

空港コンクリート舗装の目地材料に関する性能評価

坪川将丈¹・八谷好高²

¹正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所空港研究部空港施設研究室 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

tsubokawa-y92y2@ysk.nilim.go.jp

²正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所空港研究部空港施設研究室 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

空港コンクリート舗装の目地に使用される目地材や目地板などの目地材料に関しては、空港土木工事共通仕様書において規格が定められている。これらの規格では、目地材料の材質によって規格が大きく異なっていることや、試験方法が明確でないことから、目地材料に要求される性能を反映しているとは言い難い。本研究では、空港コンクリート舗装に用いられる目地材料に要求される性能を示し、それらを評価するための室内試験を実施した。その結果、目地材料の性能は、温度条件、環境条件、繰返し圧縮回数等により大きく変化することが明らかになった。

Key Words : concrete pavement, airport, joint sealant, joint filler

1. はじめに

コンクリート舗装の目地には、乾燥収縮や温度変化に起因するコンクリート版の変形を吸収し、目地からの雨水や土砂の浸入を防ぐ目的で、目地材や目地板といった目地材料が用いられている。前者は施工目地、収縮目地、膨張目地に、後者は膨張目地に用いられている。

目地材の材料としては、主に加熱型注入目地材、常温型注入目地材、成形目地材があるが、空港舗装では舗装上に漏れた航空機燃料に対しての耐油性、航空機のブラストに対しての耐炎性、夜間から早朝までの短期間での施工に対応できる施工性が要求されることから、非瀝青系である常温型注入目地材が多く用いられている。

また、目地板も材質により瀝青系目地板と非瀝青系目地板に分けられるが、目地材と同様に、耐油性、耐炎性の観点から非瀝青系の発泡体系目地板が多く用いられている。

これらの空港コンクリート舗装の目地に用いられる目地材料に関する規格は、空港土木工事共通仕様書(以下、共通仕様書と称する)において定められている。しかし、これらの規格では、常温型注入目地材の性能を評価する

ための試験方法に関する記述がなかったり、目地板の材質により異なる規格値が定められていることなど、不明瞭な点が多い。

以上のことから、我が国の空港コンクリート舗装の目地に必要な性能を考慮した目地材料の規格について再検討する必要があると考えた。まず、空港コンクリート舗装の目地に使用される目地材料に必要な性能を示した後、それらの性能に着目して実施した室内試験方法とその結果について詳細を記し、目地材料に必要とされる規格について考察した。

2. 目地材料に関する要求性能

空港コンクリート舗装用の目地材に関する要求性能としては、上記の耐油性、耐炎性、施工性に加え、長期間供用された後においても環境条件に左右されない高い復元性を有していること、温度変化や環境条件による過度な膨張収縮が生じないこと等が考えられる。また、空港コンクリート舗装用の目地板に関しても耐油性、耐炎性に加え、コンクリート版の膨張収縮に順応し、長期間供

表-1 目地材の材質規定¹⁾

項目	規格値
硬化時間	24時間以内
不粘着時間	3時間以内
比重	1.2~1.3
弾性 (%)	75以上
引張強さ (MPa)	0.2~0.5

表-2 目地板の材質規定¹⁾

項目	発泡体系	瀬青繊維系
圧縮応力度 (MPa)	0.2~0.5	2.0~9.8
復元率 (%)	95以上	65以上
はみ出し (mm)	4以下	4以下

表-3 目地材の現行規定項目に関する試験結果

項目	試験値		規格値
	ポリサル ファイド系	ウレタン系	
不粘着時間	2時間	2.5時間	3時間以内
復元率 (%)	92	97	75以上

用された後においても環境条件に左右されない高い復元性を有することが必要とされる。

共通仕様書で定められている目地材料に関する現行の規定は、表-1、表-2に示すとおりであるが、これらの規定では、上記の要求性能の全ては照査できないものと思われる。

3. 目地材の性能評価

(1) 使用材料

現在、一般的に普及している常温型注入目地材は、原材料の種類からシリコン系、ポリサルファイド系、ウレタン系に分けられる。しかし、シリコン系は耐油性が低いことが理由で空港での使用実績がないことから、今回の室内試験では、ポリサルファイド系およびウレタン系の常温型注入目地材を用いた。

