

地震後の空港舗装の 点検・応急復旧マニュアルについて

国土交通省国土技術政策総合研究所
空港研究部 空港施設研究室長
坪川 将丈

内容

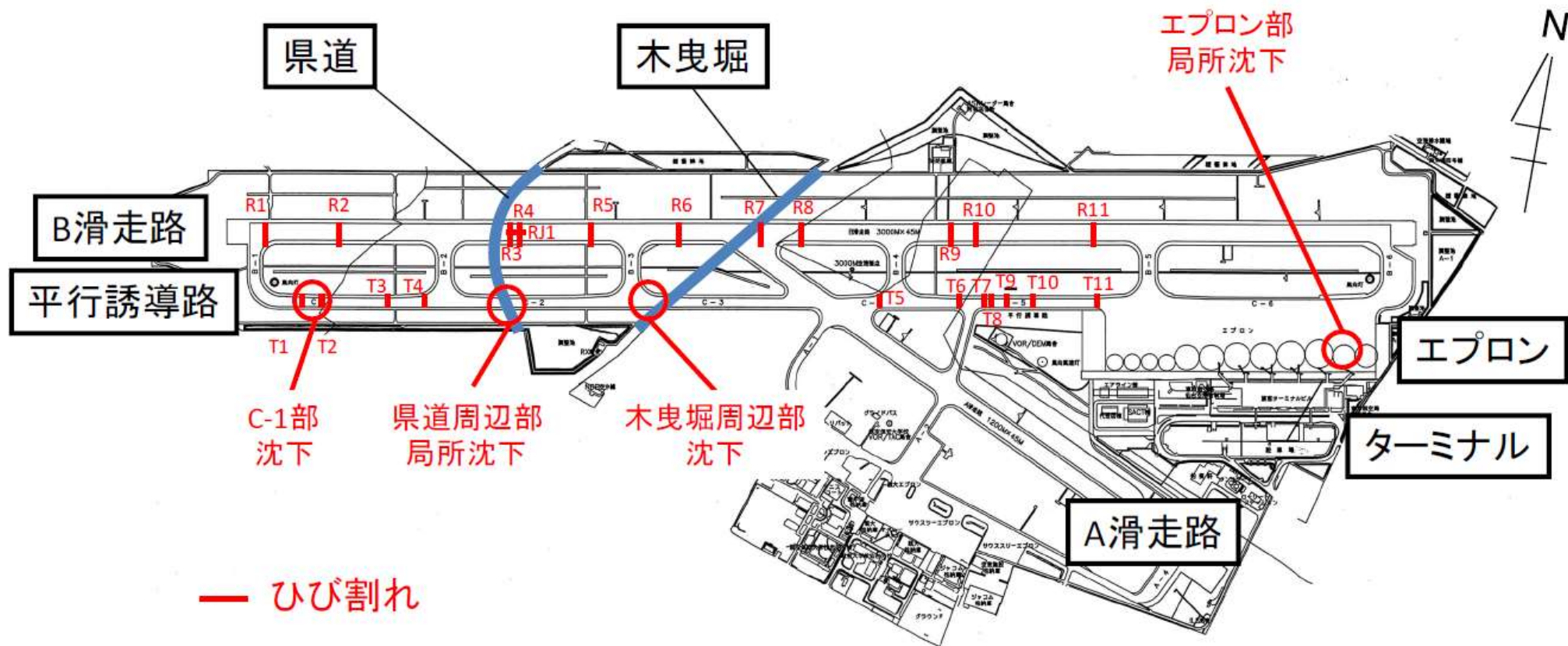
- 地震による空港舗装の被災事例
- 国土交通省航空局「地震後の空港舗装の点検・応急復旧マニュアル（案）」
 - 1. 重要なポイント
 - 2. 目視点検
 - 3. 詳細点検
 - 4. アスファルト舗装の応急復旧
 - 5. コンクリート舗装の応急復旧
- (参考)地盤改良工事の隆起量管理

地震による空港舗装の被災事例

2000年以降の地震による空港舗装等の被害

地震名	空港名	空港舗装等の被害内容	運航状況
平成12年 (2000年) 鳥取県西部地震	米子空港 震度6弱	滑走路・誘導路に多数のひび割れ 過走帯・着陸帯で液状化発生	ひび割れを補修し 5日後国内線再開
平成13年 (2001年) 芸予地震	松山空港 震度5強	着陸帯で液状化発生 (空港舗装は被害なし)	支障なし
平成19年 (2007年) 能登地震	能登空港 震度6強	滑走路・誘導路に多数のひび割れ	ひび割れを補修し 翌日国内線再開
平成23年 (2011年) 東北地方 太平洋沖地震	仙台空港 震度6弱	滑走路・誘導路・エプロンに 多数のひび割れ 誘導路・エプロンの液状化による沈下	4日後に救難活動用ヘリ再開 5日後に緊急物資輸送固定翼機再開 33日後に国内線再開
平成28年 (2016年) 熊本地震	熊本空港 震度6弱	滑走路・エプロンに軽微なひび割れ	4/14前震後: 平常運航 4/16本震後: 3日後に国内線再開 (ターミナル被害に起因)

仙台空港(平成23年東北地方太平洋沖地震)



滑走路
誘導路

エプロン

12本のひび割れ(局所沈下なし)

