

11 空港研究部

将来の国際航空市場の環境変化に関する分析

Analysis on International Civil Aviation Market

(研究期間 平成 24 年度～)

空港研究部 空港計画研究室

室 長 小野 正博
主任研究官 井上 岳

[研究目的及び経緯]

本研究は、将来国際航空市場に大きな影響を及ぼすと想定される要因を特定し、本邦航空市場に与えるインパクトの把握を試みることを目的としている。仮に、我が国の航空市場に与える影響が大となるようであれば、我が国の航空・空港政策への反映の検討が必要であり、そのための基礎資料とする。

本年度は、昨年度構築したアジア発着の国際定期路線の特性・指標を網羅したデータベースをもとに、諸外国における過去の格安航空会社（LCC）参入、航空協定及び空港開発戦略が国際航空市場に与えた影響に関し、定性的分析を行った。更に、従前は把握困難であった路線別国際航空旅客数を推定する方法を開発。結果をデータベースに取り込み、更新した。

航空需要予測手法の改善に関する研究

Improvement of Air Transport Demand Forecast Method

(研究期間平成 19 年度～)

空港研究部 空港計画研究室

室 長 小野 正博
主任研究官 井上 岳

[研究目的及び経緯]

航空需要予測値は、交通政策審議会航空分科会での審議のみならず、航空・空港政策の企画立案、個別空港の計画段階や事業評価等に際して必要かつ基礎的なデータとなるため、その予測精度の一層の向上が求められていることから、予測精度や再現性、説明力の向上をめざした予測手法(モデル)の改良・改善を行う。

本年度は、国内旅行者 1,500 名を対象とした選好意識調査を実施し、得られた選好意識データをもとに LCC や中央新幹線（リニア）といった現存しない新しい交通手段を明示的に取り扱うことが可能な交通機関選択モデルのプロトタイプを構築し、LCC 利用動向を推計する等の成果を得た。

また、交通政策審議会航空分科会基本政策部会（平成 25 年 9 月 26 日）において、国総研航空需要予測モデルに基づいて推計した将来航空需要予測値を公表。同部会において首都圏空港機能強化に係る議論に活用されている。

空港施設に関する技術基準の国際比較

Comparison of Technical Standard of Airport Facilities

(研究期間 平成 23～25 年度)

空港研究部 空港施設研究室
Airport Department
Airport Facilities Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

伊豆 太
Futoshi IZU
坪川 将丈
Yukitomo TSUBOKAWA
森永 真朗
Masao MORINAGA

To enhance the technical standard of Japanese airport facilities, the technical standard of design method, material and construction for airport asphalt pavement and airport concrete pavement in foreign country was investigated and compared to those in Japan.

【研究目的及び経緯】

空港施設のうち、基本施設である空港舗装に係る技術基準等について、欧米等の技術基準を収集し、これらとの比較分析を行い、航空機の大型化・多頻度化が進む我が国の空港舗装の損傷を低減させるべく、基準等の改訂に向けた基礎資料を作成する。比較分析は大きく分けて、設計法、材料基準、施工法について実施した。以下に、米国連邦航空局（Federal Aviation Administration、FAA）と我が国の設計法の相違点に関する内容を示す。

【研究成果】

FAA の空港舗装設計法は、AC150/5320-6E に記載されている。この最新の AC（Advisory Circular）は 2009 年 9 月 30 日に発効したものであり、FAARFIELD と呼ばれる理論的設計用プログラムを使用して舗装厚を決定することとなっており、従来から使用されていた USACE（U.S. Army Corps of Engineers）による経験的設計法を基にした設計図表は廃止されている。

(1) 設計荷重

過去に用いられていた経験的設計法では、設計代表機材を 1 つ設定し、様々な機材の交通量を設計代表機材の交通量に換算して設計を実施していたが、FAARFIELD は各種の航空機材が混在した交通量がそのまま使用される。設計荷重に関する主な特徴は以下のとおりである。

- ① 最低 20 年の間に大規模な補修が不要であるための最小限の舗装厚を想定している。
- ② 航空機の離陸時の総重量を用いることを推奨している。また着陸時荷重は無視している。航空機総

