

福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策

北 口 航

福岡空港は福岡市街地付近に位置し、アクセスが良く利便性に優れた空港である。滑走路1本あたりの離着陸回数が国内で最も多い混雑空港である。供用中の空港誘導路では運航中の工事ができないことから夜間の限られた時間で作業を終了し、翌朝には航空機が運航できる状態へと復旧しなければならない。即日復旧を要するため誘導路では、PPC（プレキャストプレストレストコンクリート）版や、PRC（プレキャスト鉄筋コンクリート）版が多く適用されている。本稿では高強度 PRC 版の特長を紹介するとともに老朽化の進んだ空港誘導路を改良する工事事例について報告する。

キーワード：空港舗装、誘導路改良、プレキャストコンクリート版、継手構造、急速施工

1. はじめに

空港基本施設（滑走路・誘導路・エプロン）である舗装は年々増加する航空機の発着回数や施設の老朽化に対応するため改良及び補修を必要としている。

これまでも高強度 PRC 版は福岡空港誘導路に採用されており、平成 15 年に新技術活用パイロット事業としてはじめて A-7 誘導路に採用された¹⁾。その後も福岡空港誘導路においては平成 17 年度、平成 21 年度 E12, A4, 平成 23 年度 A4, 平成 27 年度 A6, そして平成 28 年度の A4-A5 の誘導路改良工事で採用されている。

2. 高強度 PRC の概要

高強度 PRC 版は（PRC は Precast Reinforced Concrete の略称）工場製作された鉄筋コンクリート舗装版である（写真—1）。耐久性が高く、急速施工が可能な舗装版として平成 13 年度～14 年度に国土交通省国土技術政策総合研究所、(株)ガイアート T・K（現：ガイアー

ト）、ジオスター(株)の共同研究によって開発された²⁾。

特徴として以下を挙げる。

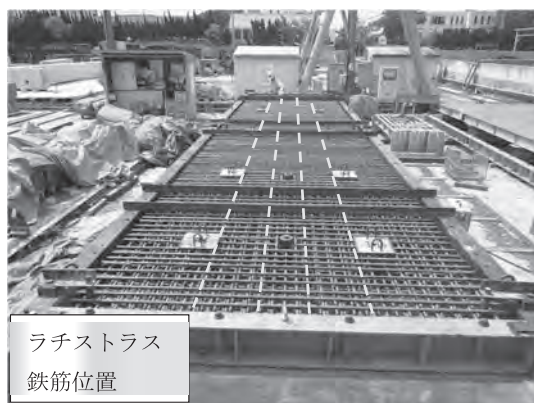
- ・高強度コンクリート（設計基準強度 60 N/mm²）を使用している。
- ・版体積 1 m³ あたり約 430 kg/m³ という鉄筋量の中に圧縮鉄筋・引張鉄筋を部分的に連結させたラチストラス鉄筋が配置されており、版の剛性が高く変形しにくい（写真—2）。写真—3 はコンクリート打設前の型枠配筋状況である。破線位置にラチストラス鉄筋が配置されている。
- ・版同士の接続は、コッター式継手というシールドトンネルのセグメント部材に使われている金具を応用したものをを用いて連結されている。版内に設置されている C 型金物と版設置後挿入される H 型金物という鋳物の金具により構成されている（写真—4）。並べられた 2 枚の版の C 型金物を 1 個の H 型金物