11本のひび割れ

県道-平行誘導路交差部の局所沈下

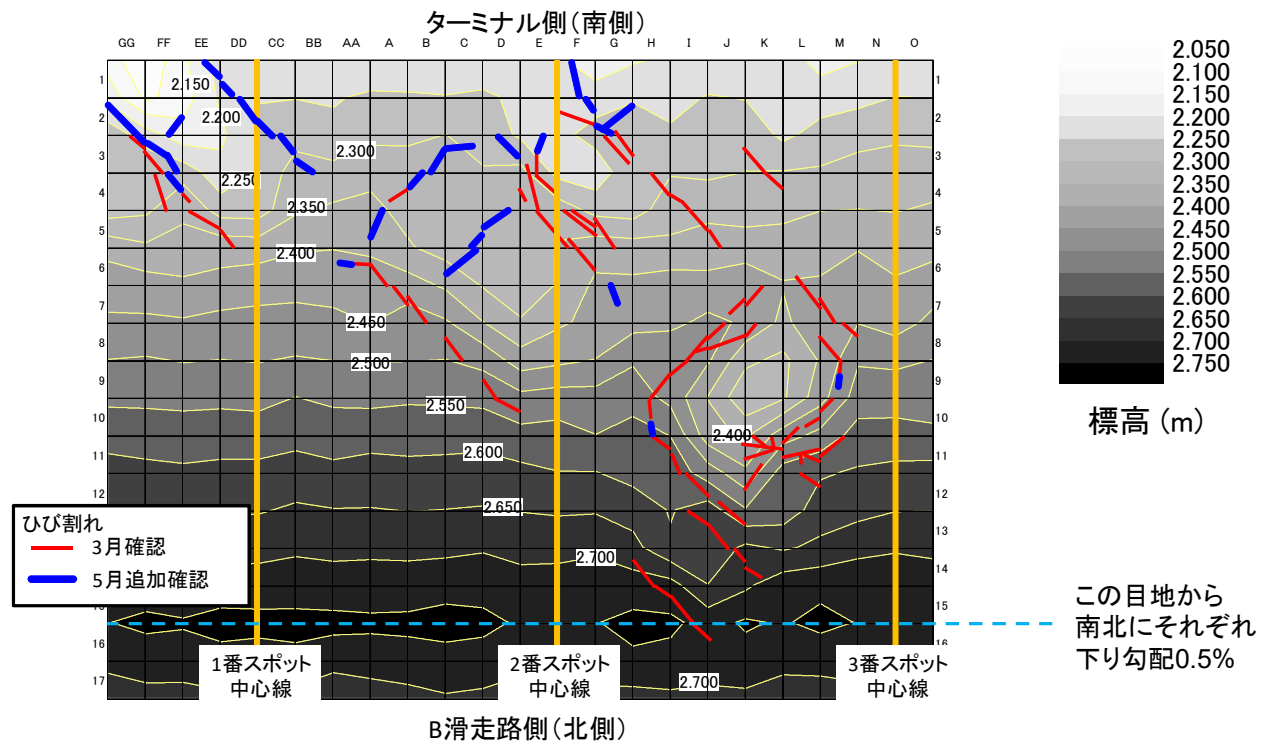
1番～3番スポットの局所沈下とひび割れ

仙台空港(平成23年東北地方太平洋沖地震)

ショルダー



誘導路本体



仙台空港（平成23年東北地方太平洋沖地震）

日付	地震発生からの 経過日数	事象・対応
3/11	0	14:46 地震発生 14:47 仙台空港事務所が緊急点検開始 14:49 津波警報発令（大津波：6 m） 15:14 津波警報切替（大津波：10 m 以上） 15:59 仙台空港に津波到達
3/12	1	20:20 津波警報（大津波）から津波警報（津波）へ
3/13	2	07:30 津波警報（津波）から津波注意報へ 17:58 津波注意報解除 被害状況の確認開始
3/14	3	土砂・瓦礫撤去作業開始
3/15	4	B 滑走路（東側 600m）を暫定供用開始（救難活動用ヘリコプター限定）
3/16	5	B 滑走路（東側 1,500m）を暫定供用開始（緊急物資輸送機限定）
3/20	10	河川局による排水作業開始（一部は 13 日から着手済）
3/29	18	B 滑走路（3,000m）の暫定供用開始（緊急物資輸送機限定）
4/13	33	仙台空港暫定供用開始，国内線臨時便就航
7/25	136	国内線定期便就航，国際線臨時便就航
9/25	198	国際線定期便就航

熊本空港(平成28年熊本地震)

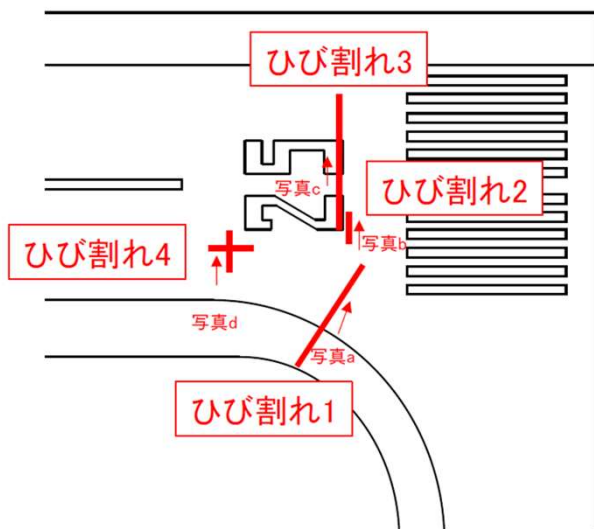
KiK-net益城(KMMH16)
2016/4/14 21:26(前震): 1580gal
2016/4/16 1:25(本震): 1362gal

K-NET熊本(KMM006)
2016/4/14 21:26(前震): 604gal
2016/4/16 1:25(本震): 843gal



熊本空港(平成28年熊本地震)

	時間帯	定期便 臨時便	救援機 その他	備考
4/14木	7:30-21:30	76	26	【21:26前震】
	21:30-翌7:30	0	38	
4/15金	7:30-21:30	82	80	平常運航
	21:30-翌7:30	1	37	【25:25本震】
4/16土	7:30-21:30	0	198	ターミナル 被害による 定期便運休
	21:30-翌7:30	0	7	
4/17日	7:30-翌7:30	1	124	
4/18月	7:30-翌7:30	0	123	
4/19火	7:30-翌7:30	35	149	
4/20水	7:30-翌7:30	51	134	



