

An aerial photograph of Sendai Airport, showing the runway, taxiway, and terminal building. The image is used as a background for the title text.

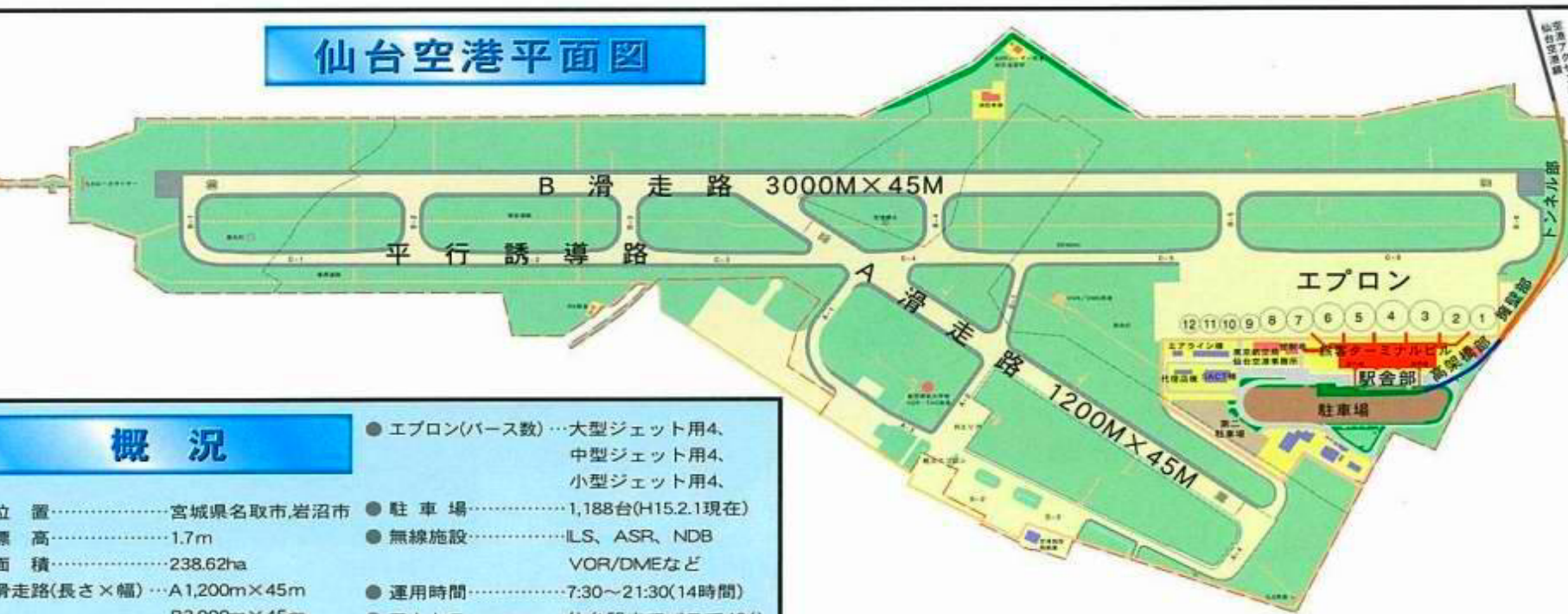
「仙台空港耐震化 地盤改良工事」について ～仙台空港B誘導路～

国土交通省東北地方整備局
塩釜港湾・空港整備事務所

四戸 秀治

仙台空港の概要

仙台空港平面図



概況

位置……………宮城県名取市、岩沼市
 標高……………1.7m
 面積……………238.62ha
 滑走路(長さ×幅)…A 1,200m×45m
 B 3,000m×45m

- エプロン(バース数) ……大型ジェット用4、
中型ジェット用4、
小型ジェット用4、
- 駐車場……………1,188台(H15.2.1現在)
- 無線施設……………ILS、ASR、NDB
VOR/DMEなど
- 運用時間……………7:30～21:30(14時間)
- アクセス……………仙台駅までバスで40分

仙台空港の耐震検討の経緯(1)

整備の目的等（指標、段階整備）

平成19年8月に、本省航空局において、地震時における緊急輸送・復旧支援拠点空港として、また航空ネットワークとして重要な全国13空港の一つとして仙台空港が位置づけられ、空港施設の耐震性を10年間でを行う方針を示された。

目的

大規模地震時に求められる緊急・救命活動の拠点機能、緊急物資や人員輸送の受け入れなどの復旧支援拠点としての機能を確保する。
発災後3日を目標に定期民間輸送機の運航が可能となる機能を確保する。
航空ネットワークの維持及び背後圏経済活動の継続性を確保する。

背景

発災による空港機能の低下により
・航空ネットワークへの影響
・緊急物資輸送、救助・復旧活動に支障
・経済活動への影響

●必要性・緊急性

・今後10年以内に約60%、30年以内に約99%と高い確率で発生が想定されている「宮城県沖地震」及び「長町利府断層帯地震」への対応として、地震対策による空港機能の確保は急務である。

目的の指標化

施設被害復旧費用の軽減
移動コスト増大の回避（国内・国際旅客及び物流）
緊急物資の輸送コストの軽減
旅客・物流停止による直接的な地域経済への損失回避（空港使用者、ターミナルビル営業収益等）
災害復旧拠点・避難施設としての機能向上

仙台空港の耐震検討の経緯(2)

これまでの検討経緯

平成17年度

- 「地震に強い空港のあり方検討委員会」開催
(航空局)
- ・ 空港が確保すべき機能や地震防災体制の強化について、あるべき方向性の検討
 - 仙台空港は背後圏経済活動の継続性における重要空港として位置付け (全国13空港)

- 「仙台空港防災拠点あり方検討委員会」開催
(東北地方整備局 港湾空港部)
- ・ 防災拠点としての特性 (期待される機能) の検討、災害対応シナリオを作成し活用ビジョンの具体化
 - 応急対策活動としてB滑走路等の基本施設を利用す

平成18年度

既存データからの液状化判定及び概略的な耐震対策の検討調査を実施
→ 基本施設の耐震対策整備が必要

平成19年度

土質調査の実施 (液状化解析用)

耐震整備
事業開始
(予算化)

- 「仙台空港液状化対策検討委員会」開催 (塩釜港湾・空港整備事務所)
- ・ 施設の重要度設定、地震波形の検討、液状化判定、耐震対策整備範囲の検討、改良工法・施工方法の検討
 - 基本施設では滑走路、誘導路の一部 (2,000~3,000m) 耐震対策が必要 (CPG工法、浸透固化処理工法、X-JET工法) ※適用性の確認必要

