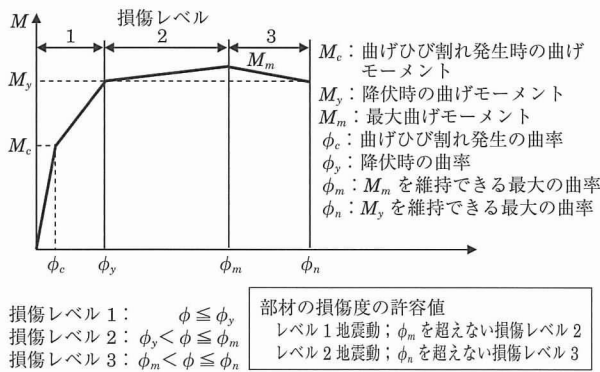


図-9 構造部材の非線形性と損傷度の許容値

なお、PC部材については弾性的な挙動を示すことから、線形梁要素でモデル化している。

消波護岸のコンクリート構造部材の照査に用いる損傷レベルは、レベル1地震に対しては損傷レベル2以下（部材曲率が ϕ_m 以下）とし、レベル2地震に対しては損傷レベル3（部材曲率が ϕ_n 以下）とした。

(3) 照査結果

一例として、レベル1地震（八戸波）による護岸の変位波形と変形図を図-10に、部材のM- ϕ 図を図-11に示す。スリット柱の上端の定着部、および背面壁の上端、下端でひび割れ発生モーメントを超えるが、降伏モーメントには至っておらず、損傷レベル1以下である。レベル1地