地震後の空港舗装の点検・応急復旧マニュアル

背景

- 地震後の空港舗装の点検・復旧を速やかに実施し、迅速に供用再開する必要がある。
- 空港管理者の多くは、地震時の舗装被害に不慣れなため、臨機応変な点検・復旧方法の判断ができないおそれがある(特に応急復旧)。

点検・応急復旧マニュアルの検討

- 国総研が原案を作成し、令和3年4月に航空局「空港舗装等維持管理マニュアル(案)」に掲載。航空局のサイトで公開(航空局 技術情報で検索)。
 - 地震直後にも空港管理者が読みやすいよう、簡素にまとめた。
 - 1. 重要なポイント(1頁)
 - 2. 目視点検(3頁)
 - 3. 詳細点検(7頁)
 - 4. 応急復旧(4頁)
- 全部で15頁(うち文章は6頁程度)

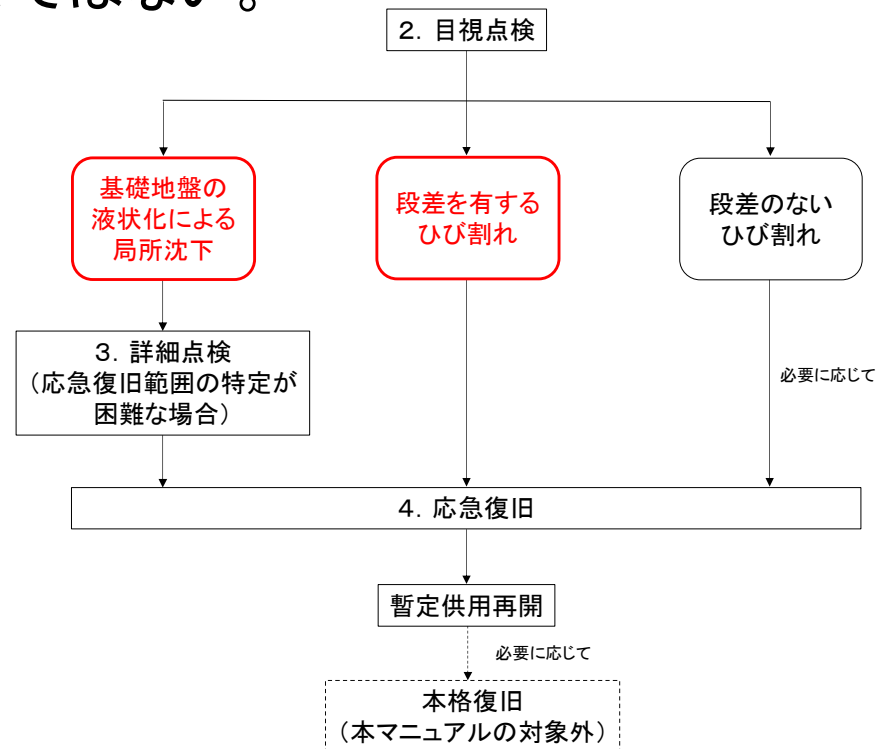
1. 重要なポイント

点検

- 空港舗装のひび割れは、2cm以上の段差がなければ運航の支障にはならない。
- 運航の支障となりうる【基礎地盤の液状化による局所沈下】【段差を有するひび割れ】を早期に発見することが重要である。

応急復旧

- 空港舗装の応急復旧工事は、早期の暫定供用再開が目的である。地震後には材料調達が困難となることから、通常時の空港舗装仕様にこだわるべきではない。



2. 目視点検

- 【局所沈下】【段差を有するひび割れ】が起こりやすい場所を記載。
- 点検のポイントをマニュアルに記載。
 - できるだけ長いポールを持参←【局所沈下】の把握用
 - 噴砂痕は空港舗装周囲の芝地に発生しやすい。
 - 【局所沈下】は路面標識の乱れが参考になる。
 - 【局所沈下】が点在・広範囲に及ぶ場合はFWDによる詳細点検を推奨。沈下範囲が特定できる(ボックスカルバート周囲等)ならただちに応急復旧へ。
 - 【段差を有するひび割れ】はただちに応急復旧へ。



局所沈下の把握

(写真は北海道胆振東部地震の港湾調査)



