

D滑走路 現空港/連絡誘導路接続部の設計
 ~ 護岸と橋台の機能を分離した接続部構造 ~

J V 工務・設計監理 Gr 上野浩二

大林組 黒坂敏正 渡辺伸和 野田和久 森山信

キーワード：護岸、橋台、FLIP、弾・粘塑性、シナリオ地震、応答塑性率、損傷レベル

1. まえがき

1-1 現空港/連絡誘導路接続部の位置

D滑走路は現在供用中のC滑走路の東側沖合に計画され、現空港とは2本の連絡誘導路（幅63m/本）およびその両側に配置される2本の場周道路（幅10.8m/本）により連結される。現空港との接続部には沖側に20m前出した護岸を新設し、その背後に連絡誘導路栈橋および場周道路栈橋の橋台を構築する。

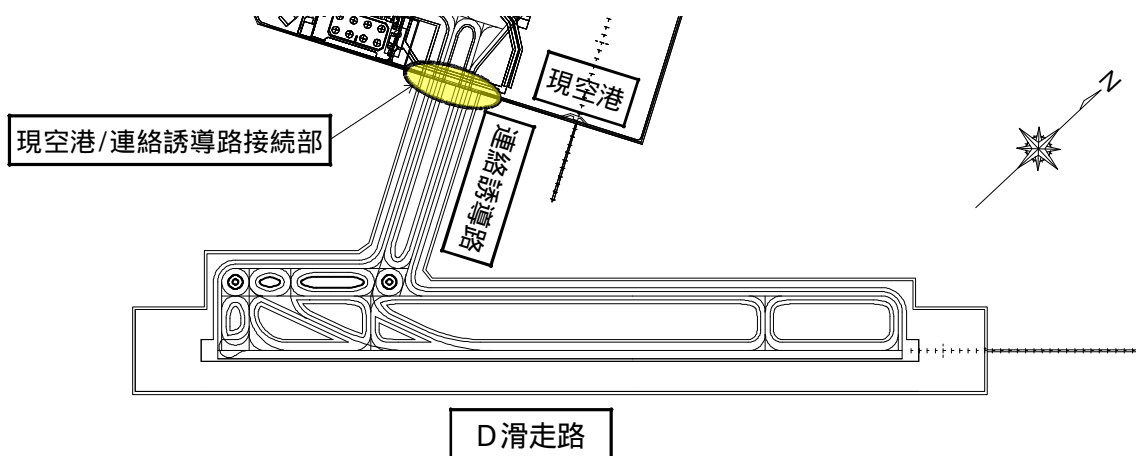


図-1 現空港/連絡誘導路接続部の配置図

1-2 現空港/連絡誘導路接続部に求められる機能

現空港/連絡誘導路接続部は護岸と橋台で構成される。護岸は抗土圧構造として、常時、地震時における地盤の変形抑止機能が求められる。橋台には基礎構造として、連絡誘導路栈橋部および場周道路栈橋部の反力を支持する機能が求められる。各構造物は所要の安定性を確保するとともに、防食・塩害対策の実施と適切な維持管理によって所要の耐久性を確保することが求められる。

