

回転翼機（ヘリコプター）の駐機場におけるコンクリート版厚の検討

株式会社 吹上技研コンサルタント ○ 赤 井 八 起
株式会社 吹上技研コンサルタント 石 川 友 里 絵

1. まえがき

1-1. 業務の目的と概要

本件では、航空機のうち回転翼機（ヘリコプター）の格納庫新設に伴い、駐機場の舗装構造の検討を実施したものである。一般的に滑走路や駐機場における舗装の計画では、舗装区分と設計対象機体の諸元などから検討する。しかしながら、設計方法が明確化されている機体は固定翼機であり、回転翼機が対象となる本件では、通常の検討方法で構造を決め難い状況にあった。そこで、本件においては対象機体の設計条件を定量的に評価し、当地固有の舗装設計を行った。

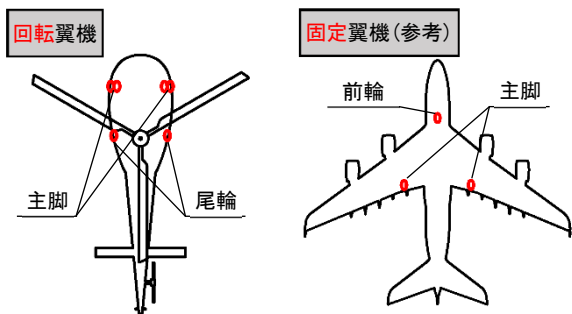


図1 設計対象機体

1-2. 当該駐機場における検討課題

駐機場の舗装構造は、アスファルト舗装とコンクリート舗装に大別される。通常の舗装であれば、単位コストが安価で工期短縮が図れるアスファルト舗装の採用が有力視される。しかし、回転翼機の駐機場を対象とした本件では、耐久性・耐熱性・耐油性および耐わだち掘れ性が高く、維持管理性に優れるコンクリート舗装の採用が妥当となる。

コンクリート版厚は、一般的に Westergaard 式（中央部載荷公式）¹⁾により算出する。しかしながら、上式で応力計算時に使用する荷重等は、固定翼機を対象としており、回転翼機の荷重条件や車輪配置などが考慮できない。このため、如何に版厚の設計を実施し、その妥当性を検証するかが課題となった。

2. コンクリート版厚の検討

2-1. コンクリート版厚の算定

飛行場舗装における構造上の特性として、主に以下の事項が挙げられる。

- 1) 滑走路において、航空機荷重が舗装縁に作用する可能性は低い。また、滑走路中間部において、航空機に浮

力が作用するため、舗装に及ぼす影響は減少する。

- 2) 誘導路、駐機場、滑走路末端部においても、舗装縁に荷重が作用する場合はほとんどない。
- 3) 1脚あたりの荷重が大きく、タイヤ圧が高い。
- 4) 航空機の排気熱および燃料漏れに対する処置が必要である。

また、舗装版に作用する代表的な荷重位置は、次のケースが考えられる。

- ① 舗装版中央部（中央部載荷）
- ② 目地
- ③ 隅角部
- ④ 版縁隅角部
- ⑤ 版縁部

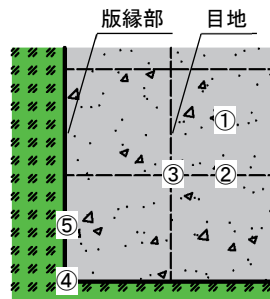


図2 荷重位置

しかし、飛行場の特性により、版縁部および版縁隅角部に載荷されるケース（④⑤）は、極めて稀である。また、飛行場の舗装においてはすべての目地に適切な荷重伝達装置を考慮しているため、②や③への着目も省略できると考えられ、一般的に荷重応力の算定には『①中央部載荷』を対象に式(1)で算定するのが妥当と判断した。

しかしながら、式(1)により設計方針が明確化されているのは、固定翼機のみであることから、本件においては、設計対象機体の諸元や荷重条件が固定翼機(2脚3車輪型)相当であると設定し、応力計算を行った。

[Westergaard 式（中央部載荷公式）]

$$\sigma_x, \sigma_y = \frac{3(1-\mu)P}{4\pi h^2} \left[(1+\mu)(K+0.1159) \pm \frac{1-\mu}{2} S \right] \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{2} + 2.303 \log_{10} \frac{2ab}{(a+b)^2} - \frac{x^2}{a(a+b)} - \frac{y^2}{b(a+b)}$$

$$S = -\frac{a-b}{a+b} - \frac{2ab}{(a+b)^2} \left(\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} \right)$$

ここに、

- σ_x, σ_y : 版底面(x, y)点に生ずる引張力(kg/cm²)
- P : タイヤ1個あたりの主脚荷重(kg)
- h : コンクリート版厚(cm)
- π : 円周率
- μ : コンクリートのポアソン比
- K, S : タイヤ1個あたりの面積係数
- a : 楕円の長半径(cm) (x方向)
- b : 楕円の短半径(cm) (y方向)
- l : 剛比半径(cm)