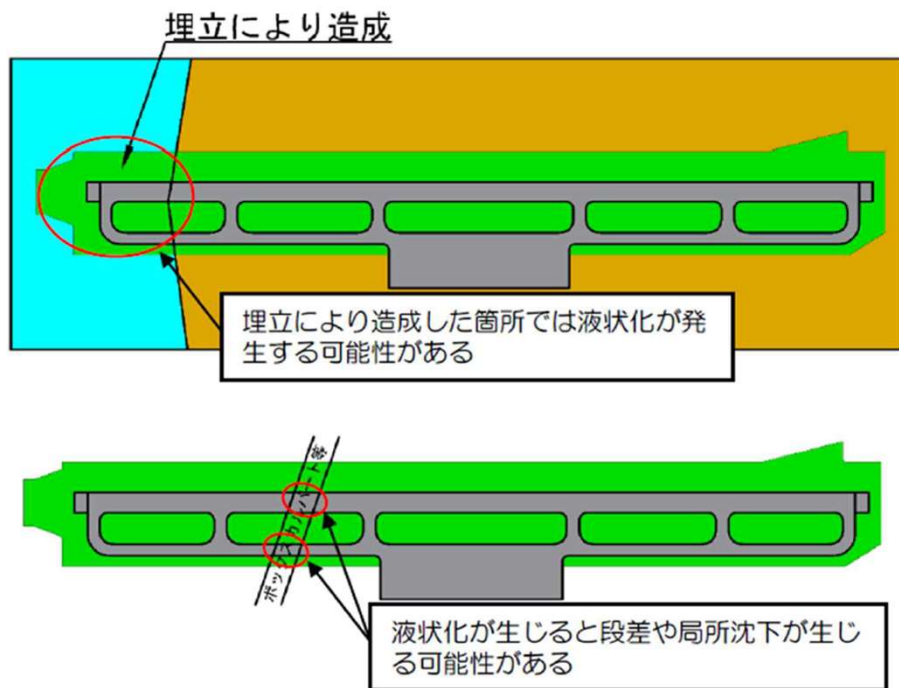
噴砂痕



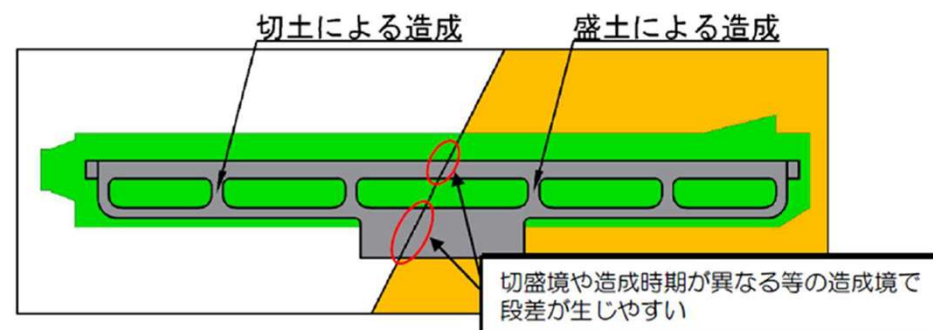
路面標識の乱れ

(仙台空港)