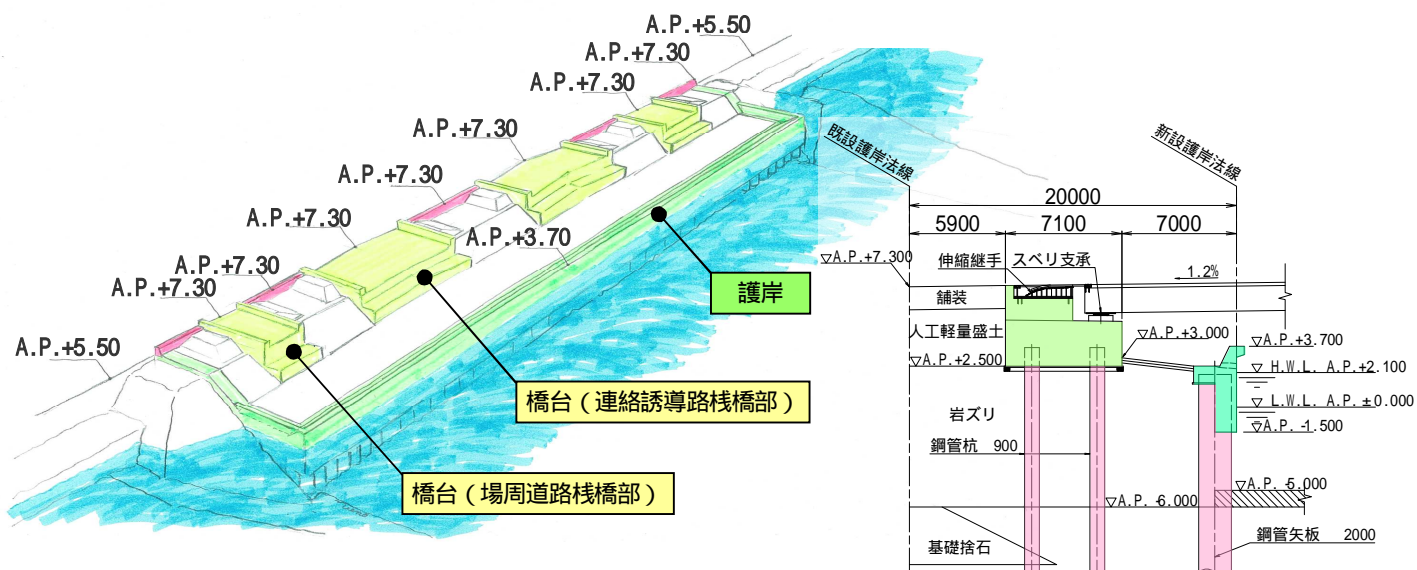


図-2 現空港/連絡誘導路接続部 イメージ図および構造図

2. 自然条件

2.1 地盤条件

接続部とその周辺の地層構成を図 3 に示す。既設護岸の背面側（現空港側）は約 25m の厚さの液状化層（盛砂、腹付け砂層）が存在し、それ以深には比較的軟弱な粘性土層が存在する。

既設ケーソン護岸直下の粘性土層は既に地盤改良が実施されており、現空港側の液状化層にも図 4 に示す液状化対策が行われるが、加速度が大きく、継続時間の長いシナリオ地震時には大きな側方流動を引き起こす。この変形抑制対策の一部として既設護岸前面側の盛砂層にも液状化対策（主として SCP 改良）を計画した。

