

地震後の空港舗装の 点検・応急復旧マニュアル

令和３年４月
国土交通省 航空局

本マニュアルは、地震直後に空港管理者が参照しやすいよう、特に重要なポイントのみを簡略に記している。そのため、本マニュアルの内容を平時に理解し、より具体的な備えをすべきである。

1. 重要なポイント

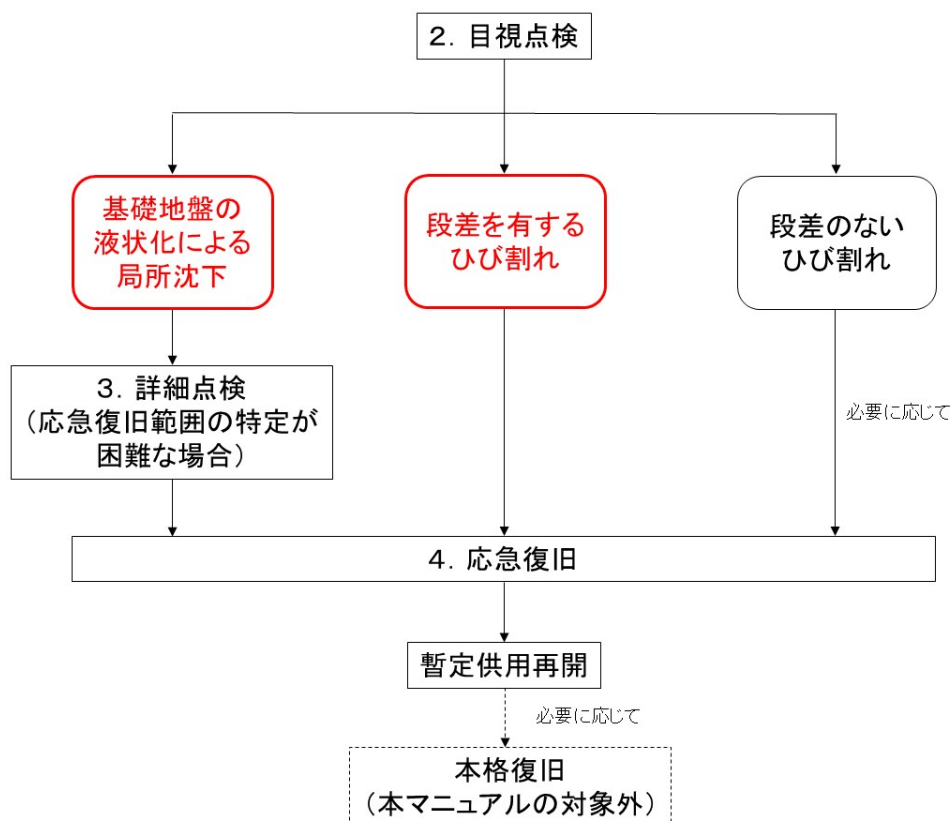
点検

- ・ 空港舗装のひび割れは、2 c m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。

本マニュアルの記載内容をフロー図として図－１．１に示す。



図－１．１ フロー図

2. 目視点検

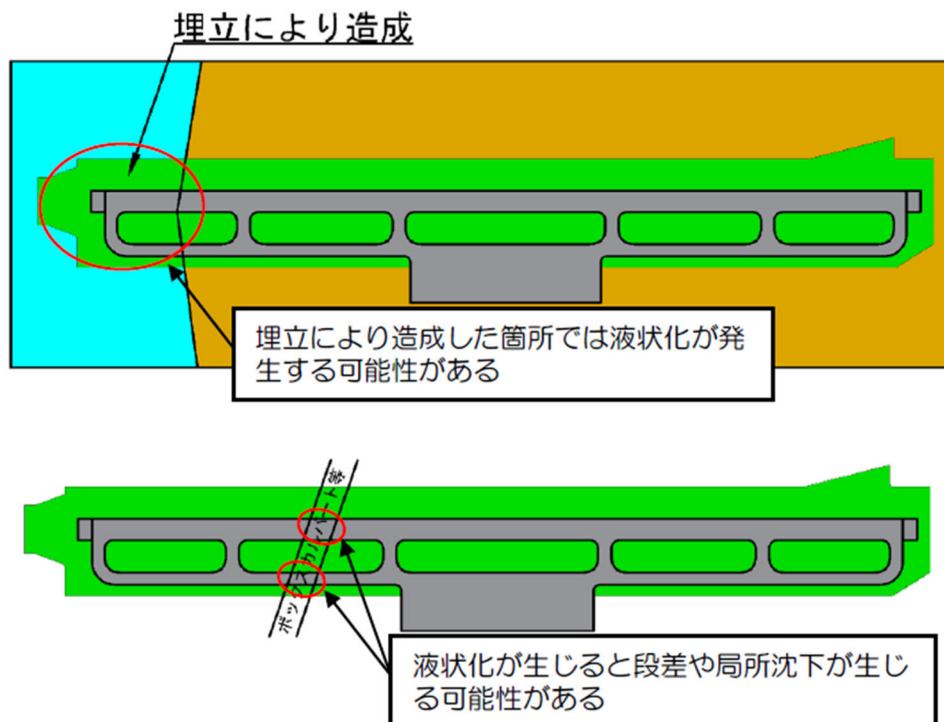
- (1) 空港舗装のひび割れは、2 cm以上の段差がなければ運航の支障にはならない。そのため、段差のないひび割れの点検・記録は簡潔に実施すべきである。
- (2) 運航の支障となりうる【基礎地盤の液状化による局所沈下】【段差を有するひび割れ】を早期に発見することが重要であり、以下の箇所で発生しやすい。