2. 目視点検



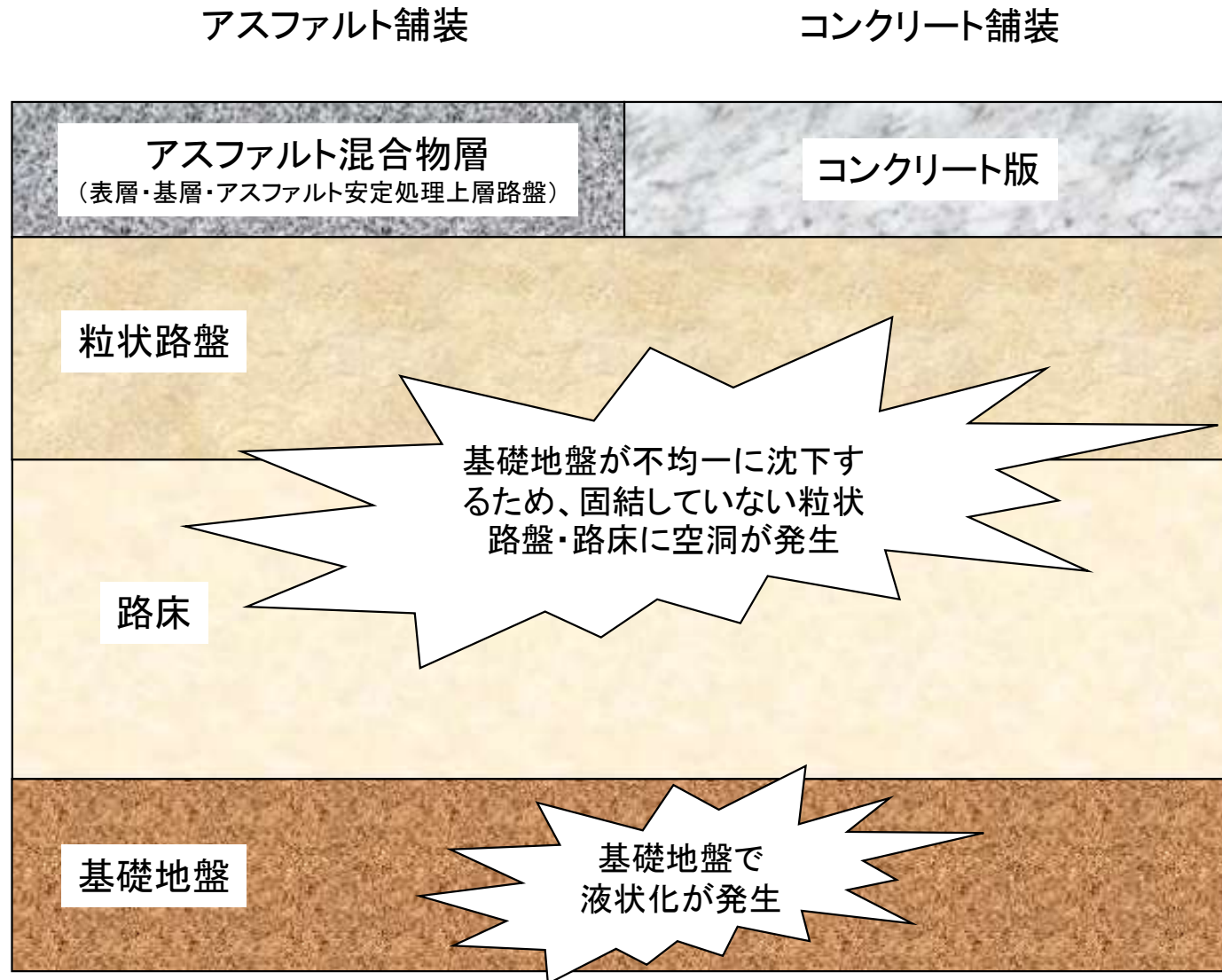
【基礎地盤の液状化による局所沈下】
が懸念される箇所



【段差を有するひび割れ】
が懸念される箇所

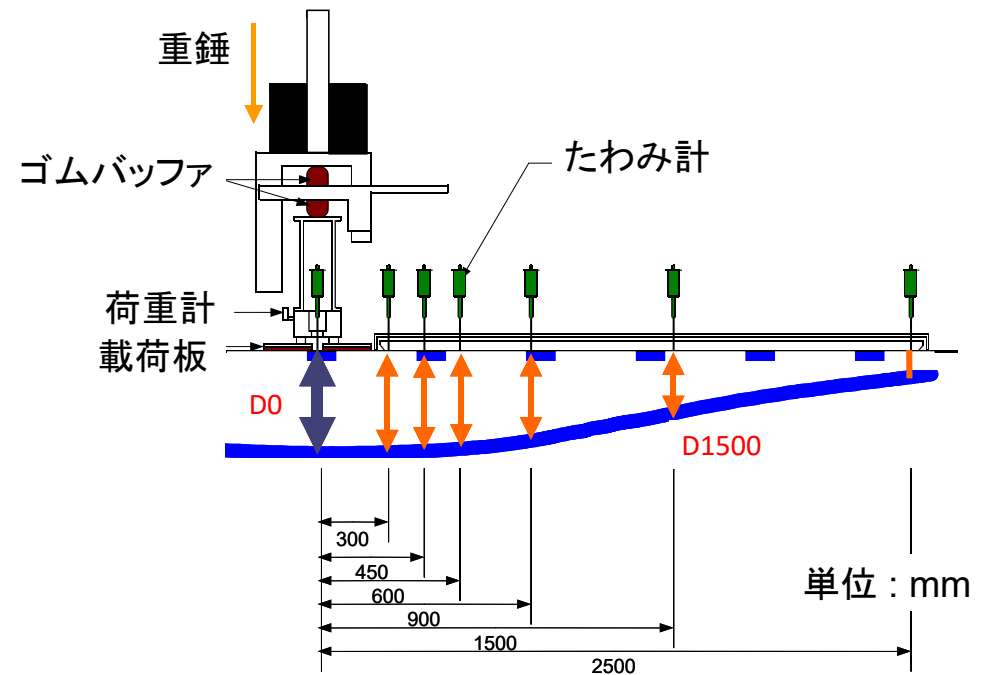
3. 詳細点検

- 【基礎地盤の液状化による局所沈下】の箇所は、空洞が発生し、支持力が低下している可能性がある。



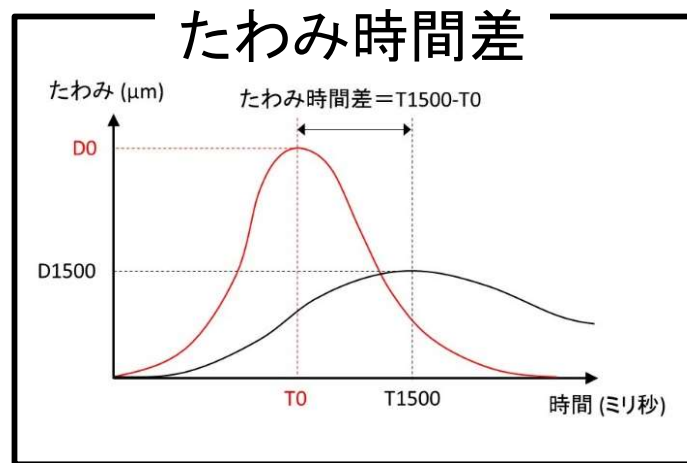
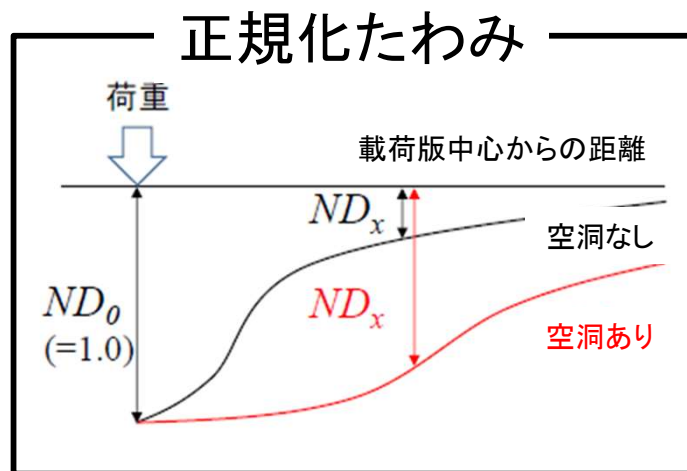
3. 詳細点検

- FWDによる支持力評価方法・空洞検出法を記載。
 - FWDとは？主な所有者は？
 - FWDの一般的な仕様を掲載(ただし、どれでもよいことを記載)。
 - 調査位置、調査方法。計測に要する時間(1-2分)。
 - たわみの大小以外の評価指標として、空洞検出の簡単な評価指標を紹介。