写真—1 高強度 PRC



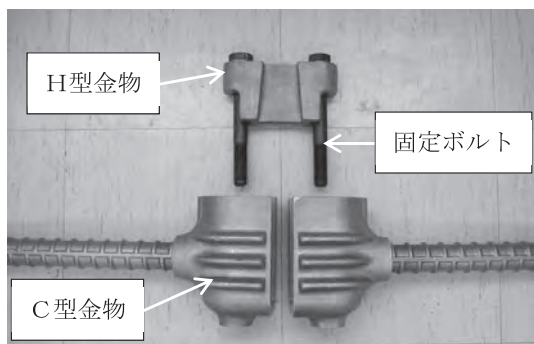
写真—2 ラチストラス鉄筋



写真—3 型枠配筋



写真—5 ビニロン繊維



写真—4 コッター式継手

で固定し、ボルトにより固定している。H型金物とC型金物の接合部に設けられたテーパ状の加工により版連結時は目地部に圧縮力が働く構造となっている。コッター式継手はコンクリート舗装の目地部のせん断力のみを伝達する水平ジョイントと異なり、曲げモーメントも伝達できる荷重伝達率の高い、目地部耐久性を向上させた継手構造である。またコッター式継手により接続することで部分的な段階施工が可能となる。仮据付後一旦解放し、航空機が走行できるコンクリート舗装版での即日復旧を可能としている。そして将来何らかの原因で版の一部が破損した場合でもH型金物を外すことで部分的な取替が可能である。

- ・高強度PRC版は鉄筋コンクリートであるためにひび割れを許容しているが、ひび割れの進展抑制、ひび割れ発生後のコンクリート飛散防止、耐摩耗性の観点より版の表面から70mm程度の範囲にビニロン繊維を10 kg/m³ 混入している (写真—5)。

これらの特長を有する高強度PRC版は目地部の不具合、養生期間の長さ、補修の難しさといった従来のコンクリート舗装の短所を補う急速施工を実現した技術であり、コンクリートの持つ高い耐久性を生かしたインフラの長寿命化やライフサイクルコストの廉価を目的とした技術である。

3. 技術の改良改善

(1) コッター式継手の改良

開発当初、重荷重が作用する空港用のコッター式継手アンカー筋先端は写真—6に示すような形状であった。しかしアンカー筋位置での版表面に、アンカー筋先端部に発生した引張応力によるコンクリートのひび割れが確認されたため、その引張応力を低減させるべくアンカー筋をストレート形状に改良した (写真—7)。平成15年度のパイロット事業では根入れの長いストレート形状のアンカー筋を採用した。



写真—6 開発時のコッター式継手



写真—7 改良後のコッター式継手

平成15年度のパイロット事業後4年間に亘り供用中の追跡調査を行った結果、ひび割れの多くがコッター式継手周辺に発生していた³⁾。これは継手ヘトルクを導入する際、アンカー筋周辺のコンクリートが引張領域となり、そこにコンクリートの収縮や繰返しの航空機荷重が作用する等複合した原因によるものと考えられた。そのため引張応力を分散させるようアンカー筋の周りにスパイラル筋を配置した (写真—8)。

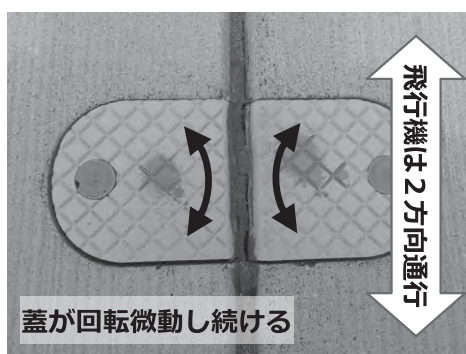
(2) コッター式継手蓋の改良

平成25年にコッター式継手の蓋が1個外れたため、

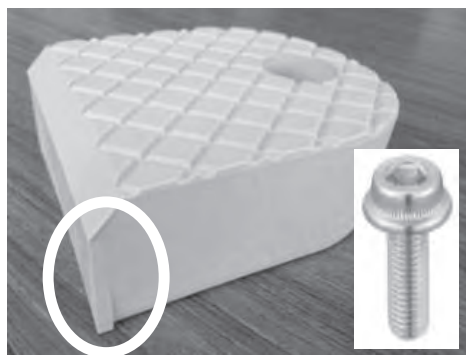


写真—8 スパイラル筋の配置

急遽高強度 PRC 版研究会にて緊急点検を実施した結果、蓋の緩みが確認された⁴⁾。E-12, A-4, A-7 誘導路の継手蓋の総数が 12,282 個、そのうち継手蓋が外れたのは 1 個、緩みが 246 個確認された（両方とも A-4 誘導路内）。これらの蓋の内、高強度 PRC 版との隙間に接着剤が充填されていたのがパイロット事業の A-7 誘導路だけで、その後の設計において管理面を考慮し蓋周りの接着剤が省略されていた。調査考察は、隙間からの雨水侵入による固定ボルトの錆、加えて A-4 誘導路は航空機の双方向通行が他の誘導路と比べて多いため蓋の回転微動が重なり（写真—9）、ボルト先端をすり減らしたことが原因ではないかと考えられた。対策としてボルトの交換・締め付け及び接着剤の蓋周辺への充填を行った。その後回転微動を抑えるための突起を付けた蓋と、通常の六角穴付きボルトからワッシャー機能を持つフランジボルトへと改良した（写真—10）⁵⁾。



