

アスファルト混合物の養生等がグルーピングの塑性変形抵抗性に及ぼす影響

国土技術政策総合研究所 空港研究部 空港施設研究室 河村直哉、坪川将丈

1. 背景と目的

空港の滑走路等では、雨水等の速やかな排水を目的として、グルーピングと呼ばれる幅・深さ 6mm の溝が路面の横断方向に施工されている。その施工は、表層にストレートアスファルト混合物（以下、ストアス混合物）を用いた場合には舗設から 2 ヶ月以上、改質アスファルト混合物（以下、改質混合物）を用いた場合には舗設から 1 ヶ月以上経過後に行われる。上記の期間（以下、養生期間）中は、グルーピングがない状態で滑走路等を運用することになるため、航空機の走行安全性を早期に確保するという観点から養生期間の短縮が求められている。

養生期間は、載荷重に対するグルーピングの塑性変形抵抗性が養生により向上することから設けられたものであり、当初は混合物の種類によらず 2 ヶ月以上と設定されていた。その後、改質混合物については、1 ヶ月と 2 ヶ月でグルーピングの変形状況に差がないことが現地調査にて確認され、1 ヶ月に短縮された。なお、改質混合物に関しては、養生に伴うグルーピングの塑性変形抵抗性の向上が確認された例はほとんどないことから、もともと塑性変形抵抗性が高いために養生の影響が小さい可能性があり³⁾、養生期間を更に短縮する余地はあると考えられる。

今後、短縮を検討するにあたり、改質混合物の養生期間がグルーピングの塑性変形抵抗性に及ぼす影響を改めて確認する必要がある。本研究は、塑性変形抵抗性に影響する要因（養生期間、使用材料、混合物の配合および締固め度等）⁴⁾の中で、養生期間の相対的な影響度合いを把握したうえで、養生期間の短縮を検討することを目的とし、本論では、上記要因のうち養生期間と締固め度がグルーピングの塑性変形抵抗性に及ぼす影響を評価した結果を報告する。

2. 養生期間に関する検討

本章では、養生期間の異なるアスファルト混合物にグルーピングを施工し、ホイールトラッキング (WT) 試験による繰返し走行載荷試験を行った。その結果を整理し、養生期間がグルーピングの塑性変形抵抗性に及ぼす影響を評価した。

2. 1 供試体の作製

WT供試体の作製方法は舗装調査・試験法便覧⁵⁾を参考にし、寸法は長さ300mm、幅300mm、厚さ50mmとした。締固め度は、空港舗装の施工管理基準の下限値である98%とした。

アスファルト混合物には、密粒度アスファルト混合物を用いた。骨材粒度は、空港土木工事共通仕様書⁶⁾に記載される「基本施設の表層タイプI」の中央粒度とした（図-1）。表-1に使用骨材とアスファルトを示し、表-2には混合物のアスファルト量、基準密度および基準密度における空隙率を示す。アスファルトバインダーには、ポリマー改質アスファルトII型を用いた。

作製したWT供試体を屋外にて7日、14日および30日間養生した。

7～30日間養生したWT供試体と養生していないWT供試体（以下、養生0日）にグルーピングを施

工した（以下、Gr供試体）。グルーピングの形状は図-2のとおりとし、本数は車輪進行方向と直角に7本とした。

2. 2 グルーピングの塑性変形抵抗性評価

(1) 評価方法

WT 試験機を用いて Gr 供試体に繰返し走行載荷試験を行った。表-3 に試験条件を示す。接地圧は、航空機の接地圧に可能な限り近づけるために、試験機の設定上限値とした。その他の条件は、既往の研究⁴⁾を参考にした。

グルーピングの塑性変形の程度は、7本のグルーピングの容積の変化量で評価することとし、その指標には式(1)で定義される残存率を用いた。残存率は、315、630、1,260、5,040 および 10,080 往復後に求め、各々Gr 供試体 5 枚の平均値とした。容積は砂置換法で求めた。

$$D_x = \frac{V_x}{V_0} \times 100 \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで、 D_x : x 往復後のグルーピング残存率 (%)

V_0 : 試験前のグルーピング容積 (cm³)

V_x : x 往復後のグルーピング容積 (cm³)

