地盤の液状化に伴う空港滑走路の変状に関する現場液状化実験および残留変形解析

港湾空港技術研究所 正会員 〇中澤 博志港湾空港技術研究所 正会員 菅野 高弘日本工営 非会員 大和田 貴博

#### 1. 目的

空港は、地震災害時に緊急物資輸送の拠点等として非常に重要な施設である.したがって、発災後に航空機 等の受入れを実施することが必要不可欠であり、地震直後から求められる機能を発揮するためには、空港諸施 設の耐震性の確保や被災レベルに応じた施設の供用再開の判断が重要となる.本研究では、実際の空港と同様 な設計仕様の滑走路を模擬したアスファルト舗装を施工し、その直下および周辺において制御発破を用い地盤 の液状化現象を再現した.本報では、液状化に伴う滑走路の変状調査および解析結果について報告する.

### 2. 実験条件および実験方法

実験は現在造成中である北海道石狩湾新港西地区で実施した.図-1 にアスファルト舗装平面図および地層 想定断面図を示す.アスファルト舗装下の地層構成は,表層から埋立て層(Fs層)と沖積砂質土層(As1層, As2層)で構成され,地下水位が概ねGL-2.5mに分布している.なお,各地層の試料の特性については,表-1 に示す通りである.

アスファルト舗装は 50m×60m の範囲で施工され,表層の密粒度アスファルトから下層路盤まで舗装厚は 96cm であり, B747 クラスの航空機の離発着が可能な仕様である.また,図-1 に示す様に,舗装直下には静

的圧入締固め(CPG)工法,浸透固化処理工法および超多点 注入工法の3種類の液状化対策工が施工されている.

実験では地盤を液状化させるため,GL-4.5m および-9.0m の2深度,平面的に概ね6.5m ピッチで爆薬を設置し,0.2秒 間隔で発破を行った.実験時に過剰間隙水圧の計測,実験前 後には5m×5mメッシュによる水準測量およびX-1~X3,Y1 ~Y2 断面において小型路面性状測定装置による舗装の平坦 性調査を実施した.

## 3. 実験結果

## 3.1 過剰間隙水圧の時系列データ

図-2 に未改良地盤および CPG 工法改良範囲内の過剰間隙 水圧時系列データを示す.未改良部における過剰間隙水圧 ∠u(kPa)は,発破直後に初期液状化に達するものの,CPG 工 法改良部では,過剰間隙水圧比∠u/σ,'が概ね 0.5 を示してい る様子がわかる.また,発破後の過剰間隙水圧の消散過程は, 未改良地盤で一時間後に∠u/σ,'が概ね 0.5,一日後には完全 に消散する結果となった.

### 3.2 舗装面の変状

図-3 に完全に過剰間隙水圧が消散した発破7日後の舗装 面の沈下分布図を示す.総じて液状化対策工上の沈下量は数 mm 程度であり,一方,未改良部分に関しては300mm 以上

キーワード 液状化,空港,滑走路,残留変形,液状化対策工

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 (独)港湾空港技術研究所 TEL 046-844-5058

図-1 アスファルト舗装部分における平面図および断面図(単位:m)

表-1 試料の物理的性質

地層	N値(平均)	細粒分含有率	平均粒径	均等係数
		Fc (%)	D <sub>50</sub> (mm)	Uc
Fs	1~8 (2.6)	7.4 <b>~</b> 34.8	0. 103 <b>~</b> 0. 276	2.40~15.6
As1	3~12 (7.9)	9.7 <b>~</b> 16.2	0. 152~0. 232	2.33~11.0
As2	8~20 (14.1)	7.6~22.3	0. 169~0. 271	2. 40~13. 2

を示すことから,液状化対策工の有無で明瞭な差が生じて いることがわかる.

# 4. 残留変形解析

アスファルト舗装部での液状化による地盤変形量および 過剰間隙水圧消散に伴う地盤沈下量を算出するため、代表 断面として、Y1 測線において ALID<sup>1)</sup>による残留変形解析を 実施した.解析モデル図および解析定数一覧を図-4 および 表-1 にそれぞれ示す.本解析方法は、液状化安全率  $F_L$  と Fc より、地震前に対する液状化時のせん断剛性低下率を求 めることが必要となる. $F_L$ の算出にあたり、発破による外 力条件が不明確であるため、既往の検討結果<sup>2)</sup>を参考に水 平深度を 0.2 と仮定し、道路橋示方書による簡易法により  $F_L$ を求めた.また、液状化後の沈下量については、石原ら <sup>3)</sup>の試験結果に基づき算定した.

図-6に示す解析結果から得られたアスファルト舗装表面 の沈下分布と Y1 側線上で実施した小型路面性状測定結果 について図-5に示す.測定結果および解析結果ともに, 液状化対策工の範囲を除く未改良部分で沈下が生じ,同 様な変状の傾向を良く捉えている.特に,40m~60m に かけての未改良地盤部分において良い一致を示し,アス ファルト舗装が地盤の変形に追随して変状を起こして いる様子を明瞭に捉えることができた.

# 5. まとめ

空港の滑走路と同等なアスファルト舗装を施工し,液 状化に伴い生じる変状について調べた.液状化対策の有 無により,数mm~300mm以上の不等沈下が生じたが,こ のような大変形が生じても,アスファルト舗装が地盤の 変形にある程度追随して変状を起こすことが示された.

#### 【参考文献】

1)安田進,吉田望,安達建司,規矩大義,五瀬伸吾,増田民夫: 液状化に伴う流動の簡易評価法,土木学会論文集,No.638/III-49, pp.,1999.2)菅野高弘,中澤博志,澤田俊一,吉澤大造,比留間 誠之,長瀬 雅美: Piezo Drive Cone を用いた液状化に伴う不同 沈 下 量 の 評 価, 第 8 回 空 港 技 術 報 告 会, http://www.mlit.go.jp/koku/03\_information/12\_kuukougijutu/0712\_s hiryou/1\_011.pdf, 2007 3)Ishihara, K. and Yoshimine, M.: Evaluation of Settlement in Sand Deposits Following Liquefaction During Earthquakes, *Soils and Foundations*, Vol.32, No1, pp.173-188, 1992.