【基礎地盤の液状化による局所沈下】（図－2. 1）

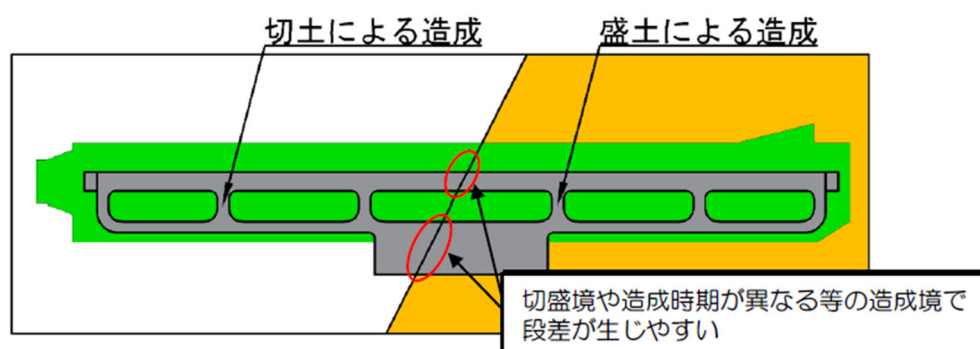
- ・ 緩い砂質地盤上に整備された施設
- ・ 埋立造成された地盤や軟弱地盤上に整備された施設
- ・ ボックスカルバート等の地下構造物近傍

【段差を有するひび割れ】（図－2. 2）

- ・ 山岳空港における切土・盛土境界や、造成時期が異なる境界
- ・ ボックスカルバート等の地下構造物近傍
- ・ アスファルト舗装とコンクリート舗装の接続部
- ・ 舗装と他構造物（排水溝やハイドラントボックス等）の接続部



図－2. 1 【基礎地盤の液状化による局所沈下】が懸念される箇所の例



図－２．２ 【段差を有するひび割れ】が懸念される箇所の例

表－２．１ 点検用具例

名称	数量	備考
舗装平面・断面図	１式	空港施設台帳の該当部分など
計測器具	１式	メジャー、コンベックスルール、ポール、スタッフ等
チョーク	１式	
ペイントスプレー	２～３本	
黒板	１式	
野帳	１式	
照明器具	１式	投光器、投光車
カラーコーン	１式	局所沈下・段差部の注意喚起用

- (3) 目視点検に用いる用具例を表－２．１に示す。なお【基礎地盤の液状化による局所沈下】の幅が広い場合は、写真－２．１のように沈下幅よりも短いポールでは沈下量の把握が難しいことから、できるだけ長いポールを持参する。
- (4) 【基礎地盤の液状化による局所沈下】の確認は、写真－２．２のような路面標識の乱れが参考となる。また、写真－２．３のような液状化による噴砂痕は、空港舗装周囲の芝地（着陸帯・誘導路帯）に発生する可能性が高く、噴砂痕近傍の空港舗装直下の基礎地盤が液状化している可能性があるため、入念に点検を行う。
- (5) 【基礎地盤の液状化による局所沈下】に関する詳細点検の必要性については沈下の状況による。例えば、沈下が生じるもしくは広範囲に及び、目視点検による応急復旧範囲の特定が困難な場合は、FWDによる詳細点検を行うのがよい。一方、ボックスカルバート周囲のみに発生した局所沈下のように、沈下が限定的で目視点検により応急復旧範囲が明確である場合は、FWDによる詳細点検を行わず、直ちに応急復旧を行う方が早い。
- (6) 【段差を有するひび割れ】については、応急復旧範囲が明確であることから、応急復旧に進む。



