

エアデス 空気注入不飽和化工法 Air-des 工法

空気注入不飽和化工法 (Air-des工法) は、地盤内に空気を直接注入し、地盤を不飽和化させることで液状化抵抗を増大させる地盤改良工法です。



■Air-des工法の特徴

- 使用材料が空気であるため、他の液状化対策工法に比べて安価、施工に伴う環境負荷を軽減。
- 既設構造物直下にも適用でき、施設を供用したまま施工できる。狭隘なスペースでも適用できる。
- 約10年間の期間をかけて開発

共同開発メンバー



国土交通省 四国地方整備局
不動産テトラ



愛媛大学
EHI ME UNIVERSITY
オリエンタル白石



東亜建設工業
ダイヤコンサルタント

地盤の液状化被害

重い構造物



緩い砂地盤
地震で液状化

アパート



地盤に支える力がなくなり、
重い物は沈下、



道路盛土

地盤の液状化被害

液状化した地盤は液体状になり、流れる。

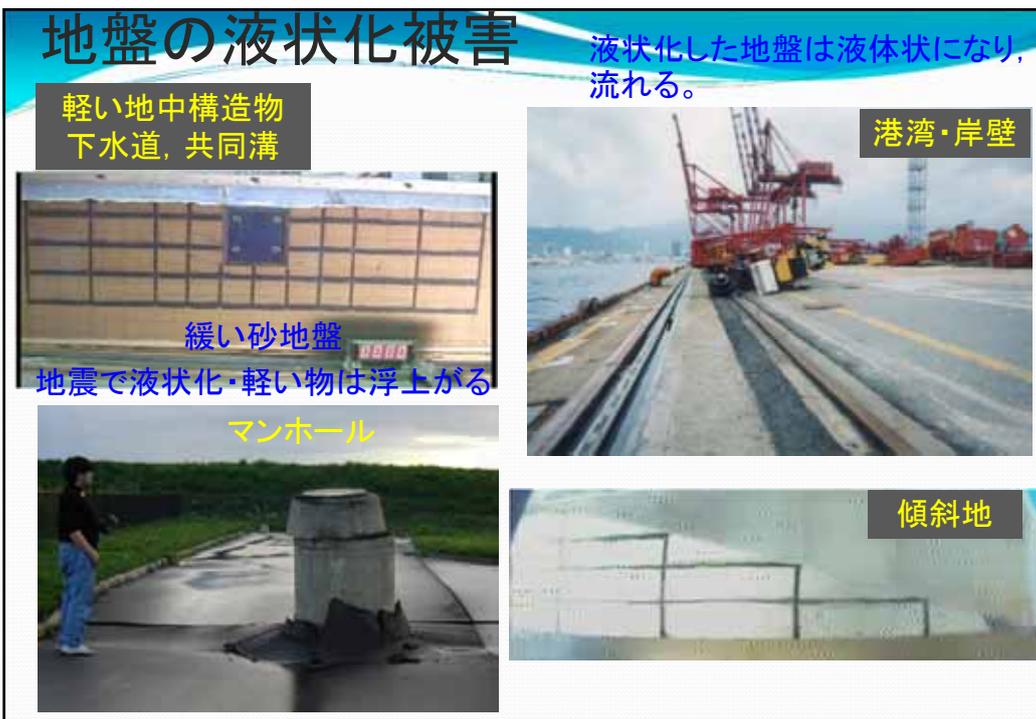
軽い地中構造物
下水道, 共同溝

港湾・岸壁

緩い砂地盤
地震で液状化・軽い物は浮上がる

マンホール

傾斜地



Air-des工法の効果(構造物の実験)



無対策→

←空気注入

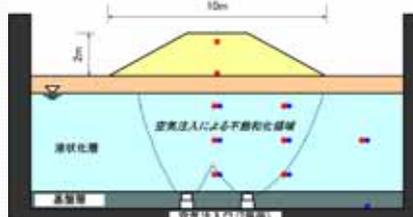
空気あり

Air-des工法の改良効果(盛土)

- Air-des工法は、**既存構造物直下地盤**を不飽和化することで液状化を防止し、構造物の地震による被害(沈下や傾斜)を防止・低減することができます。この工法の効果を検証するために、種々の模型地盤で振動実験を行っています。