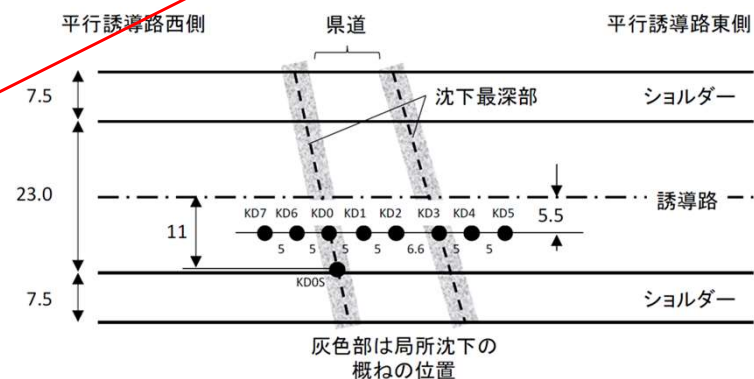
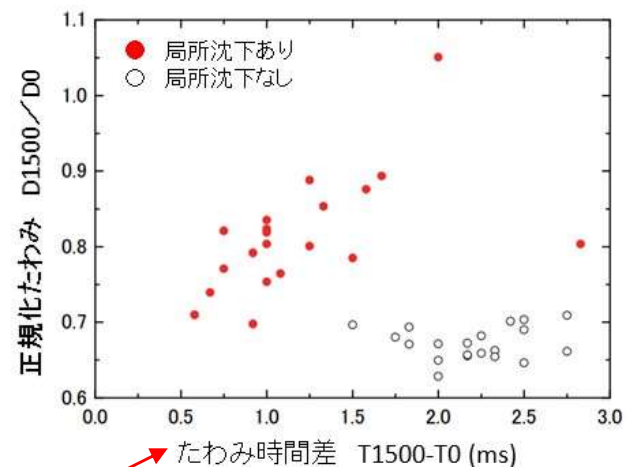


3. 詳細点検

- FWDデータの分析により考案した、舗装下の空洞を検出可能な簡便な指標を記載。
⇒空洞に起因する支持力低下範囲＝復旧必要範囲を特定
- 閾値設定は困難であり、周囲との相対比較による評価となるため、舗装面の変形箇所過去に実施した測定事例を参考として記載。



図の左上ほど空洞の可能性が高い



仙台空港における測定事例

4. 応急復旧

- 通常時の空港舗装仕様に拘らず、臨機応変に対応。
- 点検の結果、以下を早期に決定。
 - 応急復旧に時間を要する箇所は当面閉鎖。
 - 短期間で応急復旧可能な箇所は滑走路→誘導路→エプロンの動線を意識して優先順位を決定。
- 路面切削機の調達に時間を要する場合があるため(県内にない等)、先行して調達。



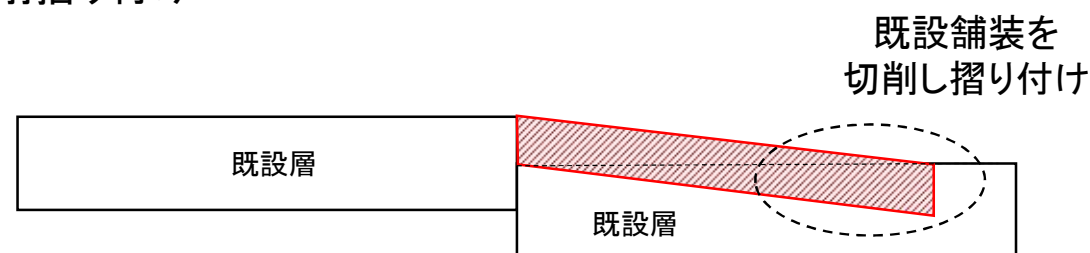
4. 応急復旧(アスファルト舗装)

- 【局所沈下】 → 打ち換え
- 【段差を有するひび割れ】 → 切削摺り付け
 - ゼロ摺り付けなら少しはつる
 - 舗設厚確保できないなら粒径大をふるいで除外
- 【段差のないひび割れ】 → 切り口を押すと安定していない(欠けるなど)
 - 注入で落ち着かせる。
 - 施工目地が地震で開いた
 - 放置でよい(時間がある時に止水目的で注入)

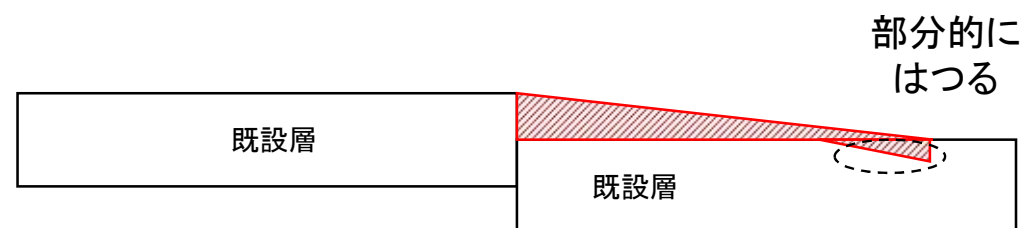


摺り付け事例(2007年能登空港滑走路)

切削摺り付け



ゼロ摺り付けとせざるを得ない場合



4. 応急復旧(アスファルト舗装)

表-4. 1 舗装用アスファルト混合物による応急復旧の対応例

項目	通常時	応急復旧時
バインダ	ストレートアスファルト 又は 改質Ⅱ型	ストレートアスファルト (道路舗装での使用が多いため)
骨材最大粒径	表層：13mm 又は 20mm 基層：20mm	13mm でもよい (道路舗装での使用が多いため)
層の構成	表層、基層、 アスファルト安定処理上層路盤	材料調達・施工を迅速に行うため、 基層あるいは表層混合物で統一してよい。
配合設計	実施する	省略してよい。過去に空港内で使用したアスファルト混合物の配合設計表をプラントに参考として提示するとよい。

4. 応急復旧(コンクリート舗装)

- 【局所沈下】 → Coで打ち換えがよいが、Asの方が早い。
→ 航空機が走行しない箇所は以下のような方法も可。
- 【段差を有するひび割れ】 → Asと同じ
- 【段差のないひび割れ】 → Asと同じ
- Coの場合は配合を吟味する時間がないので、水セメ比低い等により、打設後数日で微細な収縮ひび割れが入るかもしれないが、運航に影響しないので許容。