写真－２． １ 【基礎地盤の液状化による局所沈下】の測定例
 (左は沈下幅に対してポールが足りておらず、実際の凹み量はもっと大きい)
 (右は沈下幅に対して十分な長さのスタッフを使用している)



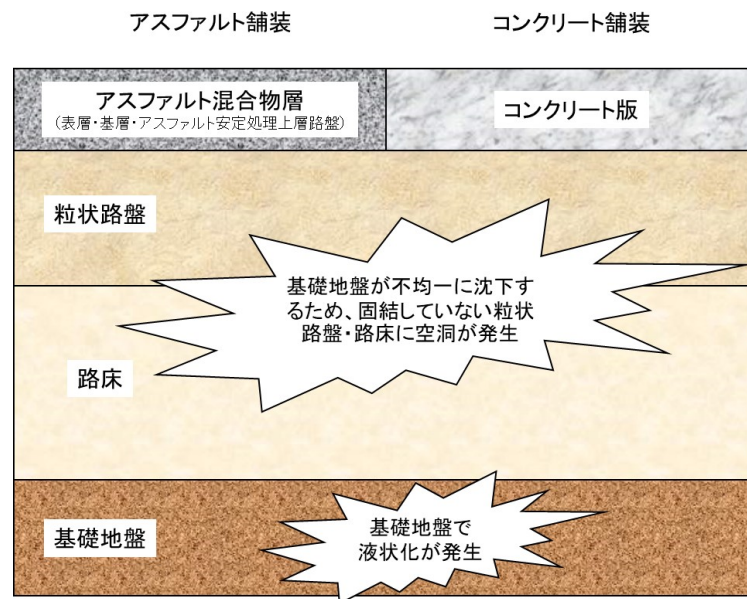
写真－２． ２ 【基礎地盤の液状化による局所沈下】の例
 (誘導路本体と誘導路ショルダーの境界の路面標識に乱れがある)



写真－２． ３ 液状化による噴砂痕の例

3. 詳細点検

- (1) 【基礎地盤の液状化による局所沈下】の箇所は、図－3. 1のように、表面の硬いアスファルト混合物層・コンクリート版の下に位置する粒状路盤や路床に空洞が発生し、支持力が低下している可能性があるため、沈下の状況に応じて FWD による詳細点検を行うのがよい。なお、空洞を検出するためにはレーダーも選択肢であるが、FWD とは異なり、支持力を評価できない点に留意する必要がある。



図－3. 1 想定される空洞

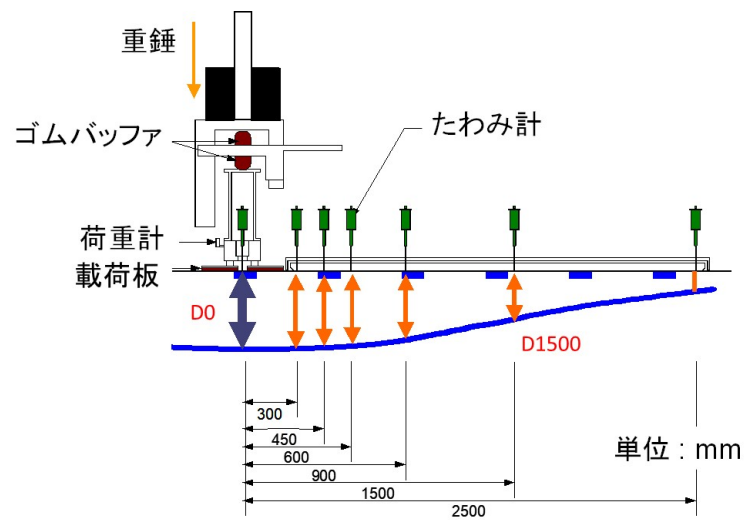
- (2) FWD による詳細点検の詳細を以下に記す。

① FWD の概要

- ・ FWD は、写真－3. 1、図－3. 2に示す重錘、載荷板、荷重計、たわみ計、操作用コンピュータを搭載した車両である。舗装表面に接地させた載荷板上に重錘を自由落下させることにより、舗装表面に衝撃荷重を載荷し、舗装表面のたわみ（鉛直変位）を計測する。支持力が低い箇所ではたわみが大きくなる。
- ・ 国内で数十台が稼働しており、舗装会社、調査会社、国総研が所有している。全国の道路舗装の調査でも用いられているため、空港近傍の道路等で調査に用いられている可能性もある。調達については、維持・工事を実施している舗装会社や、過去に FWD 調査を委託したコンサルタント等に問い合わせるとよい。
- ・ FWD の一般的な仕様は表－3. 1であるが、仕様にこだわらず、速やかに調達することを優先する。なお、人力で可搬可能で粒状路盤の締固め管理等に用いられる「小型 FWD」は、非常に小さな荷重しか発生させることができないため、本用途では用いない。
- ・ 1か所の計測に要する時間は、およそ1～2分程度である。