緩い砂地盤上の既設盛土
(盛土高さ2m, 幅10m)

盛土直下に2箇所空気注入
270gal(震度6強)で加振



無対策地盤
基礎地盤の液状化により大きく沈下

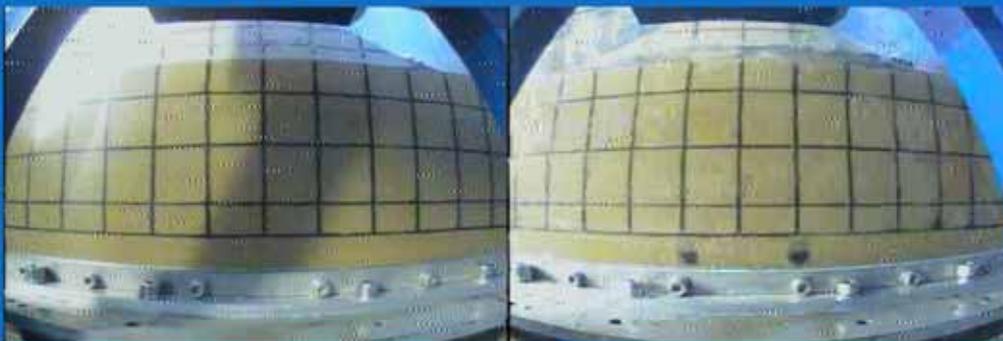


Air-des工法対策地盤
無被災・盛土直下地盤は液状化せず

Air-des工法の効果 (遠心模型実験)

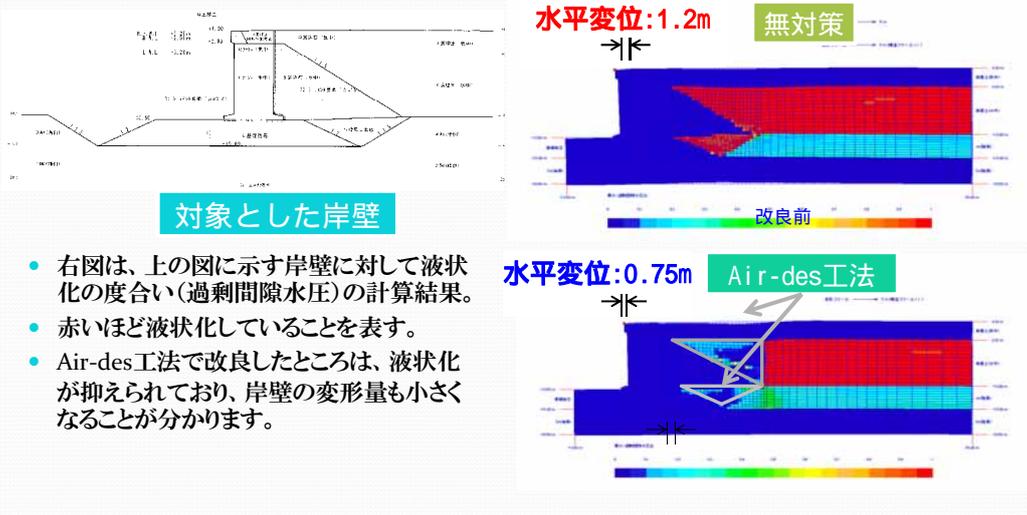
無対策

盛土直下全域不飽和



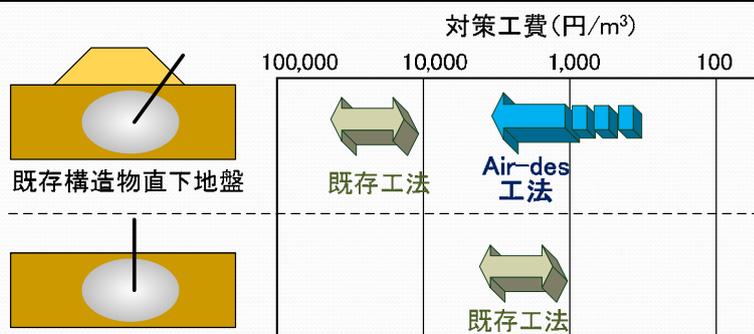
Air-des工法の改良効果(港湾)

