

空港アスファルト舗装の一層最大施工厚 及び 空港地盤改良工事の隆起管理方法 について

国土技術政策総合研究所
空港施設研究室長
坪川 将丈

自己紹介

- 1999年運輸省入省. 以降, 空港舗装の研究に20年以上従事.
- 空港舗装の調査, 設計, 施工等に関する研究.
- 空港土木施設設計要領(舗装設計編)の原案作成.
- 質問等は研究室WEBの代表メールアドレスへ.

本日の内容

- 空港土木施設設計要領について
- アスファルト混合物の一層最大施工厚
- 地盤改良工事中の累積隆起量管理方法の例

空港土木施設設計要領について

2018年度まで

・基準: 空港土木施設の設置基準解説

・要領:

空港舗装設計要領

空港舗装補修要領

空港土木施設構造設計要領

空港土木施設耐震設計要領

2019年度から

・基準: 陸上空港の施設の設置基準と解説

・要領: 空港土木施設設計要領

(施設設計編)(舗装設計編)

(構造設計編)(耐震設計編)

⇒ 航空局WEBにて掲載

⇒ 航空局 技術情報 で検索

⇒ 各種マニュアルも掲載

The screenshot shows the website interface for the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (国土交通省). The main navigation bar includes links for Home, Information about the Ministry, News/Press, Policy/Laws/Budget, and White Papers/Open Data. The current page is titled '航空' (Aviation) and is part of the '技術情報' (Technical Information) section. It features a breadcrumb trail: Home > Policy/Work > Aviation > Technical Information.

The content is organized into three main sections:

- [1] 空港土木施設に関する技術基準** (Technical Standards for Airport Civil Engineering Facilities)
 - 空港土木施設基準体系の見直し/空港土木施設設計要領の制定 (概要)
 - 平成31年4月制定

年度(制定)	本編	新旧対照表	正誤表	備考
平成31年4月	陸上空港の施設の設置基準と解説	-	-	
平成31年4月	空港土木施設設計要領 (施設設計編)	-	正誤表	
平成31年4月	空港土木施設設計要領 (舗装設計編)	新旧対照表	-	補足資料 (R2.4適用)
平成31年4月	空港土木施設設計要領 (構造設計編)	-	正誤表	
平成31年4月	空港土木施設設計要領 (耐震設計編)	新旧対照表	-	

 - 令和3年4月一部改訂

年度(一部改訂)	本編	新旧対照表	正誤表	備考
令和3年4月	陸上空港の施設の設置基準と解説	新旧対照表	-	最新
令和3年4月	空港土木施設設計要領 (施設設計編)	新旧対照表	-	
令和3年4月	空港土木施設設計要領 (舗装設計編)	新旧対照表	-	
令和3年4月	空港土木施設設計要領 (構造設計編)	新旧対照表	-	

 - 令和4年4月一部改訂

年度(一部改訂)	本編	新旧対照表	正誤表	備考
令和4年4月	空港土木施設設計要領 (施設設計編)	新旧対照表	-	最新
令和4年4月	空港土木施設設計要領 (舗装設計編)	新旧対照表	-	最新
令和4年4月	空港土木施設設計要領 (構造設計編)	新旧対照表	-	最新
令和4年4月	空港土木施設設計要領 (耐震設計編)	新旧対照表	-	最新
- [2] 空港内工事に関する指針**
 - 制限区域内工事実施指針 (令和2年4月)
 - 除雪作業実施指針 (平成26年3月)
- [3] 空港内の施設の維持管理に関する指針等**
 - 空港内の施設の維持管理・更新のあり方 とりまとめ
 - 空港内の施設の維持管理指針