写真－３．１ FWD



図－３．２ FWD の模式図

表－３．１ FWD の一般的な仕様

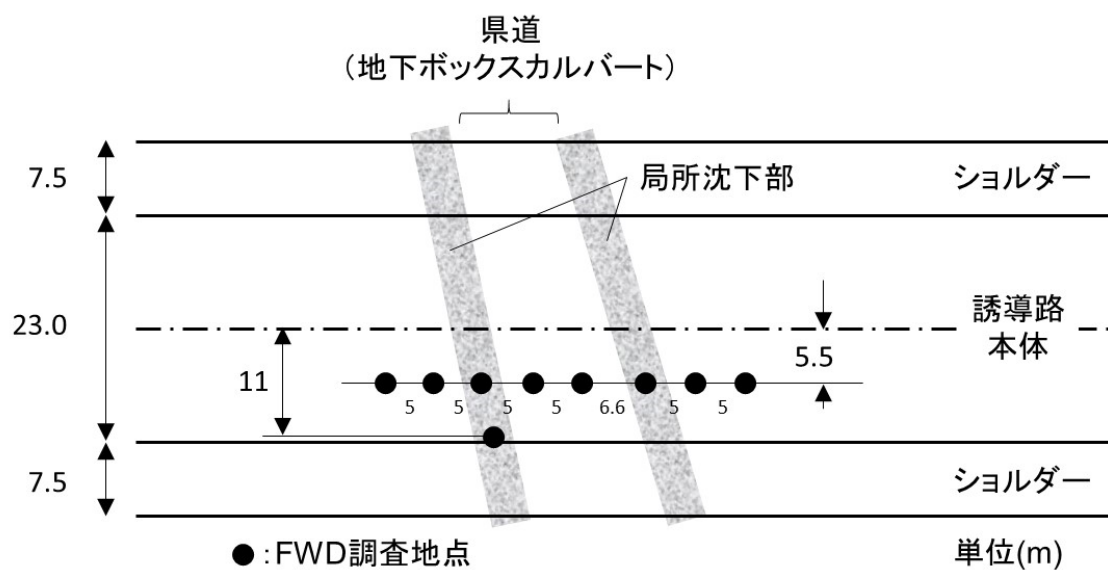
項目	一般的な仕様	備考
載荷板直径	30cm または 45cm	どちらでもよい。
最大載荷荷重	49kN、98kN、147kN、196kN	例えば最大載荷荷重 147kN の FWD は、設定により 98kN や 49kN の載荷も可能である。最大載荷荷重が大きな FWD が望ましいが、どれでもよい。
たわみ計の位置	載荷板中心から 0mm、300mm、450mm、600mm、 900mm、1500mm、2500mm	「2500mm がない」「200mm や 750mm がある」等、FWD により異なるが、どれでもよい。

② 調査位置

- ・ 【施設縦断方向の位置】局所沈下部をまたぐように数 m 間隔で実施する。
- ・ 【施設横断方向の位置】局所沈下部と、航空機主脚車輪走行位置で実施する。航空機主脚車輪走行位置の目安は以下のとおりであるが、アスファルト舗装ではわだち掘れの大きい箇所、コンクリート舗装では汚れが多い位置と考えるとよい。
 - 大型ジェット機：施設中心線から 5.5m 程度
 - 中型ジェット機：施設中心線から 4.8m 程度
 - 小型ジェット機：施設中心線から 2.6m 程度
- ・ 東北地方太平洋沖地震において、地下ボックスカルバート両脇部の舗装に局所沈下が発生した仙台空港の平行誘導路（アスファルト舗装）における調査位置を図ー3. 3に示す。
- ・ 東北地方太平洋沖地震においてエプロンのコンクリート舗装では、図ー3. 4のように、沈下が広範囲に及んだ。このような場合は、各コンクリート版（数 m×数 m）の中央部で計測するとよいが、版中央部の位置は概ねで良く、メジャー等による位置だしは不要である。なお、コンクリート版の目地部における載荷は時間を要するため、コンクリート版中央部での計測を基本とする（目地部の測定では、FWD の載荷板の縁がコンクリート版の目地にほぼ接するように FWD 車両の位置を微調整する必要があるため）。