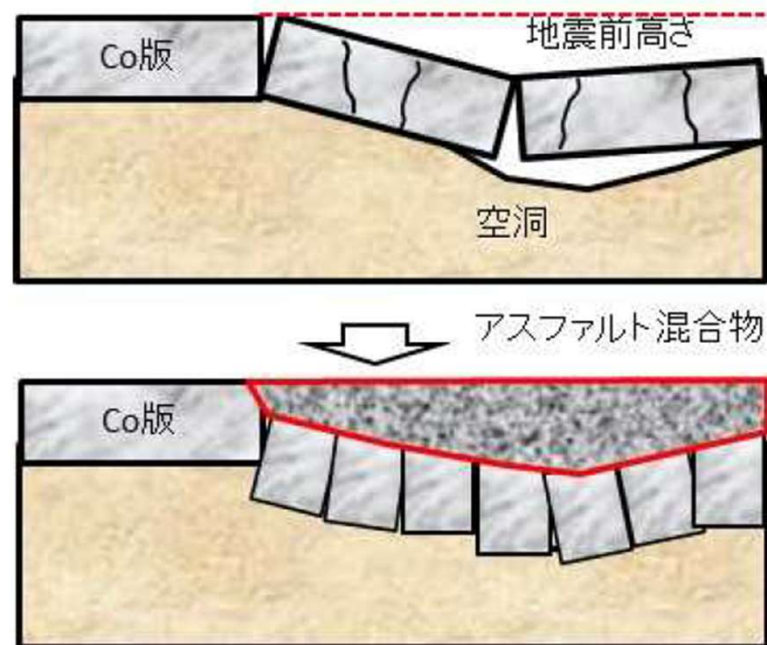


図-4. 3 ブロック状に切断する応急復旧の例 (2011年仙台空港)

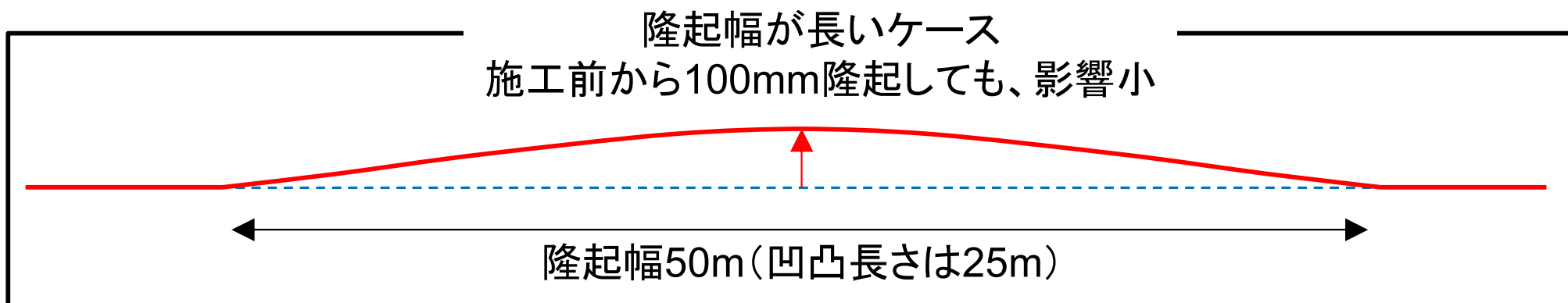
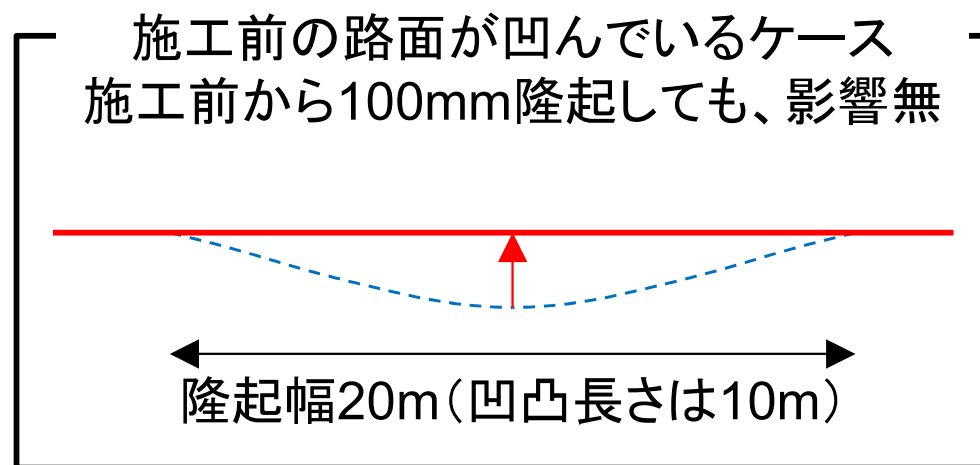
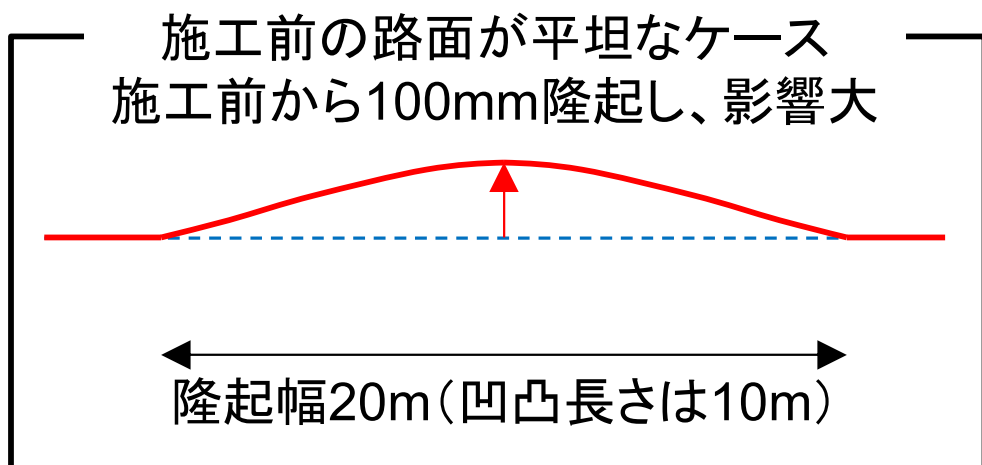
4. 応急復旧(コンクリート舗装)