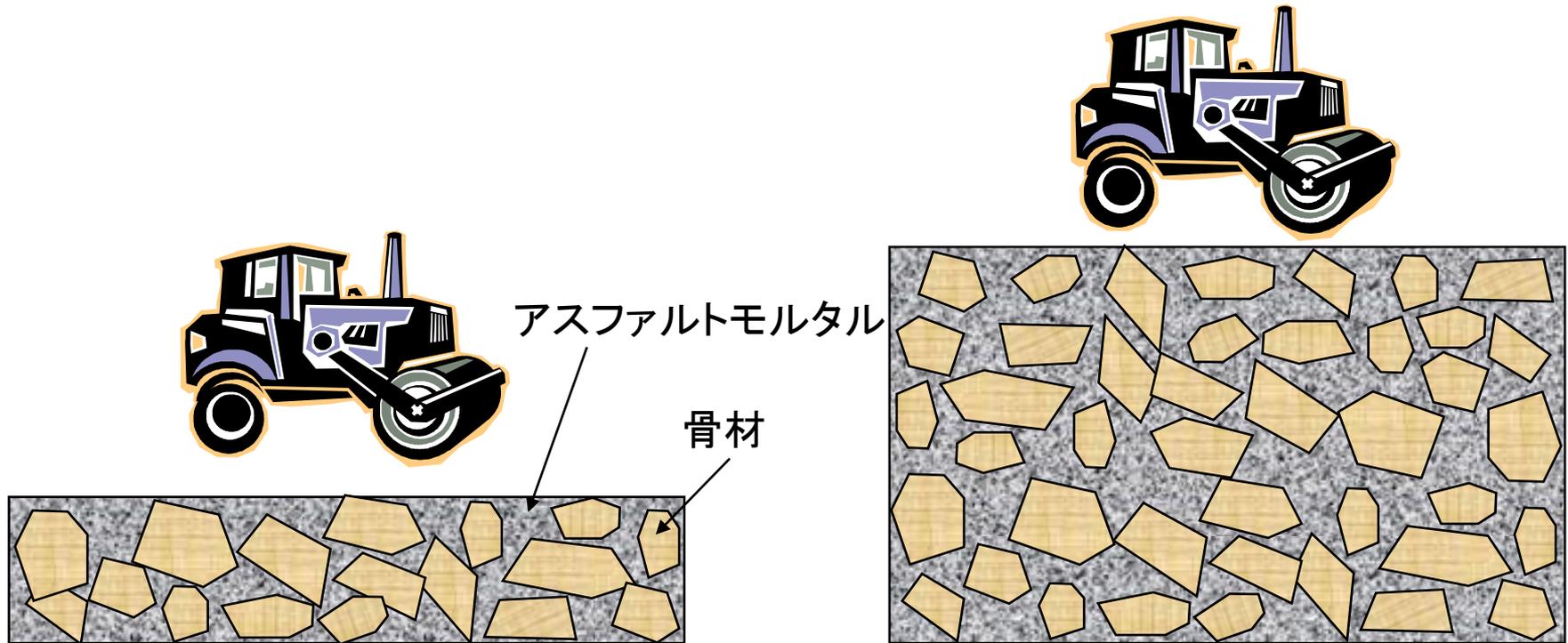
空港土木施設設計要領について

空港施設研究室WEBに舗装設計編の改正履歴を掲載(2022/8).

空港土木施設設計要領（舗装設計編）の改正履歴

改正年月	主な改正点
2022年（令和4年）4月	半たわみ性舗装の留意点を追加 RCプレキャスト舗装の構造設計を追加
2021年（令和3年）4月	アスファルト舗装のタックコートとして、速分解型アスファルト乳剤PKM-T-0を標準 アスファルト舗装の施工目地対策として、成形目地材を追加 アスファルト舗装の解体調査項目について、針入度・軟化点試験からDSR試験に変更 アスファルト舗装の評価について、修正ロットマン試験の目安値を追加 コンクリート舗装の補修方法として、樹脂充填を追加
2019年（平成31年）4月	空港舗装設計要領と空港舗装補修要領を統合し、空港土木施設設計要領（舗装設計編）を制定 アスファルト舗装のグルーピング養生期間について、改質アスファルト使用の場合は1か月から7日に変更 アスファルト舗装の解体調査項目について、修正ロットマン試験を追加 アスファルト混合物の施工最小厚について、基層の場合は骨材最大粒径の1.5倍から2.0倍に変更 コンクリート版の縦横比の目安を追加
2018年（平成30年）4月	路面性情調査の測定機器として、MMSを追加
2017年（平成29年）4月	舗装種別に関する一般的な考え方を記載 既設舗装の破損状況から、アスファルト舗装の基層の破損が懸念される場合は改質アスファルトを標準 アスファルト舗装のわだち掘れ量算出方法を変更 アスファルト舗装の平坦性評価指標をBB1に変更 アスファルト舗装の路面性情評価指標のPRIを廃止 FWD調査の載荷荷重の選択の目安を変更 施工が困難となるアスファルト舗装設計に関する留意点を追加
2016年（平成28年）4月	コンクリート舗装の新設版と既設版の境界における目地配置の留意点を追加
2015年（平成27年）4月	試験値の棄却判定方法の変更 路面性情調査等の実施頻度に関する記載を変更
2014年（平成26年）4月	設計航空機荷重区分LA-1にB787型機を追加
2013年（平成25年）4月	既設舗装の破損状況から、アスファルト舗装の表層の破損が懸念される場合は改質アスファルトを標準 基層で交通開放する場合の留意点を追加 基層に再生アスファルト混合物を使用する場合の試験条件を、基層での交通開放の有無に応じて変更
2012年（平成24年）4月	FWD調査方法の詳細を追加
2011年（平成23年）4月	空港舗装補修要領を制定 アスファルト舗装のわだち掘れ量測定位置を変更 FWDによるアスファルト舗装の構造評価方法を変更 アスファルト舗装の層間剥離の検出法として熱赤外線調査を追加 アスファルト舗装のタックコートとして、夜間施工においてはPKM-Tを原則 アスファルト混合物の施工最小厚について、表層の場合は骨材最大粒径の2.0倍から2.5倍に変更 基層に再生アスファルト混合物を使用する場合の試験方法を追加 アスファルト舗装のグルーピング養生期間について、改質アスファルト使用の場合は2か月から1か月に変更 コンクリート舗装の補修方法として、コンクリート薄層付着オーバーレイ工法を追加
2008年（平成20年）7月	空港舗装設計要領を制定 理論的設計法を導入