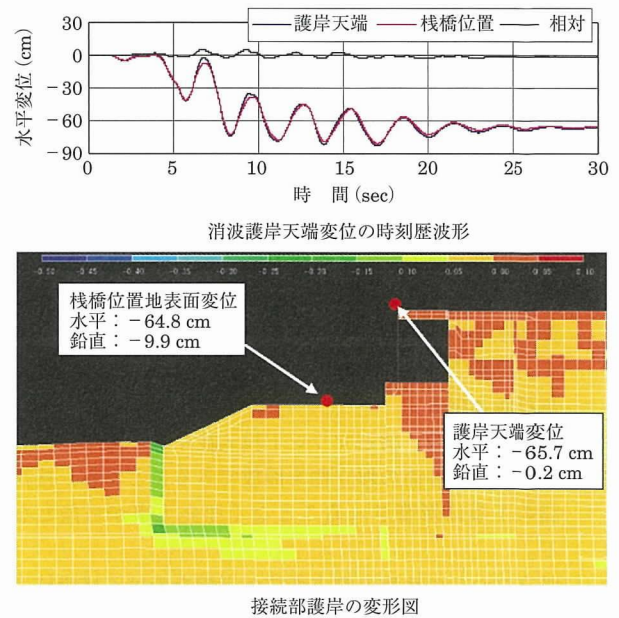


図-10 動的FEM解析結果（レベル1）

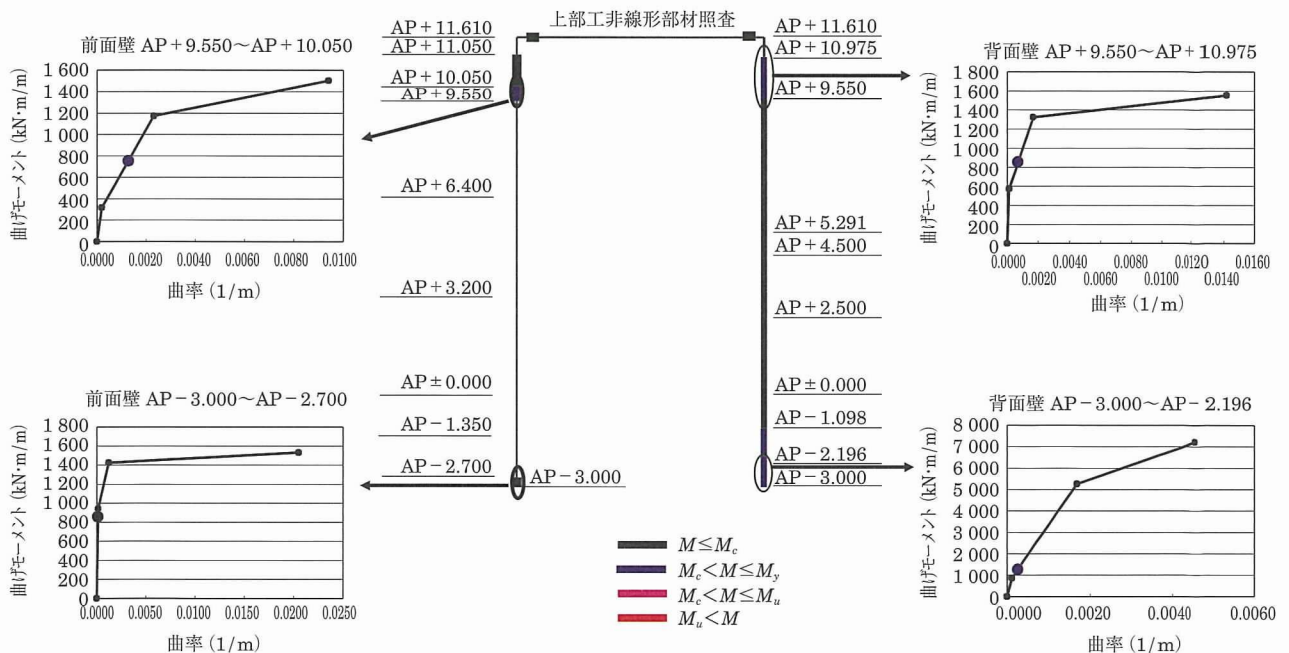


図-11 動的解析による部材の照査結果（レベル1）

震では損傷レベル2を許容値としており、十分な耐震安全性が確保されている。また、レベル2地震時の照査結果は図示してはいるが、スリット柱の上下端の定着部で損傷レベル2となっており、許容値である損傷レベル3以下に対して十分な耐震安全性を確保できている。

4. 消波護岸の施工

4.1 施工方法の概要

(1) 海上における急速施工への対応

羽田空港D滑走路では本工事の全体工期が41ヵ月と短く、急速大量施工が要求されるため、海象条件に左右されない施工方法が必要となる。さらに接続部護岸の工事は、埋立法と栈橋工法というまったく異なる施工方法で建設される構造物の境界部分に位置することから、全体工程に影響を及ぼさないよう埋立法工事および栈橋工事との干渉を極力少なくしなければならない。このような制約条件に対し、接続部の鋼管矢板井筒護岸の施工では、以下のような方針とした。

- ① 鋼管矢板による仮締切り兼用工法を採用することによって、消波護岸の構築工事がドライアップ状況下での陸上工事となるため、海象条件の影響を軽減できる。
- ② 円形スリット柱および上部PC桁をプレキャスト化し、背面壁をコンクリート充てん鋼管とすることによって、現場での鉄筋組立て、型枠作業を減らし急速施工が可能となる。
- ③ 鋼管矢板打設、捨石マウンド投入後は、護岸が概成し鋼管矢板井筒の埋立側を開放できることから、接続部の工事に影響されことなく埋立法工事が可能となる。
- ④ 埋立部からの地盤の側方変位の影響を受ける栈橋杭の範囲内（接続部護岸から栈橋側に160mの範囲、ジャケット3列分に相当）は、埋立法工事の進捗を待ってからの栈橋工事着手となるため、このエリアを接続部の消波護岸工事の資機材搬入や作業船の係留に使うことで、その他の部分の栈橋工事に影響を及ぼさずことなく

