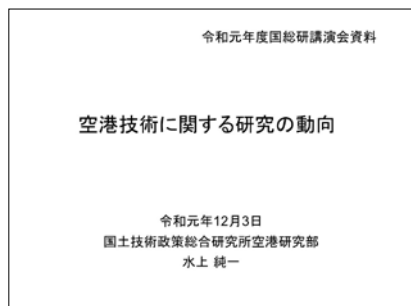
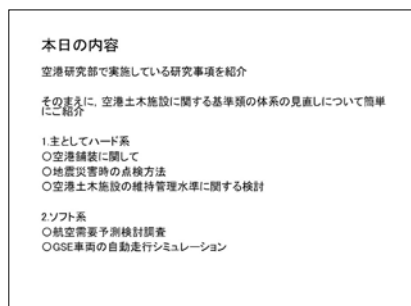


## 5.4 空港技術に関する研究の動向～基準体系の見直しと今後の展望～

(国土技術政策総合研究所 空港研究部長 水上純一)

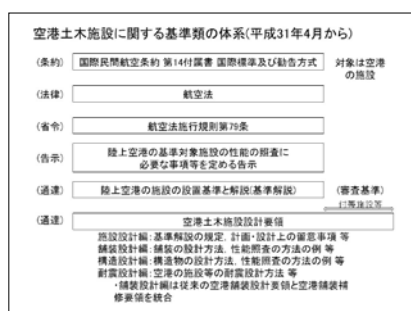


空港研究部の水上でございます。今日は「空港技術に関する研究の動向」と題して報告させていただきます。もう、今日朝から長丁場でありますし、ここに来て、またさらに空港の話題ということで、ちょっと違うかなという感もなきにしもあらずですが、しばらくの間おつき合いいただければと思います。



今日の内容でございますが、研究の動向と言っております、空港研究部で実施している中身の一部について紹介させていただきたいということでございます。そのほかに、きょう事前にお配りしているチラシのほうには、空港の基準類体系の見直しについても御紹介します

よというふうに書いてございますので、そこについても少し御紹介させていただきます。中身といたしましては、ハード系、ソフト系とあるんですけども、専らハード系の話が、多くなろうかと思えます。その中で、空港舗装に関する話と、あと地震災害時の点検方法について、少しこの辺だけ詳しく御説明したいというふうに考えております。



空港土木施設に関する基準類の体系の見直しについて説明します。空港の基準の体系といたしましては、まず根っこにあるのが国際条約になりまして、国際民間航空条約というのがありまして、その中でも、空港の基準がいろいろと固まっていく、定められているというものでございます。それを受けて、国内法としては、航空法で

ありますとか、航空法施行規則ということで、法律、省令、あるいは告示というところで受けていくというふうになってございます。なぜ条約かといいますと、航空機は国際的に行ったり来たりしますので、外形的な標準はまずきっちり決めておくということで、例えば滑走路の長さですとか幅、あと誘導路の幅とか、あとは滑走路と誘導路の離隔というもの、これはすれ違うときに接触が起きないようにということなので、航空機の大きさ、翼の幅

に依じていろんなものが決まってきます。では、構造的にはどうなのかということですが、構造的には、どういう設計をなさいたいということは、ここらでは詳しいことは余り決まっておりません。例えば、この空港にはこの飛行機が降りられるのかどうかということが判断できないといけませんので、ACNとかPCNという指標がありますので、その辺の目安を使って決められるようになっていくということでございます。国内法の中で、告示までで大体性能とかが決められており、そこから下の、通達のレベルの陸上空港の施設の設置基準と解説ということで、これは基準解説と呼んでおりますけれども、これは各空港の審査基準に用いるものということで、定められています。この中は、空港土木施設と称しておりますが、滑走路ですとか誘導路、エプロンという、いわゆる空港基本施設と呼んでおる施設について書かれています。さらに、それを受ける一段下の通達のレベルということで、空港土木施設設計要領というのがあります。この中で、この施設設計編ですとか舗装設計編と、4つの編に分かれてございます。このたび、施設設計編というところが、この基準解説をさらに受けて、解説を充実させています。ここで附帯施設というのは、先ほどの滑走路、誘導路のほか、ほかの土木施設です。ここには雨水排水施設でありますとか、あと空港用地ですね。埋め立て空港であれば埋立地盤、あるいは護岸の話。盛り土の空港であれば、その盛り土の仕方ということ、そういうものが入ってくるということになります。あと、構造設計編というのは、ただいま申し上げましたように、雨水排水施設であるとか空港用地についてのさまざまなことを規定しているということです。最後の耐震設計編というのは、これらの空港土木施設の耐震設計に資するようなもの、事柄が決められておるといのが耐震設計編であります。

これは基準の体系でありまして、この中で、審査基準にあたります基準解説につきましては、これは主として航空局が定めるところでございますが、ここから下の施設設計編以降、舗装設計編とか空港土木施設の設計要領につきましては、かなり技術的ハード的な事項を多く含んでおりますので、この辺の原案を作成するのが国総研ということに、役割分