アスファルト混合物の一層最大施工厚



施工厚が薄くても
締固めにくい
(骨材最大粒径と施工厚の関係)

施工厚が厚くても
締固めにくい
(締固めエネルギーの関係)

【参考情報－締固め度】

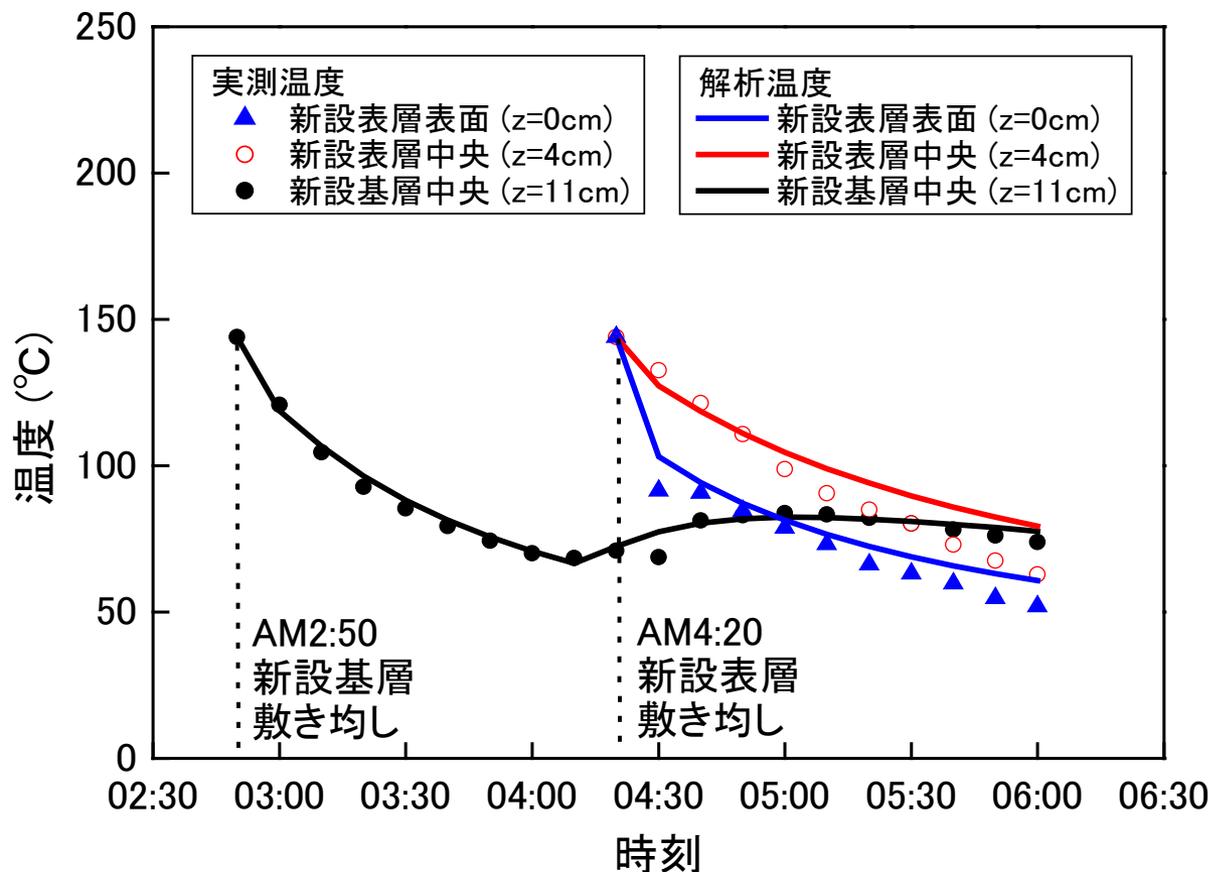
- 転圧しても締固め度が高くない(空隙が多い)と、雨水等がアスコン内に侵入しやすくなり、早期に劣化する。
- 左の写真は、熱いうちに締固められず、表面が粗くなったと考えられる事例。
- 右の写真は、熱いうちに締固められず、一次転圧(鉄輪ローラ)によりアスコン表面が削れ、舗装表面に白いスジがついたと考えられる事例。