表-4. 2 舗装用コンクリートによる応急復旧の対応例

項目	通常時	応急復旧時
鉄網	ひび割れ幅拡大抑制のため 表面から 1/3h の深さに敷設する	省略してよい (当面の使用には問題ないため)
ダウエルバー タイバー	コンクリート版間の荷重伝達 のため目地に設置する	省略してよい (当面の使用には問題ないため) (コンクリート版打設後のカッターによる目地切断は省略しない)
セメント	普通ポルトランドセメント	調達可能であれば 早期の開放が期待できる 早強セメントを推奨
骨材最大粒径	40mm	20mm でもよい (道路舗装での使用が多いため)
配合設計	実施する	省略してよい。過去に空港内で使用した舗装用コンクリートの配合設計表をプラントに参考として提示するとよい。
養生	被膜養生の後、散水養生	被膜養生剤の調達が困難であれば、こまめに散水養生を行うことでよい

(参考)地盤改良工事の隆起量管理

- 地盤改良工事における隆起量管理方法として、航空機走行への影響を考慮した方法を空港土木施設設計要領に反映することを検討中。
- 「施工前からの累計隆起量」ではなく「現時点の路面形状」が重要。累計隆起量がある値を超過して以降は、路面プロファイラー等で路面形状を確認し判定する等。



(参考)地盤改良工事の隆起量管理

- 同じ「凹凸高さ」でも「凹凸長さ」が長ければ、航空機への影響は小さい。
- ICAO Annex 14に掲載されている凹凸判定基準を使用する(既に空港舗装の路面性状調査における平坦性評価指標BBIで使用されている)。

Annex 14 — Aerodromes

Volume I

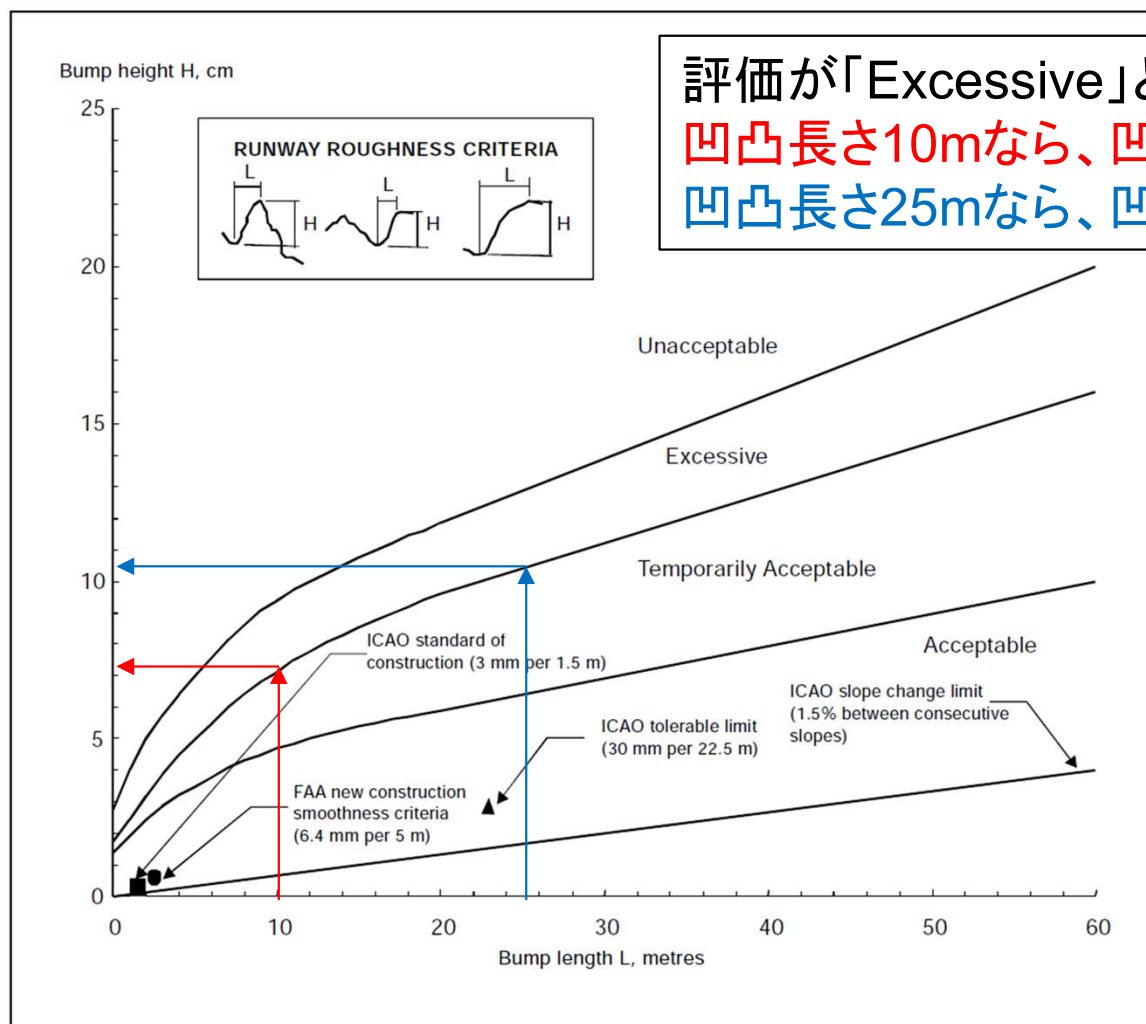


Figure A-3. Comparison of roughness criteria