実施設計の実施

平成20年度

本格着工

- 地盤改良工事の実施 (誘導路C-3)
- ・ CPG工法 (標準・改良率低減の2ケース)
 - ・ X-JET工法
 - ・ 計測工
 - 適用性の確認

計測
データ

- 施工時の影響 (舗装・灯火・埋設物)
- 施工後の機能確保 (支持力)
- 改良効果・品質の確認
- 施工サイクル・工費縮減方策の検討

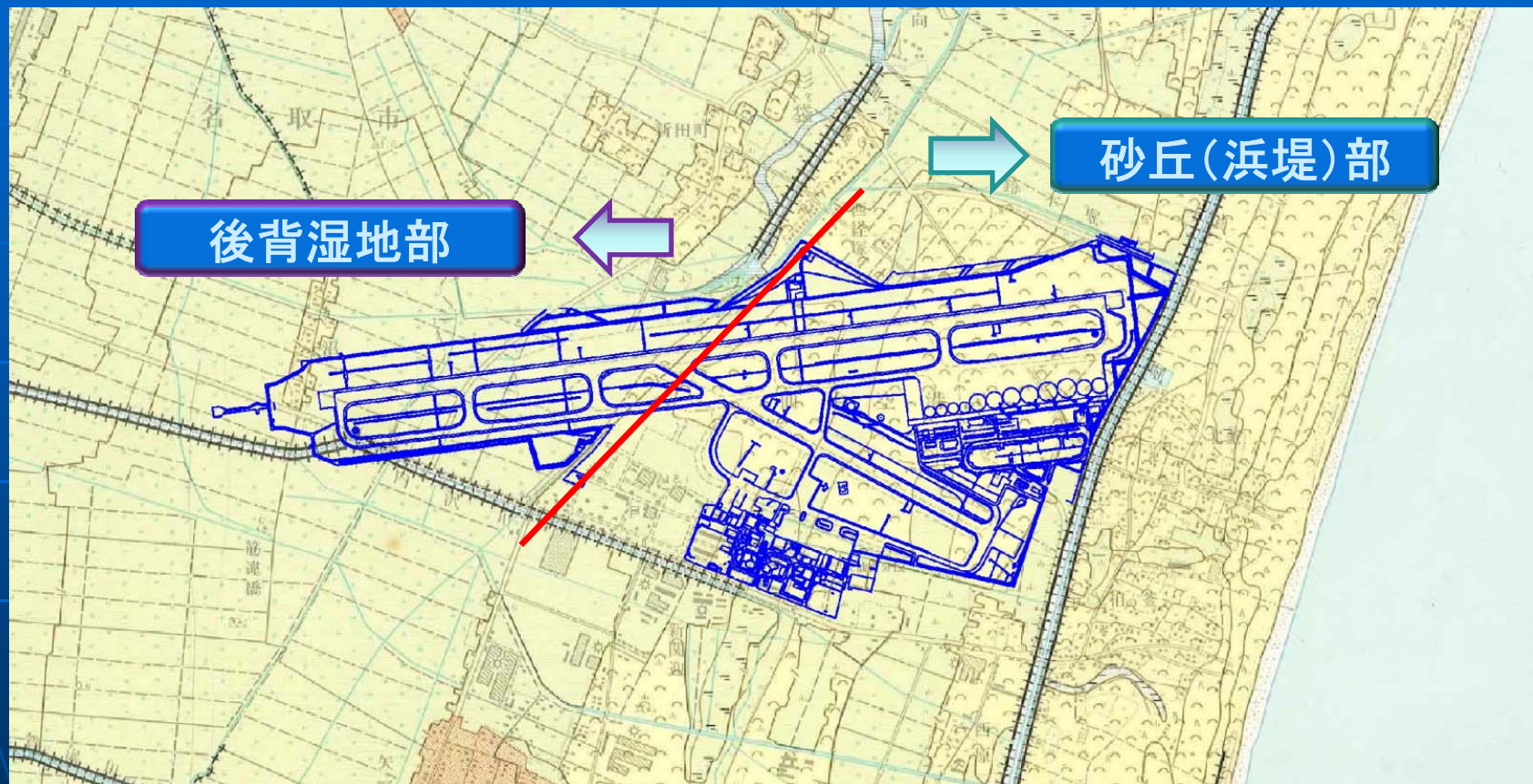
解析・
検討結果

実施設計
(H21dに反映)

平成21年度
～

地盤改良工事の実施 (滑走路・誘導路)

仙台空港の地盤特性



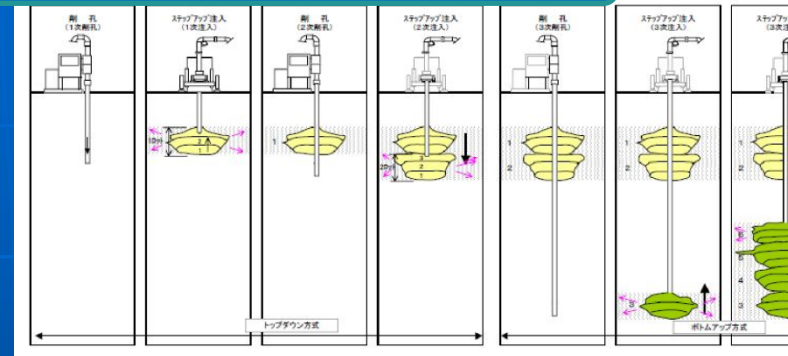
- 後背湿地部は、緩い砂層、シルト等の互層が存在しており地盤特性のバラつきが大きい
- 対象土層は 細粒分が多く、工法選定に注意を要する地盤である

改良工法の選定

【走路・誘導路】

細粒分が多いため、適切な改良率、施工の隆起量について試験施工で確認する必要がある
経済性に優れるCPG工法を選定

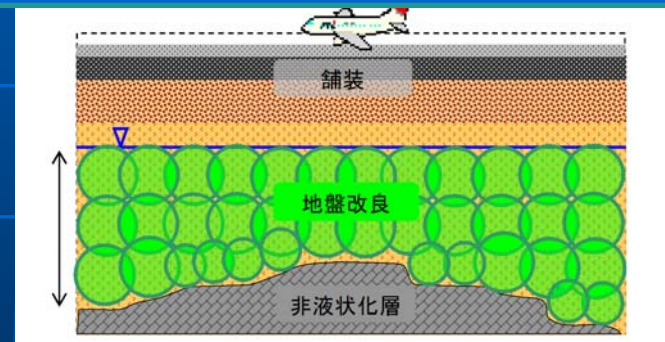
CPG工法: 空港の施工実績を有する



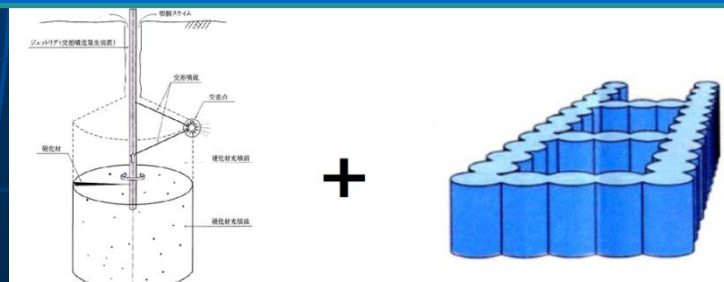
【引堀Box-C・県道地下道】

浸透固化処理工法、X-jet工法を選定
経済性はほぼ同程度であり、詳細設計により改良仕様を比較する必要がある
X-jet工法は、固化処理工法のため用開始時間までに必要強度を発現する必要がある

浸透固化処理工法: 空港の施工実績を有する



X-jet工法: 確実な造成径(ラップ)の確保



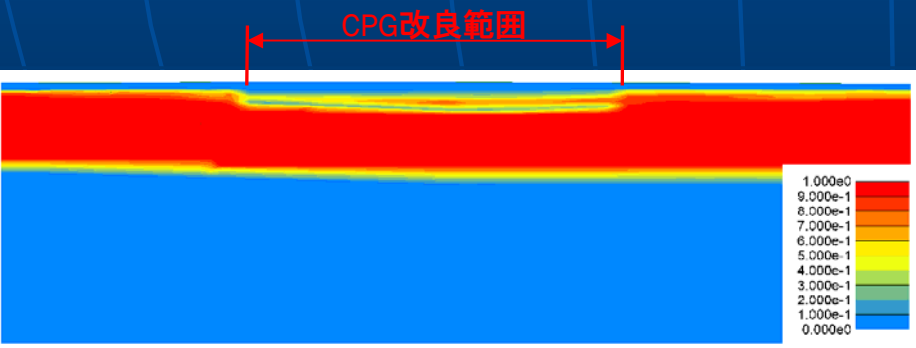
B誘導路の液状化対策工の設計(CPG工法)

Am層がシルト、砂の互層であり、平均すると細粒分有率が高い($F_c=40\%$ 以上)
繰返し非排水三軸試験では、体積ひずみが大きい層厚が10cm~数10cmであり、施工の打分けが困難

改良率22.5%(CPG工法マニュアルC法による)

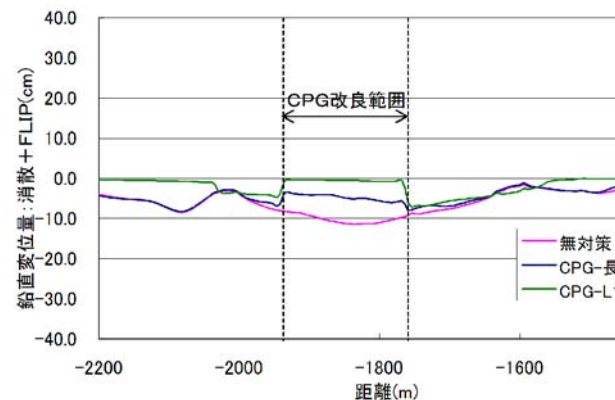
改良率低減化
改良率8.0%(CPG工法マニュアルK法)