転圧がよくない事例

【参考情報－舗設後の温度】

- 舗設後に温度が冷めるまで待ってから供用開始する必要がある。
- 以下は、同日二層施工の実測温度と、プログラムによる解析温度の比較。
- 舗装表面が冷めても、**内部**はまだ熱いまま。



坪川ら: 空港アスファルト舗装の夜間施工時の降温時間に関する解析的検討, 国土技術政策総合研究所資料, No.653, 2011.

【課題】

- 表層・基層のアスファルト混合物の一層最大施工厚は8cmとしている。
- 一層最大施工厚をさらに厚くした場合の長所
 - 二層施工が必要なところが一層で施工可能となる場合がある。
 - 混合物層間が少なくなり、層間剥離のリスクが低減する可能性がある。
- 一層最大施工厚をさらに厚くした場合の短所
 - 締固め度が低くなるおそれ。
 - 平坦性が確保しにくくなるおそれ。
 - 舗設後の舗装が冷めにくく、交通開放に時間を要するおそれ。

【経緯】

- 試験施工結果を踏まえ、2015年に国総研が10cmへの改正を提案。
- 議論の結果「実際の空港舗装工事の環境にて試行工事を実施し、その結果を確認した後に改正」との方針が決定。
- 2016年以降、試行工事が行われている。

空港	概要(バインダは全て改質Ⅱ型)
A空港	8cmとの比較施工 密粒8cm・密粒10cm・密粒12cm
B空港	2層施工 粗粒9cm＋密粒8cm
B空港	2層施工 粗粒9cm＋密粒8cm
C空港	8cmとの比較施工 密粒8cm・密粒10cm・密粒中温化10cm

【試行工事結果】

- 平坦性及び締固め度 問題なし.
- 舗設後の冷めにくさ やや冷めにくい・差は顕著ではない.
- その他

単位面積当たりの使用合材量が増加するため、施工速度が低下する。
ローラマーク対策でタンデムローラによる仕上げ転圧が望ましい。



【その他, 寄せられている意見】

- 試験施工用のヤード確保が困難であり, 早期に改正してほしい.
- 道路舗装の薄い舗設が多い中小の舗装会社だと対応が難しいかもしれない.

【対応案】

- 現行の一層最大施工厚8cmは「標準」とし, 施工の留意事項を記載した上で, 10cmとすることが可能であると記載する予定.
- 試行工事事例の公表資料を参考文献として示す予定.

