

港湾空港技術研究所

仙台空港の液状化対策

震災から、約一カ月後に国内臨時便の受け入れを再開した仙台空港。誰もが驚くほどの迅速な復旧には、事前に滑走路の液状化対策が進められていたことが大きかったという。その対策について、空港施設等の耐震性の向上に携わっている港湾空港技術研究所の菅野特別研究官にお話を伺った。



独立行政法人港湾空港技術研究所
 特別研究官 地震防災研究担当

菅野高弘
 Takahiro Sugano

迅速な復旧を見せた仙台空港

仙台空港の液状化対策工事は、二〇〇八（平成二十）年度から開始されてきました。空港の液状化対策工事は、供用しながらの対応となるので、最終便が発着した後の夜間しか工事ができません。そのため、全ての作業が完了するまで、約一〇年ほどかかります。今回は、対策開始から二年目で被災しました。滑走路の地盤改良工事が完了した段階です。現地を調査してみると、対策済みの箇所とそうでない箇所とでは、被害に明確な差が出ていました。改めて、液状化対策の必要性を認識しています。

仙台空港の被災状況は、津波による浸水の被害はありましたが、液状化による滑走路本体の被害はほとんどなかったといえます。クラックが滑走路、誘導路の横断方向にそれぞれ一本ずつ発生しましたが、いずれも注入材によって早急に復旧できるものでした。がれき撤去作業も同時に行われ、三月十一日に被災したものの、同月十六日には米軍の輸送機が着陸できるようになりました。また約一カ月後には、国内臨時便の受け入れを再開できるようになりました。

震災時に求められる空港の役割

仙台空港は、はじめから液状化対策を考慮し

2011.3.13 土砂や瓦礫の撤去開始



泥水で覆われた滑走路 (3月13日撮影)

2011.3.16 滑走路の供用再開



仙台空港に離着陸する米軍の輸送機 (3月16日撮影)

て建設された空港ではありませんでした。対策を実施するきっかけとなったのは、大規模地震発生時に、空港が緊急輸送の拠点として活躍したことがあげられます。例えば二〇〇四（平成十六）年に発生した新潟県中越地震では、新幹線や高速道路等の陸路が寸断されたなか、新潟空港が被災を免れたため、羽田空港から臨時便を出して、緊急物資・人員等の輸送を受け入れました。陸路が復旧するまでの間、大きな役割を果たしたといえます。

こうした背景から、地震に対する空港のあり方を改めて見直すために、二〇〇七（平成十九）年四月に、国土交通省航空局に設置された「地震に強い空港のあり方検討委員会」の報告書が取りまとめられました。そのなかで、空港施設の耐震性向上の方向性として、緊急物資輸送・人員の受け入れが行える地域の早急な拡大と、局地的な地震災害による航空ネットワーク全体への影響防止が示されました。これを実現するために、航空輸送上重要な空港を一三箇所選出し、優先的に対策が進められました。そのうちのひとつが仙台空港です。なお、選出の基準は、救急活動に使用するヘリコプターが一回の給油で二往復できる範囲を圏域とし、その圏域が全

国を網羅できることを想定しています。

これらの空港の耐震性向上には、多大な時間と費用を要します。過去の工事実績をもとに試算すれば、概ね一〇年、約二、〇〇〇億円程度と見積もられます。そこで、早期実現とコストの縮減を図るため、二〇〇七（平成十九）年四月（十月にかけて、北海道の石狩湾新港内埋立地（整備中）にて、大規模な実大実験を行いました。

石狩湾新港の人工液状化実験

この実験は、事例が少なく、準備が大変ですが、空港土木施設に発生する液状化時の被災現象の時系列データが取得できます。対象が通常の道路舗装と異なり、ジャンボジェット機が走行するような滑走路舗装であること、また過去の事例に検証可能なデータがないことから、実大実験に踏み出しました。実験は、行政、大学、独法研究所、協会、民間の計四六機関の参画と、石狩湾新港管理組合、北海道開発局の協力支援を得て行われました。

実験の手順は以下になります。はじめに、敷地内の地盤調査を行い、七種類の地盤改良を実施しました。次に、羽田空港と同じ滑走路や電波施設を実際に施工しました。最後に地中の爆