橋台基礎杭の支持層は深度約 80m の S 層とし、鉛直力がほとんど作用しない護岸鋼管矢板の根入れはそれより浅い S 層とした。

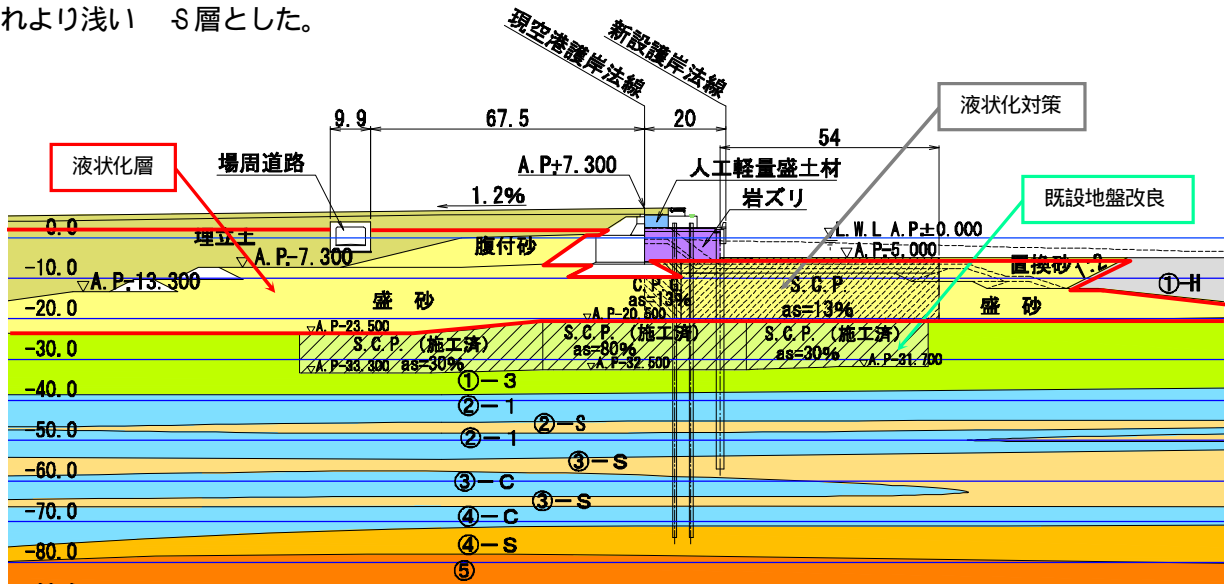


図 3 地層構成図

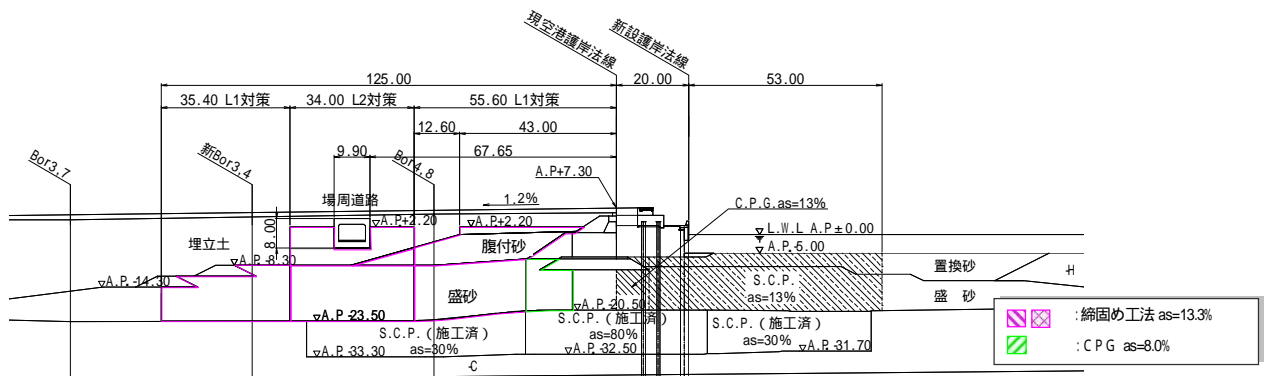


図 4 現空港側液状化対策（誘導路断面）

2.2 地震条件

護岸および橋台の設計においては、シナリオ地震が構造上厳しいケースとなる。連絡誘導路軸方向のシナリオ地震波形を図 5 に示す。

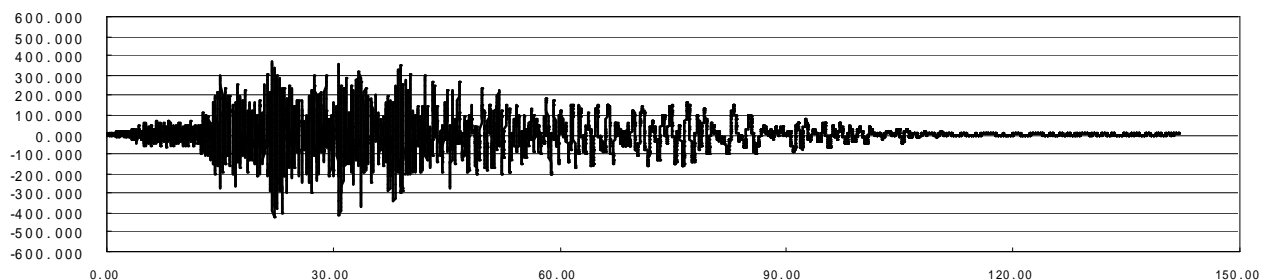


図 5 シナリオ地震（誘導路軸方向：最大基盤加速度 424.7gal）

3. 接続部の構造形式の選定

3-1 構造形式の特徴

実施設計で採用した護岸・橋台分離構造の特徴を表-1に示す。

表-1 現空港/連絡誘導路接続部構造形式

	護岸・橋台分離構造
<p>断面形状 (連絡誘導路部)</p>	
<p>構造上の特徴</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低天端護岸と軽量盛土材の採用による土圧軽減 ・ 光合成自立式護岸(2,000)と護岸前面地盤の改良による変形抑止 ・ 護岸(抗土圧構造)は連続構造、橋台(基礎構造)は4つ独立構造 ・ 護岸と橋台の抗反力に応じた支持層設定 ・ パラペット後退型護岸の採用による越波量の低減
<p>構造延長および 鋼管数量</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 護岸延長 245.4m ・ 橋台延長 147.6m ・ 護岸 2,000 × 59.0m × 117本 ・ 橋台 900 × 79.8m × 84本