室内試験に使用する常温型注入目地材について、現行の規定項目のうち試験方法が明らかである不粘着時間（他のものと付着しなくなるまでの時間）と弾性（復元率）について、後述する試験方法により試験を実施した。その結果を表-3に示すが、ポリサルファイド系、ウレタン系とともに、現行の規格を満足していることがわかる。

(2) 性能評価方法

常温型注入目地材に関する試験方法は、共通仕様書に

具体的な記載がなく、目地材製造者からの聞き取り調査では、米国の連邦調達庁（General Services Administration）において定めている常温型注入目地材に関する規格²⁾（以下、SS-S-200Eと称する）に従って品質確認を行っているとのことから、今回は主としてSS-S-200Eに記載されている試験方法に従い室内試験を実施した。また、目地材の性能に影響を与える因子を把握するために、SS-S-200Eに示されている標準以外の条件でも試験を実施した。

a) 施工性

常温型注入目地材は一般に粘性が高いとされており、施工では注入機械が用いられるが、材料の粘性が過度に高い場合、機械施工が困難となる。また、目地材が硬化する前の目地への異物混入の防止や早期の交通開放のためには、目地材が硬化して他のものと付着しなくなるまでの時間が重要となる。そこで、前者については粘度試験を、後者については不粘着時間試験を実施した。

粘度試験においては、SS-S-200Eに記載されている粘度試験方法に従い、回転粘度計により混合前の主剤と硬化剤の粘度を測定した。試験温度はSS-S-200Eにおいて標準とされている23°Cの他に、10°C、40°Cでも試験を実施した。なお、SS-S-200Eでは、温度23°Cにおける目地材の粘度を200Pa·s以下と規定している。

不粘着時間試験では、SS-S-200Eに記載されている方法に従い、常温型注入目地材の不粘着時間を測定した。まず、主剤と硬化剤を混合した目地材を型枠に流し込んで作製した供試体を静置し、供試体の上にポリエチレンフィルムを敷き、その上に鋼板と質量30gの分銅を30秒間のせた。次に、分銅と鋼板を取り除き、ポリエチレンフィルムを剥がした時に、目地材とポリエチレンフィルムが付着しなくなるまでの時間を測定した。試験温度は、SS-S-200Eにおいて標準とされている23°Cの他に、10°C、40°Cでも実施した。なお、SS-S-200Eでは、温度23°Cにおける不粘着時間を3時間以内と規定している。

b) 耐油性

空港コンクリート舗装の目地に使用される目地材は、コンクリート舗装上に漏れた航空機燃料に曝された場合でも安定した性状を保つことが要求される。そこで、SS-S-200Eに記載されている質量変化試験により、油浸した目地材の質量変化を評価した。質量変化試験では、温度49°Cの燃料油に24、72、168時間浸された目地材の質量変化率を測定した。なお、SS-S-200Eでは、油浸24時間後における目地材の質量変化率を±2%以下と規定している。