写真—9 継手蓋の動き



写真—10 継手蓋とボルト

4. 施工事例

(1) 施工概要

施工箇所を図—1に示す。

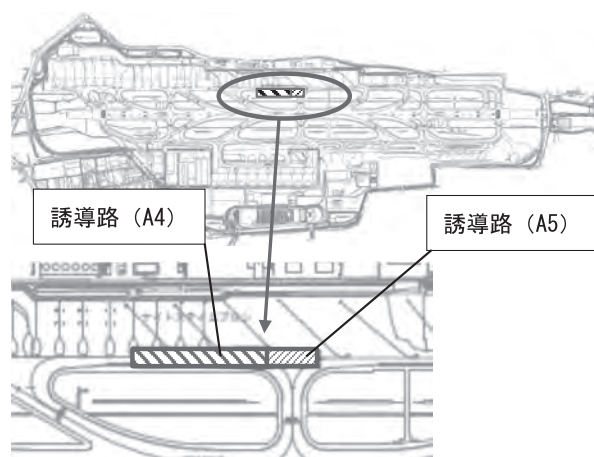
工事名：福岡空港誘導路（A4-A5）改良工事

工期：平成 28 年 5 月 25 日～平成 29 年 3 月 10 日

施工場所：福岡県福岡市博多区福岡空港地内

舗装版施工面積：PRC 版敷設 約 7,850 m²

舗装版施工枚数：プレキャスト版 220 枚, AP 版 13 枚



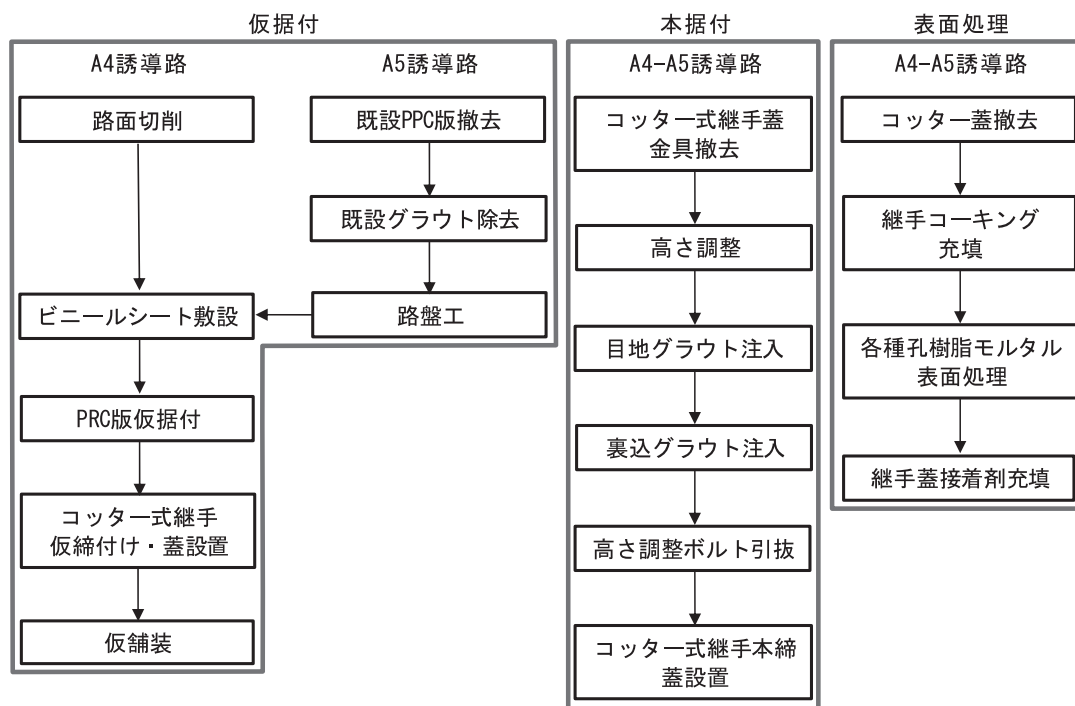
図—1 施工箇所

(2) 施工方法

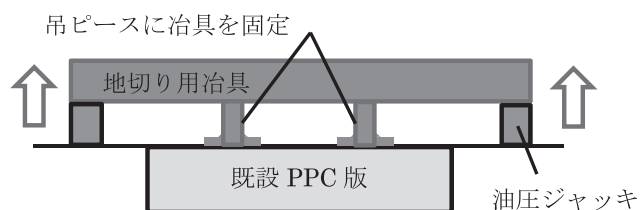
供用されている空港基本施設では施工時間の制約が厳しく、限られた時間の中で施工を完了し再び航空機が運航可能な状態へ復旧しなければならない。A4 誘導路では既設のアスファルト舗装を切削し、高強度 PRC 版を設置することで改良した（写真—11）。A5 誘導路では既設の PPC 版を撤去し、セメント安定処理路盤を施工後、高強度 PRC 版を設置した。路面切削、既設 PPC 版撤去から PRC 版設置、継手仮締め付けまでを行う仮据付と PRC 版高さ調整から継手本締め付け、蓋設置までの本据付を行う基本 2 班体制で施工を



写真—11 路面切削状況



図—2 施工フロー



図—3 地切り概略図

行った。施工フローを図—2に示す。