重量のうち 5% は前脚で、95% は主脚で負担すると仮定している。

- ③ 衝撃荷重については、航空機の翼の揚力により軽減されることから考慮していない。
- ④ 交通量については、航空機の横断方向への偏差について正規分布すると仮定して算出したパス/カバレッジ率を用いている。標準偏差としては 30.435 インチ（773mm）が用いられている。
- ⑤ パス/カバレッジ率を算出する際、「有効タイヤ幅」という概念を用いている。アスファルト舗装の有効タイヤ幅は、路床上面の鉛直ひずみに着目した設計を行っていることから、タイヤ荷重の影響が舗装表面から深さ方向に 1:2 の角度で影響が広がると仮定して算出する有効タイヤ幅を用いている。コンクリート舗装については、舗装表面におけるタイヤ幅を有効タイヤ幅としている。

上記について、我が国において平成 20 年度から導入した理論的設計法と比較すると、②については離陸時荷重のみならず着陸時荷重も考慮していること、④については滑走路離陸時における標準偏差を、大型機で 91cm、中小型機で 74cm としていること、⑤についてはアスファルト舗装、コンクリート舗装ともに、航空機荷重により発生するひずみあるいは応力が深さに応じて横方向に分散することを考慮していないことが相違点となる。

(2) 空港アスファルト舗装の設計法

空港アスファルト舗装の設計では、路床上面の鉛直ひずみとアスファルト混合物層下面の水平ひずみに着目している。破壊モデルとしては、1940 年代からこれ

までに実施された実大規模試験の結果を基としている。

FAARFIELD では、路床上面の鉛直ひずみのみを照査することで設計を実施する。これは、ほとんどのケースにおいて、路床のひずみに関する破壊規準が支配的だからであるが、オプションとしてアスファルト混合物層下面の水平ひずみに関する照査も行うことができる。また、アスファルト混合物の変形係数については、温度や載荷速度に関わらず一定値を用いており、これらを考慮して変形係数の変動を考慮している我が国とは異なる。

アスファルト混合物と路床の疲労破壊曲線は AC に記載されていないものの、FAA によるレポートに疲労破壊曲線に関する説明が記載されている。アスファルト混合物の疲労破壊曲線としては、Heukelom と Klomp によるもの、路床の疲労破壊曲線としては FAA における実大規模実験等を基としたものが用いられている。

我が国における空港アスファルト舗装の設計法と比較すると、アスファルト混合物下面及び路床上面におけるひずみを基とした疲労破壊曲線を使用している点では同様である。ただし、疲労破壊曲線について我が国のものと比較すると図 1、図 2 のとおりであり、特に繰返し回数が少ない場合、我が国の疲労破壊曲線は安全側となっていることが特徴である。なお、前述のとおり、荷重の設定方法やパス/カバレッジ率の算定方法が異なるため、疲労破壊曲線の相違がそのまま舗装厚に反映されるわけではないことに留意する必要がある。

(4) 空港コンクリート舗装の設計法

空港コンクリート舗装の設計は、版下面に発生する水平応力に着目している。また、この水平応力としては、目地自由縁部に対して主脚が平行方向又は直角方向に配置された場合の大きい方の応力を算出し、目地の荷重伝達を考慮して 25% 減じた応力を採用している。

コンクリート版の疲労破壊曲線は AC に記載されていないものの、FAA によるレポートに疲労破壊曲線に関する説明が記載されている。コンクリート版の疲労破壊曲線としては、応力比 (= 荷重応力 / 曲げ強度)、カバレッジのほか、構造状態を示すパラメータである SCI (Structural Condition Index) が考慮されている点の特徴である。

我が国における空港コンクリート舗装の設計法と比較すると、FAA と大きく異なる点は、設計対象としている荷重応力を、版中央部下面に発生する水平応力としている点である。荷重応力は、中央部よりも目地部の方が大きいものの、我が国では、日中の温度変化により発生する温度応力に関しては荷重応

力とは逆に中央部の方が大きくなること、我が国の無筋コンクリート舗装では、ほぼ全ての目地にダウエルバー等の荷重伝達装置が設置されていること、目地部を走行する確率が必ずしも高くないことから、版中央部における荷重応力と温度応力を基に照査を行っている。

