

共同溝の強靱化に向けた検討方針

目次

(1)耐震化対策の検討方針	・ ・ ・ ・ P. 2
(2)沈下対策の検討方針	・ ・ ・ ・ P. 6
(3)長寿命化対策の検討方針	・ ・ ・ ・ P. 8

(1)耐震化対策の検討方針

耐震化対策の検討方針

現状	■ 現行基準に基づくレベル1、レベル2地震動に対し、過年度調査において耐震性能照査した共同溝の大半の施設において構造耐力の不足(曲げ、せん断)及び継手の許容変位量超過が確認された。 ■ 過年度調査において耐震補強工法の概略検討が実施されており、共同溝内側からの対策として「せん断補強鉄筋挿入工法」及び「増厚工法」が提案されている。 ■ また、躯体外側からの対策として「高圧噴射攪拌工法」による地盤改良を実施することで、躯体に作用する応力が減少し構造対策が不要となる可能性についても示されている。
検討上の課題	【耐震化対策の解析】 ■ 解析手法・条件の設定 ■ 解析範囲・位置の選定の考え方 【耐震化対策の工法】 ■ 躯体内側から対策を行う場合、共同溝内の収容物が密集する箇所では、施工スペースの確保が困難となる。 ■ 躯体外側から対策を行う場合、対策費用が膨大となる上、地上施設や空港運用への影響が懸念される。
検討手順	① 過年度と同様の解析手法・条件により、耐震性能照査及び液状化判定を実施する。…………… 審議事項① 解析範囲は、過年度は対象外であった空港基本施設直下以外の範囲を対象とし、…………… 審議事項② 共同溝の配置及び地盤構成を踏まえて解析位置を設定する。 ② 過年度及び今回の耐震性能照査結果を踏まえ、耐震化対策の必要範囲を抽出し、以下の対策を検討する。 ■ 躯体内側：共同溝内の収容物や地上施設等の周辺施設状況を踏まえた躯体内側からの対策実施における課題を整理するとともに、狭隘な施工スペースにおける対策工法について最新の技術動向を情報収集する。 ■ 躯体外側：地盤改良による耐震化対策について、地盤改良後における対策効果検証時の設定パラメータの確認や、他空港事例等の情報収集を踏まえ、その効果や留意点を整理する。 ■ その他：上記の検討に加え、収容物を移設しながらの施工方法や共同溝の新設案も踏まえた対策方法を検討する。 ③ 施工性、経済性、空港施設・運用への影響等の観点から比較検討を行い、対応策の方針を決定する。

今回ご審議いただきたい事項（耐震化対策①）

■ 耐震性能照査の解析手法・条件の選定の考え方

- 耐震性能照査の検討条件は、既往照査成果と横並びで比較するため、既往検討における考え方を基本とする。

解析手法

- 液状化判定 : 港湾基準の「粒度とN値による方法」に準拠
- 浮上りの検討 : トンネル標準示方書に示される手法に準拠
- 横断方向解析 : 1次元地震応答解析(FLIP)による応答変位法を用いた断面力の照査
※今回は応答変位法により共同溝全体の耐震性能の傾向を把握することを目的とし、今後の詳細検討では2次元FLIP等による耐震性能照査を行うことを想定している
- 縦断方向解析 : 鉄道総研基準におけるGHE-Sモデルを用いたFEM解析より算定した発生断面力の照査
& 継手部の変位量照査
: FLIP+FLIPDISを用いた液状化後の過剰間隙水圧消散に伴う沈下を考慮した断面力の照査
& 継手部の変位量照査