誘導路への立ち入りは23:00からであり、翌朝6:00には制限区域外への退出を完了しなければならないため、実作業時間は6時間程度である。限られた作業時間の中で作業を完了するには切削面、路盤面の仕上がりの精度向上が後工程のPRC版の高さ調整、裏込めグラウト注入の施工時間に関わってくるため重要であった。A4では路面切削、A5ではPPC版撤去後のセメント安定処理路盤工にTS(トータルステーション)を用いて精度向上に努めた。TSを用いることで、短時間で高さを確認することができるようになり測定箇所数を増やすことが可能となった。測定箇所を増やし細かく調整を行うことで路面切削、セメント安定処理路盤の施工精度を向上させた。

既設PPC版撤去の際は事前に施工目地を切断し、吊り治具のボルト孔に合う位置にアンカーを設置した。地切り用治具を既設PPC版に取り付け油圧ジャッキにて地切りを行い既設PPC版を撤去した(図—3、写真—12、13)。既設PPC版撤去後、残ったグラウト材、路盤材を撤去し、セメント安定処理路盤を施工



写真—12 地切り状況



写真—13 既設PPC版撤去状況

した。その後A4、A5共にビニルシートを敷設した。ビニルシートは版下面へ充填する裏込めグラウトの充填性を向上させ路盤への浸透を防ぐため使用している。シート敷設後、クレーンにより高強度PRC版を



写真14 高強度 PRC 版設置状況

設置した（写真14）。コッター式継手のボルト仮締付けを行い、継手蓋を設置した。仮据付作業が終了した段階で一旦開放する。

本据付では仮据付で固定していた継手蓋，グラウト注入孔蓋，H型金物を取り外し高強度 PRC 版に内蔵されている高さ調整金具にボルトを取り付けた。高さ調整金具下のプレートをボルトにより押すことで反力を得て高強度 PRC 版を所定の高さに合わせた（図4，写真15）。本据付完了後の PRC 版と仮据付の PRC 版の間に高さ調整前は段差が生じるが摺付鉄板を設置することで段差を解消する（写真16）。高さ