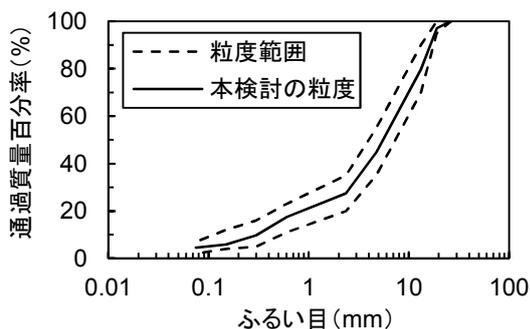


図-1 骨材粒度

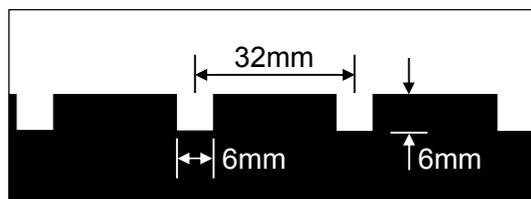


図-2 グルーピングの形状
(車輪進行方向の断面)

表-1 使用した骨材とアスファルト

骨材	5号碎石	硬質砂岩
	6号碎石	
	7号碎石	
	砕砂	
	細目砂	洗砂
	石粉	石灰岩
アスファルト		ポリマー改質アスファルトII型

表-3 グルーピングに対する
繰返し走行試験の条件

項目	設定
走行速度(往復/分)	21±1
走行距離(mm)	230±10
試験温度(°C)	40
接地圧(MPa)	1.1
走行回数(往復)	10,800

表-2 アスファルト量、基準密度および空隙率

アスファルト量 (%)	5.1
基準密度 (kg/m ³)	2.437
空隙率 (%)	3.3

(2) 評価結果

図-3 に、走行回数に対するグルーピングの残存率を示す。いずれの走行回数においてもグルーピングの残存率は、養生期間が長いほど高いという傾向はなかった。

確認として所定走行回数後の残存率を養生期間ごとに比較するために、図-3 を図-4 のように書き直した。養生期間による残存率の違いはほとんどない。残存率は5枚のGr 供試体の平均値であり、その変動係数は約5%であったことから、多少の残存率の違いは実験誤差によるものと考えられ、養生によるものとは考えにくい。

以上より、養生期間がグルーピングの塑性変形抵抗性に及ぼす影響は、改質アスファルトII型を用いた混合物では確認されなかった。

3. 締固め度に関する検討

本章では、締固め度が異なる Gr 供試体に対して繰返し走行載荷試験を行い、その結果に基づき、締固め度がグルーピングの塑性変形抵抗性に及ぼす影響を評価した。

図-5 に検討フローを示す。評価に用いる Gr 供試体は、鉄製のローラコンパクト（以下、鉄輪）で締め固めた WT 供試体と、鉄輪で締め固めた WT 供試体を更にゴム輪で締め固めた WT 供試体に、グルーピングを施工したものである。なお、ゴム輪による締固めは、養生期間中の航空機荷重による締固めを想定したものである。