4. 護岸の設計

4-1 設計手順

現空港/連絡誘導路接続部の護岸および橋台の設計手順を図-6に示す。

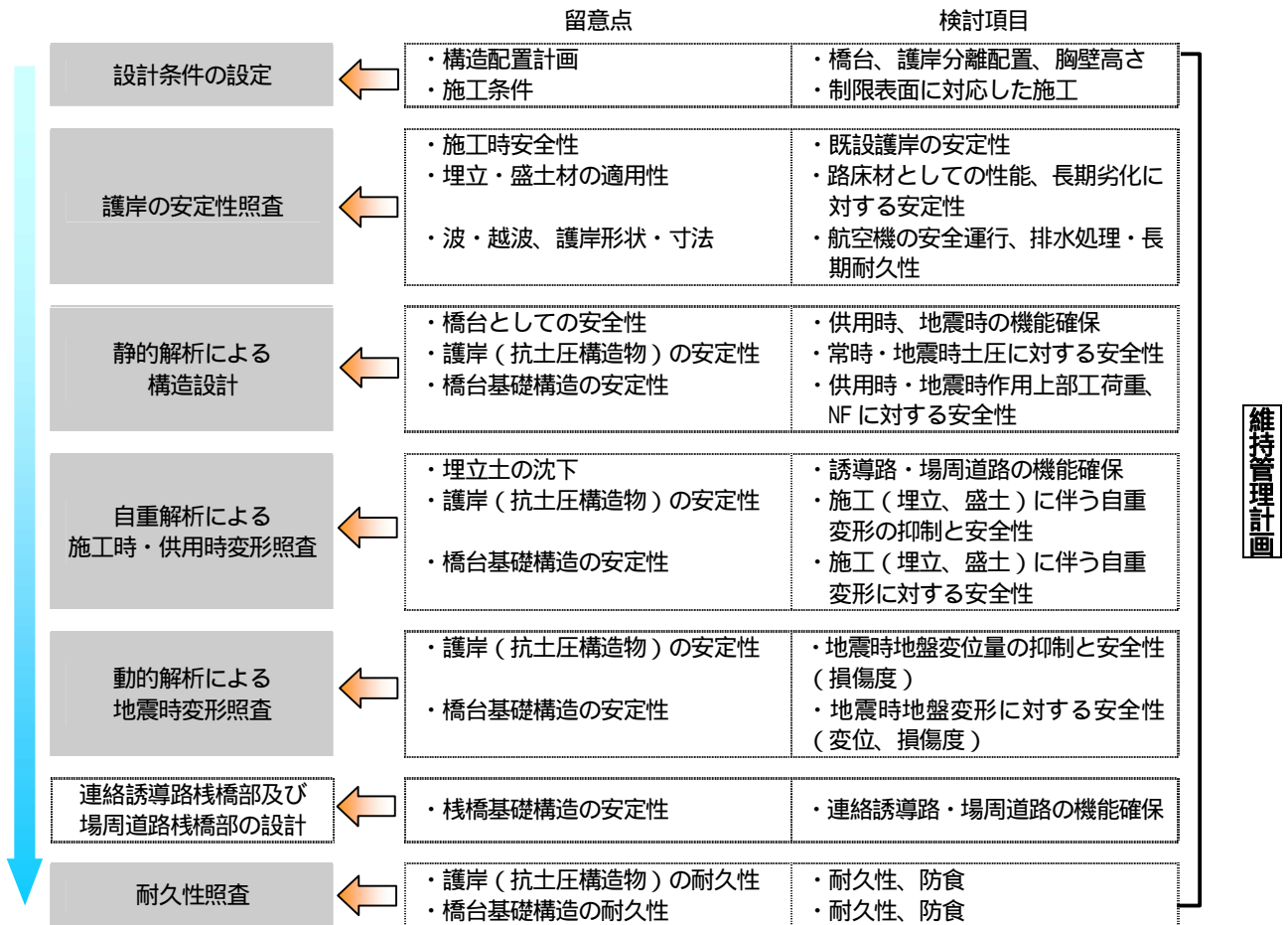


図-6 設計フロー

4-2 検討結果一覧

検討部位	設計の留意点	検討結果
構造形式	構造配置計画	護岸と橋台を分離することが可能であることを各々の照査結果から確認
護岸	護岸（抗土圧構造）の安定性	常時・地震時：発生応力度、変位が許容値以下であることを確認 前面の液状化対策（SCP、CPG）の妥当性を確認 変形照査時：応答塑性率、損傷レベルが許容値以下であることを確認 根入れ長：1.5・ l_m 以上の根入れを確保、堅固な砂層（S）での打止め 地震時の水平変形量が大きな範囲（～AP 55m）までの根入れ
	供用時の越波，波の打上げ（パラペット形状）	越波流量が許容値以下であることを確認 波の打上げ高が棧橋床板版下面以下であることを確認
	耐久性	鋼管矢板：海上・飛沫滞は表面被覆、水中部は電気防食を採用 上部被覆工：エポキシ樹脂塗装鉄筋+かぶりを採用
橋台	橋台（杭基礎構造）の安定性・使用性	常時・地震時：発生応力度、変位、杭反力が許容値以下であることを確認 変形照査時：応答塑性率、損傷レベル、杭反力が許容値以下であることを確認 棧橋との相対変位量を満足する伸縮装置を採用
	耐久性	鋼管杭：腐食代を考慮 上部コンクリート：エポキシ樹脂塗装鉄筋+かぶりを採用
その他	埋立土の沈下	橋台/背面地盤の段差、誘導路の勾配が許容値以内であることを確認
	埋立・盛土材の適用性	路床材の性能、長期劣化安定性を勘案し人工軽量土および岩ズリを選定
	現空港への越波量（胸壁）	暴風時現空港への越波流量が許容値以下であることを確認
	供用時地盤変形	弾・粘塑性解析結果による水平変位を護岸、橋台の設計に反映

4-3 自重解析

自重解析は要求水準書に準拠し、関口・太田の弾・粘塑性モデルを適用した有限要素解析（GeoFEM）により行った。解析は既設護岸前面海底面の浚渫から施工過程を追い、さらに供用開始後100年までを対象として地盤の変位を算定した。

図7に接続部近傍の水平変位コンター - を、図8に鋼管矢板護岸の変位分布を示す。自重による水平変位量は最大でも10cm程度と小さく、護岸鋼管矢板や橋台鋼管杭、前面栈橋基礎に与える影響も小さい。