石狩湾実証実験の知見

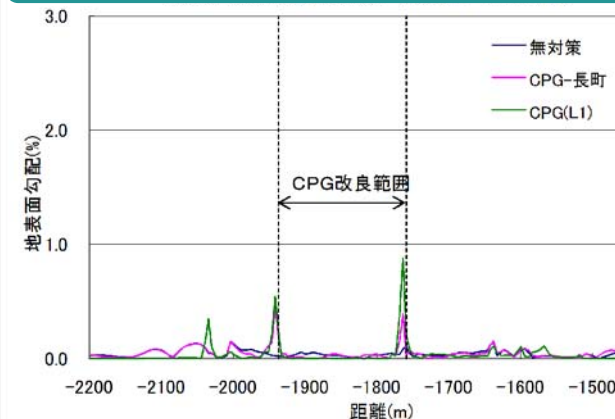


後(22.5%)の過剰間隙水圧比分布図(長町-利府線断層帯の地震)

対策後の残留沈下量の結果の比較



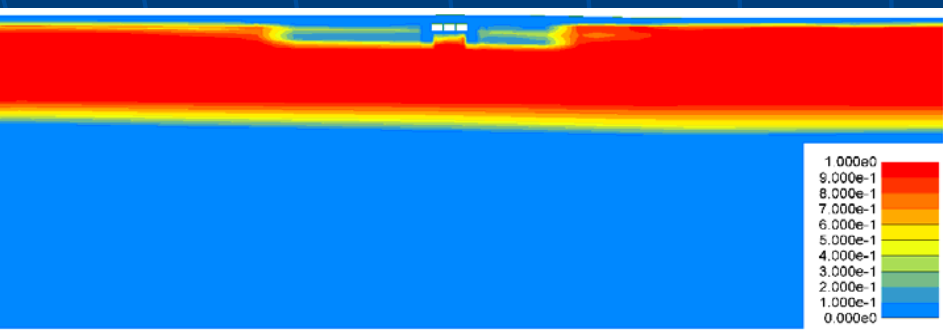
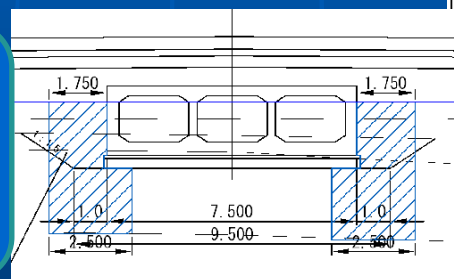
対策後の地表面傾斜の結果の比較



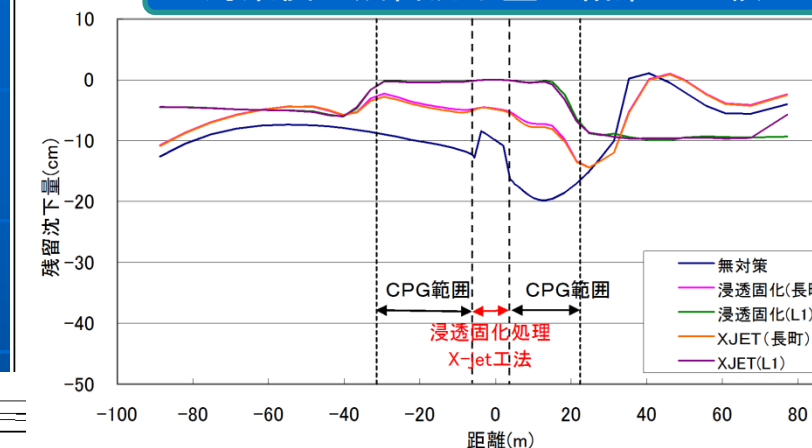
木引堀ボックスカルバートの液状化対策の設計(X-JET工法)

浸透固化処理工法、X-jet工法とも対策効果
同様な傾向の結果となった
木引堀ボックスカルバートでの段差が解消
れ、誘導路の規定勾配を満足する
浸透固化処理工法は、ボックスカルバート
部を斜め削孔で改良するため施工が困難

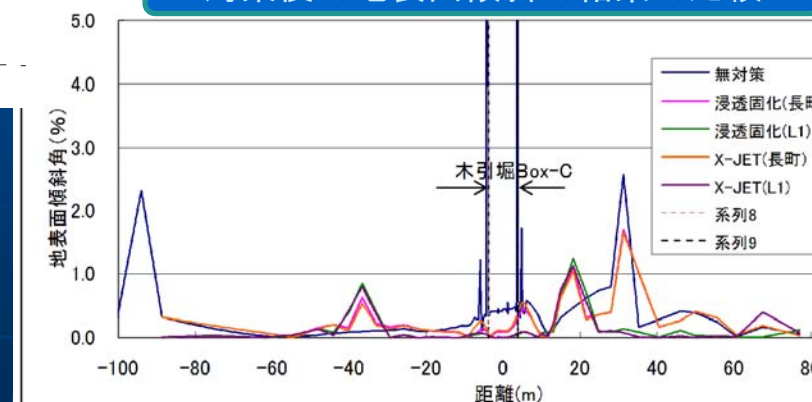
径: $\phi 2,500\text{mm}$
圧縮強度: $q_u = 1,000\text{kN/m}^2$
強度発現特性を確認する必要
がある



対策後の残留沈下量の結果の比較



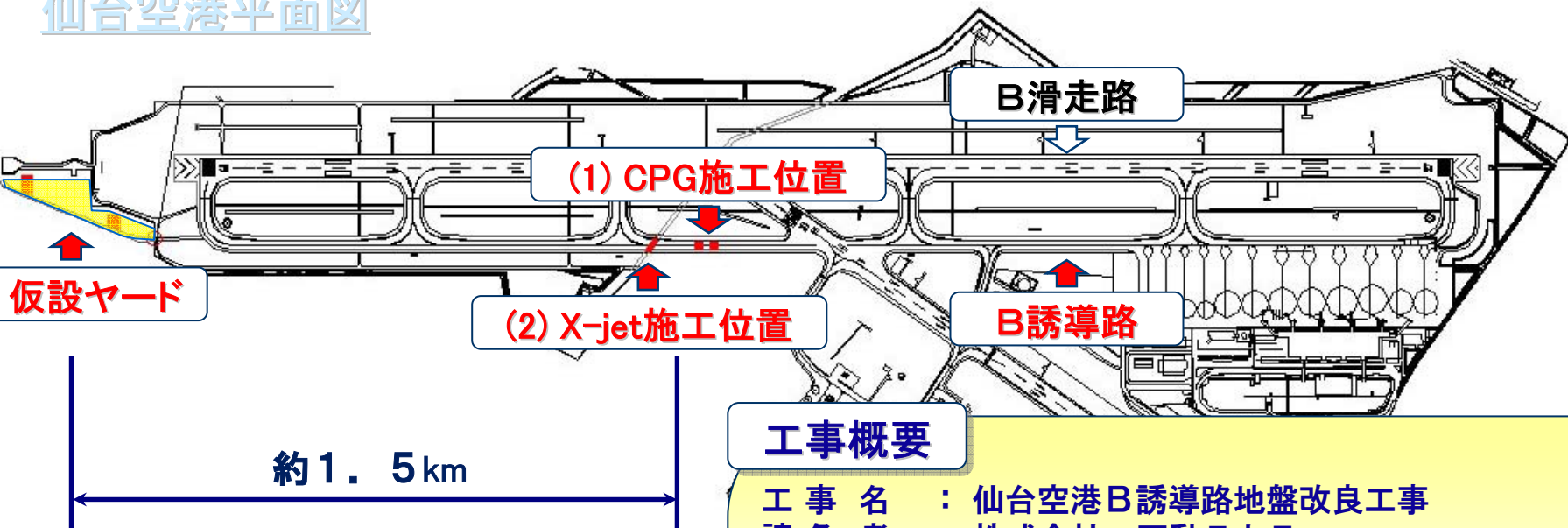
対策後の地表面傾斜の結果の比較



後の過剰間隙水圧比分布図(長町-利府線断層帯の地震)

平成20年度仙台空港B誘導路改良工事の概要(1)