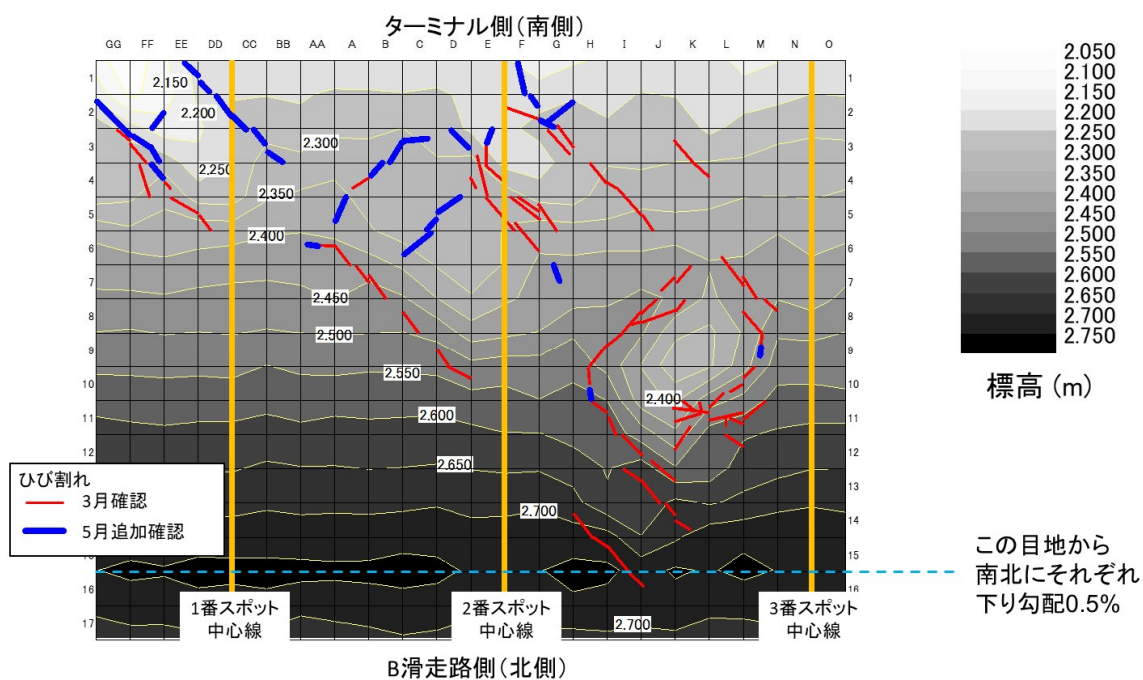
③ 調査方法

- ・ FWD を調査位置に移動する。次の調査位置に移動しやすいよう、たわみ計は施設縦断方向に配置するのがよい。
- ・ 載荷荷重は、49kN～196kN の範囲で、その FWD が発生させることのできる最大とするのがよい。なお、ショルダー・過走帯のように舗装厚が薄い箇所では、49kN 程度の小さな載荷荷重でよい。
- ・ 1 地点で連続 4 回載荷する。1 回目の載荷は載荷板と路面とのなじみをよくするための載荷であるためデータは使用せず、2～4 回目の荷重・たわみの平均値を整理する。



この平行誘導路では、図の下方の局所沈下量が大きかったため、中心線から図の下方側を優先してFWD調査を実施した。

図－3. 3 平行誘導路（アスファルト舗装）における調査位置の例（2011 年仙台空港）
（写真－2. 2の近傍の平面図である）



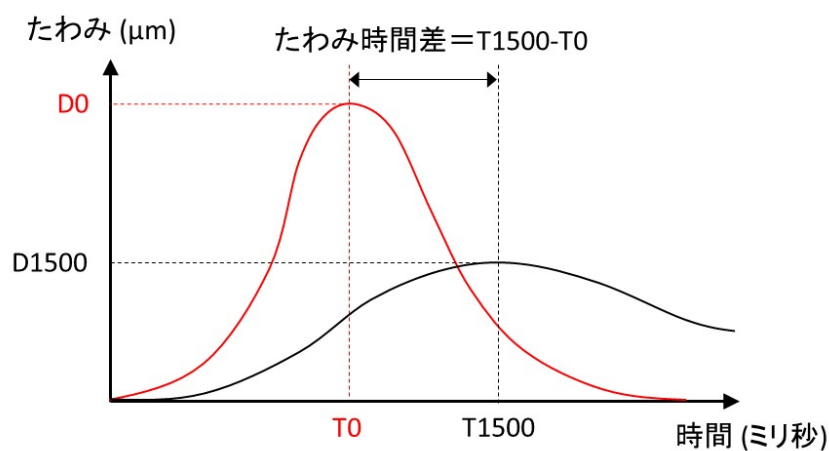
図－3. 4 エプロン（コンクリート舗装）における局所沈下の例（2011 年仙台空港）
（升目は1枚のコンクリート版（7.5m×7.5m）である）