- Air-des工法では、**既存構造物の背後等**を不飽和化することで液状化を防止し、構造物の地震による変形量を小さくすることもできます。その効果は、**コンピュータシミュレーション**を用いて計算することができます。



主な既存の液状化対策工法とコスト

原理	代表的な工法	概要
締固め	SCP工法	砂や碎石を地盤内に圧入し、地盤を締固めて液状化抵抗を増加させる
水圧消散	ドレーン工法	ドレーンを設置して地震時の水圧を消散させ、液状化し難くする
固結	表層・深層混合処理工法	セメント系の固化材で地盤を固結 させ、液状化抵抗を増加させる工法
	薬液注入工法	地盤内に 流動性のある薬材を充填注入 し、地盤を固結させて液状化抵抗を増加させる工法
不飽和化	空気注入不飽和化工法 (Air-des工法)	【世界初】 地盤内に空気を注入し、地盤の飽和度を低下させて液状化抵抗を増大させる工法

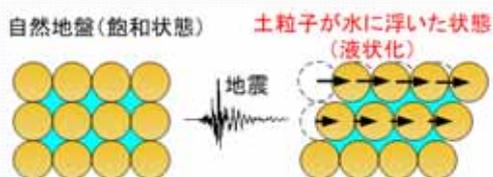


(概略の工費。正確な工費は地盤条件による)

Air-des工法の原理

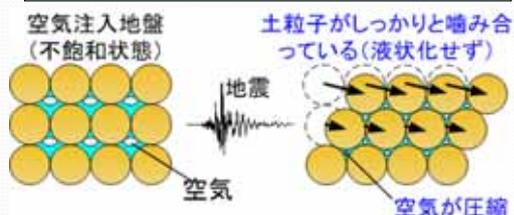
間隙の5～10%程度の気泡が土中にまんべんなく含まれているだけで液状化強度が増加します。この気泡は、通常地盤の性質（強度、透水性、地震時の振動特性など）はほとんど変わらず、地震時には過剰間隙水圧を下げるクッションの役目を果たし、液状化強度を大きくします。

通常地盤（飽和地盤・空気無し）



飽和地盤: 間隙（土粒子間の隙間）が完全に水で満たされている地盤（飽和度100%）

Air-des対策地盤（不飽和地盤・空気有り）



Air-des改良地盤: 間隙の5～10%が空気に置き換わった地盤（飽和度95～90%）

（液状化が生じる可能性のある全ての地盤を対象にできる万能な工法ではありません。有効上載圧が小さい地点や塑性のある土には現時点では適用できません）

Air-des工法の施工設備概要

Air-des工法は、空気供給源から供給された空気を圧力計・流量計により計測し、減圧弁にて所定条件となるように制御しながら施工を行います。システムが非常に簡素であることから、広い設置スペースを必要とせず、狭隘な箇所でも適用可能です。



