滑走路グルービングのすべり抵抗性と排水性に関する研究

中央大学大学院　学生会員　○荻原 亮太
中央大学　正会員　前川 亮太
中央大学　フェロー会員　姫野 賢治

1. はじめに

我が国には空港が約 97 箇所にあり，各国の面積あたりの空港数は世界で 10 番以内に入る．このように小さな島国であるのに対し，多くの空港を持つ我が国は無事故を目指して空港舗装に様々な工夫がされている．その工夫の中の 1 つに舗装表面に滞った雨水を除去してすべり抵抗性を大きくするグルービングが挙げられる．空港において，グルービングは**図-1** に示す通り幅 6mm，深さ 6mm の溝を 32mm 間隔で横断方向にアスファルト舗装である滑走路に対して施される．この舗装は離着陸を繰り返す中で潰れたり角が欠けたりするために本来のパフォーマンスを期待できなくなるので，この舗装の安定性を追求した論文が多く存在する [1)]．特にこの潰れる現象は航空機による接地圧が原因であり，近年では接地圧 1.66N/mm^{2}の A350-900 といった大きな航空機が存在し，滑走路の累計供用頻度も増加している．つまり，今後滑走路でのグルービングのつぶれは増加すると予想されるので，排水性が損なわれないような舗装を検討し対策をするべきである．

筆者はこれまでにグルービングのすべり抵抗性をポータブルな試験機を用いて研究した．その結果，グルービングはすべり抵抗性に関してばらつきの観点から見ても有意な結果を示し，滑走路にはグルービングが必要であるという結論に至った．これらを踏まえて，グルービングを用いる上で重要となる排水性に着目してその検討をすることを目的とした．

2. 既往の研究内容

グルービングを施したアスファルト舗装とそれを施していないアスファルト舗装のすべり抵抗性を測り，比較した．

その際に 3 つの試験機 [2)](S タイプ DF テスタ，DF テスタ，振り子式スキッドレジスタンステスタ)を用いた．今回は S タイプ以外の 2 種類の試験機による結果を**図-2, 3** にまとめた．なお，DF テスタの算出値は μ_{DFT}，振り子式の算出値は BPN である．

本来，DF テスタは散水して試験を行うため，スリップ率は 100%であると考えられている．これは滑走路の維持管理に用いられるすべり測定車のロックホイール形式と同様である．したがって，実際に行われている管理測定車 DF テスタは近い値となると予想したが，μ_{DFT}に関してはすべり抵抗性において有意な差が出なかった．これはグルービングにタイヤゴムピースがうまく設置されないためと考えられる．一方，BPN ではグルービング供試体が散水されているときとされていない時で差が縮まりグルービングのすべり抵抗性に有意な結果が出た．以上より，得られた知見としては溝変形のないグルービングのすべり抵抗性効果を示せた．