仙台空港平面図



工事概要

- 工事名 : 仙台空港B誘導路地盤改良工事
請負者 : 株式会社 不動テトラ
施工場所 : 宮城県名取市増田南原 仙台空港内
工期 : 平成20年8月11日
～平成21年2月27日迄
- 工事内容 : ●地盤改良工 [夜間施工]
(1)コンパクショングラウチング (CPG)
・杭径0.5m 杭長5.3m 184本
・杭径0.7m 杭長4.9m 336本
(2)クロスジェット (X-jet) 工法
・杭径2.5m 杭長4.1m 40本
●舗装版復旧工一式 他 [夜間施工]

対象施設

- ・ 供用中のB誘導路

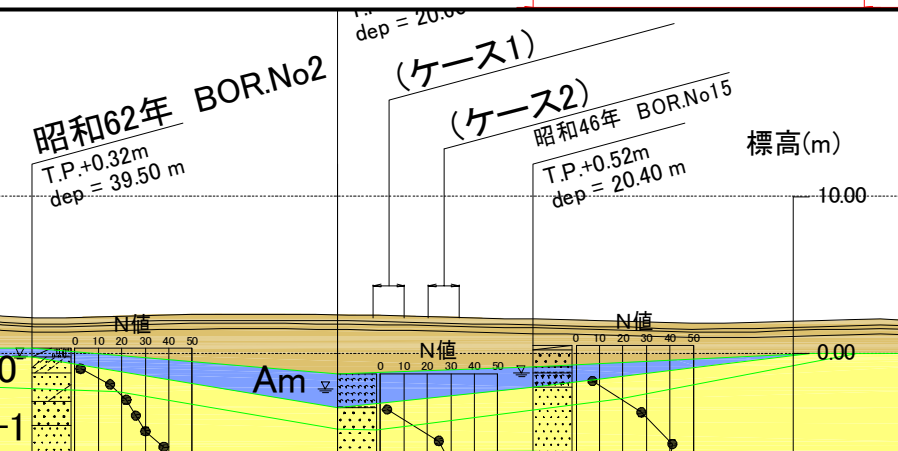
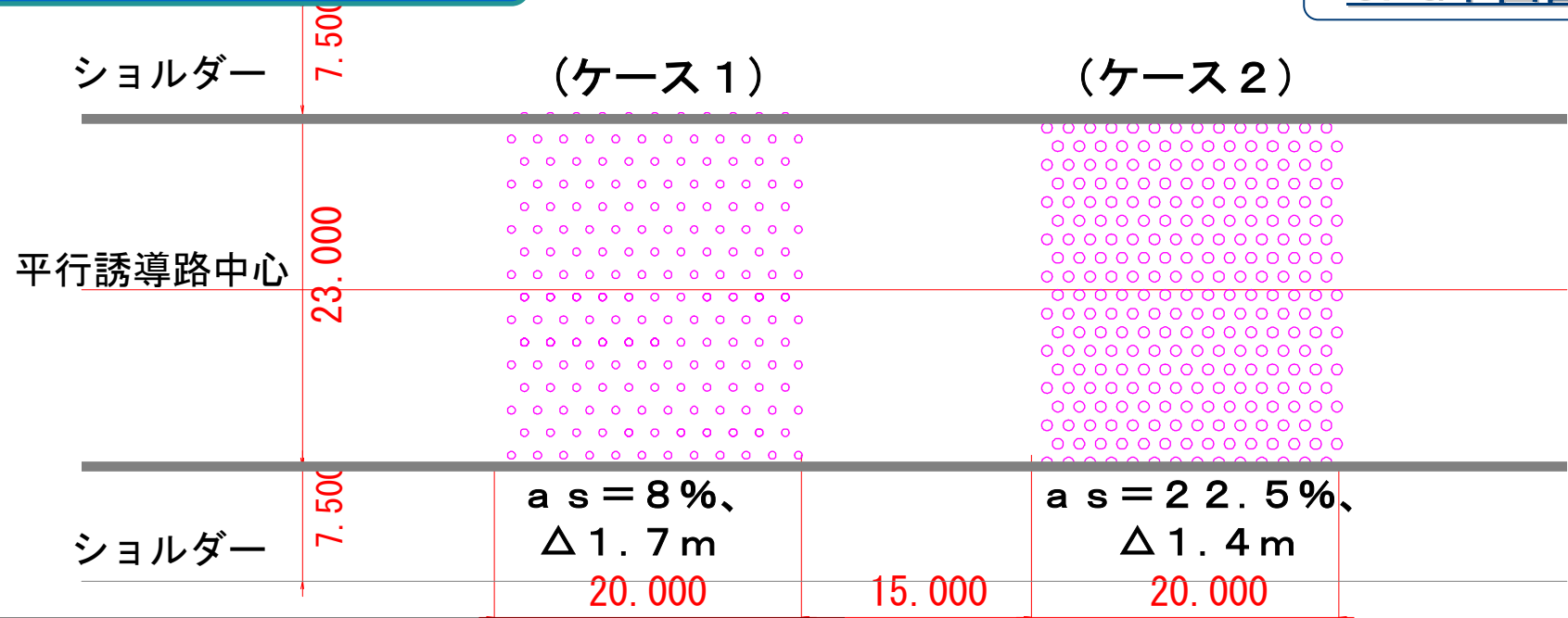
施工条件

- ・ 昼間は施設開放 (夜間施工)
- ・ 供用中、施工機は仮設ヤードで待機

平成20年度仙台空港B誘導路改良工事の概要(2)

CPG工法工事概要

CPG平面図



・ 対象層 : Am層, As1-0層

・ 2種類の改良率で施工を行い、最適な改良率を求めるデータを計測する

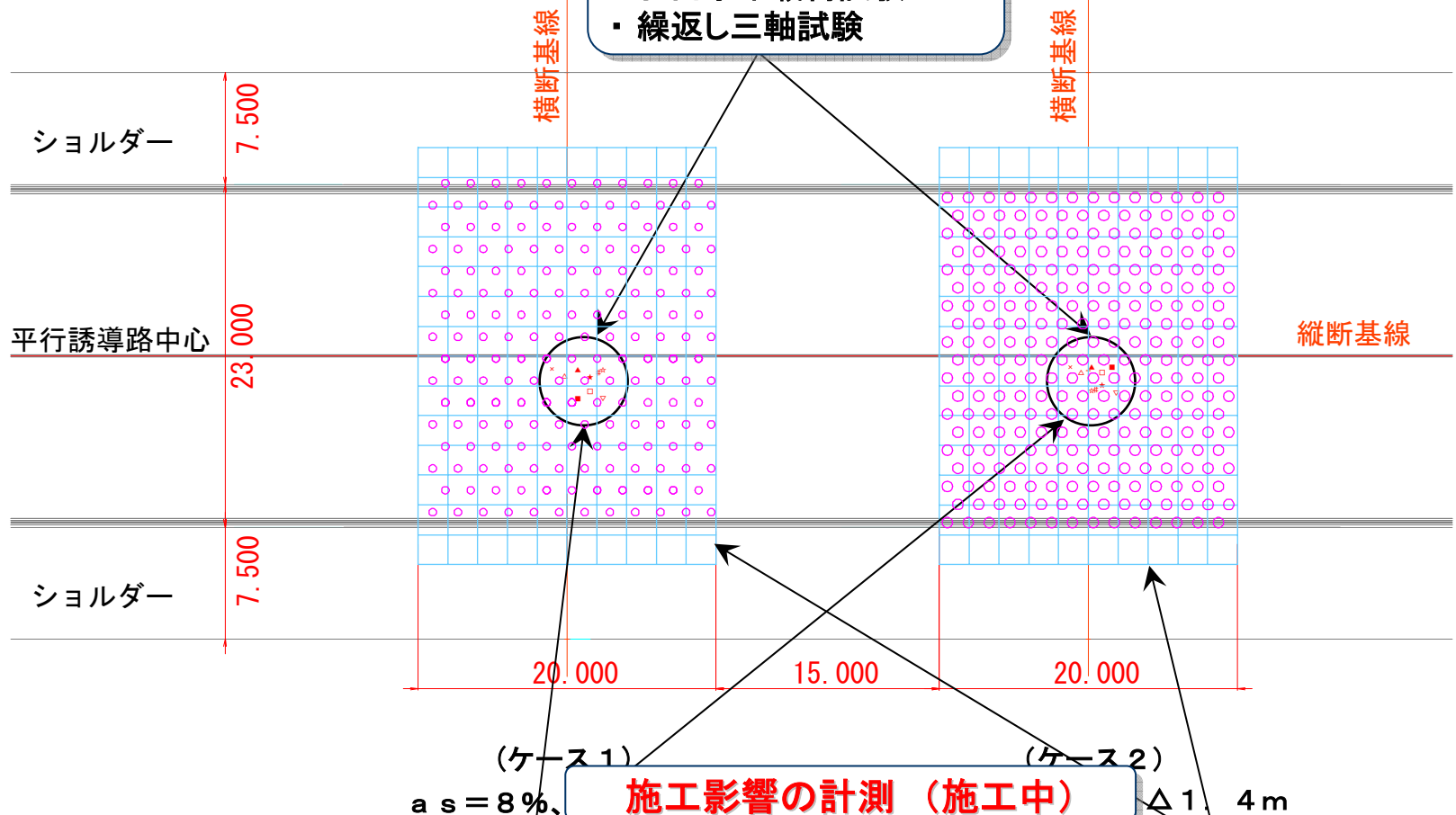
平成20年度仙台空港B誘導路改良工事の概要(3)

