

# 東京国際空港におけるエプロン舗装の 維持に関する課題への対応

吉田 早希

関東地方整備局 東京空港整備事務所 第二建設管理官室 (〒144-0041 東京都大田区羽田空港3-3-1)

東京国際空港ではターミナルエプロンにPC舗装を採用している。地盤沈下に対し、舗装版を油圧ジャッキで所定の高さに持ち上げた後、舗装版と路盤の空隙を充填するリフトアップ工を実施してきた。現在、航空機荷重の作用等により、リフトアップ工に用いた充填材が変形・破損し目地等から噴出することで、PC舗装版下に空洞が確認されている。空洞化が進むと舗装版の変形につながり、空港運用に支障をきたす恐れがある。空隙充填の補修工事にあたり、新たに選定した充填材の現地条件下での有効性の検証したうえで工事に適用した。検証内容として、以下を確認した。(1)低温環境下の硬化、(2)薄層での充填、(3)限られた時間内での強度の発現

キーワード 東京国際空港, エプロン舗装, 空隙充填

## 1. はじめに

東京国際空港では、航空機の駐機場であるエプロンの舗装は、航空機の静止荷重が作用すること、燃料漏洩の可能性などから、基本的にコンクリート舗装である。コンクリート舗装の種別には、無筋コンクリート (NC) 舗装、プレストレストコンクリート (PC) 舗装などがある。それぞれの舗装の特徴や適用性を踏まえ、エプロンの種別と機能に応じて、最適な舗装での整備を行っている。

その中でも、供用後も沈下が見込まれる箇所に対してはPC舗装を採用した。浚渫土などを利用した埋立地にある東京国際空港は、現在も圧密沈下が継続している。地盤沈下による平坦性の悪化や規定勾配を逸脱した路面の維持補修には、従来PC舗装版のリフトアップ工を実施し対応してきた。

舗装の平坦性などを補修する工法として、一般的にオーバーレイ工法がある。この工法は打設したコンクリートの養生期間を必要とする。東京国際空港のエプロンは、使用頻度が非常に高く、日中の長期間の閉鎖が困難であるため、夜間に工事を完了させる必要がある。リフトアップ工を用いることで空港運用に支障を与えない短時間での施工を可能にしている。

## 2. リフトアップ工によるエプロン舗装の維持補修

### (1) 現状

地盤沈下による舗装の維持補修に用いるリフトアップ工は、沈下したPC舗装版を油圧ジャッキで所定の高さに持ち上げた後、舗装版と路盤の空隙を充填し補修する工法である。(図-1)

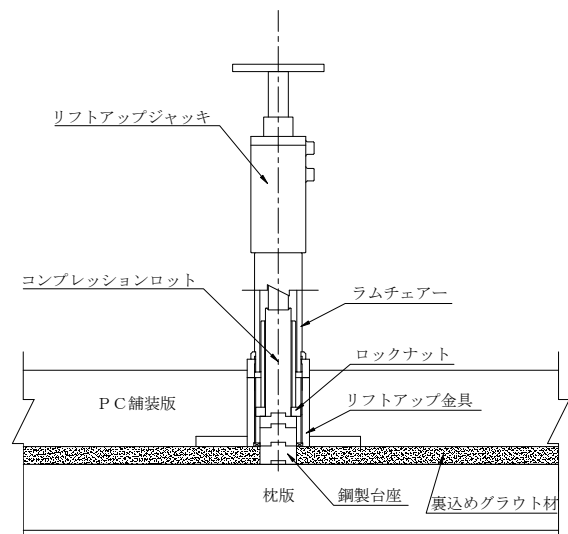


図-1 リフトアップ概要図

その際、空隙充填には主にセメント系グラウト材を用いてきた。性能は以下のとおりである。

- ・圧縮強度 : 材齢2時間で2N/mm<sup>2</sup>以上
- ・充填可能な空隙厚: 2~4mm ※10mm以上推奨
- ・施工性 : 水中不分離性を有する

しかし、現在ではこれらの充填材は、航空機荷重の作用や舗装版下へ雨などの水分の侵入により変形・破損が生じてノロ化し、航空機の走行によって舗装版がたわむことで流動して目地等から噴出している。(写真-1)それに伴い、舗装版下に空洞が確認されている。空洞化が進むと舗装版の変形につながり、さらに破砕に至ると空港運用に支障をきたす恐れがあるため、空洞箇所の空隙を充填する補修を早急に行うことが求められている。



写真-1 ノロの噴出状況 (15番スポット)