c) 耐候性

空港コンクリート舗装の目地に使用される目地材は、自然環境下において長期間供用された後でも安定した性状を保つことが要求される。そこで、SS-S-200Eに記載さ

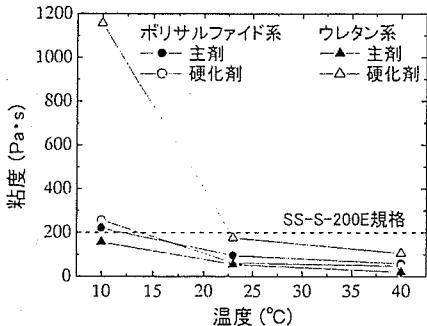


図-1 目地材の粘度と温度の関係

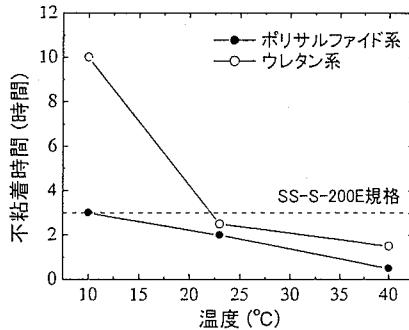


図-2 目地材の不粘着時間と温度の関係

れている体積変化試験、耐候性試験により、目地材の耐候性を評価した。体積変化試験では、温度70°Cの条件下に曝された目地材の体積変化率を測定した。また、耐候性試験では、自然環境を想定し、光照射・散水条件下に曝された目地材の体積変化率を測定した。なお、SS-S-200Eでは、体積変化試験では暴露168時間後において、耐候性試験では暴露160時間後において、体積変化率をそれぞれ±5%以下と規定している。

d) 復元性

目地材はコンクリート版の膨張収縮に曝された場合でも、コンクリート版の変形に順応し、コンクリート版に過度の圧縮応力を発生させないことが要求されることから、目地材は長期間供用された後においても環境条件に左右されない適度な硬さと高い復元性を有することが要求される。このことから、SS-S-200Eに記載されている針入度試験および弾性試験により、目地材の針入度と復元率を評価した。SS-S-200Eでは、主剤と硬化剤を混合後24時間経過した供試体に対して、温度23°Cで試験を実施するよう規定されているが、長期間高温度下に曝された目地材の性状を確認するために、上記の条件の他に、温度49°Cで21日間加熱した主剤と硬化剤を混合し、硬化後に温度70°Cで72、160、240時間加熱した供試体に対して、温度23°Cで試験を実施した。なお、SS-S-200Eでは、加熱処理を施していない供試体における目地材の針入度を0.5~2.0mm、目地材の復元率を75%以上と規定している。

(3) 性能評価結果

a) 施工性

図-1に各材料の粘度と温度の関係を示す。ポリサルファイド系、ウレタン系とともに、標準試験温度ではSS-S-200Eの規格を満たしているが、温度が低下すると粘度が高くなっている。特にウレタン系の硬化剤ではその傾向が顕著であることがわかる。この結果から、標準温度において粘度が低い目地材であっても、低温下での施工には注意する必要があり、施工温度を考慮した粘度の

評価が必要であると考えられる。

不粘着時間と温度の関係を図-2に示す。ポリサルファイド系、ウレタン系とともに、標準試験温度ではSS-S-200Eの規格を満たしているが、温度が低下すると不粘着時間が長くなる傾向が確認できる。特にウレタン系目地材では、不粘着時間が温度23°Cで3時間以下であるのに対し、温度10°Cでは10時間に増大している。この結果から、標準温度において不粘着時間が短い目地材であっても、低温下では目地材が硬化するまでに時間を要する場合があることが明らかとなった。目地材の硬化が不十分なことによる目地への異物混入の防止や、目地材が硬化する前にコンクリートの変形に曝される事を防ぐためには、施工温度を考慮した不粘着時間の評価が必要になると考えられる。

b) 耐油性

図-3に目地材を燃料油に浸した場合の質量変化率と油浸時間の関係を示す。油浸時間の増加とともに、ポリサルファイド系目地材では質量が減少、ウレタン系目地材では質量が増加する傾向にある。SS-S-200Eの規格と比較すると、両者とも油浸24時間の時点では規格を満足するものの、油浸時間が72時間以上になると規格値を超える質量変化が生じていることがわかる。この結果から、目地材の耐油性を考慮する場合には、燃料油漏れの規模を想定した規格化が必要であると考えられる。

c) 耐候性

体積変化試験、耐候性試験において測定した目地材の体積変化率と暴露時間の関係を図-4に示す。体積変化試験では、高温条件下における暴露時間の増加とともに、ポリサルファイド系目地材の体積は減少、ウレタン系目地材の体積は増加する傾向にある。また、目地材を光照射・散水条件下に曝した耐候性試験では、両者とも体積が減少する傾向を示しているが、高温条件下に曝露した場合よりも体積変化は小さくなっている。SS-S-200Eの規格と比較すると、今回の試験結果では、標準暴露時間以上の場合でもSS-S-200Eの規格を満足していることがわかった。しかしながら、高温条件下のウレタン系目地材