栈橋工事の進捗が可能となる。

(2) 施工手順

接続部の消波護岸の施工ステップを図-12に示す。底盤コンクリートを打設して鋼管矢板井筒内部をドライアップした後(①)、頂版コンクリートを打設して鋼管矢板井筒を一体化する(②)。そして背面壁および前面の円形スリット柱を構築し(③④⑤)、その上に上部PC桁を架設する(⑥)。上部PC桁端部と背面壁・円形スリット柱を接合部コンクリートで一体化して、消波護岸のラーメン構造を構築する(⑦)。最後に栈橋側の鋼管矢板の仮締切り部分を切断撤去することにより消波護岸が完成する(⑧)。この間、消波護岸の埋立側は、①では海水中であるが、時間の経過とともに埋立法工事が進み、消波護岸が完成する⑧の時点でAP+4~5mの高さまで陸化していた。以下では、消波護岸の各工種の概要について述べる。

4.2 底盤・頂版コンクリートの施工

(1) 底盤コンクリートの施工

底盤コンクリートは水中打設される無筋コンクリートで、井筒内部をドライアップする際の止水盤および外水圧に対する鋼管矢板の切梁としての機能を有する仮設部材である。底盤に作用するアップリフトに対しては底盤の自重および鋼管矢板とコンクリートの付着力で抵抗できるよう底盤厚を2.7mとした。アップリフトに対して底盤コンクリートと鋼管矢板の付着力を期待することから、コンクリートが鋼管矢板に確実に密着するようコンクリートには流動性、自己充てん性に優れた水中不分離性コンクリート(ハイドロクリート)を使用した。コンクリートの練混ぜおよび打設はコンクリートプラント船により行い(写真-2)、コンクリート強度発現後、井筒内部の海水を排水してドライアップした(写真-3)。

(2) 頂版コンクリートの施工

頂版コンクリートは鋼管矢板同士を一体化するRC部材($t=3\text{m}$)で、鋼管矢板とは鉄筋スタッド方式で結合されている。護岸としての一体性を確保するため、頂版コンクリートは全長428mに渡って構造物を設けていない。そ