④ 評価方法

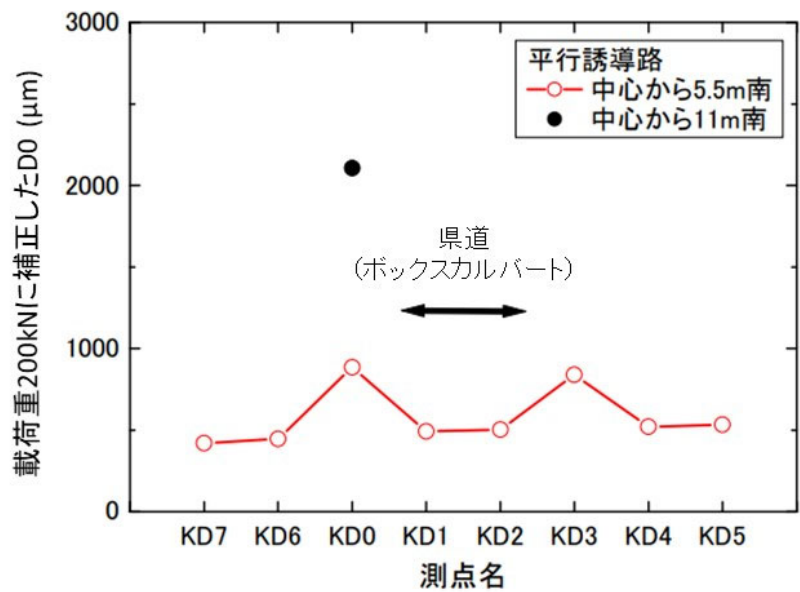
- ・ 局所沈下部とその周辺で取得した【D0】と【空洞検出指標】の相対比較を行い、応急復旧範囲を決定する。【空洞検出指標】の詳細は表－3. 2、図－3. 5のとおりである。
- ・ 【D0】の相対比較例を図－3. 6に示す。なお、図の縦軸・横軸の数値は舗装厚により異なるので、判断の目安にはならない。
- ・ 【空洞検出指標】の相対比較例を図－3. 7、図－3. 8に示す。図の左上にプロットされた箇所ほど空洞の可能性が高い。なお、図の縦軸・横軸の数値は舗装厚により異なるので、判断の目安にはならない。
- ・ 空洞を検出する指標として、載荷板中心から 1500mm の位置のたわみ計のデータを使用しているのは、空洞の影響が載荷板中心から離れた位置のたわみに現れやすいこと、国内の多くの FWD がこの位置にたわみ計を有していることが理由である。そのため、1500mm のたわみ計がない場合には近傍のたわみ計（1200mm など）でもよい。

表－3. 2 空洞検出指標

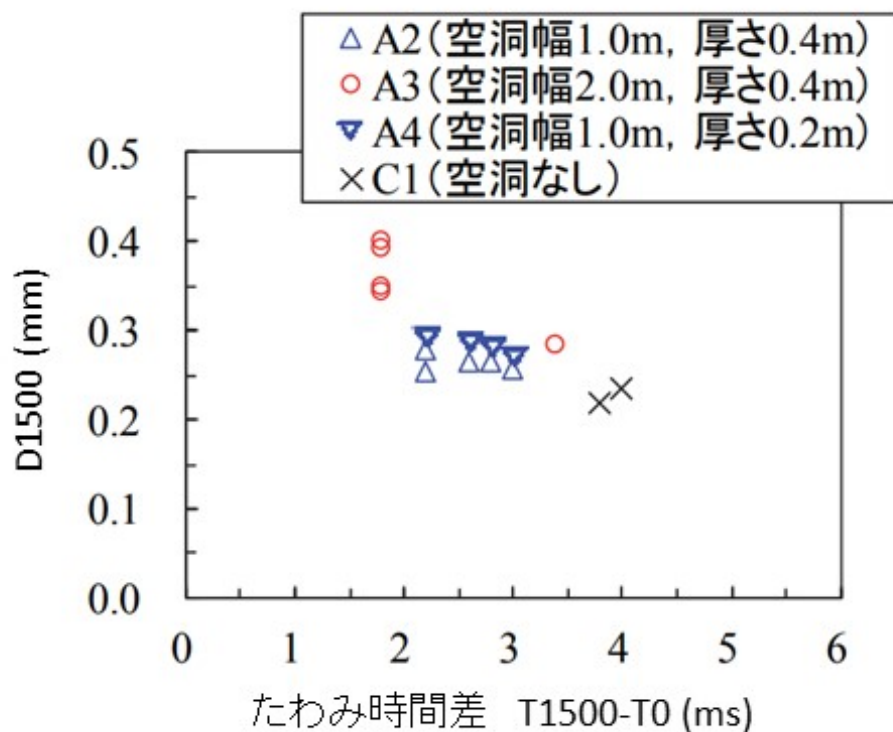
	アスファルト舗装	コンクリート舗装	相対比較方法
指標①	D1500	正規化たわみ＝ $D1500/D0$	空洞があると <u>大きくなる</u>
指標②	たわみ時間差＝ $T1500 - T0$ (D0 が最大となる時間 $T0$ と D1500 が最大となる時間 $T1500$ の時間差)		空洞があると <u>小さくなる</u>