## (2) 新たな充填材の選定

上述した既設充填材の現状は、舗装版下が非常に薄い空隙であることや、雨水などによって滞水状態であるといった現地の施工条件に起因している。(図-2)

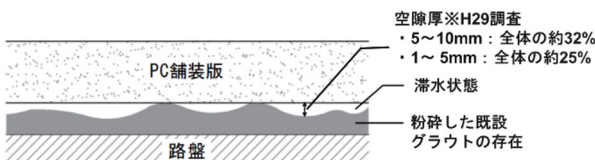


図-2 現地施工条件イメージ (PC舗装版下の断面)

リフトアップ工の空隙充填後の充填材の粉砕やノロ化の解消のため、上記の現場条件に対して適用性の高い充填材の検討を行った。各種条件を満たす充填材として、新たにエポキシ樹脂系グラウト材(以降、エポキシグラウト)を選定した。エポキシグラウトはエポキシ樹脂系接着材に珪砂を混入した材料である。性能を以下に示す。

- ・圧縮強度 : 材齢2時間で2N/mm<sup>2</sup>以上
- ・充填可能な空隙厚: 2mm
- ・施工性 : 水中不分離性を有する  
低温環境下(15℃)で硬化する

## 3. 充填材の有効性検証(試験施工)

エポキシグラウトによる舗装版下の空隙充填は東京国際空港での施工事例がないことから、補修工事へ適用する前に、現地条件下のもとで充填材の有効性を検証することを目的とした試験施工を行った。(図-3、図-4)検証にあたり確認した内容は次のとおりで、これらを確認するための現場の取り組みについて紹介する。

- ・施工時の温度が低すぎると硬化に時間がかかることから、硬化に必要な温度の確認をする。【低温環境下での硬化】
- ・空隙が薄層で、かつ、粉砕した既設グラウトが存在していても、それらと付着・一体化しながら硬化し、所定の範囲を充填することを確認する。【薄層での充填】
- ・現地の薄層を再現した供試体を使い、圧縮強度を確認する。【限られた時間内での強度発現】

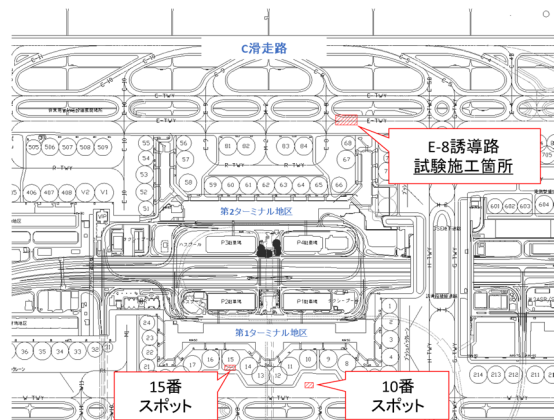


図-3 試験施工位置図

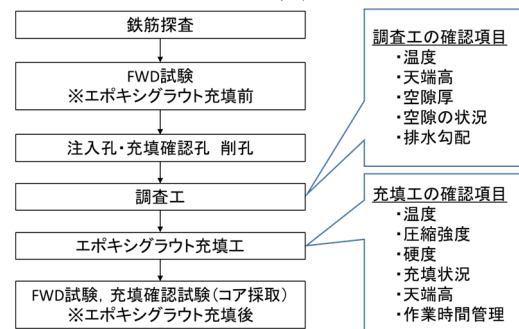


図-4 試験施工 施工フロー図

### (1) 低温環境下での硬化

エポキシグラウトは、充填厚が厚いほど、また、外気温が高いほど短い時間で硬化する特徴がある。充填厚にもよるが外気温が15℃で硬化に2時間以上かかることが分かっている。試験施工では、充填作業時におけるエポキシグラウトの硬化時間を想定することを目的に、外気温と舗装版下の温度計測を調査項目に加えた。

計測結果から、外気温よりも舗装版下の温度の方が若干高い傾向にあることが分かった。(表-1)試験施工時

は夏期で、比較的短い時間で硬化する温度であった。

表-1 温度計測結果

測定日時	外気温	舗装版下
2020/7/19 1:30 削孔・調査作業日	22.8°C	22.7°C
2020/7/21 1:00 充填工 1日目	24.9°C	26.7°C
2020/7/23 充填工 2日目	25.9°C	27.3°C