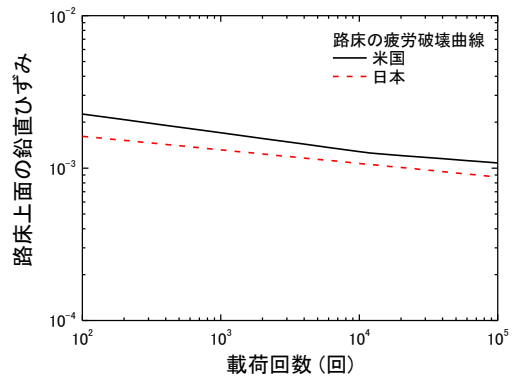


図 1 路床の疲労破壊曲線

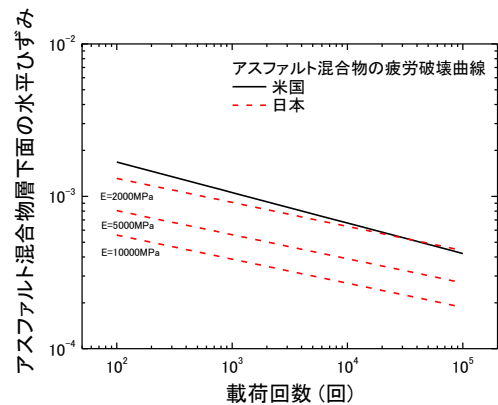


図 2 アスファルト混合物の疲労破壊曲線

[成果の活用]

本研究で得られた知見の中で特に有用な事項については、今後、我が国の技術基準の高度化を図るため引き続き調査を実施し、空港舗装設計要領、空港舗装補修要領等へ反映することで、予防保全型管理の実現の一助になると考える。

[参考文献]

- 1) FAA : AC150/5320-6E, Airport Pavement Design and Evaluation, 2009.

ハイドロプレーニング現象を考慮した空港舗装のわだち掘れおよびグルーピング管理基準

Research on Standard of Rut Depth and Groove Deformation of Airport Pavement Considering Hydroplaning

(研究期間 平成 23～25 年度)

空港研究部 空港施設研究室

主任研究官

坪川 将丈

[研究目的及び経緯]

本研究は、空港滑走路・誘導路を走行する航空機のハイドロプレーニング現象を考慮したわだち掘れ形状及びグルーピング形状の管理基準を提案することを目的とする。

過年度は、実際の空港滑走路・誘導路のわだち掘れ形状データを収集し、グルーピング形状データを考慮した開水路定常流解析を実施した。本年度は、この定常流解析結果を整理し、滑走路・誘導路のグルーピング形状、勾配、降雨強度が滑走路・誘導路上の滞水深さに及ぼす影響を明らかにした。

アスファルト舗装の長寿命化に関する検討

Research on Prolonged Life of Asphalt Pavement

(研究期間 平成 25～27 年度)

空港研究部 空港施設研究室

室 長

伊豆 太

主任研究官

坪川 将丈

研 究 官

森永 真朗

[研究目的及び経緯]

アスファルト舗装は、荷重や環境劣化により、突発的なものも含め各種破損が発生する。空港舗装の場合、これらの破損は航空機の安全な運行を阻害するため、場合によっては滑走路・誘導路・エプロンの一時閉鎖につながる。本研究では、航空機運行の安全性及び定時性の向上を図るために、これらの破損の発生原因の解明及び破損抑制方策の検討を行い、空港アスファルト舗装の長寿命化の実現に資することを目的とする。

本年度は、埋め込み灯器周りの破損の発生原因を解明するため、灯器を埋め込んだ試験舗装を製作し、航空機荷重載荷装置と用いて走行試験を実施し、灯器の変位等について調査を実施した。また、アスファルト混合物舗設時の施工目地部は、施工目地から進入した水により構造上の弱点となりうることから、一層施工厚を変えた試験施工を実施し、施工目地部の締固め度と一層施工厚の関係について調査を実施するとともに、効率的な施工を実現する観点から、現行の共通仕様書における一層最大施工厚の増厚化に関する調査も実施した。

コンクリート舗装構造設計法の高度化検討

Study on Design Method of Airport Concrete Pavement

(研究期間 平成 23～25 年度)

空港研究部 空港施設研究室

室 長

伊豆 太

主任研究官

坪川 将丈

研 究 官

森永 真朗

[研究目的及び経緯]

無筋コンクリート (NC) 舗装の設計法については、空港舗装設計要領に疲労設計法を導入したところであるが、補強コンクリート (PC、PPC、PRC) 舗装の設計については必ずしも統一された設計思想に基づく設計法とはなっていない。本研究では、空港コンクリート舗装の設計思想の統一の可能性について検討を行うとともに、コンクリート版の老朽化や早期補修の要請に応じてプレキャストコンクリート版を使用する際の異種舗装間の接続方法の検討、要求性能に応じた舗装構造の合理的な選択の検討を目的として研究を行い、研究成果のうち可能なものについては空港舗装設計要領に反映させる。