CPG工法計測工概要

改良効果の確認 (事前・事後)

- ・ 標準貫入試験
- ・ 孔内水平載荷試験
- ・ 繰返し三軸試験

CPG平面図



施工影響の計測 (施工中)

- ・ 水平変位
- ・ 間隙水圧 地下水位

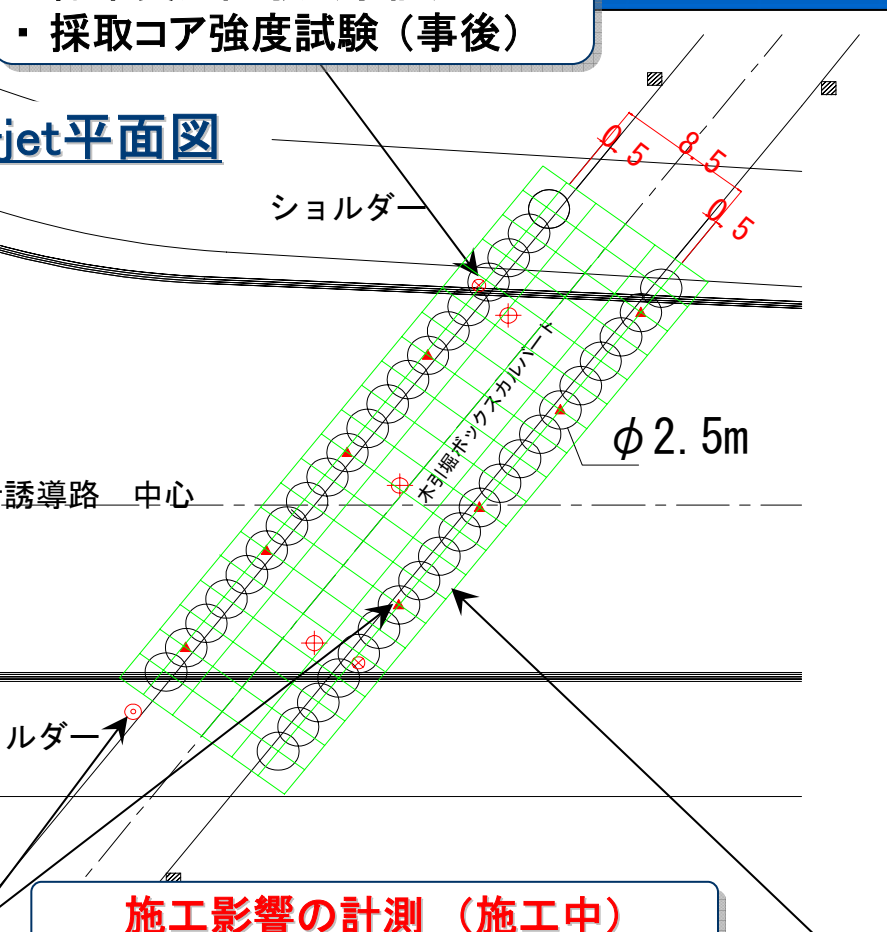
- ・ 鉛直変位(レベル)

平成20年度仙台空港B誘導路改良工事の概要(4)

改良効果の確認 (事前・事後)

- 標準貫入試験 (事前)
- 採取コア強度試験 (事後)

X-jet平面図



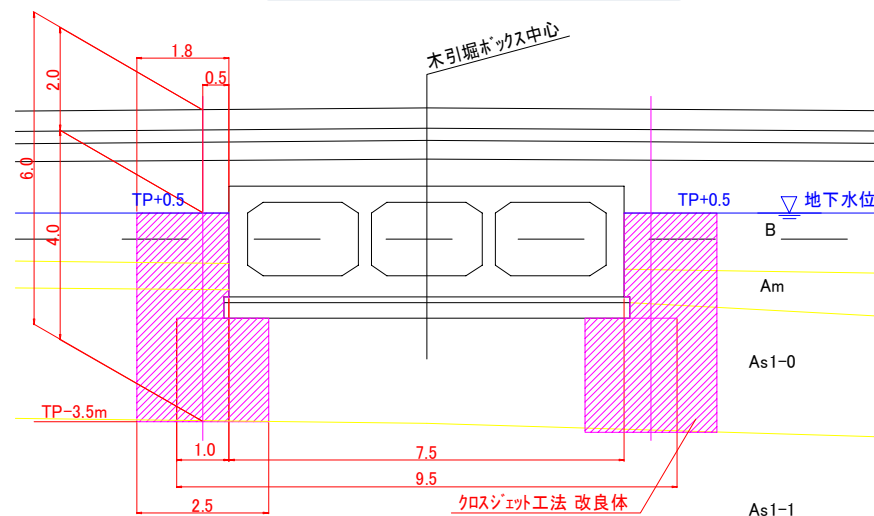
施工影響の計測 (施工中)

水平変位
初期(供用開始前)強度

- 鉛直変位(レベル)

X-jet工法工事・計測工概要

X-jet断面図



- 対象層 : Am層, As1-0層

- 木引堀(水路)ボックスの側方で施工を行い、液状化時のボックスの沈下を防ずる

工事の途中経過報告

CPG工法施工着手 ➡ 平成20年11月5日

施工予定期間 11/5日～2月上旬迄

進捗率(CPG工) ➡ 13%程度(11/18日時点)