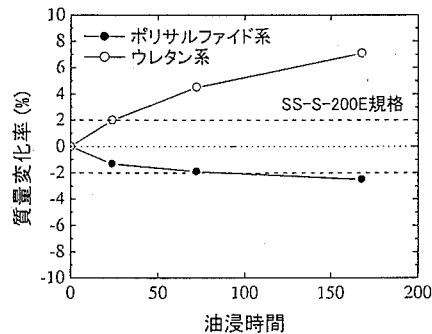


図-3 油浸時間と質量変化率の関係

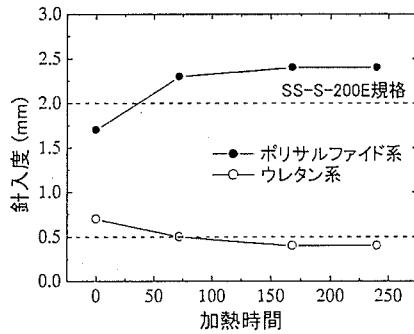


図-5 加熱時間と針入度の関係

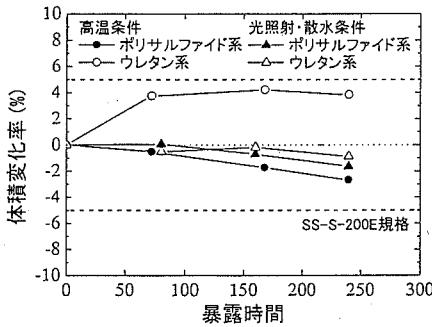


図-4 暴露時間と体積変化率の関係

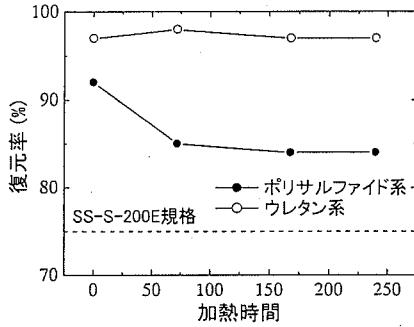


図-6 加熱時間と復元率の関係

では暴露時間が短いにも関わらず急激に体積が増加したり、光照射・散水条件下では暴露時間の増加に伴い体積減少が進行する傾向が確認できる。

以上の結果から、目地材は高温度下や自然環境を想定した条件下では、暴露時間の増加とともに、体積が変化する傾向にあることがわかった。目地材の体積が大きく変化した場合には、体積膨張により目地からはみ出した目地材が元に戻らざる剥離したり、体積収縮により目地材とコンクリートとの付着が切断され、雨水や異物が目地へ浸入する恐れがある。共通仕様書では目地材の体積変化に関しては特に規定されていないが、目地材が自然環境下で長期間にわたり性能を維持するためには、長期間供用された条件においても、体積変化が一定値以下になるよう規格化する必要があると考えられる。

d) 復元性

図-5に目地材の針入度と加熱時間の関係を示す。目地材の針入度は材質に関わらず、加熱していない状態ではSS-S-200Eの規格を満足しているが、72時間の加熱処理を施した目地材の針入度は、加熱していない目地材の針入度と比較すると、ポリサルファイド系目地材では増加、ウレタン系では減少している。しかしながら、加熱時間が160時間に達すると、両目地材の針入度は収束する傾向にあることが確認できる。