## (2) 薄層での充填

試験施工箇所の舗装版下の空隙厚を9点の注入孔から測定した結果、5～13mmであった。(図-5) また、滞水状態であることを確認した。

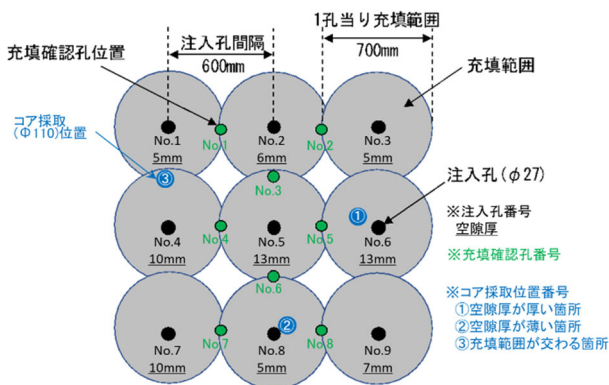


図-5 空隙厚測定結果・コア採取位置図

当初の作業計画では、注入孔と注入ホースの間に隙間があり、その隙間から空気が漏れることで自然流下による注入となっていた。空隙厚が比較的大きいNo. 6 (空隙厚13mm) では、充填確認孔から目視により注入したエポキシグラウトの広がりを確認することができた一方、空隙厚が小さいNo. 9 (空隙厚7mm) では、充填確認孔からエポキシグラウトが確認できず、所定の範囲まで確実な充填ができなかった。

これを受け、現場では、注入ホースにビニールテープを巻いて注入孔との隙間をなくし、空気が漏れるのを防ぐことで圧入による注入となるよう、作業計画の見直し・改善を図り、以降の注入は圧入による注入方法で実施した。(写真-2) その結果、充填確認孔から所定の範囲までエポキシグラウトが充填されていることを確認できた。(写真-3)

試験施工の翌日に、施工前の空隙測定結果を元に決定した3地点でコア削孔を行った。(図-5) 採取したコアから、エポキシグラウトが施工前の空隙測定結果とほぼ同じ充填厚もしくはそれ以上で充填されたことを確認した。特に図-5の地点①で採取したコアは、エポキシグラウトが粉砕した既設グラウトを巻き込むように充填していた。(写真-4) このことから、空隙内が凹凸であったり、既設グラウト片が残置されていることが想定される現地状況下においても、エポキシグラウトの充填によりそれらが一体化し改良できるものと判断した。

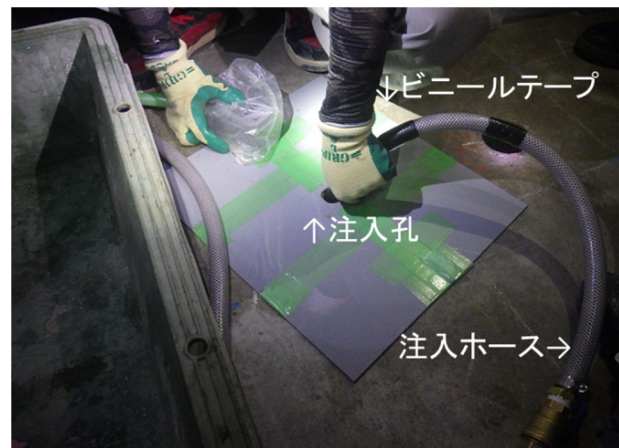


写真-2 エポキシグラウト注入状況 (2日目)



写真-3 充填確認孔No.4 充填状況



写真-4 コア採取地点①の状況

## (3) 限られた時間内での強度の発現

充填材選定時、圧縮強度の要求性能は、航空機荷重により充填材上面に作用する鉛直応力以上となる0.5N/mm<sup>2</sup>以上とし、強度発現時間は現地の作業制約条件より2時間程度とした。

圧縮強度を確認するために、日本工業規格による圧縮強度試験を行い、品質管理を行うのが一般的である。しかし、この試験で用いる供試体の形状は縦・横・高さが15×15×43mmで、現地で施工されるエポキシグラウトの形状とは異なる。そのため現場では、通常の圧縮試験方法に加えてさらなる品質確保の観点から、現地の薄層を再現した供試体による圧縮強度試験相当の確認方法として、硬度計を用いた硬化確認試験方法を考案し取り入れた。具体的な実施内容は以下のとおりである。

- ①施工前の空隙測定結果のうち最小厚さtによる、500×500×t (mm) の供試体を作成する (図-6)
- ②圧縮強度試験機の代わりにA硬度計を用い、①で作成した供試体が、圧縮強度2.5N/mm<sup>2</sup>に相当する基準値として設定した硬度50以上であることを確認する (写真-5)