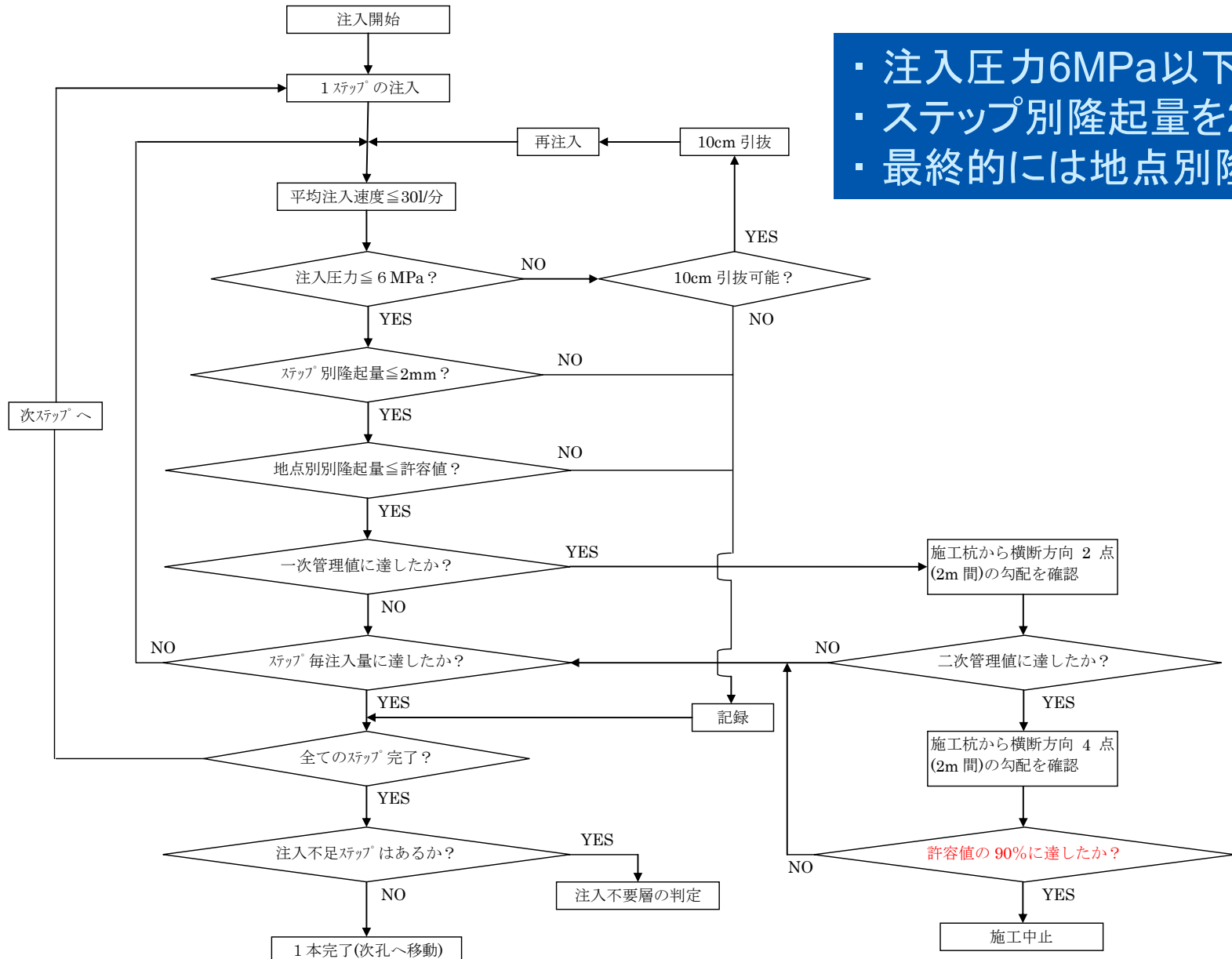
X-jet工法は11月末着手予定

施工予定期間 11/25日～12月下旬迄



工事の途中経過報告(CPG管理フロー)

- ・ 注入圧力6MPa以下
- ・ ステップ別隆起量を2mm以下
- ・ 最終的には地点別隆起量で



工事の途中経過報告(隆起量)

航空保安業務処理規程(第10)

1. (3) 工事期間中における舗装面のすり付け及び地盤面の処理

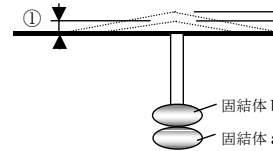
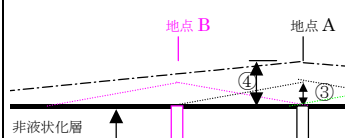
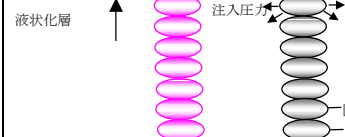
舗装面のすり付け最大勾配(既設舗装面を基準とする。)

方向	横 断 方 向		縦断方向
	中央部(滑走路幅の2/3)	縁 部	
走 路	1.5%	1/2勾配	1.0%
パーラン			1.5%
導 路	3%		
プ ロ ン	航空機が通行する方向3%、その他の方向1/2勾配		