地盤改良工事中の累積隆起量管理方法の例

「直径」
の誤り⇒

社会 | 2017年7月13日 10:27

日テレNEWSより引用

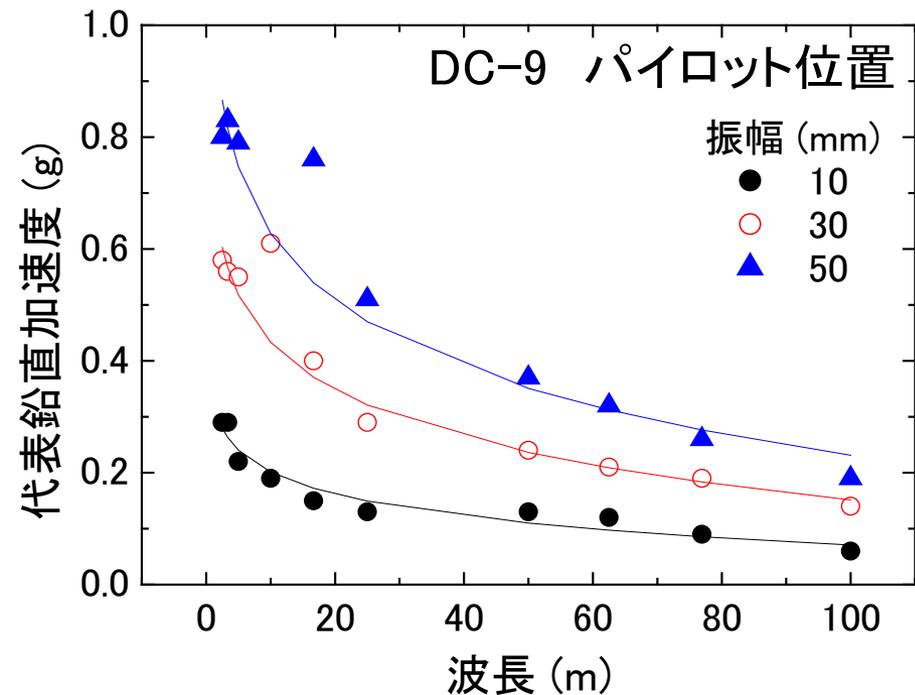
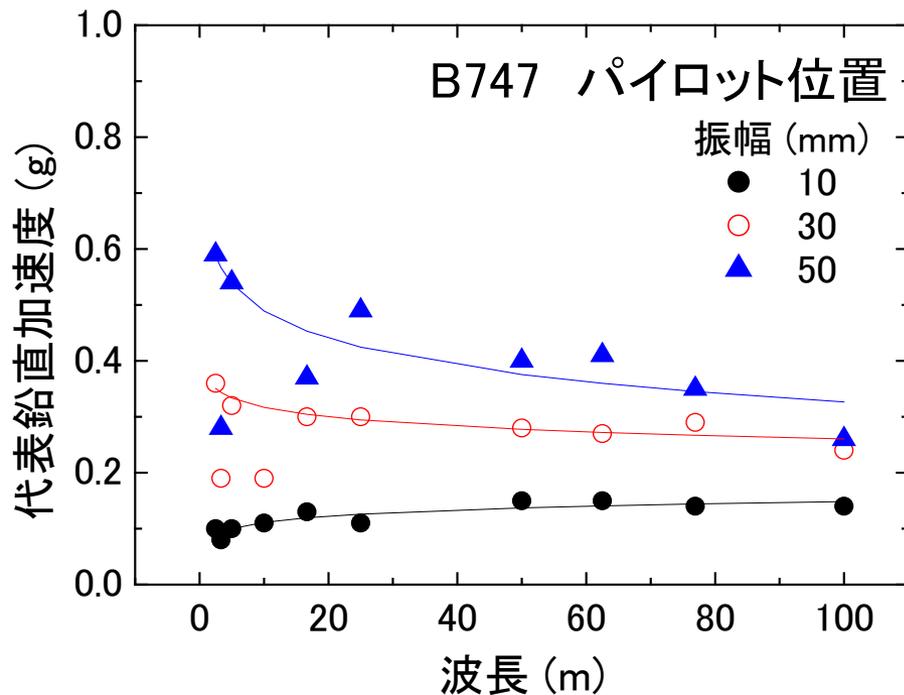
半径約4m隆起 大分空港の滑走路が閉鎖に



- 2017年7月13日未明に大分空港滑走路の中心線から約4mの位置で隆起が発生.
- 直径4m程度の範囲が約60mm隆起.
- 路面切削機, バックホウにより隆起箇所を切削除去(仮復旧→再開), 舗装打替え(本復旧).
- 午前7:00から午後12:45までの間, 滑走路が閉鎖. 26便が欠航.