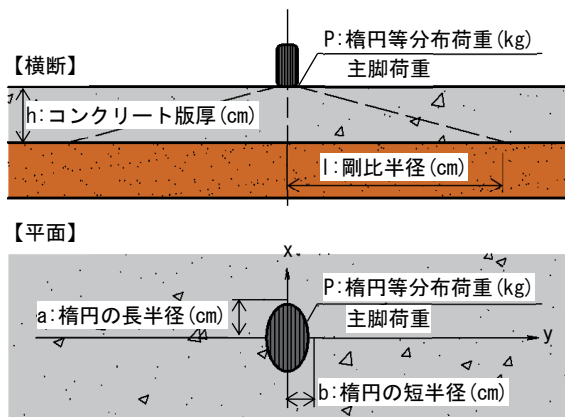


図3 式(1)模式図

計算結果より、版厚が19.4cm以上の場合、版内部の応力が、安全率を考慮したコンクリートの設計曲げ強度を下回ることが確認でき、本計画における版厚は20cmと考え、次のように妥当性を検証した。

2-2. 妥当性の検証

式(1)によるコンクリート版厚の算出は、諸元や荷重条件を固定翼機と設定して計算を行っている。そこで、以下のとおり他の手法においても版厚の算出を行い、妥当性の検証を行った。

1) 影響図表

複数の輪荷重による応力を算出する手法として pickett のコンクリート舗装影響図表²⁾が挙げられる。影響図表は、主脚の車輪配置を図表上に重ね合わせ、タイヤの接地面内に入るブロック数 N を数えることにより応力を算出する。車輪配置を考慮し、版厚を20cmとして作図を行うと、図4のとおりとなった。

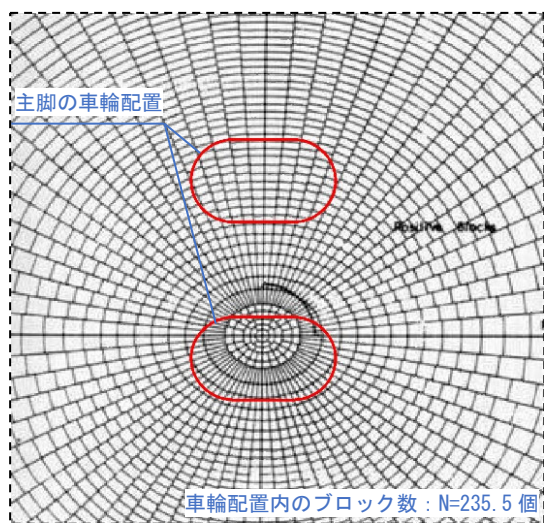


図4 影響図表

図4よりタイヤの接地面内のブロック数は $N=235.5$ 個である。これにより計算した結果、発生する応力が安全率を考慮したコンクリートの設計曲げ強度を下回ることから、版厚20cmで問題ないと考えられる。

2) ヘリポート用の舗装厚

国土交通省『空港土木施設設計要領(舗装設計編)』ヘリポート用舗装の構造設計³⁾より、コンクリート版厚の設計検証を行う。

ヘリポート用舗装においては、設計航空機荷重区分と設計反復作用回数より検討する。設計航空機荷重区分は最大離陸重量により決定し、本計画においては最重量の区分であるLA-4となる。反復作用回数は、一般的にコンクリート舗装の設計供用期間が20年であることを念頭に、運用状況より5,000回/20年として検討すると、必要なコンクリート版厚は20cm程度となった。

3) 大型給油車両に対する舗装厚

一般的に回転翼機は、固定翼機に比べて航空機重量が軽く、給油車など整備用車両の方が大きな版厚を与える場合がある。本件による利用形態を鑑み、大型給油車両の交通量が多い箇所として算出した。その結果、必要なコンクリート版厚は20cmとなった。

4) 検証結果

本件では、格納庫内の駐機場に至る回転翼機(ヘリコプター)に対するコンクリート舗装設計を行い、コンクリート版厚を20cmとした。

これに対して、図表解報による版厚や着陸を対象としたヘリポート用の版厚、輸送用車両荷重による版厚をそれぞれ求めて確認した結果、何れも20cm以下であったことから、Westergaard式(中央部載荷公式)に当該機体条件を当てはめた本検討結果(版厚20cm)は一定の安全性があるものと判断した。

3. あとがき

本件においては、標準的な算出方法では構造が決定し難い回転翼機の舗装構造に対して、設計方法が明確化されている固定翼機相当であると設定し、Westergaard式(中央部載荷公式)よりコンクリート版厚を算定した。また、設定の妥当性の検証のため、他の手法においても版厚を算定し、検証を行った。

その結果、いずれの場合においても版厚は20cmが適切であるという結果が得られたことから、本件における回転翼機の設計条件の定量化は妥当であると考え、コンクリート版厚は20cmとした。

参考文献

- 1) Westergaard, H. M.: Stresses in Concrete Pavements Computed by Theoretical Analyses, Public Roads, Vol. 7, No. 2, 1926.
- 2) Pickett, G. and Ray, G. K.: Influence Charts for Concrete Pavements, Transaction of ASCE, Vol. 116, 1951.
- 3) 国土交通省航空局: 空港土木施設設計要領(舗装設計編)(令和5年4月一部改定), 2023.