2011 東日本大震災による被災状況



A 滑走路の地盤改良部分



B 平行誘導路の未施工部分

人工液状化実験に基づいて提案された方法を用いて、塩釜港湾・空港整備事務所が実施しています。仙台空港は、選出された一三空港のうち、最初に着手された空港となります。

仙台空港の地盤は、B滑走路中央付近を境として、東側が砂丘部、西側が後背湿地部に分類されます。診断の結果、後背湿地部に位置する県道地下道横断部と木引堀水路周辺の砂が液状化する恐れがあることが分かり、滑走路部分を最優先とし、対策を講じました。

二〇〇七（平成十九）年度に「仙台空港液状化対策検討委員会」が設置され、耐震対策整備範囲及び改良工事の検討を行いました。二〇〇八（平成二十）年度にB滑走路平行誘導路のC-3誘導路において、地盤改良工事を行い、仙台空港の各特性に適した対策工法及び改良率の設定を検討しました。その結果を踏まえて、二〇〇九（平成二十一）年度に滑走路に着手し、改良を終えた段階で今回の震災に見舞われました。

幸い対策済みの滑走路は、被害がほとんどなく、航空機の運用が可能な状態でした。一方、対策が未施工な部分は、沈下や段差が発生しており、修復工事が必要な状態でした。

石狩湾新港の人工液状化実験（2007年実施）



石狩湾新港の実大実験による液状化状況の再現。地盤改良は①CPG工法改良、②超多点注入工法改良、③浸透固化処理工法改良、④交差噴流式高圧噴射工法による格子状改良、⑤高圧噴射攪拌工法による杭状改良体範囲、⑥マイクロバブル注入範囲、⑦高強度ジオシンセティックス、以上7種を実施し、その効果を検証した。



砂が地下水とともに噴出し、液状化した様子。

破により、強制的に液状化状況を再現しました。その後、地盤及び空港施設の挙動解析を行い、発災時における滑走路等の機能維持のための対策、供用再開の判断基準を検討しました。

空港の液状化対策工事にはいくつかの制約条件があります。例えば、航空機は時速三〇〇キロで走行するため、滑走路や誘導路の舗装に、段差やうねりがあってははいけません。夜間の限られた時間での工事ですが、必ず翌朝には航空機の走行が可能でなくてはならない。さらに、ジャンボジェット機は設計荷重が一機あたり四〇〇トほどあるので、未固結な地盤でもいけません。砂を締め固めようとして、周辺に変位が出てはいけない。そのため、例えば低変位型のコンパクショングラウチング工法を用いながら、周辺への影響を気をつけて施工するなど、制約条件をクリアするための方法を検討しました。

コスト縮減に一番効果を示したのは、改良範囲の縮小です。二〇〇八（平成二十）年七月に「空港土木施設耐震設計要領」が改定され、仕様設計から性能設計に変更されたこともあり、滑走路に求められる要求性能を再検討しました。また、改良率についても、改良柱体の配置間隔

供用しながらの対策

液状化対策の研究は、一九六四（昭和三十九）年の新潟地震を契機として取り組みが始まりました。しかし、当時は液状化という現象は一般に認知されていませんでした。その後、高度成長期を迎え、多くの社会基盤施設がつくられました。一九九五（平成七）年の阪神・淡路大震災で液状化の被害が明るみに出ましたが、このときには、すでに数多くの施設が未対策のまま整備されていました。液状化対策の技術は、港湾においては、一九八三（昭和五十八）年の日本海中部地震から、多くの社会基盤施設では、阪神・淡路大震災後から、約一〇年で飛躍的に伸びています。しかし、コストと、施設を使用しながらの対策ということが壁となり、対策が進んでいないのが現状です。

空港は社会基盤施設の全てが凝縮されている施設です。また、地域防災計画の拠点施設として、活躍が期待されています。今回の仙台空港のように、事前対策が功を奏し、被害を最小限にできたことは、研究者として嬉しく思います。引き続き、空港を含め広く社会基盤施設の液状化対策・耐震性向上に貢献していきたいです。

2008～ 仙台空港の液状化対策工事



液状化対策工事の第二号ユニット

仙台空港の液状化対策工事は、石狩湾新港の

を抜けるなど、どのレベルまで縮減しても性能に影響がでないかを検討し、見直しを図りました。こうした結果、従来と比べ、コストを最大三割下げて施工できることが確認できました。この結果も活用しながら、全国一三空港の対策が開始されています。