過年度は、補強コンクリート舗装への疲労設計法の適用可能性を検討した。また、試験舗装を製作し、ダウエルバーを設置したコンクリート版間の荷重伝達機能を検証するための試験を実施するとともに、コンクリート版目地部に発生する温度応力の算出方法の検討を行うために必要な試験舗装の温度とひずみの長期観測を実施した。本年度は、過年度に取得した実験データを引き続き分析するとともに、異種舗装接続部での構造的な課題について整理した。

不均一地盤上の空港舗装性能確保に関する研究

Research on Performance of Airport Pavement on Reclaimed Land

空港研究部 空港施設研究室

(研究期間 平成 24～26 年度)

室 長	伊豆 太
主任研究官	坪川 将丈
研 究 官	森永 真朗

[研究目的及び経緯]

本研究は、埋め立て空港の不同沈下に起因する空港舗装の性能の変化を適切に評価し、高度な維持・管理及び性能確保を可能とすることを目的とする。

平成 24 年度は、滑走路面の凹凸が航空機の走行安全性へ及ぼす影響について、航空機走行時の航空機鉛直加速度と路面の凹凸（振幅、波長等）の関係について数値シミュレーションを実施し、滑走路の縦断方向平坦性の評価手法について検討した。本年度は、不同沈下による地盤変形へのアスファルト舗装の追従性を検討するため、骨材最大粒径・アスファルトバインダの種類・载荷速度等を変えたアスファルト混合物の曲げ試験を実施し、不同沈下の進展に伴うアスファルト舗装のひび割れの発生について調査を実施した。

空港土木施設の遠隔監視に適用可能な技術に係る調査検討

Study on Remote Monitoring Method Applicable to Airport Civil Engineering Facilities

(研究期間 平成 23～25 年度)

空港研究部 空港施工システム室
Airport Department
Airport Construction System Division

室長
Head

中島 晋
Susumu NAKASHIMA

For making airport civil engineering facilities maintenance efficient or recognizing damage of airport facilities when the natural disaster occurs, a remote monitoring is very effective.

We surveyed and collected examples of remote monitoring method applied to airport facilities and newest method applicable to airport civil engineering facilities and evaluated them.

[背景と目的]

空港土木施設の維持管理のための点検については、現状では人による各施設巡回しながらの点検が基本であるが、特に事故・災害時には空港内の広範囲の施設の状態を必要な時に素早く把握する手法も重要となってくると考えられる。また、各地に点在する複数の国管理空港の維持管理の効率化、要員体制の適正化の観点から、遠隔監視技術の活用は有効性が高いと考えられる。そこで空港土木施設の維持管理・災害復旧の観点から遠隔監視技術について調査検討を行った。

[検討内容]

- ①空港への導入実績のある技術の収集・整理
- ②空港への活用可能性のある技術の収集・整理
- ③遠隔監視技術の導入案の検討

[検討成果]

1. 遠隔監視が有効な条件

遠隔監視が有効なケースとして次が考えられる。

(1) 常時状態監視

巡回点検など通常時の施設点検の内容について

- ・常時監視する方が現地に出向くより時間・要員の省力化が図れる場合。
- ・航空機や地上支援車両の故障・事故により、舗装面に損傷が生じたり、落下物等 FOD (Foreign Object Damage : 異物による損傷) が発生した場合。

(2) 異常時監視

地震による着陸帯等の変形、豪雨による着陸帯等の冠水、積雪、台風による被害の可能性など災害が発生した際の次の場合。

- ・短時間で基本施設等全体の状況を把握したい場合。
- ・自動車による点検ができない場合。
- ・徒歩では危険かつ時間がかかる場合。

2. 空港で導入事例のある技術

土木施設に限らず施設運用監視を含めて情報収集した。

(1) 国内空港の例

目的	使用機器	備考
道路交通流監視	ITV	
エプロン状況監視	ITV	エプロン照明柱に設置
場周柵沿いの保安監視	ITV 赤外線センサ 断線センサ等	侵入者等を監視
共同溝の構造体監視	光ファイバーセンサ	構造体の変形を監視
用地の変位を監視	GPS 傾斜計、沈下計	埋立、栈橋構造が組合わさった用地の一体性を監視
滑走路面温度の監視	熱電対 その他温度計	滑走路にセンサを埋め込み滑走路面凍結状況を見る
積雪量の監視	超音波式 レーザー式	運航可否の判断と除雪の必要性の管理
その他 (無線、発電機、灯火等の監視)	(制御信号等をモニター)	