構造諸元

- 躯体諸元・継手構造 : 既往設計、工事資料等から設定

解析条件

地盤条件

- 土層断面 : 近傍のボーリングデータに基づき設定
- 地盤定数等 : 近傍の土質調査結果に基づき設定（エリア毎の土質試験結果等の平均値を設定 等）

入力地震動

- 入力地震動 : レベル2地震動
※既往耐震性能照査の傾向から、被害想定が大きくなるレベル2地震動に着目した解析を実施する

今回ご審議いただきたい事項（耐震化対策②）

■ 解析範囲・解析位置の設定の考え方

- 耐震性能照査の解析範囲・代表断面の選定の考え方は共同溝の配置及び地盤構成を踏まえ、共同溝を区分けしたうえで各エリア別に解析位置を設定するものとする。

解析範囲

- 過年度照査では対象外であった「空港基本施設直下以外の範囲」を対象とする。

解析位置

の選定方針

- 羽田空港の土層分布及び地上施設区分を踏まえ、公益共同溝を以下の5エリアに区分する。
 - ・ エリア①:東側貨物地区＋第二旅客ターミナル地区
 - ・ エリア②:西側貨物地区＋第一旅客ターミナル地区
 - ・ エリア③:東側整備地区
 - ・ エリア④:西側整備地区
 - ・ エリア⑤:国際線貨物ターミナル地区
- 液状化判定位置は、上記で区分した**エリア毎に1地点**を想定し、共同溝近傍において**液状化対象層の土質試験が多く実施されている箇所**を設定する。
- 対象範囲の荷重区分は、以下の3つに分類される。
 - ・ T-20(自動車荷重)
 - ・ S(大型消防車荷重)
 - ・ LT-1(トーイングトラクター荷重)
- 上記で区分した各地区において、**荷重区分別に横断代表断面を最低1断面ずつ設定**する。なお、**土層の変化が大きい箇所については、必要に応じて断面数を追加**する。
- 縦断方向解析は、区分した**各エリアの幹線を対象**とし、建物等へ接続する**支線は対象外**とする。

(2)沈下対策の検討方針

沈下対策の検討方針

現状

- 共同溝の累積沈下量は最大で約150cm、過去10年間の沈下量は最大約15cm程度であり、年々収束傾向がみられるものの、未だに年間数cm程度の沈下が継続している。
- 特に、建物等の杭基礎構造物との接続部において沈下差が大きく、継手の破損及び漏水が発生していた例もあるため、効果的な沈下対策の実施が必要となる。
- 沈下対策事例として、過去に可とう継手の新設及び再破損防止のための地盤改良による沈下抑制対策が講じられている。
- 可とう継手の新設工事について、共同溝内の収容物の移設が不可能な箇所では開削による躯体外側からの補修が実施されている。

検討上の課題

【沈下対策の必要範囲】

- 限界沈下量の設定方法

【沈下対策の工法】

- 躯体内側から対策を行う場合、共同溝内の収容物が密集する箇所では、施工スペースの確保が困難となる。
- 基本施設直下等の開削が不可能なエリアでは、躯体外側からの補修が適用できない。
- 地盤改良による沈下抑制対策を講じた場合、隣接する未改良部との沈下差が大きくなることが懸念される。

検討手順

- ① 既往設計及び工事資料等から継手の破断限界値及び収容物の許容変位量を整理し、限界沈下量(沈下差)を設定する。
- ② 限界沈下量と沈下量の将来予測結果に基づき、将来的に沈下による被害が想定される箇所を抽出する。
- ③ 沈下対策の必要範囲において、以下の検討を実施する。
 - 共同溝内の収容物や地上施設等の状況を踏まえ、躯体内側又は外側からの対策実施における課題を整理するとともに、狭隘な施工スペースにおける対策工法について最新の技術動向を情報収集する。
 - その他：上記の検討に加え、収容物を移設しながらの施工方法や共同溝の新設案も踏まえた対策方法を検討する。
- ④ 施工性、経済性、施設への影響等の観点から比較を行い、対応策の方針を決定する。

(3)長寿命化対策の検討方針

長寿命化対策の検討方針

現状

- 施工後35年以上が経過し、**経年劣化による変状が確認**されている。
- 共同溝の維持管理は5年に1度の定期点検により**劣化状況の評価及び補修の要否判定**を実施している。
- 劣化状況の評価方法は目視・打音調査に基づく構造物の外観上の変状に対する評価を行っており、現在は外観上の劣化が進行した箇所を**事後補修で対応している状況である**。

検討上の課題

【劣化調査・予測及び残存耐用年数の検討】

- 維持管理限界が明確に定められておらず、定量的な劣化評価に基づく予防保全的な維持管理が行われていない。
- 東京国際空港共同溝は施工年次が古いため、劣化予測及び性能評価が実施されていない。
- 劣化調査項目及び調査位置の選定

検討手順

- ① 既往定期点検調査結果に基づき、変状の箇所及び外観上の特徴から**劣化機構の推定**を行い、 性能評価を行うために必要となる**劣化調査項目を整理**する。
- ② 沖合展開時期及び地上施設区分や変状の程度等を踏まえ、**劣化調査位置を選定**する。.....
- ③ 劣化調査結果及び羽田空港の整備計画等を考慮して**劣化予測を実施し、残存耐用年数・維持 管理限界の設定**を行う。
- ④ 設定した維持管理限界を踏まえ、**共同溝内の収容物への影響やライフサイクルコストを考慮した点検・診断・補修計画の方向性**を決定する。