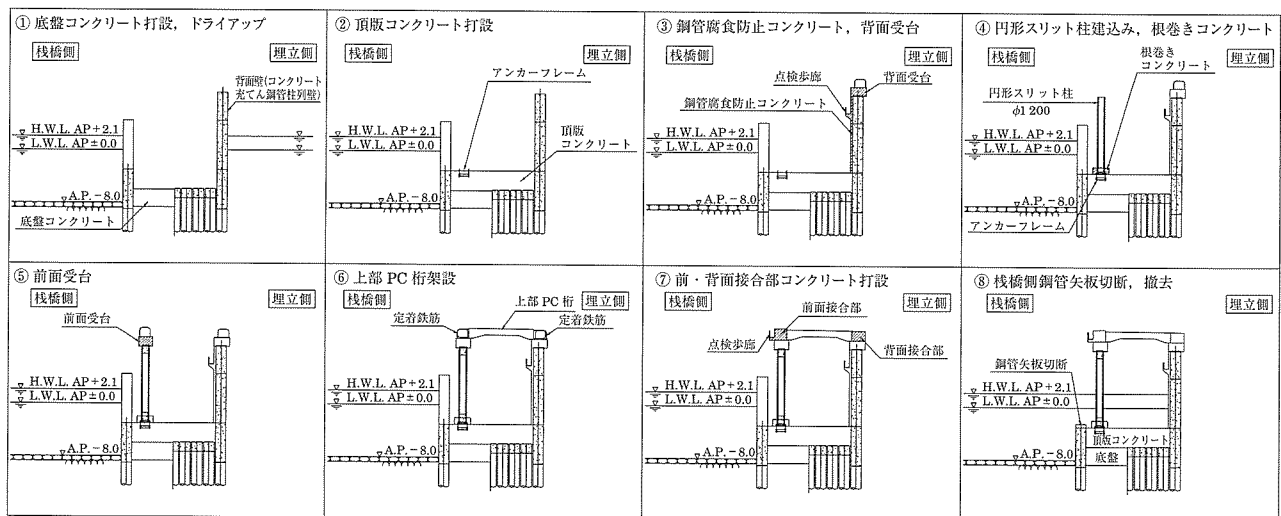


図-12 消波護岸の施工ステップ図

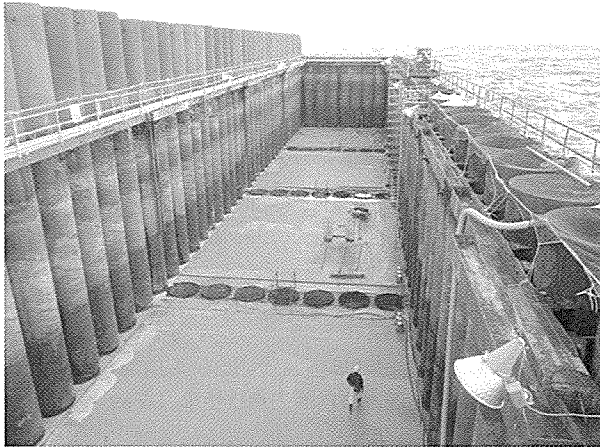


写真-2 底盤打設後の井筒内ドライアップ状況

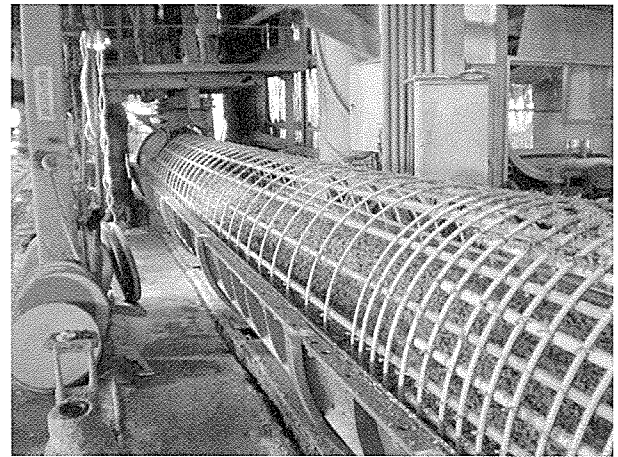


写真-4 スリット柱の製造状況

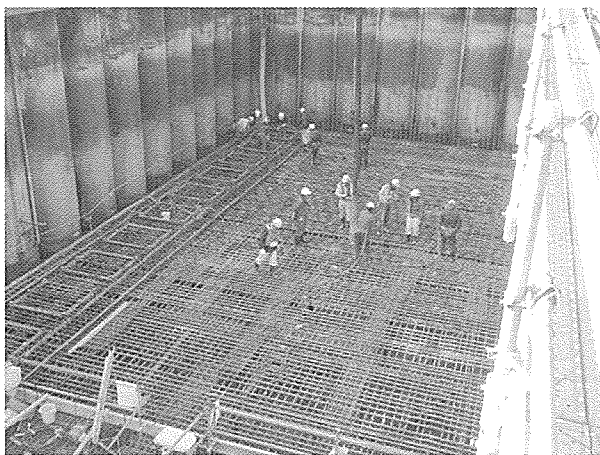


写真-3 頂版コンクリート打設状況



写真-5 スリット柱建込み状況

のため、マスコンクリートの温度収縮によるひび割れを抑制するため、セメントには低発熱ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度を $\sigma_{91} = 30 \text{ N/mm}^2$ とし、さらに膨脹材を添加してコンクリートの収縮を抑制した。