担としております。それで、今の設計要領の改定を主として国総研で担当しているということでありましたが、この10年で大体どんなようなことをやったかを説明します。平成20年に空港舗装構造設計要領という一つ前のバージョンをつくってございます。このときには、全体的に、基準の体系を性能設計の体系にいたしまして、

最近10年の主な改訂内容	
平成20年7月	空港舗装構造設計要領 → 空港舗装設計要領を制定 ・理論的設計法を導入
平成23年4月	空港舗装補修要領(案) → 空港舗装補修要領を制定 ・わかりやすい測定位置、FWD評価方法を改訂 ・層間剥離の検出法として熱赤外線検査を追加 ・道路工事のタックコートとしてPMMAを原則 ・表面の一般小施工を改訂(骨材最大粒径の2.0倍→2.5倍) ・再生アスコン採用時に水浸WT試験での確認を追加 ・グルーピング発生期間を短縮(1か月→改質Asの場合1ヶ月) ・コンクリート基層付層オパールレイ工法を追加
平成25年4月	破壊状況に応じて表層に改質アスファルトを標準
平成28年4月	エプロン打ち換えにおけるコンクリート舗装の新旧版接続の緩和 破壊状況に応じて基層に改質アスファルトを標準
平成29年4月	路面性状調査の改訂(わかり易く、平易)
平成30年4月	タックコートの養生期間短縮に有効な方法を記載
平成31年4月	2つの要領を統合 → 空港土木施設設計要領(舗装設計編)を制定 グルーピング発生期間を短縮(改質Asの場合1か月→7日) 基層の一般小施工を改訂(最大骨材粒径の1.5倍→2.0倍)

その中で、さらに照査方法として理論設計法を導入したということです。それから、続いて平成23年には、空港の維持管理、改良をしたりするとき設計に使う空港舗装補修要領を制定しました。これも性能規定に対応したバージョンとしてつくってございます。

ここ10年で、これが大きな流れなんですけども、その中で、トピックス的に、それは、国総研としても少し力を入れたところといたしましては、ここに夜間工事のタックコートとしてPKM-Tを原則としたというふうに書いてございますけども、これは一体何が起こったかといいますと、空港の舗装の中で、表層と基層の間の層間で剥離を起こすということが頻発した時期がございました。それで、ちゃんとそういう剥離を起こさないような舗装の設計をしっかりとしなさいということがありました。いろいろと原因を探ったところ、やはり、まず層間の付着が弱いところが多いということがありました。それがなぜかといいますと、ここでも夜間工事と書いてありますけども、夜間工事ですので、層間で使います、いわゆる融剤ですね、融剤の分解に時間がかかると、非常に気温も低いですし、日射もないということから、非常に時間がかかると。さらに、空港の工事でありますと、空港を閉鎖している時間が、おおむね5時間から6時間しかなく施工時間で使えるのは三、四時間しかありません。そうすると、タックコートを散布してからの養生時間が極めて短いということが特徴としてありますので、その極めて短時間でも分解が促進され、付着力を發揮するタックコートとして、このPKM-Tというの、一部開発し採用したということでございます。

あともう一つ、空港の特徴として、やはり、ここに平成23年のときですけども、グルーピングの養生期間を短縮しましたというふうに書いております。グルーピングというのは何かといいますと、滑走路の横溝です。これは排水を促進するために、横溝を切っております。これをグルーピングと称しておりますが、表層を打設してから、従来は少し落ちついてからでないとそのグルーピングを切れないと。なぜなら、その溝が潰れたりとか、角欠けを起こして機能を發揮しないということがございましたので、少し養生期間を設けなさいというのが従来2カ月でした。改質型のアスファルト合材を表層に使った場合は、1カ月程度養生しておけばグルーピングを切っても安定性に問題ないということ、実際使っている空港で試験施行によって確認しました。さらにもっと短縮できないかという要望がありましたので、さらに詳しくいろいろと調べた結果、今現在、グルーピングの養生期間を1週間に短縮しているというところでございます。このグルーピングの養生期間が長いと何が困るのかといいますと、その間は排水性能が落ちるということになりますので、

降雨時、航空機の着陸などに関する横風の制限が厳しくなるなど制限がかかりますので、早くグルーピングを切ってほしいという要望がありました。

今後改訂を予定する内容
①材料等に関する事項 ・タックコートや目地材など
②路面性状調査に関する事項 ・平坦性の評価に関する事項
③理論的設計法に関する事項 ・材料の物性値や荷重の取り扱いなど

ここまでの、基準の今までの改定のあらましです。では、今後、どんなことをしていくんだということですが、やはり材料等に関する事項ということで、タックコートについては、要領をもうちょっと使いやすいような工夫をした書き方にしていこうということですか、目地材、これは施工目地が発生しますので、

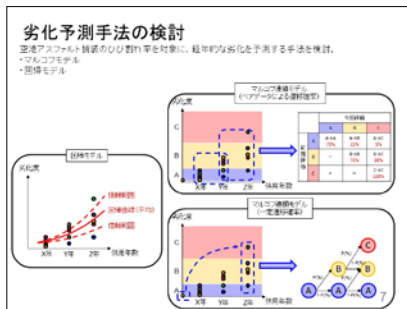
コールドジョイント対策について、目地剤などをもうちょっと工夫していったらどうかということ、今後改定していこうということです。