3. 1 ゴム輪による締固め条件の検討

締固め条件は、ゴム輪の走行回数と混合物の締固め度の関係に基づき検討した。

(1) WT 供試体の作製

ゴム輪の締固めに供する WT 供試体の作製方法、締固め度および材料は、前章と同じである。なお、養生は行っていない。

(2) ゴム輪による締固め条件

ゴム輪による締固めは、WT 試験機を用いて温

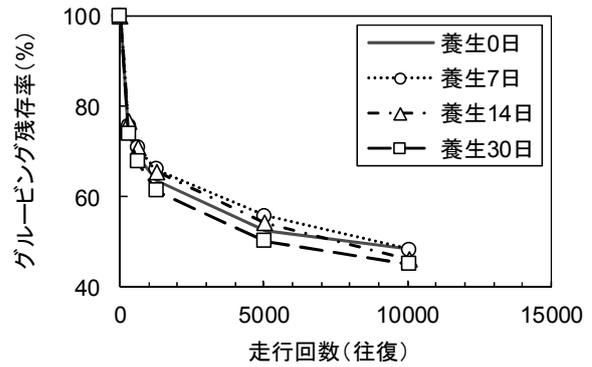


図-3 走行回数に対するグルーピングの残存率

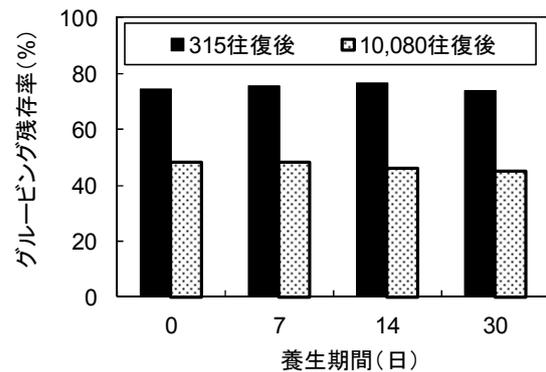


図-4 所定養生期間後の Gr 供試体の 315 往復および 10,080 往復後の残存率

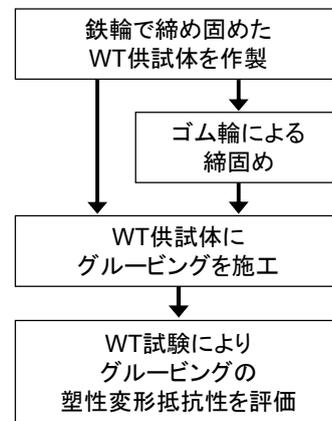


図-5 検討フロー

表-4 ゴム輪の走行条件

項目	設定
走行速度(往復/分)	21±1
走行距離(mm)	230±10
トラバース速度(mm/分)	100
トラバース幅(mm)	100
走行時の温度(°C)	20, 40, 60
接地圧(MPa)	20, 40°C: 1.1 60°C: 1.0

度や走行回数を変えて行った。表-4 にゴム輪の走行条件を示す。ゴム輪は、ゴムソリッドタイヤであり、トラッキング方向（進行方向）とトラバース方向（横断方向）に同時に移動させながら走行させた。走行時の温度は、20、40、60℃の3条件とした。接地圧は、航空機の接地圧に可能な限り近づけるために、試験機の設定上限値とし、1.0~1.1MPaとした。表-5 に温度ごとに設定した走行回数を示す。

設定回数走行後、WT 供試体の中央より（図-6）、直径 70mm のコアを 1 枚につき 2 個採取後、密度試験を行った。設定回数ごとの締固め度は、3 枚の WT 供試体から採取した計 6 個のコアの平均値とした。

(3) ゴム輪による締固め条件の決定

図-7 に走行回数とコアの締固め度の関係を示す。この結果に基づき、ゴム輪による締固め条件は、ゴム輪走行部の締固め度になるべく約 99% または約 100%となるように決定した（表-6）。

3. 2 グルーピングの塑性変形抵抗性評価

(1) Gr 供試体

表-6 の条件で締め固めた WT 供試体に加えて、鉄輪のみで締め固めた WT 供試体（締固め度約 98%と約 100%）を準備し、それぞれにグルーピングを施工し Gr 供試体とした。グルーピングは、図-2 の形状で車輪進行方向と直角に 7 本施工した。

以降、作製した Gr 供試体の呼称は、表-7 のとおりとする。

(2) 評価方法

評価方法は前章と同じである。

(3) 評価結果

図-8 に 630 往復後と 10,080 往復後のグルーピングの残存率を示す。横軸は、Gr 供試体と同条件で締め固めた WT 供試体から採取したコアの締固め度（6 個の平均）である。

表-5 ゴム輪による締固め時のゴム輪走行回数

走行時の WT 供試体の温度 (°C)	走行回数 (往復)
20	105, 315, 1,260, 5,040, 10,080
40	105, 315, 1,260, 5,040, 10,080
60	315, 630, 1,260, 2,520

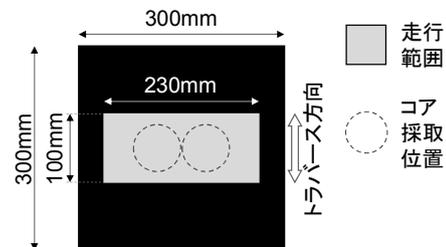


図-6 コア採取位置

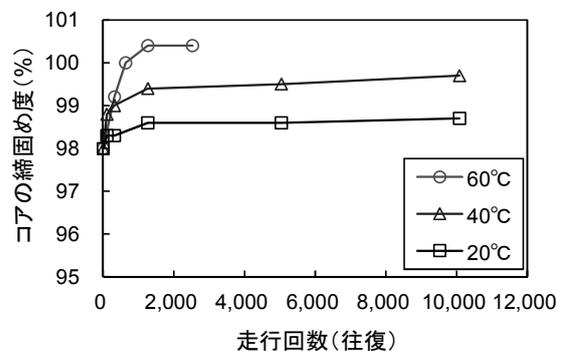


図-7 走行回数とコアの締固め度の関係

表-6 設定したゴム輪による締固め条件

温度 (°C)	ゴム輪による締固め条件		ゴム輪による締固め後の締固め度 (%)
	回数 (往復)		
20	315		98.3
	5,040		98.6
40	105		98.8
	10,080		99.7
60	315		99.2
	630		100.1

表-7 Gr 供試体の呼称

呼称	作製方法
Gr供試体(鉄)	鉄輪のみで締め固めた WT 供試体にグルーピング施工
Gr供試体(ゴ)	鉄輪とゴム輪で締め固めた WT 供試体にグルーピング施工