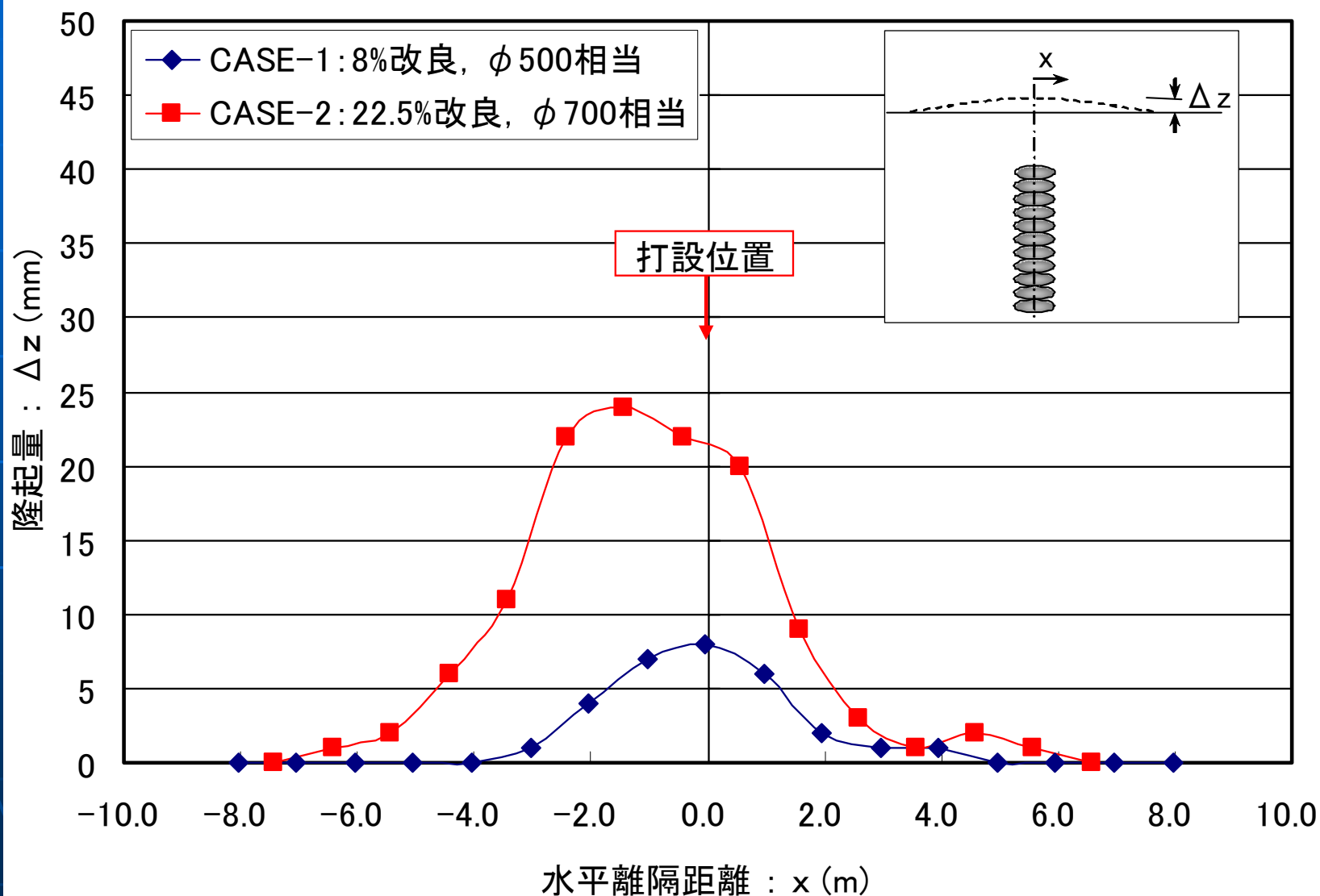
地点別隆起量設定例

	地点別隆起量	備考
次管理値	○mm (許容値の50%)	
次管理値	○mm (許容値の70%)	
許容値	○mm	打設前の勾配から3%勾配までの差分により設定

CPG隆起量 用語の定義

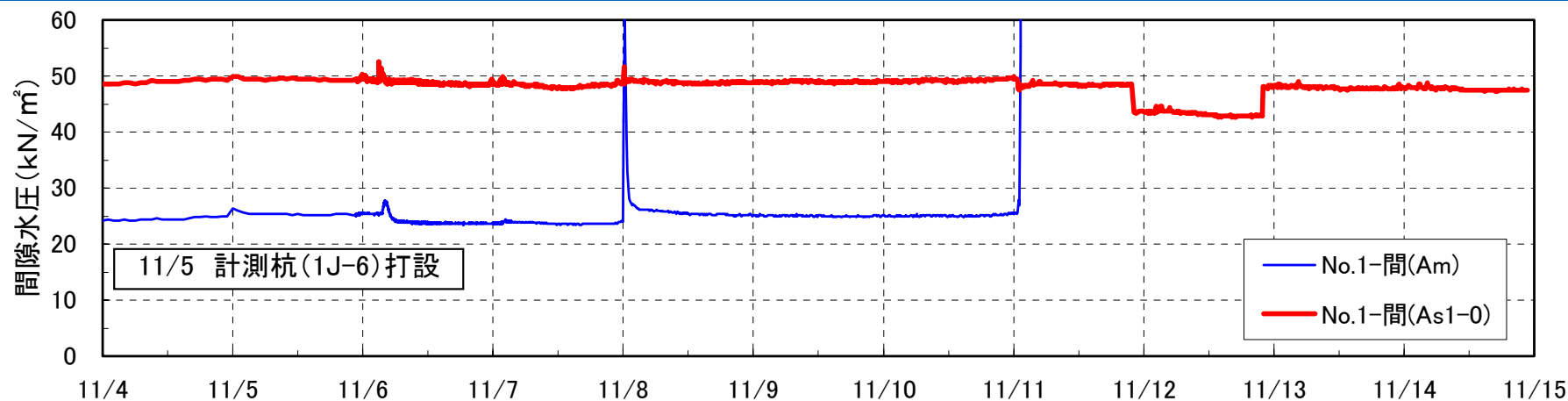
項 目	定 義	
注入ステップ別隆起量	1 ステップ分の圧入に伴う隆起量。右図内の①は固結体 a の注入ステップ別隆起量、②は固結体 b の注入ステップ別隆起量。	
地点別隆起量	1 地点の全深度の圧入に伴う隆起量で、注入ステップ別隆起量の総和。右図内の③は、地点 A の地点別隆起量。	
累計隆起量	1 地点の地盤改良前から隆起計測時までの隆起量。周辺地点の地盤改良による隆起も含む。右図内の④は、地点 A の累計隆起量。	

工事の途中経過報告 (CPG隆起量計測)

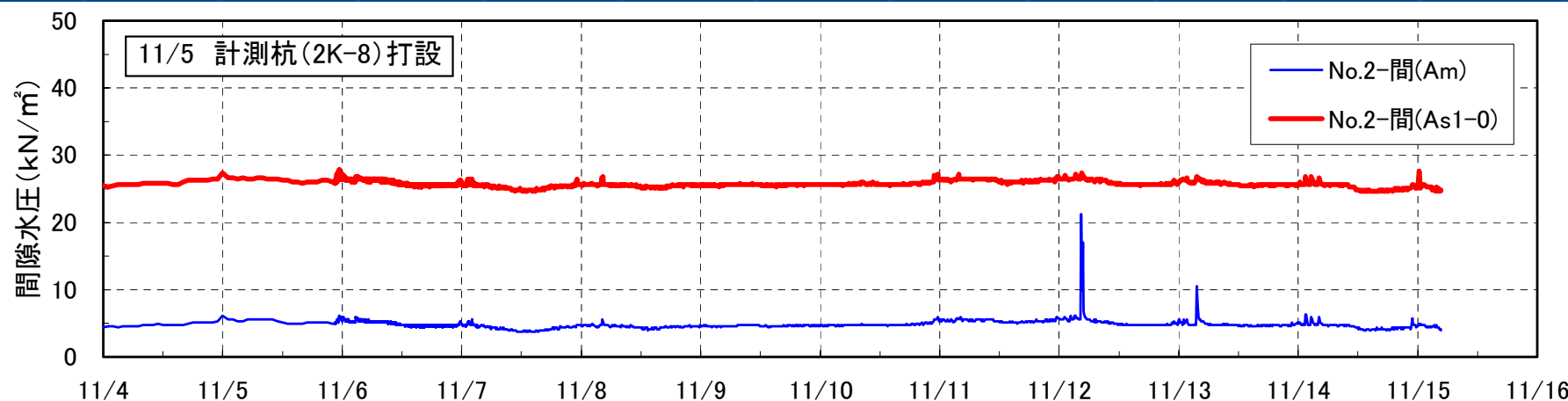


CPG地点別隆起量 (1本打設終了時の隆起量)

工事の途中経過報告(CPG間隙水圧計測)