また、路面性状調査という、これは空港の舗装の表面の性状について評価する試験があるんですけども、この中で、例えばアスファルト舗装ですと、ひび割れですとかわだち掘れ、平坦性と、この3項目で評価しているんですけども、その中の平坦性評価に関しまして、今は空港ではBBIというBoeing Bump Indexという値を使っているんですけども、それを使ったときの評価の仕方について改善していこうということです。それから、理論的設計法に関する事項といたしましては、そのときの物性値の扱いで、今ちょっと厳しい見方をしているものがいろいろあるので、そこについての見直しをしていこうということでもあります。ここまでの基準の関係の話になります。

空港舗装に関して
○全国の空港の路面性状データの分析により、路面性状調査結果から算出可能な滑走路健全度指標を構築
・各空港で路面性状調査(ひび割れ、わだち掘れ、平坦性)が実施されているが、ユニット(例えば縦断30m×横断21m)毎の評価であるため「維持管理情報の見える化」に資する滑走路全体の状態を評価する指標がない。
○全国の空港の路面性状データの分析により、基本的な劣化予測手法を検討
・進行的破壊(ひび割れ、わだち掘れ)の劣化予測手法の整備について、特に地方空港管理者からの要望度が高い。

そのほか、空港舗装に関してどんなことを取り組んでいますかということです。この中で、1点目に、滑走路健全度指標を構築しますよということで、先ほど路面性状調査をしていますよということだったんですけども、そのときの評価の単位が、ここに書いてあるユニット単位になっていまして、その縦断方向は30メートルのユ

ニットですよと。となりますと、滑走路、通常国内線でも3,000メートルある滑走路がありますので、そうすると100ユニットになってくると。そうすると、では、この滑走路の性能はどうですかと言われたときに、100ユニットに対して説明しなきゃならないのを、それを一言で言えるような、あるいは総合的に評価できるような指標を構築してやろうということです。



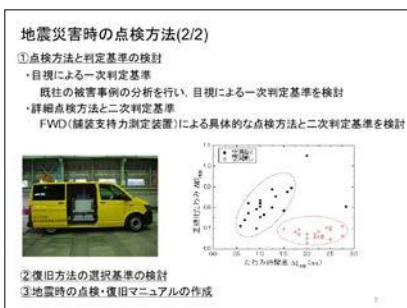
それと、あと、全国の空港の路面性状データの分析に劣化予測手法を検討するというところで、これは路面性状調査と関連するんですけども、この劣化予測について改めて取り組もうということでございます。劣化予測は2パターンで、路面性状調査の結果を数値的にあらわして、劣化を回帰曲線とかであらわす回帰モデル。それと、離

散値的にあらわして、その評価がどう遷移するかをマルコフモデルで評価すると、大体大きく分けて2通りかと思います。マルコフモデルで整理したほうがわかりやすいだろうと思っていたんですけど、どうも回帰モデルのほうが少し、相関がいいということなので、回帰モデルのほうで評価してやるということ今研究を進めているというところでございます。



それでは、地震災害時の点検方法について考えると。これは、一つ背景として、空港は全部が国管理ではありません。そのためすべてに舗装に詳しい専門家を置くことは難しいというのもございますので、そのような場合にどのような点検をするかマニュアルのようなものをつくっていこうということでございます。

これは、仙台空港のときのエプロンの例ですけども、やはり液状化による沈下によって水たまりができています。さらにその下には、すき間といいますか空洞ができていたということで、特にコンクリートの場合は上から見ても全く見えませんので、この辺についてどう判定していくかということマニュアル化していこうというものであります。空港は、



地震が起きると、震度4以上で必ず空港舗装の路面点検を必ずするんですけども、規模が大きい場合ですとか液状化が発生した場合の空港の使用についての判定がなかなか難しいだろうということで、マニュアルをつくっていこうということです。ちょっと説明を簡単にしますが、FWDを使った簡便な判定法で空洞の有無がわか

るのではないかとということが大分見えてきました。仙台空港でかなりたくさん調査しましたので、判定基準としてわかりやすいものができてきているということから、マニュアル化していこうと取り組んでいるというところであります。



あとはソフト的なところも一言だけ、御紹介させていただきます。航空需要予測はやはり空港としては大事な項目であります。最近の傾向といたしましては、インバウンドの増加ということで訪日外国人が増加していると。今までですと、例えば成田に来て成田から帰るとか、関空に来て関空から帰るといったようなモデルで十分だった

んですけども、最近では、例えば成田に来てから国内線で、例えば千歳に行きました、それから関空に行って、また帰りますというような国内流動がかなり多くなっているということがございますので、その辺を取り込んだモデルの開発が必要ということがあります。また、LCCのお客さんも相当増加してございますので、訪日外国人の国内流動とLCCの増加に対応したモデルについて今、勉強しているというところでございます。

少し駆け足になりましたが、私のほうからの報告は以上でございます。