4.3 円形スリット柱の製造と施工

(1) 円形スリット柱の製造

円形スリット柱 ($\phi 1200$, $t = 160 \text{ mm}$) の製造は、構造物の基礎として一般に用いられている PHC 杭と同様に、JIS 認定工場での遠心力締固めと常圧蒸気養生による方法を用いた (写真-4)。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度 80 N/mm^2 、水セメント比 26% の高強度コンクリートである。軸方向の PC 鋼棒 (B 種 1 号 SBPR930/1080) とフープ筋には塩害に対する耐久性を高めるためエポキシ樹脂塗装した鋼材を使用しており、標準の PHC 杭とは仕様が異なるため、鋼材の組立ては PHC 杭の生産ラインでは行えず、別途組立てヤードを設けた。

(2) 円形スリット柱の据付け

工場で製造した円形スリット柱は、千葉県内の積出し岸壁近くの作業ヤードまで陸送し、作業ヤードでスリット柱下端の端版に鋼製ベースプレートを溶接した後、現場まで台船で海上輸送した。スリット柱の建込みには、クレーン付き台船を使用し、夜間作業で頂版コンクリート中に埋め

込まれたアンカーフレームに建て込み、ベースプレートをボルト接合した (写真-5)。そして、スリット柱据付け・接合後、ベースプレートの防食のための根巻きコンクリートを打設した。

4.4 背面壁 (コンクリート充てん鋼管柱列壁) の施工

背面壁の鋼管矢板を被覆する鋼管腐食防止コンクリートは、鋼管矢板の最小かぶりとして 300 mm 以上を確保した。被覆コンクリートの断面は部材厚が $300 \sim 1100 \text{ mm}$ の変断面であるため、部材厚の薄い部分にひび割れが発生しやすいことから、ひび割れ防止鉄筋を配置するとともに膨脹材を使用してひび割れの抑制を図った。

4.5 上部 PC 桁の施工

(1) 上部 PC 桁の製造

消波護岸のラーメン構造の上床版に相当する上部 PC 桁 (プレテンション PC 桁) は、栃木県内の工場で製造した。セメントは早強ポルトランドセメント、 $W/C = 35\%$ 、設計基準強度 $\sigma_{28} = 50 \text{ N/mm}^2$ である。また、消波護岸の遊水室側になる PC 桁下面の鋼材はエポキシ樹脂塗装した。

(2) 上部 PC 桁の施工

上部 PC 桁も、スリット柱同様に千葉県内の積出し岸壁まで陸上輸送した後、台船にて現場海域まで輸送し、 200 t 吊級起重機船で上部 PC 桁を受台上に架設した (写真-6)。

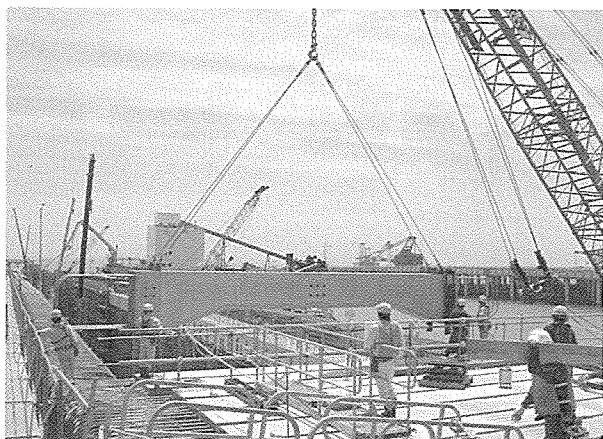


写真 - 6 起重機船による上部 PC 桁架設状況

上部構造は、延長 424 m を 10 ブロックに分割されており、PC 桁間に間詰めコンクリートを打設した後、1 ブロックごとに PC 桁同士を横締めした。上部 PC 桁の両端部からは定着のためのループ形の鉄筋が出ており、受台の鉄筋と組合せた後、接合部コンクリート ($\sigma_{ck}'=30 \text{ N/mm}^2$, 高炉セメント使用) を打設して円形スリット柱ならびに背面壁と接合し、消波護岸が完成した。