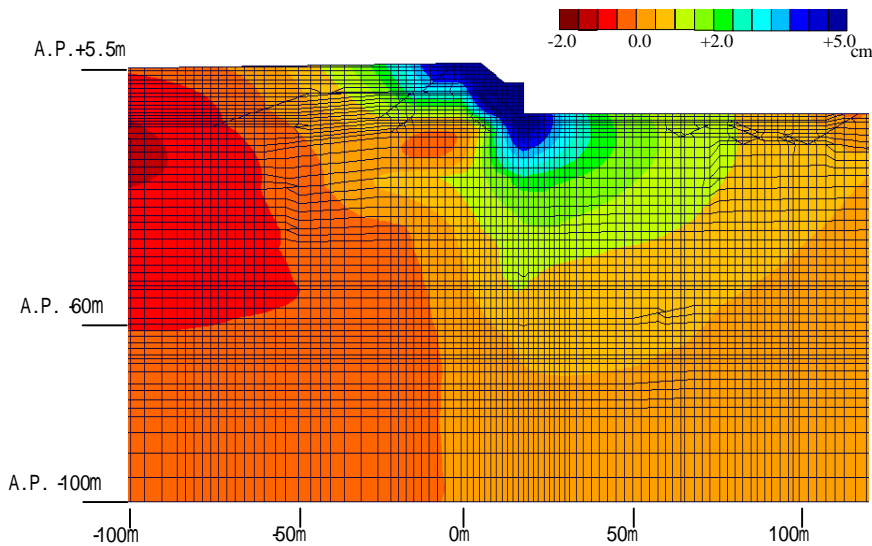


図7 水平変位コンター図（現空港側地盤改良完了時）

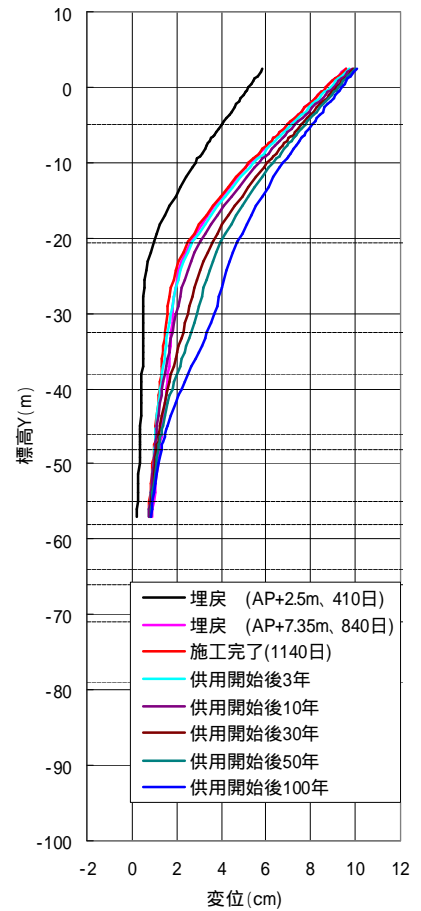


図8 鋼管矢板護岸の変位分布

4-4 護岸の地震時変形照査

護岸の地震時変形照査は、鋼管矢板を非線形梁要素でモデル化し、時刻歴有効応力有限要素解析（FLIP）を用いて行った。

護岸および橋台にとって構造上厳しいケースとなるシナリオ波による残留変位分布（誘導路断面）を図9に示す。

FLIPにより算出した解析結果と4-3自重解析の結果を用い、護岸の地震時変形照査を実施した。

護岸の鋼管矢板は、地震時の変形性能（背後橋台・前面栈橋への影響低減、損傷レベル・応答塑性率の許容値）を満足する部材を選定した。

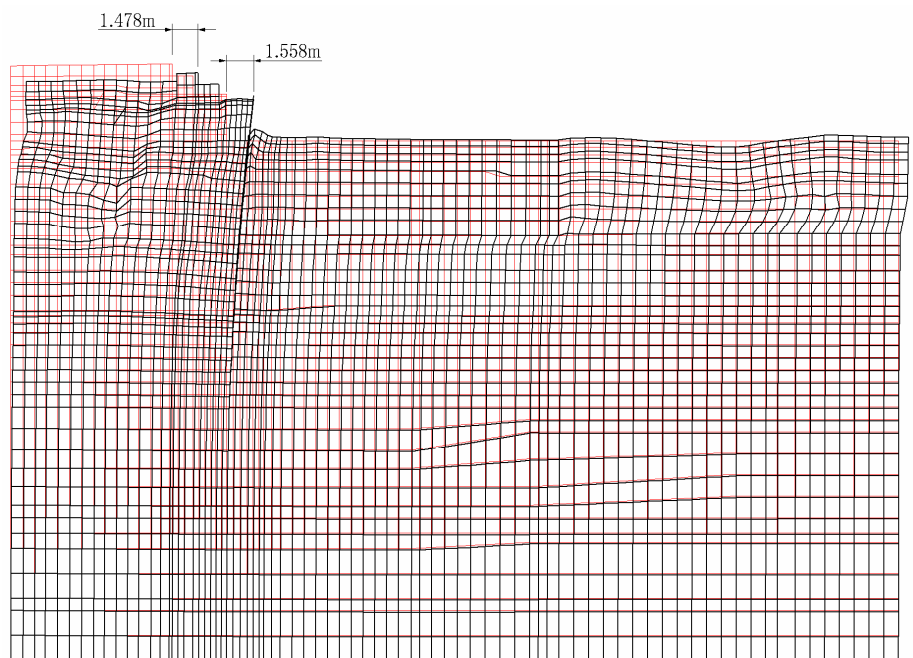


図9 シナリオ波による護岸近傍の残留変位分布

4.5 橋台の地震時変形照査

橋台の地震時変形照査は非線形時刻歴骨組解析(DYNA2E)を用い、4.4のFLIPで得られた地盤変位を地盤バネを介して動的に作用させる応答変位法により実施した。図-10に誘導路橋台の解析モデルを示す。

図-11にシナリオ地震時の海側、陸側鋼管杭の曲率分布を示す。最大曲率は杭頭部で発生している。損傷レベル、応答塑性率(図-12)ともに要求性能を満足し、崩壊には至らないことを確認した。