審議事項①

審議事項②

審議事項③

今回ご審議いただきたい事項（長寿命化対策①）

■ 劣化調査項目の設定方針

- 共同溝は初期診断が実施されていないことから、沿岸部空港の共同溝という状況や定期点検調査結果から確認できる「変状の特徴」に基づいて、劣化機構を推定し、対応する調査項目を整理する。
- 劣化調査及び診断により、上記以外の劣化機構が想定される場合は、追加で必要となる調査項目を提案する。

【劣化機構の推定】 ※下線:羽田空港における定期点検で確認された変状

<外観上の変状の特徴の例>	<想定される劣化機構>
鋼材軸方向のひび割れ、コンクリート剥離……………	中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食
鋼材軸方向のひび割れ、さび汁、コンクリートや鋼材の断面欠損……………	塩害
微細ひび割れ、スケーリング、ポップアウト、変形……………	凍害
変色、コンクリート剥離……………	化学的侵食
膨張ひび割れ(拘束方向、亀甲状)、ゲル、変色……………	アルカリシリカ反応
格子状ひび割れ、角落ち、エフロレッセンス……………	疲労(道路橋床版)
モルタルの欠損、粗骨材の露出、コンクリートの断面欠損……………	すりへり

定期点検で多く確認された変状であり、「閉鎖空間で湿度が高い」、「海岸地域に位置している」等を踏まえて、調査対象として選定

アルカリシリカ反応と想定されるような変状は確認されていないが、参考として調査対象として選定

【推定した劣化機構を検証するための調査項目】

劣化機構	調査項目	調査方法	得られる情報	備考
中性化、塩害、ASR	外観の変状	近接目視調査	顕在化した変状の状態、水掛かりの状況 等	既往定期点検調査結果で代用
	構造仕様等	資料調査	設計基準強度、鉄筋の仕様(位置、径、かぶり)、反応骨材の反応性の有無 等	既往設計、工事資料より躯体の諸条件やASRの原因となる反応性骨材の使用有無を確認
中性化	中性化の評価指標	コンクリートの中性化深さ測定(コア採取含む)	中性化深さ	JIS A 1107 JIS A 1152
		コンクリートの圧縮強度試験(コア採取含む)	コンクリート圧縮強度	JIS A 1107 JIS A 1108(塩害の評価指標と共通)
		自然電位法	鋼材腐食の状態	JSCE-E-601(塩害の評価指標と共通) ※腐食の程度が酷い箇所があった場合に実施
塩害	塩害の評価指標	硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験(コア採取含む)	塩化物イオン濃度	JIS A 1107 JIS A 1154

今回ご審議いただきたい事項（長寿命化対策②）

■ 劣化調査位置の選定方針

- 劣化調査位置の選定の考え方は、沖合展開時期及び地上施設区分を踏まえ共同溝を区分けしたうえで、各エリア毎の代表調査地点を選定するものとする。

劣化調査位置 の選定方針

- 沖合展開時期（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期）及び地上施設区分を踏まえ、共同溝を以下の計9エリアに区分する。
 - ・ エリア①：東側貨物地区（Ⅱ期）
 - ・ エリア②：第二旅客ターミナル地区（Ⅲ期）
 - ・ エリア③：西側貨物地区＋第一旅客ターミナル地区（Ⅱ期）
 - ・ エリア④：G、H誘導路横断部（Ⅱ期）
 - ・ エリア⑤：A滑走路横断部（Ⅰ期）
 - ・ エリア⑥：東側整備地区（Ⅱ期）
 - ・ エリア⑦：西側整備地区（Ⅱ期）
 - ・ エリア⑧：A誘導路横断部（Ⅱ期）
 - ・ エリア⑨：国際線貨物ターミナル地区（Ⅱ期）
- 上記で区分した各エリアにおいて、定期点検調査結果を踏まえ、以下の手順により健全部と変状顕在部の代表地点を2箇所を選定する。
 - 【各エリアにおける代表調査地点の選定の手順】
 - ・ エリア内の各躯体について、竣工年度、土被り、荷重区分、構造寸法が類似する「グループ」に区分する。
 - ・ 区分したグループにおいて、老朽化に起因する変状（ひび割れ、剥離、うき、漏水）が多い躯体と健全な躯体を抽出し、調査対象とする躯体の組合せを選定する。
 - ・ 組合せが複数ある場合、変状顕在部の変状の程度が大きく、調査が容易な（躯体高さが低く、収容物が少ない）ほうを選定する。