試験施工における上記方法を用いた強度確認では、平均の硬度が90以上を記録し基準値を大きく上回る結果で、品質面において適用性があると判断した。この方法による品質管理を行ったことにより、現地のエポキシグラウトの形状に近い状態での強度確認が可能となり、有効性の検証にあたりよい判断材料になった。

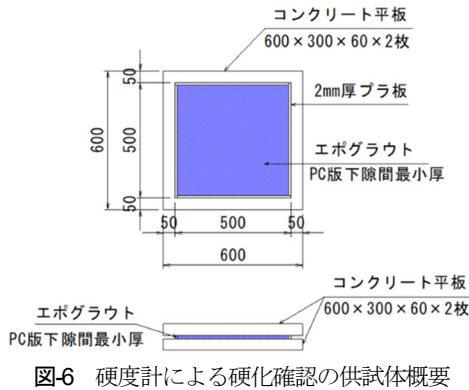


図-6 硬度計による硬化確認の供試体概要

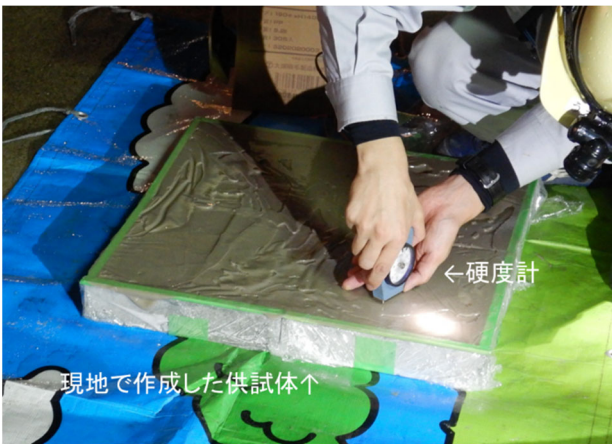


写真-5 硬化試験実施状況

#### (4) 注入間隔の見直し

試験施工で得られた結果から、エポキシグラウトの品質面と施工面の有効性を確認できたため、補修工事へ適

用することを決定した。

そこで、現場では、補修工事のコスト削減を図ることを目的に、試験施工時に650mmで実施した注入間隔を広げることで注入のための削孔本数を減らせないか検討するための追加の試験施工を行った。(図-7)

追加の試験施工箇所の空隙厚は2~4mmと薄く施工に不利な状況だったため、充填確認孔より充填が確認できた1,050mmまでは補修工事において間隔を広げても充填可能と判断した。

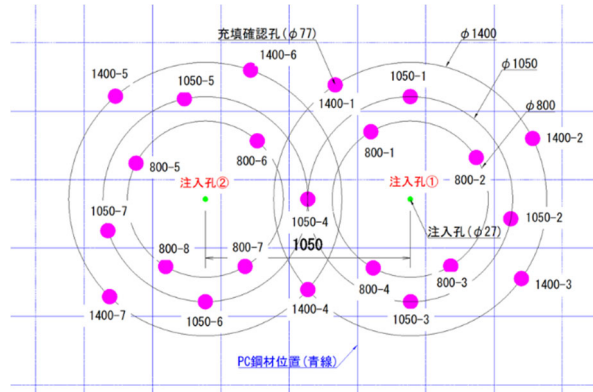


図-7 注入間隔検討 (追加試験施工)

## 4. 試験施工成果の補修工事への反映

リフトアップ工の既設充填材が噴出し、エプロン舗装版下に空洞が発生するというエプロン舗装の維持に関する課題への現場の対応として、新たに選定した充填材が、確実な空隙充填と施工後の充填材噴出の解消に有効であるかを試験施工により検証し補修工事に適用するといった取り組みを行った。

その成果として、10番・15番スポットとE-8誘導路の3箇所(図-3)においてエポキシグラウトを用いて空隙を充填する補修工事を実施した。工事では、基本の注入間隔を1,000mmとして注入し、前項で述べた圧縮強度試験と硬化試験による品質確認と、充填確認孔からエポキシグラウトが所定の範囲まで充填されていることを目視で確認して、補修を完了した。

工事完了から約半年が経過したが、エポキシグラウトの粉砕や目地等からの噴出は確認されておらず、改良効果はあったと考えている。なお、充填材噴出については、今後実施する事後調査に加え、継続的なモニタリングを行う必要がある。また、本取り組みで得た成果は、今後、今回補修した箇所以外の維持補修の施工にも十分活用できるものと思われる。今後も安全な空港運用の実現のために、新たな技術を取り入れた取り組みを進めていきたい。