【参考情報】

- 図は、凹凸路面(連続サイン波形)を離陸走行する航空機の鉛直加速度をプログラムで解析した結果.
- 凹凸路面(連続サイン波形)の波長が長くなると、鉛直加速度は小さくなる.
- 「凹凸高さ」は重要であるが「凹凸長さ」が重要.

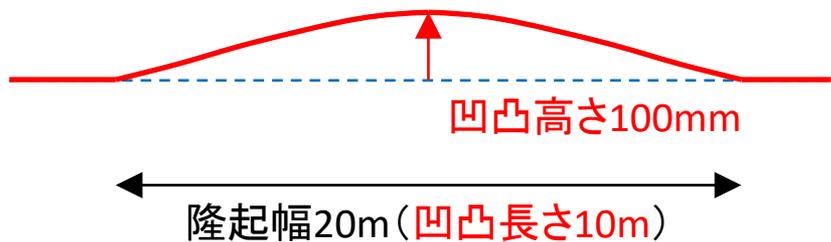


坪川ら: 航空機の応答を考慮した空港舗装の平坦性評価に関する研究, 土木学会舗装工学論文集第9巻, 2004.

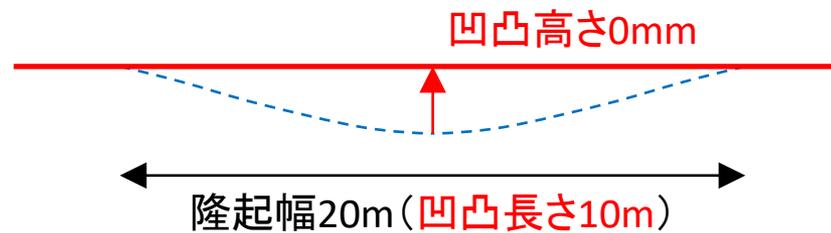
【課題】

- 滑走路の地盤改良工事における累積隆起量限界値の設定は「地盤改良工法のマニュアルに記載の値」「一回で修繕可能な舗設厚」等が多いが、走行する航空機への影響が考慮されていない。
- 「施工前からの累積隆起量」だけでは、走行する航空機への影響を考慮できない。