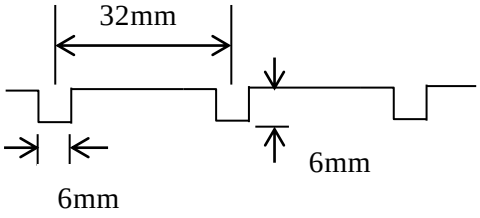

図-1 矩形グルービングの形状

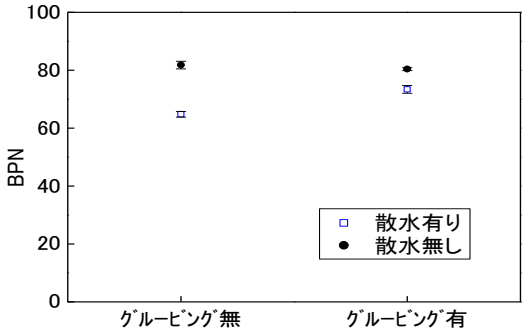

図-2 本実験から得られた各供試体の BPN

キーワード：グルービング，すべり抵抗性，ハイドロプレーニング現象
連絡先（東京都八王子市別所 2-47-1-804 TEL:080-6640-3000）

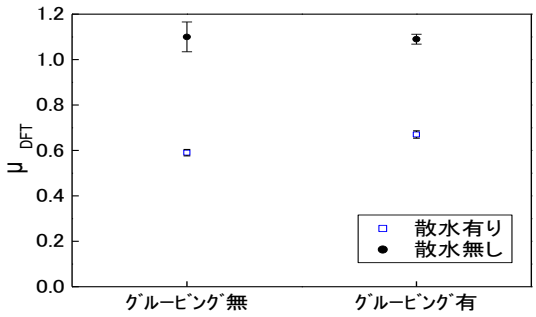

図-3 本実験から得られた各供試体のμ_{DFT}

3. 解析内容

以上の実験的研究を経て，滞水状態でのグルービングの有意性が示すことが出来た．それに次いで，滞水状態によって路面のすべり抵抗性が極端に下がる傾向も分かっている．そこでグルービングの効果の一つである排水性効果を解析する．

解析内容としては，滑走路に想定される雨(降雨強度として表す)を降らせてアウトプットとして滑走路端部までにかかる時間，流量等が算出される，という内容となる．解析範囲は滑走路の片側部分(**図-4**)であり，インプットは粗度係数n，降雨強度q（mm/h），勾配S_0，グルービング深さ，幅，間隔，溝形状と様々である．プログラム言語はC#としている．

流れる雨水の支配方程式としては様々であるがその中でも，慣性項，圧力項を無視し，マニング則を用いることができて射流の状態に対してよく用いられるKinematic wave法を用いることにした．この支配方程式を用いる利点は路面の粗さを粗度係数で表し，それを解析に用いることが出来るからである．

4. 結果

矩形・三角・台形[3]グルービング形状で施された滑走路上での水深変化を**図 5～6** に示した．

解析結果からは三角形状が排水性が高い結果となるが，図を見るとほぼ大差がない結果となった．航空機が滑走路を通過する場所は滑走路中心からB747-8であれば5.5mとなっている．これをもとに図を見ると降雨強度80mm/hで水深3mm程度であるのが分かる．この値はハイドロプレーニング現象を引き起こす可能性が十分にあることを示している．

同時につぶれによりどのように水深変化するか解析をしたがほぼ値に変わりが見られないので割愛する．

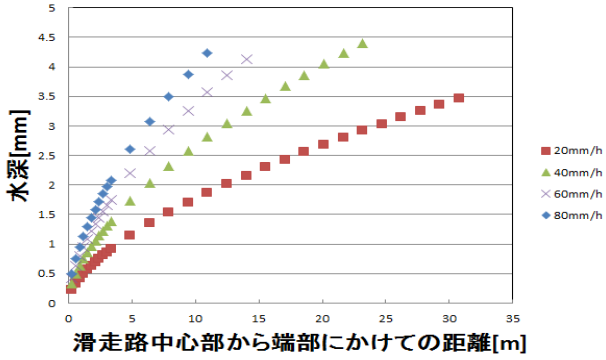

図-4 矩形グルービング滑走路上での水深変化

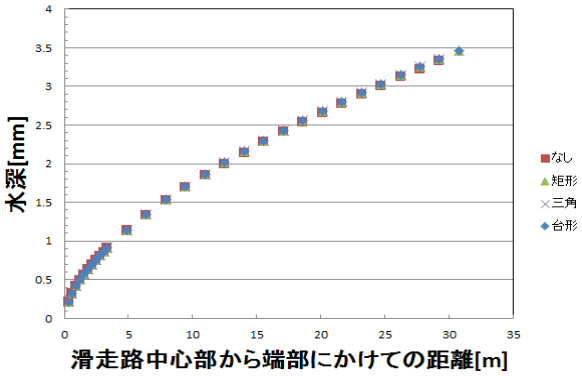

図-5 各グルービング滑走路上での水深変化

写真-1 静岡空港つぶれ程度

5. 結論

溝形状が三角，台形，矩形，無の順で排水性が高いことが分かったが，小さい降雨強度に対しては排水性に大きな差は見られなかった．また，写真-1のようにつぶれは目視で見ることができることからつぶれを踏まえた解析を増やしていくことを検討している．

参考文献

1) 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ビングの安定性，2011
2) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧，pp. 104-108
3) James W. Patterson, Jr.: Evaluation of Trapezoidal-Shaped Runway Grooves, 2012