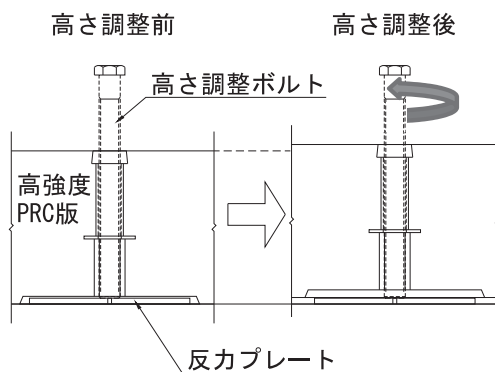


図4 高さ調整金具側面図



写真15 高さ調整状況



写真16 段差解消摺付鉄板設置状況



写真17 グラウトミキサー

表1 グラウトミキサー諸元

仕 様		
名称・型式	水タンク付2層式ミキサー	型式 T166
ミキサー混練容量	220リットル × 2台	
ミキサー回転数	210rpm/50Hz 250rpm/60Hz	
ミキサー動力	2.2kW × 2台	モーター定格(×2台) 9.74A/50Hz 8.9A/60Hz
水タンク容量	1600L(満水時)	
水中ポンプ動力	0.4kW	
水中ポンプ吐出量	max0.1m ³ /min	
本体寸法	φ1200mm × 長さ3650mm × 高さ1800mm	
本体重量	1350kg	
投光器	メーカー 日動工業	型式 AT-E505
投光器光束	500W (100V) × 2台	
駆動機風量	max30m ³ /min	
駆動機動力	1.5kW	モーター定格 7A/60Hz
駆動機及び電装BOX寸法(フレーム付)	φ850mm × 長さ1240mm × 高さ1870mm	
駆動機重量(フレーム付)	375kg	
電源電圧	AC200V(投光器は除く)	定格 15kVA

調整後は PRC 版の目地グラウト攪拌・注入，裏込めグラウトの攪拌・注入を行う。裏込めグラウトは2層式のグラウトミキサーを使用することで攪拌時の待機時間を解消し施工時間を短縮した（写真17）。表1にグラウトミキサー諸元を示す。

裏込めグラウトの強度を確認した後に高さ調整ボルトを引き抜いた。目地グラウトの強度を確認した後にコッター式継手のボルト本締付けを行った。本締付けはコッター式継手に電動インパクトレンチにてトルクを導入し所定の締付けトルクに達するようにトルクレンチにて締付ける（写真18）。継手ボルト周辺部にはコーキングを施し，継手蓋の周囲，蓋の固定ボルト上部にアクリル系接着剤を注入し固定した。

上述した作業の流れにより，昼間は供用している空



写真—18 コッター式継手本締付け状況



写真—19 完了状況

港基本施設の改良という夜間の厳しい制約時間の工事ではあったが、約 7,850 m²を約 6 ヶ月間（準備・製作を除く）で高強度 PRC 版により改良した（写真—19）。

5. おわりに

今後も空港基本施設が経年劣化に伴い損傷していく中で老朽化対策が必要となってくる。ラチストラス鉄筋の採用や表層部の繊維補強コンクリート等により耐久性を向上させた高強度 PRC 版はライフサイクルコストの低減に寄与する技術の一つである。また空港基本施設の改良には、航空機運航への影響低減のため制約があり、日々開放が必要であり、作業時間も限られる。高強度 PRC 版はプレキャスト化とコッター式継手により急速施工を可能としているため厳しい制約条件下の施工においても有効である。しかし鉄筋コンクリート構造であるがゆえに許容したひび割れの発生や蓋の外れなど、殆どの空港施設構造物と同様にメンテナンスフリーではなく、経年劣化が発生することも事実である。ひび割れの発生、目地部の変状や段差、蓋の外れ等の起こり得る経年劣化に対して長期的な視点に基づき効率的な維持管理を確立していくことが必要であると考ええる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 八谷好高ほか：RC プレキャスト版舗装による空港誘導路の急速施工。土木学会論文集 F Vol.62 No.2, 2006.4
- 2) 八谷好高ほか：高強度 RC プレキャスト版舗装の空港への適用性。国土技術政策総合研究所資料, No113, 2003
- 3) 九州地方整備局 博多港湾・空港整備事務所：RC プレキャスト版の追跡調査報告, 2008
- 4) 高強度 PRC 版研究会ホームページ：<http://www.koukyoudoprc.com/>
- 5) 小川登：東京国際空港におけるエプロン舗装の大規模補修技術，第 16 回空港技術報告会資料 pp61～68, 2015.11

【筆者紹介】

北口 航（きたぐち わたる）
 (株)ガイアート
 技術開発部
 係長