図-6に目地材の復元率と加熱時間の関係を示す。ポリサルファイド系目地材では、加熱していない状態におい

て復元率は90%以上であるが、72時間の加熱処理を施すことにより85%程度まで低下し、加熱時間が160時間に達すると復元率は収束する傾向にある。

以上の試験結果から、目地材が高温度下に曝された場合、目地材の針入度と復元率は大きく変化するが、加熱時間が長くなると、収束する傾向にあることがわかった。SS-S-200Eにおける規格では、高温度下に曝された場合の針入度と復元率については特に規定されていないが、実際のコンクリート舗装では、高温度下においてコンクリート版が膨張し、目地に注入されている目地材は大きな圧縮変形を受けることから、高温度下に一定期間曝された目地材に対しても針入度や復元率を規定する必要があると考えられる。

4. 目地板の性能評価

(1) 使用材料

目地板に関する室内試験では、これまでに我が国の空港で使用実績のある非瀝青系のゴム発泡体系および樹脂発泡体系の目地板を使用した。空港での仕様実績がない瀝青系目地板、および空港での使用実績の少ない木材系目地板は使用しなかった。

室内試験に用いる目地板を使用して、表-2に示す現行の規定項目について、後述する試験方法に従い試験を実

表-4 目地板の現行規定項目に関する試験結果

項目	試験値		規格値
	ゴム 発泡体系	樹脂 発泡体系	
圧縮応力度 (MPa)	0.46	0.25	0.2~0.5
復元率 (%)	96.4	97.0	95 以上
はみ出し (mm)	1.59	1.53	4 以下

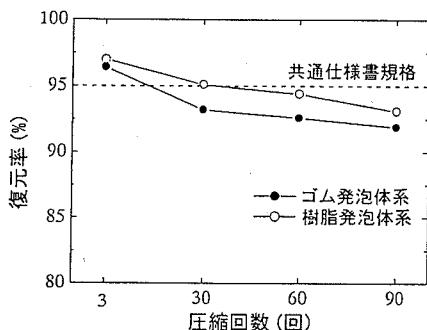


図-7 圧縮回数と復元率の関係

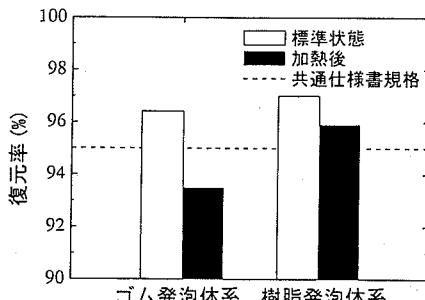


図-8 加熱前後における目地板の復元率

施した。その結果を表-4に示すが、ゴム発泡体系、樹脂発泡体系ともに、現行規格を満足していることがわかる。

(2) 性能評価方法

目地板はコンクリート版の膨張収縮に順応することが要求されることから、目地板は環境条件に左右されない高い復元性能を有することが要求される。このことから、舗装試験法便覧³⁾に記載されている圧縮および復元試験を実施し、初期の半分の厚さになるまで圧縮された目地板が、除荷後に初期厚さと比べてどの程度まで復元するかを表わす復元率を測定した。試験は舗装試験法便覧における標準試験条件（試験温度23℃、圧縮回数3回）の他に、目地板の耐久性を確認する目的から、30、60、90回の繰返し圧縮を与えた場合ならびに温度70℃において96時間加熱した場合についても検討した。

(3) 性能評価結果

目地板の復元率と圧縮回数の関係を図-7に示す。目地板の復元率は、標準条件では共通仕様書の規格を満足するものの、繰返し圧縮を30回与えた時点で共通仕様書の規格を下回ることがわかる。また、圧縮回数の増加に伴い、復元率はさらに低下し、収束する傾向は見られないことが明らかになった。

次に、加熱処理を施した目地板の復元率を図-8に示す。加熱処理を施した目地板の復元率は、標準条件における試験結果と比較すると、材質に関わらず復元率が低下する傾向が確認された。特にゴム発泡体系目地板では、加熱後では規格を下回る結果となっている。