徳島・撫養港における試験施工現場

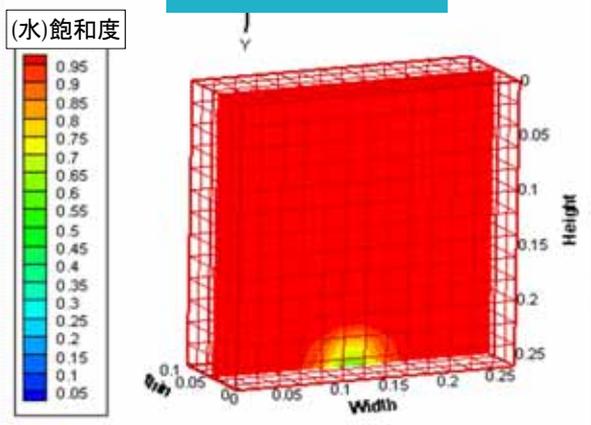


施工のための大型機
械は必要ない。



地盤に空気を入れると、空気の動きは？

シミュレーション



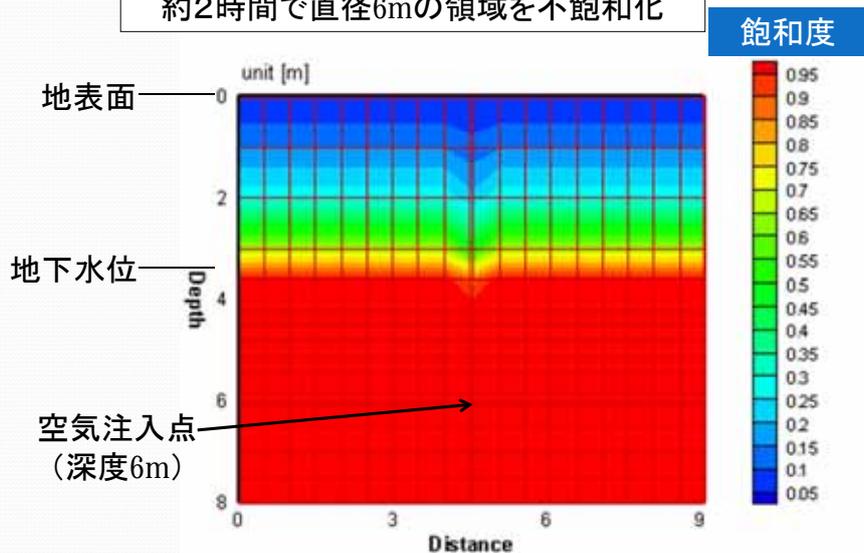
実験



自然地盤 飽和度 100% → 空気注入中 40~80%程度 → 空気注入停止後 90~95%程度

実際の地盤でのシミュレーション(高知市)