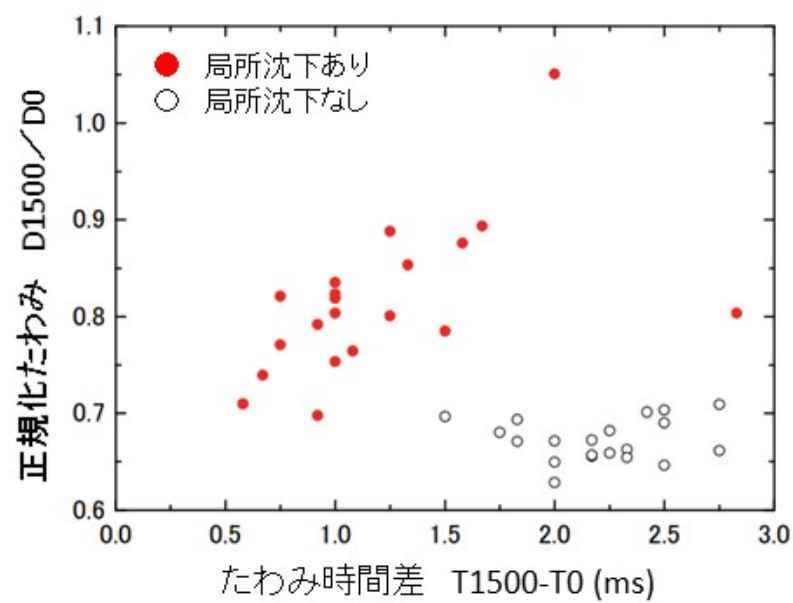
図－3. 5 たわみ時間差の定義



図－3． 6 平行誘導路（アスファルト舗装）における D0 の相対比較例（2011 年仙台空港）
 （図－3． 3 が計測位置の平面図である）
（数値は舗装厚により異なるので判断の目安にはならない）



図－3． 7 アスファルト舗装の空洞検出指標の相対比較例（試験舗装）
（数値は舗装厚により異なるので判断の目安にはならない）



図－3. 8 コンクリート舗装の空洞検出指標の相対比較例（2011 年仙台空港）
（数値は舗装厚により異なるので判断の目安にはならない）

4. 応急復旧

- (1) 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く、臨機応変に対応する。材料調達・施工を迅速に行うための対応例を表－4. 1、表－4. 2に示す。
- (2) 点検の結果、以下を早期に決定することが重要である。
- ・ 応急復旧に時間を要する箇所は、当面閉鎖することを決定する。
 - ・ 短期間で応急復旧可能な箇所は、滑走路－誘導路－エプロンの動線を確保することを念頭に、応急復旧の優先順位を決定する。
- (3) 滑走路全幅（例えば幅 60m）に被害が及ぶ場合には、航空機が走行する滑走路中央帯（滑走路中心線から両側 10m の範囲）周辺の応急復旧を優先して行うとよい。
- (4) 【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】では、写真－4. 1のような路面切削機が必要となることが多いが、調達に時間を要することが想定されるため、点検結果を待つことなく、先行して調達を行うのがよい。



写真－4. 1 路面切削機（これは大型であるが、中型・小型もある）

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。

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

4. 1 アスファルト舗装の応急復旧

- (1) 【段差を有するひび割れ】は、アスファルト混合物、樹脂等で摺り付けを行うことが多い。締固めを確実に行うためにはある程度の舗設厚が必要なため、切削摺り付けを行うことが望ましい。路面切削機の調達が困難でゼロ摺り付けとせざるを得ない場合は、既設路面を部分的にはつることで極力舗設厚を確保する。舗設厚が十分に確保できていない箇所には、大きな粒径の骨材をふるい等で取り除いたアスファルト混合物を用いるとよい。
- (2) 【基礎地盤の液状化による局所沈下】は、アスファルト混合物層を撤去し、粒状路盤等を露出させて転圧した後、周囲と平坦になるよう同厚以上のアスファルト混合物層で打換えることが多い。
- (3) 段差のないひび割れは、ひび割れの切り口を手で押す・点検車両で踏む等によりひび割れの切り口が安定しているかを確認し、ひび割れの角欠け（切り口の混合物や骨材の浮き・はずれ）が懸念される場合は、注入剤を注入することで切り口を落ち着かせるとよい。一方、元々存在していた施工目地が地震により開いたひび割れのように、ひび割れの角欠けが懸念されない場合は放置してよく、暫定供用再開後でよいので、雨水の浸入を防止するために注入剤を注入するとよい。