以上の結果から、目地板が繰返し圧縮および高温度下に曝されることによる影響は、目地板の復元率の低下を招くと推測される。共通仕様書では標準条件における規格値しか示されていないが、長期間供用後においても復元性を確保するためには、繰返し圧縮および高温度下に曝された目地板に対する規格が必要になると考えられる。

5. まとめ

空港コンクリート舗装用に用いられる目地材料の性能評価については以下のようにまとめられる。

- ① 常温型注入目地材は、温度により粘度や不粘着時間が大きく変化することがわかった。また、硬化した後の目地材が高温条件下に曝された場合、目地材の針入度、復元率は大きく変化することがわかった。目地材の施工性や復元性を評価するためには、施工時や使用時の温度の影響を考慮することが必要である。
- ② 油浸条件、高温条件、光照射と散水条件に曝された目地材は、暴露時間の増加に伴い体積が変化することがわかった。目地材の耐油性、耐候性を評価するためには、実際の目地において目地材が曝される環境を考慮する必要がある。
- ③ 目地板の復元率は、繰返し圧縮や高温条件下における暴露時間の影響により大きく低下することがわかった。目地板の復元性を評価するためには、初期状態だけではなく、繰返し圧縮や温度の影響を考慮する必要がある。

6. おわりに

現行の目地材料の規格は不明瞭な点が多いことから、目地材料に必要とされる性能を評価するために室内試験

を実施した結果、温度条件、環境条件、繰返し圧縮回数等が目地材料の性能に大きく影響することが明らかとなつた。また、実際の空港コンクリート舗装では施工時の膨張目地の目地幅が半分以下となった事例⁴⁾も報告されていること等、現行の試験条件が必ずしも実態を反映したものとなっていない恐れもある。加えて、目地材の製造ならびに施工方法が十分には考慮されていないとの懸念もある。これらのことから、目地材料の規格について詳細に検討するためには、標準条件における試験だけではなく、実際のコンクリート舗装が曝される条件を考慮して試験を行う必要があると考えられる。

なお、目地材に要求される性能には、今回検討した項目以外のものもある。その一例としては、コンクリートと目地材の付着性がある。これについては、SS-S-200Eの付着試験で繰返し伸縮を受けた目地材の目視による観察が規定されているが、定量的に評価できる試験法が必要であると考えている。

今後は本研究の成果を踏まえ、空港コンクリート舗装の目地材料に関する規格を定めていく所存である。

参考文献

- 1) 運輸省航空局：空港土木工事共通仕様書、財団法人港湾空港建設技術サービスセンター、1999.
- 2) General Services Administration, U.S.A : Federal Specification SS-S-200E Amendment 2 - Sealants, Joint, Two-Component, Jet-Blast-Resistant, Cold-Applied, for Portland Cement Concrete Pavement, 1993.
- 3) 社団法人日本道路協会：舗装試験法便覧, pp. 815-819, 1988.
- 4) 深沢勝一、野上富治、當真正典、浜昌志：空港舗装における無筋コンクリートの温度応力挙動について（その1），土木学会第54回年次学術講演会講演概要集、第V部, pp. 228-229, 1999.

(2003. 12. 26受付)

PERFORMANCE EVALUATION OF JOINT SEALING MATERIALS FOR AIRPORT CONCRETE PAVEMENT

Yukitomo TSUBOKAWA and Yoshitaka HACHIYA

Joint sealing materials, which are joint sealant and joint filler, are used to prevent the rainwater from intruding through the joints. However, the present standards for joint sealing materials might not reflect their required performance because the standard values are different, depending on their ingredients, and test methods for the materials are not specified. Therefore, the rational standards of joint sealing materials are required to reduce the cost for maintenance of airport concrete pavements. This paper describes the results of performance evaluation of joint sealing materials. As the result, it is clarified that temperature, environmental condition and cyclic compression affect on the performance of joint sealing materials.