空港に設置された ITV の例

(2) 海外の例

目的	使用機器	備考
路面上の異物 (FOD) の監視	レーザースキャナ ITV	英国 シンガポール イスラエル
路面凍結の監視	レーダー水膜計 サーミスタ 温度計等	ドイツ等

3. 新たに活用可能性のある技術

内外の空港管理者へのアンケートおよび国内の民間会社への照会、WEB 検索等により情報収集を行った。

目的	使用機器	備考
UAV (無人航空機)、小型飛行船等による上空からの監視	ビデオカメラ レーザースキャナ等	常時は航空機運航に配慮する必要がある。緊急時には情報収集効果が高いと考えられる。
FOD 監視システム	ミリ波レーダー 光ファイバ接続	(独)電子航法研究所で開発中
(海外の事例の各技術)		



UAV の例

4. 遠隔監視技術の活用に関する考察

この他の技術情報として、国交省では平成 25 年度より「社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会」を設置し、モニタリング技術について産学官連携で現場実証を通じてその有用性の評価・分析を進めている。

現在のところ鋼、コンクリート、土構造関係のモニタリング技術は多数サンプリングされているが、アスファルト舗装関係の技術はほとんど無い。

また、NETIS でも維持管理の専用サイトを開設して点検技術の募集を行っており(平成 26 年 2 月末まで、公表 3 月下旬予定) 遠隔監視技術についてもより情報共有し易い仕組みが整いつつある。

UAV に搭載したビデオカメラやレーザースキャナによる地表面の状況把握は、災害時であれば航空機の運航への影響を懸念することなく、かつ他分野での運用実績もあることから広大な空港用地での情報収集に有力な手法と考えられる。

新機器を導入するほかに有力な手段として次の機器の活用が考えられる。

空港では運航情報官、管制官などによる航空機の地上走行等運航関係の安全性を確保するための地表面の監視や保安対策部門による場周柵周辺の監視がなされているが、広大な面積を限られた人員で監視する必要があるため、各種の遠隔監視装置が導入されている。例えば ITV による交通状況、落下物など異物の有無、場周柵の監視、寒冷地での温度計・積雪計による路面の積雪・凍結状況の把握などが遠隔監視されている。

これらの遠隔監視装置が取得する情報は、土木施設としての管理に必要な情報と共通部分が多く、監視範囲・解像度など土木施設管理の視点からすると必ずしも十分ではないが、相当程度活用が可能と考えられる。

空港での遠隔監視に使用できる技術について、海外を含め網羅的に調査し情報を整理した。今回収集した技術の展開については各空港の立地・運用条件を加味して検討することになるが、比較的導入が容易な技術もあり今後の展開が期待される。

[参考文献]

- 1) 社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 HP
<http://www.mlit.go.jp/tec/monitoring.html>

空港土木工事共通仕様書の改訂

Revision of Common Specification for Airport Civil Works

(研究期間 平成 13 年度～)

空港研究部 空港施工システム室

室 長 中島 晋
専 門 官 加藤 満
施工システム係長 井上 雄史

[研究目的及び経緯]

新工法等施工技術の発達にともなう現場施工形態の変化との整合を図るため、また、空港土木工事の調達に係る契約内容の明確化への要請に応えるため、空港土木工事共通仕様書及び施工基準類の一層の適正化を図ることが求められている。このような背景から空港土木工事共通仕様書、調査・設計等の共通仕様書及び空港土木施設施工要領の改訂案について検討した。今年度は施工管理基準及び規格値について発注・受注関係者へヒアリングを行い、妥当性を確認した。また、関連他分野の規程と比較し整合性を踏まえて改定案を作成した。

空港土木請負工事積算基準の改訂、空港土木積算システムの改良

Revision of Cost Estimation Standards for Airport Civil Works

Improvement of Cost Estimation Computer System for Airport Civil Works

(研究期間 平成 9 年度～)