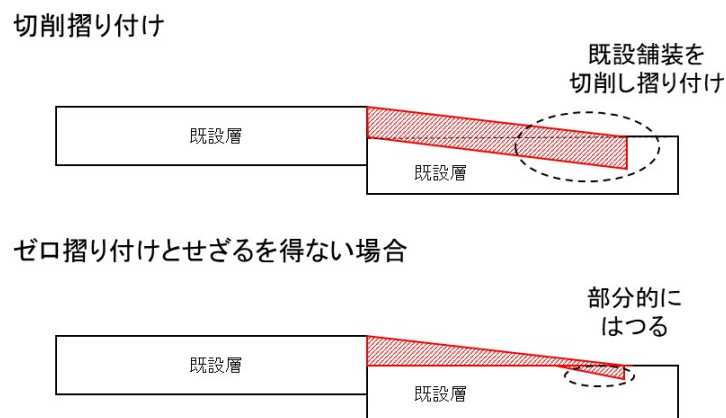


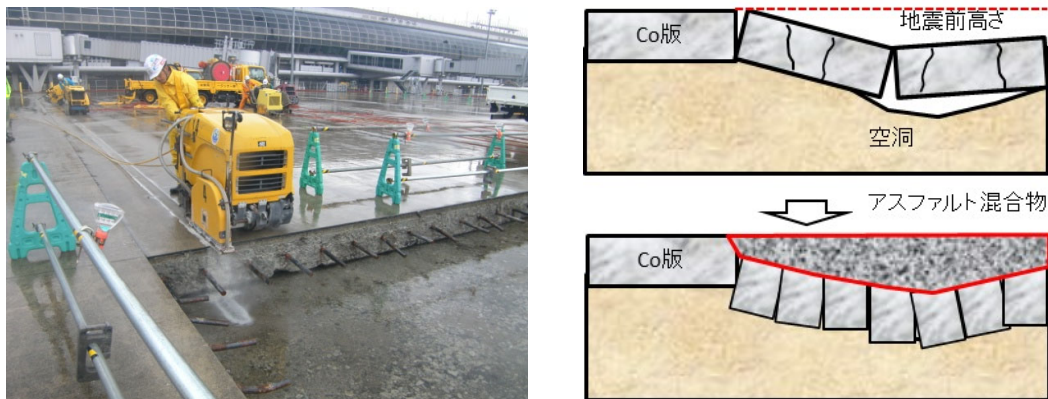
図-4. 1 摺り付けのイメージ



図-4. 2 ゼロ摺り付けによる応急復旧の例（2007年能登空港）

4. 2 コンクリート舗装の応急復旧

- (1) 【段差を有するひび割れ】は、4. 1 (1) と同様である。
- (2) 【基礎地盤の液状化による局所沈下】は、コンクリート版を撤去し、粒状路盤等を露出させて転圧した後、同厚のコンクリート版を打換えるのがよいが、コンクリートによる打換えは時間を要することが多く、以下のようにアスファルト混合物により打換えるのが早い。
- ・ 【航空機のタイヤが通過する】箇所は、コンクリート版を撤去の上、周囲と平坦になるよう同厚以上のアスファルト混合物で打換える。
 - ・ 【航空機のタイヤが通過しない】箇所は、カッターでコンクリート版をブロック状に切断した後にローラー等で転圧し、切断したブロックを落とし込むことでコンクリート版下の空洞を埋め、アスファルト混合物（厚さ 5cm 以上）で舗設する。これは、エプロンに駐機中の航空機近傍に GSE 車両が乗り入れることを想定すれば、支持力をさほど気にする必要はなく、路面の平坦性の確保を優先することを想定している。
- (3) 段差のないひび割れは、4. 1 (3) と同様である。
- (4) コンクリート版の打設では、コンクリート配合（セメント・水・粗骨材・細骨材の割合）を吟味する時間的余裕がないことを考慮すれば、セメント量が多い・水セメント比が低い等に起因して打設後の乾燥収縮が大きくなり、打設後数日で表面に微細なひび割れが発生することが想定される。ただし、この微細なひび割れは運航には支障とならないため、許容してよい。



図ー4. 3 ブロック状に切断する応急復旧の例（2011 年仙台空港）