今回ご審議いただきたい事項（長寿命化対策③）

■ 劣化予測手法の妥当性

- 劣化予測は、劣化調査で得られた各データを用いて「コンクリート標準示方書(維持管理編)」を参考に予測計算を行う。
- 劣化調査結果より中性化・塩害による劣化の傾向が確認できなかった場合(劣化機構の特定が困難な場合)を考慮し、既往定期点検調査結果に基づく外観上の変状に基づく劣化予測も実施する(マルコフ連鎖モデル)。

中性化の進行予測

塩害の進行予測

外観上の変状の進行予測（参考）

- 劣化調査結果の整理、劣化機構の推定・評価

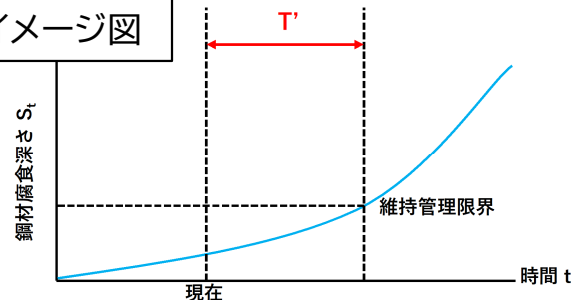
劣化機構の特定が可能

NO(ASRや複合劣化等、定量的な評価が困難な場合を含む)

YES

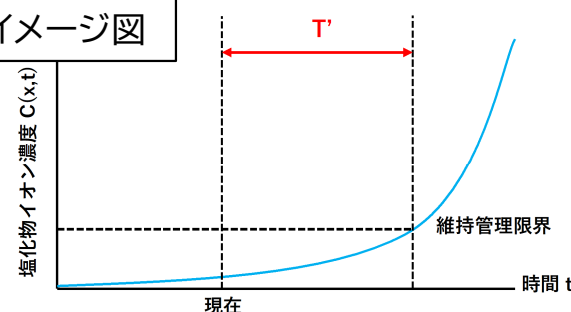
- $\sqrt{t}$ 則により中性化速度係数を算定
- 鋼材腐食深さ s_t と供用期間 t との関係式から、腐食深さの時間変化グラフを作成
- 鋼材腐食開始時期、腐食ひび割れ又は剥離・剥落発生限界腐食深さを算定し、残存耐用年数 T' を推定

イメージ図

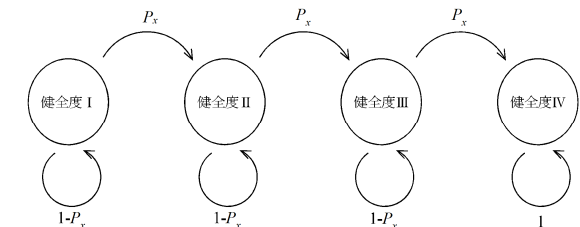


- 試験結果より見かけの拡散係数を算定
- 塩化物イオン濃度 C と供用期間 t との関係式から、塩化物イオン濃度の時間変化グラフを作成
- 鋼材腐食発生限界濃度を算定し、残存耐用年数 T' を推定

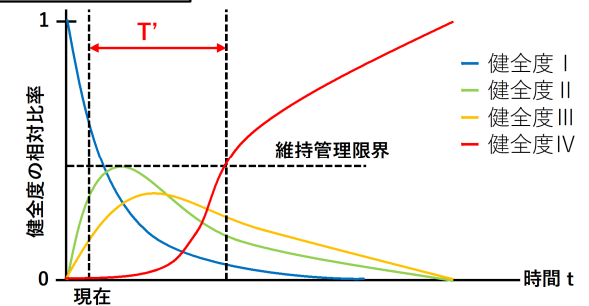
イメージ図



- マルコフ連鎖モデルを用いて、共同溝の既往定期点検調査結果における健全度(I～IV)の推移予測を実施。



イメージ図



調査箇所グループ別の結果を比較し、総合的に安全側となる残存耐用年数を設定する