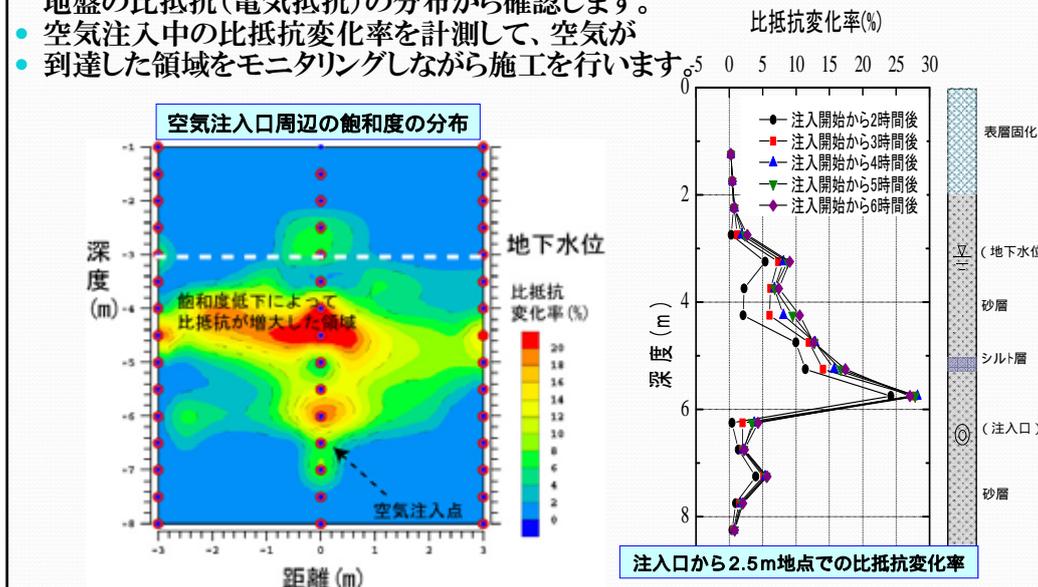
約2時間で直径6mの領域を不飽和化



空気注入状況を把握するモニタリング技術

本工法では、空気注入により地盤中の所定の領域に空気が広がったことを、地盤の比抵抗（電気抵抗）の分布から確認します。

- 空気注入中の比抵抗変化率を計測して、空気が
- 到達した領域をモニタリングしながら施工を行います。



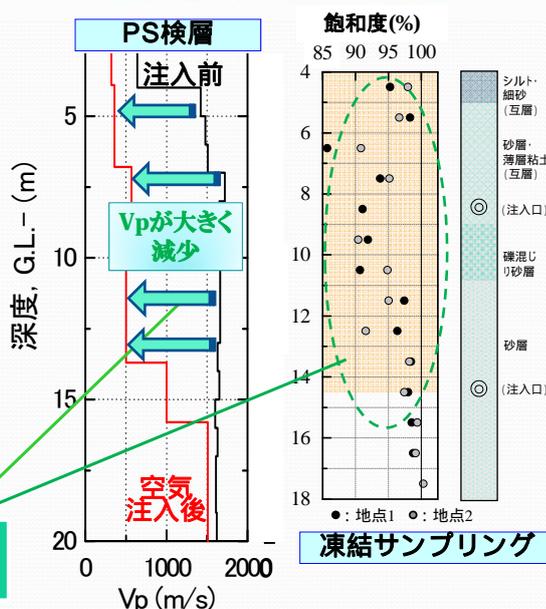
試験施工によるAir-des工法の品質確認

地盤の不飽和化を確認する方法として、①直接地盤をサンプリングして飽和度を算出する方法、②原位置調査手法を用いて飽和度低下を確認する方法の2種類があります。Air-des工法では、実地盤内で空気注入を行い、

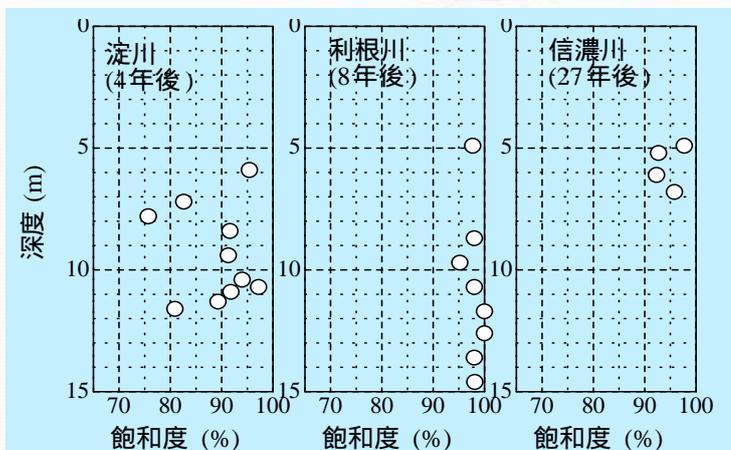
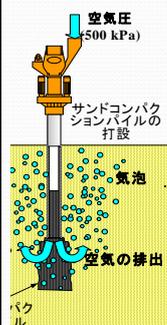
- ①高精度の凍結サンプリング
- ②PS検層

によって、飽和度の低下を確認しています。

しっかりと空気が入り、不飽和化されている



不飽和状態の長期持続性



(凍結サンプリングによる飽和度の測定例)

- ▶ 一旦不飽和化された地盤では、容易に再飽和せず長期間に亘って空気が間隙に残存することが確認できている
- ▶ 正確な残存期間の予測は今後の課題。およそ10年程度毎に再注入を予定

工法完成までの経緯

- ~2004 多数の実地盤での不飽和状態持続性の調査
- 2004~2008 室内実験によるメカニズムと効果の解明
- 2007 高知県高知市における現場実験
- 2008~2012 設計・施工法の産官学共同開発
- 2010 徳島県鳴門市における現場実験
- 2011~2012 専門家による技術検討委員会で審査・承認

およそ10年間かけて工法を完成

- 2008 (社)地盤工学会四国支部 研究・論文賞受賞
- 2009 シンガポール国際地盤改良会議で最優秀論文賞受賞
- 2009 公益社団法人 地盤工学会四国支部 技術開発賞受賞

まとめ

Air-des工法の特徴

- 使用材料が空気であるため、他の液状化対策工法に比べて極めて安価、今後の技術開発（更なるコストダウン）の余地が大いにある。
- 環境負荷を軽減。使用材料が自然材料の空気であるため、環境に極めて優しい工法（地盤中に化学物質などの異物を入れない）。
- 既設構造物直下にも適用でき、施設を供用したまま施工できる。狭隘なスペースでも適用できる。
- 約10年間の期間をかけてしっかりとした技術開発