空港研究部 空港施工システム室

室 長 中島 晋
専 門 官 加藤 満
研 究 官 内山 唯士

[研究目的及び経緯]

新工法等施工技術の発達にともなう現場施工形態の変化との整合を図るため、また、空港土木工事の調達に係る契約内容の明確化・透明性の確保への要請に応え、積算業務の適正化・簡素化等を図るため、空港土木工事積算基準の一層の適正化を図ることが求められている。このような背景のもと今年度は来年度からの施工パッケージ型積算の導入を目指し、施工パッケージ型積算方式に対応した工種体系、単価単位、単価メンテナンス方法などの検討を行い、積算基準改定案、公表用資料などの作成を行った。また、積算基準の改訂に合わせて空港土木積算システムの改良を行った。

空港基本施設の長寿命化のための施工の研究

Study on Lifelong Duration of Airport Pavement

(研究期間 平成 25～27 年度)

空港研究部 空港施工システム室

室 長 中島 晋
専 門 官 加藤 満
施工システム係長 井上 雄史

[研究目的及び経緯]

航空輸送の安全性の確保や適切な維持管理が求められている中、滑走路等空港基本施設、特に空港舗装の予防保全を推進するための方策が求められている。空港舗装については乳剤による表面処理や常温合材による恒久的な補修方法が確立できれば、予防保全、施設の長寿命化、維持管理の高度化の有効な手段となる可能性が高い。本研究では舗装に関するこれらの新補修材料について、各種試験を通じて基礎的な知見を得ることを目的とする。今年度は数種の常温合材について屋外での航空機荷重の載荷試験を行い耐力など基礎的な知見を把握した。

空港舗装点検データ利活用に関する基礎的な検討調査

Study on Utilisation of Airport Pavement Inspection date

空港研究部 空港施工システム室

(研究期間 平成 24～25 年度)

室 長	中島 晋
専 門 官	加藤 満
研 究 官	芦田 洋祐

[研究目的及び経緯]

航空輸送の安全性の確保、老朽化が進む空港施設の適切な機能維持が求められる中、滑走路等空港舗装の予防保全を推進するための更なる方策確立が求められている。一方、既存空港では施設点検要領に基づき舗装点検が実施されており点検データが蓄積されている。この既存点検データの分析により、空港舗装を適切に評価する新たな手法について提案することを目的に検討を行う。今年度は舗装面の点検診断について検査員へ行ったアンケート結果を基に、補修判断要因の分析を行った。分析を基に判断要因別の閾値の設定を試みた。

また、既存点検データを活用して舗装健全性に関する海外の指標（PCI）の有用性について検討した。

空港舗装性状の適切な評価ができることにより、経済的な維持補修、適切な施設の健全性の維持が可能となり、維持補修の経済性および航空輸送の安全性の向上が期待される。

空港施設 CALS システムの改良

Improvement of Airport Facilities CALS System

空港研究部 空港施工システム室

(研究期間 平成 23～25 年度)

室 長	中島 晋
専 門 官	加藤 満
研 究 官	芦田 洋祐

[研究目的及び経緯]

調査、計画、設計、施工、維持管理といった空港施設のライフサイクルを通じた情報共有とこれによる業務の効率化を図るために、空港施設 CALS システムを開発・運用中である。より良いシステムを目指し、ユーザーとの意見交換をしながら、今年度は電子成果品管理・施設台帳管理機能の改良、マニュアルの改訂、サーバー構成の再編などを行った。今年度改良版については、2月より運用を開始した。

空港土木施設構造設計における性能規定再整理に係る研究

Study on Performance Based Design of Airport Civil Engineering Facilities

空港研究部 空港施工システム室

(研究期間 平成 23～25 年度)

室 長	中島 晋
専 門 官	加藤 満
研 究 官	芦田 洋祐

[研究目的及び経緯]

空港土木の技術基準は性能規定化の方針であるが、構造設計についての大部分は従来の設計手法を見なし規定で運用している。コンクリートの設計法などで限界状態設計法が標準となりつつある状況で、空港の土木附帯施設の設計にも限界状態設計法等信頼性設計の本格的な導入など高度化が求められている。

今年度は空港の土木附帯施設の限界状態設計法の安全係数の検討、ボックスカルバート等の地中構造物の性能設計の考え方、既設地中構造物の性能設計による照査方法を検討し、事例を含めた空港土木施設構造設計要領の改定案を作成した。