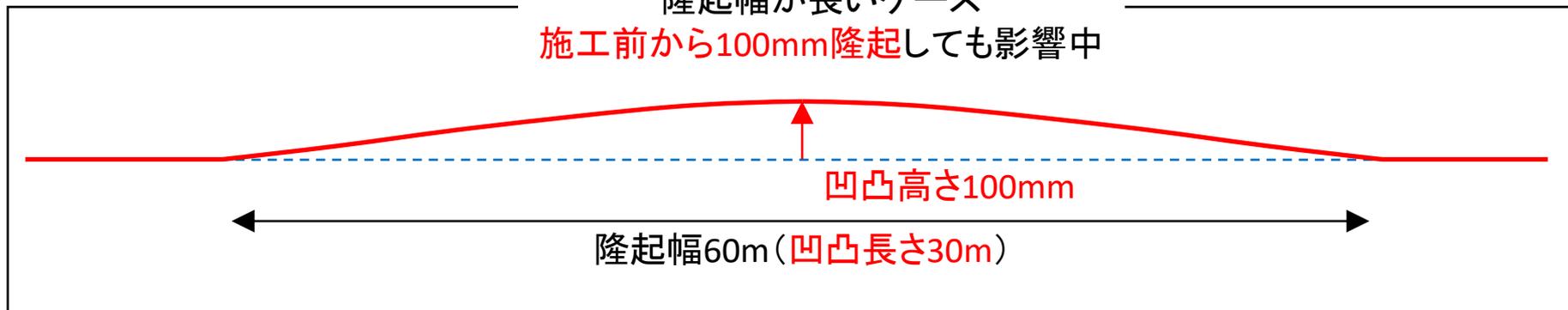
施工前の路面が平坦なケース
施工前から100mm隆起すると影響大



施工前の路面が凹んでいるケース
施工前から100mm隆起しても影響無

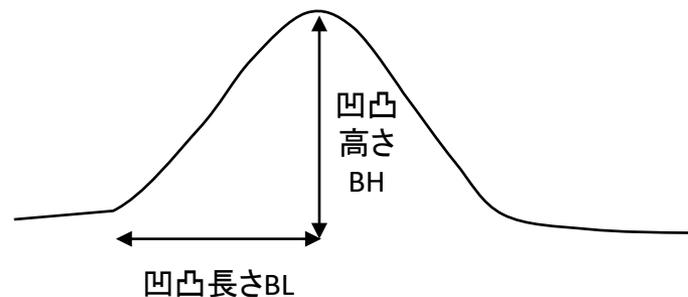
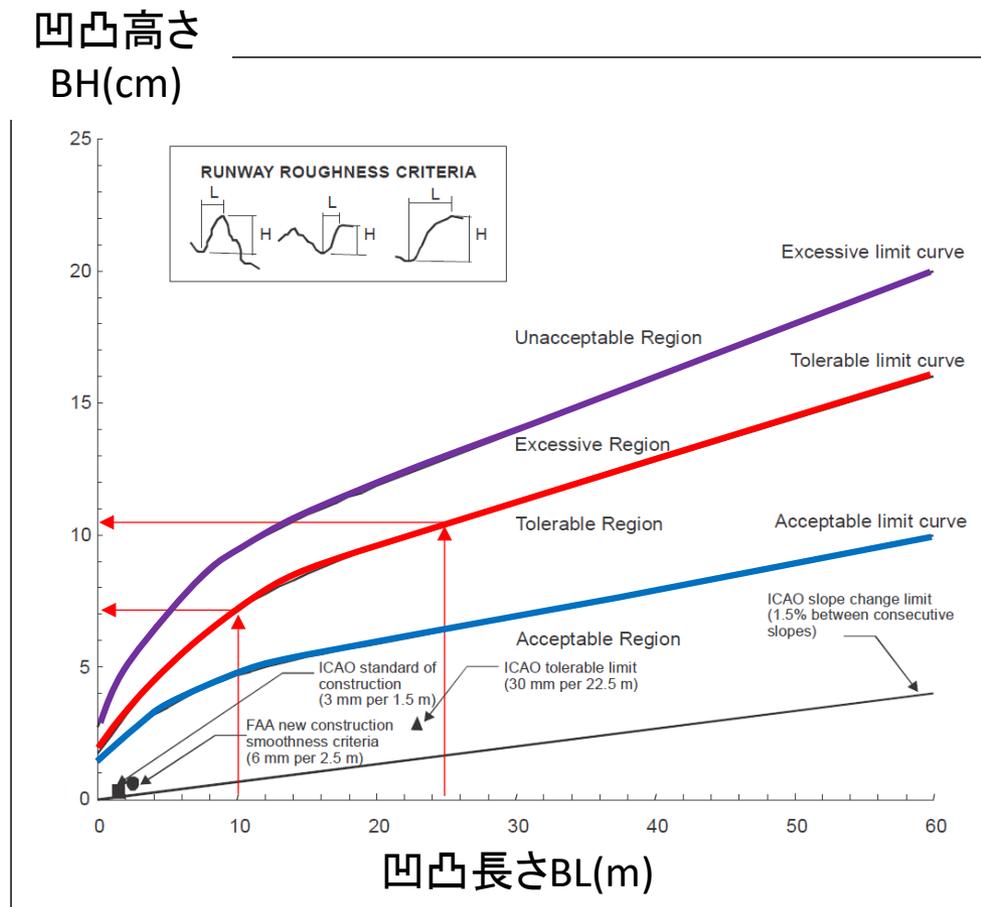


隆起幅が長いケース
施工前から100mm隆起しても影響中



【対応案】

- **滑走路**についてはICAO Annex 14の滑走路ラフネス(凹凸)判定基準を使用し、「凹凸長さ」と「凹凸高さ」により管理する方法の例を耐震設計編に追加する。
- 一次閾値としてAcceptable Limit Curve, **限界値**としてTolerable Limit Curveを用いる。
- 同じ凹凸高さでも, 凹凸長さが長いほど航空機への影響は小さい。
⇒滑走路縦断方向の工事幅15mよりは30mの方が楽に施工できる。



【対応案】

- 過去実績等から隆起幅を仮定する(上図)。
- 凹凸高さが一次閾値に到達する状態を想定し(下図), 工事前から何mm隆起したら一次閾値に到達するのかを算定し工事に着手する。
- 一次閾値に到達したら(おそらく想定した凹凸形状とは異なるので), その時点の凹凸形状を正確に把握し, あと何mm隆起したら限界値に到達するのかを確認し工事を再開する。
- もちろん, 凹凸形状を最初から逐次測定し工事を進めてもよい。