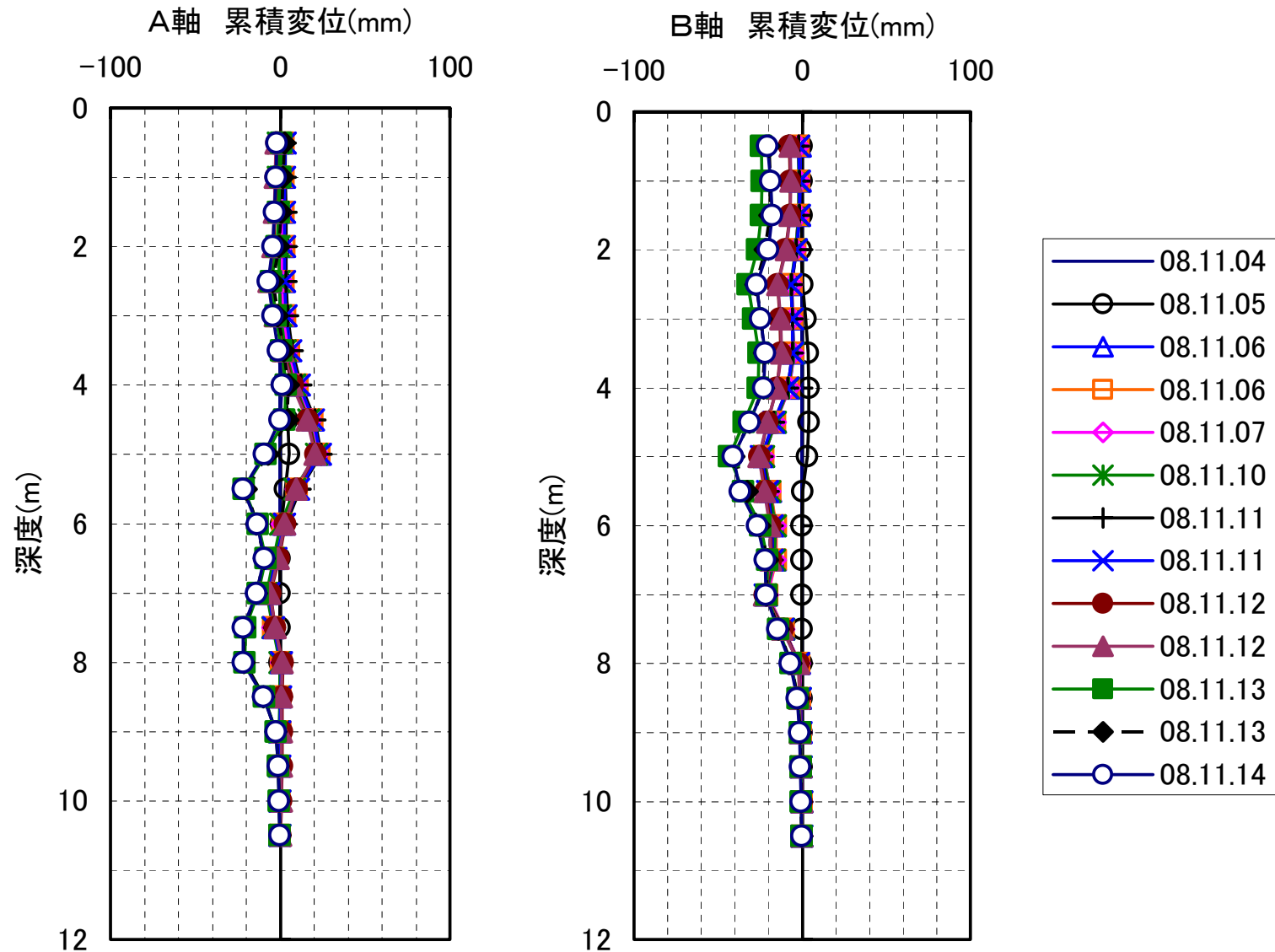


(a) CASE-1 $as=8\%$



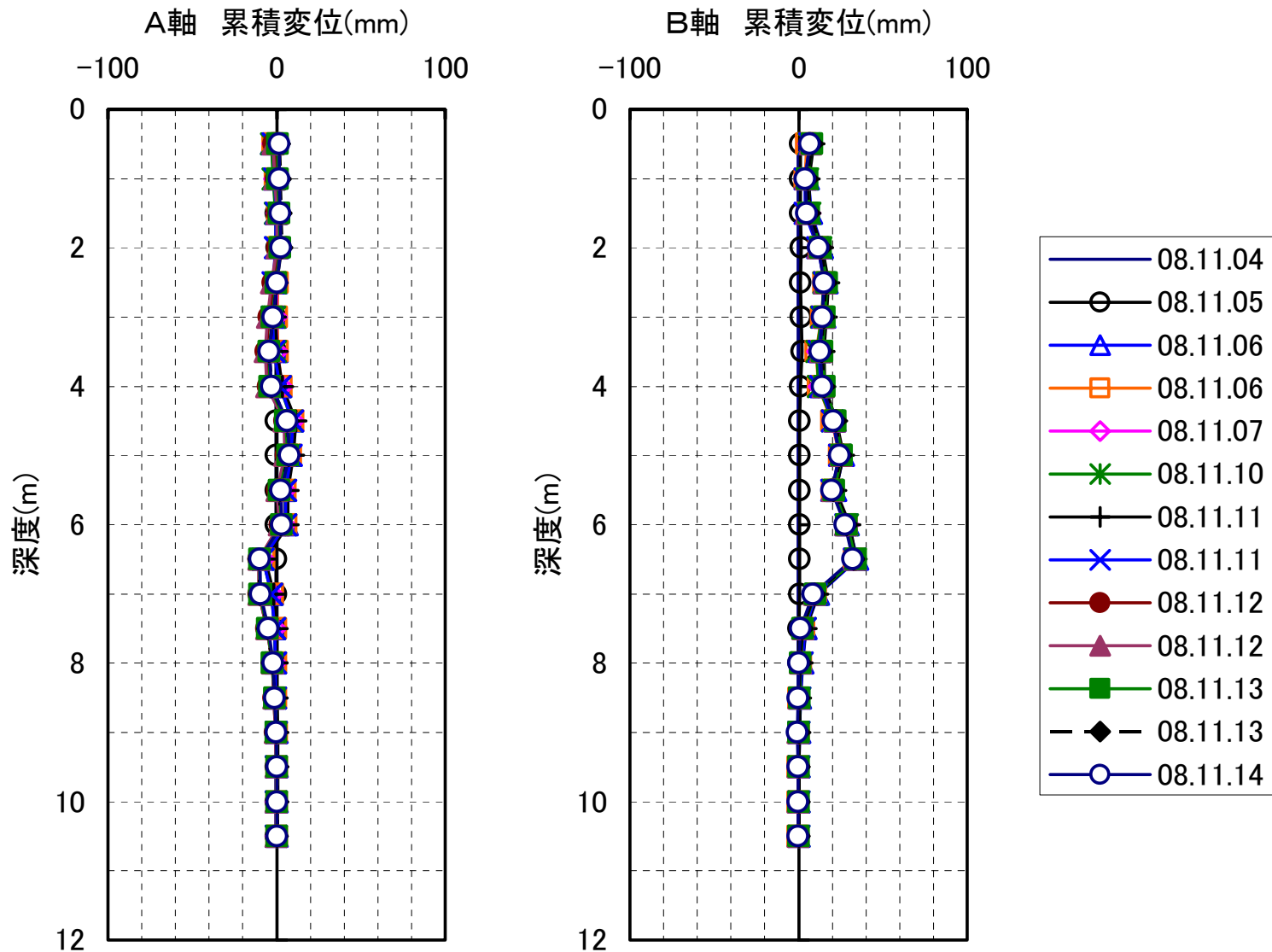
(b) CASE-2 $as=22.5\%$

工事の途中経過報告(変位傾斜計計測)



(a) CASE-1 $as=8\%$

工事の途中経過報告(変位傾斜計測)



(b) CASE-2 $\alpha_s=22.5\%$

おわりに

本工事と並行して、有識者を交えた委員会を開催し、本工事で得られた調査結果及び施工データの解析や評価について、検討を進める予定となっている

供用中の施設直下での施工は、非常に厳しい管理が必要となるが、本工事の施工データを蓄積し、仙台空港の各特性に対し最適な設計・施工できるように役立てたい

ご清聴ありがとうございました

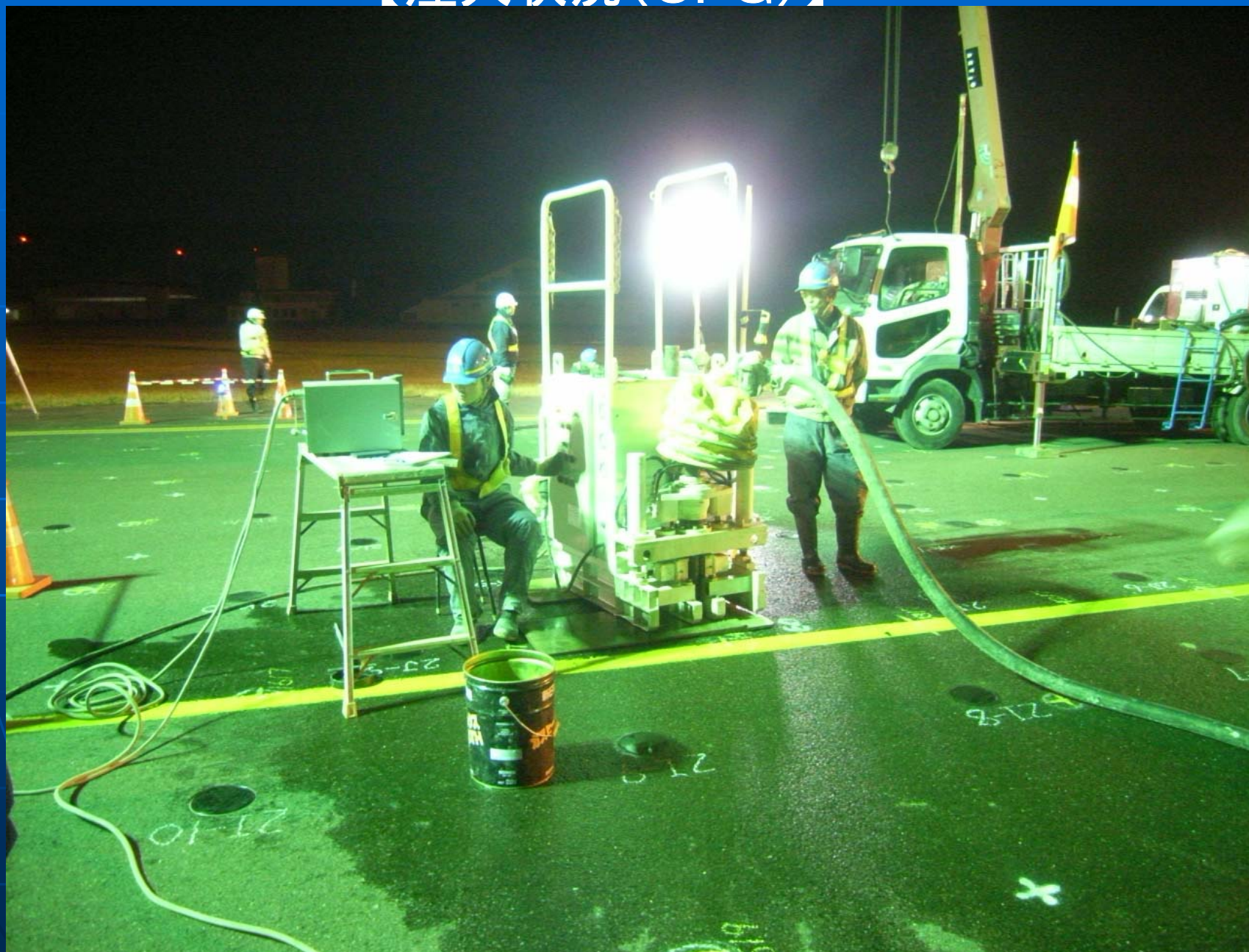
【防護キヤップ開栓(CPG)】



【削孔状況(CPG)】



【注入状況(CPG)】



【施工中のレベル計測(CPG)】



【車載プラント(CPG)】