4.6 施工中に生じたひび割れの補修

消波護岸完成後にはクラック調査を行い、施工中に発生した 0.2 mm 以上のひび割れに対しては注入工法、0.2 mm 未満のひび割れに対しては表面被覆工法により補修した。そして、これらのひび割れ展開図や補修記録等は、供用後の維持管理業務の初期データとして引き継がれる。

5. 消波護岸の維持管理

羽田 D 滑走路では、設計供用期間 100 年間の維持管理計画が作成されている。D 滑走路の各構造物・施設を「予防保全」と「事後保全」の対象の施設に分類し、予防保全施設に対しては重点的な点検を行うとともに、調査・計測およびモニタリングによる劣化予測を行い、合理的な維持管理を行う計画である。

この接続部の消波護岸は予防保全施設の一つに位置づけられている。そのため、目視点検が可能のように維持管理用点検歩廊を遊水室内部と支承前面の 2 箇所に設置した(写真 - 7)。また、航空機の通過回数がとくに多い滑走路中央付近については、点検頻度を密にして重点的な維持管理を行うこととしている。また、鉄筋腐食に対しては、モニタリング供試体等から定期的にコンクリート試料を採取して、塩化物イオンや中性化深さを調査し、劣化曲線の修正や維持管理計画の見直しなどに反映する予定である。

6. おわりに

消波護岸全長 428 m の施工は、最初のブロックをドライ

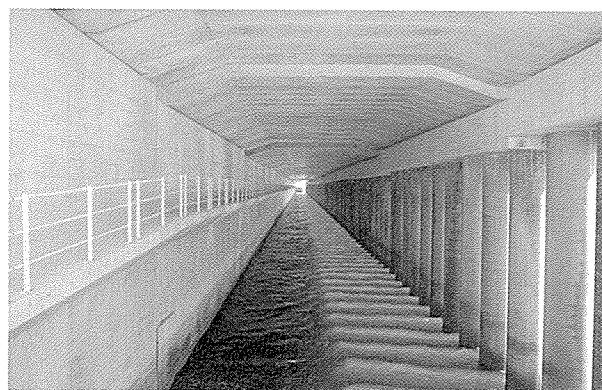


写真 - 7 遊水室内部の点検歩廊 (左側)

アップした 2008 年 11 月末から、最終ブロックの上部 PC 桁の接合が完了した 2009 年 7 月末まで、約 8 ヶ月間で完了した(写真 - 8)。接続部護岸の施工は、埋立工事と棧橋工事に挟まれた場所という性質上、さまざまな制約条件を受け、D 滑走路の中でもクリティカルな工事であったが、工程を遅らせることなく完成させることができた。

D 滑走路工事は 2010 年 8 月末竣工、同年 10 月供用開始の予定である。この D 滑走路の完成によって、羽田空港の利便性が増し、わが国の発展にますます貢献することを願う。



写真 - 8 消波護岸完成状況

参考文献

- 1) 青柳孝義, 秋山義信, 永嶋聡志, 山下久男, 西海健二, 石濱吉郎: 鋼管矢板基礎に用いる高耐力継手の開発, 海洋開発論文集, Vol.23, pp.303 ~ 308, 2007 年 7 月
- 2) 稲垣 聡, 向原 健, 池谷 毅, 新原雄二, 宮田正史, 野口孝俊: 鋼管矢板井筒護岸に適用したスリット式消波構造, 第 32 回海洋開発シンポジウム, 海洋開発論文集, 第 23 巻, pp.1105 ~ 1110, 2007.7
- 3) 宮田正史, 上原正光, 野口孝俊, 福本裕哉, 志茂 香, 竹内泰弘: D 滑走路の設計の基本的考え方(その 1)~設計条件及び性能規定~, 東京国際空港 D 滑走路建設工事技術報告会 (第一回), 2006

【2010 年 3 月 1 日受付】