Gr 供試体（鉄）の結果に着目すると、締固め度が 98.1%と 100.3%では、残存率は走行回数によらずほぼ同じであった。

一方、Gr 供試体（ゴ）の結果に着目すると、締固め度が高くなると残存率は高くなった。例えば、締固め度 99.7%や締固め度 100.1%の Gr 供試体（ゴ）の残存率は、締固め度 98.1%の Gr 供試体（鉄）と比較して、630 往復後で 1.2 倍、10,080 往復後で 1.3 倍であった。

以上より、鉄輪で締固め度を高めてもグルーピングの塑性変形抵抗性は変化しなかったが、ゴム輪で締固め度を高めるとグルーピングの塑性変形抵抗性が高くなることを確認した。航空機荷重を想定した締固めによって混合物表面が緻密になり、施工したグルーピングの塑性変形抵抗性が向上したものと考えられる。

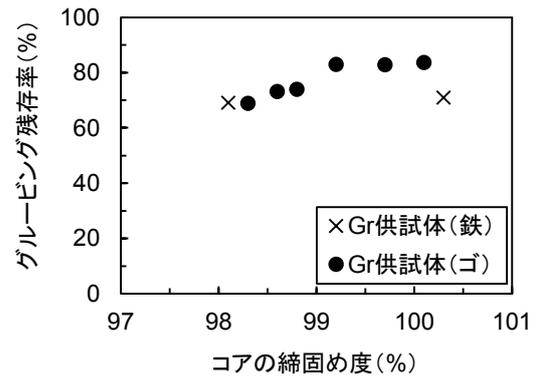
なお、この混合物表面が緻密になる効果は、舗装舗設時の二次転圧に用いるゴム輪のタイヤローラによっても得られると考えられる⁶⁾。今回の WT 供試体の作製方法では、タイヤローラによる転圧を想定していなかったため、その効果を今後確認する予定である。

4. まとめ

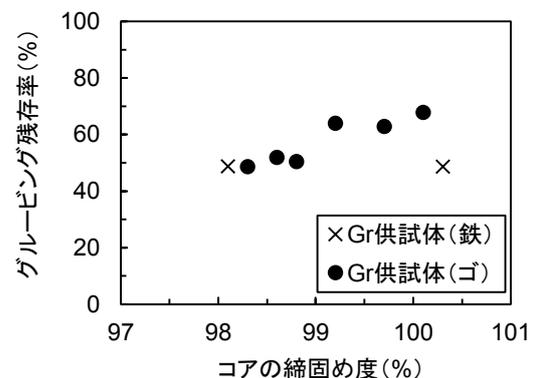
- (1) 養生期間がグルーピングの塑性変形抵抗性に及ぼす影響を評価した。その結果、改質アスファルト混合物の場合、養生期間が 0～14 日でのグルーピングの塑性変形抵抗性は、養生期間 30 日とほぼ同じであった。
- (2) 締固め度がグルーピングの塑性変形抵抗性に及ぼす影響を評価した。その結果、鉄輪のみで締め固めて作製した Gr 供試体に関しては、締固め度約 98%と約 100%の場合のグルーピングの残存率はほぼ同じであり、鉄輪で締固め度を変えてもグルーピングの塑性変形抵抗性は変化しなかった。
- (3) その一方で、鉄輪とゴム輪で締め固めた Gr 供試体に関しては、締固め度が高くなるとグルーピングの残存率は高くなり、締固め度約 100%の場合の残存率は、締固め度約 98%のそれと比較して、630 往復後で約 1.2 倍、10,080 往復後では約 1.3 倍であった。

参考文献

- 1) 国土交通省航空局監修：空港土木工事共通仕様書、(一財) 港湾空港総合技術センター、2017.
- 2) 佐藤勝久、福手勤：空港アスファルト舗装におけるグルーピングの安定性に関する研究、港湾技研資料、No.308、1978.



a) 630 往復後のグルーピング残存率



b) 10,800 往復後のグルーピング残存率

図-8 コアの締固め度に対する
グルーピングの残存率

- 3) 八谷好高、坪川将丈、松崎和博、江崎徹、水上純一：航空機荷重に対するグルーピングの安定性、国土技術政策総合研究所報告、No.26、2005.
- 4) 川名太、河村直哉、前川亮太：大型航空機荷重に対するグルーピングの安定性、土木学会論文集 E1 (舗装工学)、Vol.67、No.3、pp.I_147-I_154、2011.
- 5) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧，第3分冊，2007.
- 6) 「舗装工学」編集委員会：舗装工学，(社)土木学会，1995.