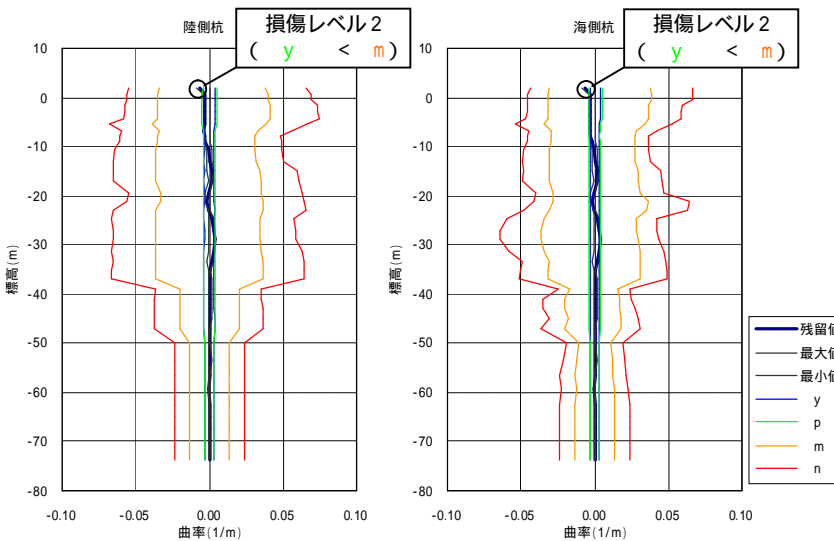


図-11 海側、陸側鋼管杭の曲率分布

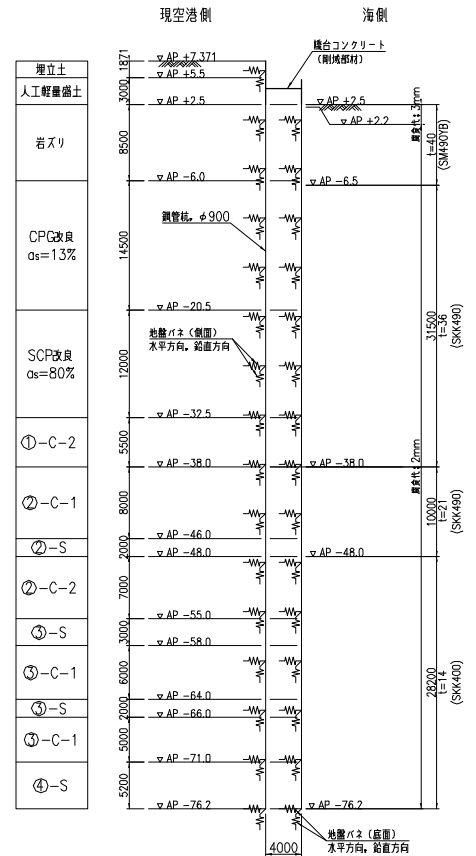


図-10 誘導路橋台解析モデル

橋台天端変位時刻歴

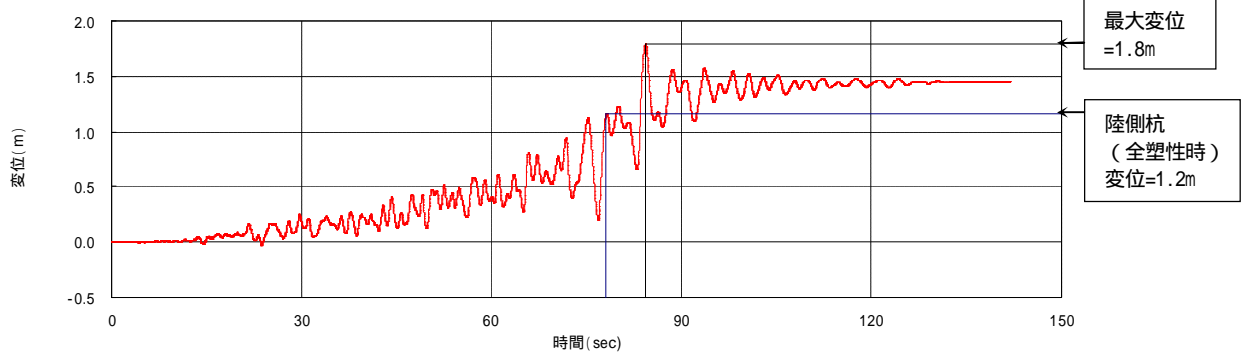


図-12 橋台変位の時刻歴と応答塑性率

5. あとがき

現空港/連絡誘導路接続部には、抗土圧構造としての機能と4本の独立した栈橋を支持する基礎構造としての機能が求められた。護岸と橋台を分離し、個々の要求性能に応じた最適な断面設定を行うことで、接続部構造を合理的に設計することが出来た。