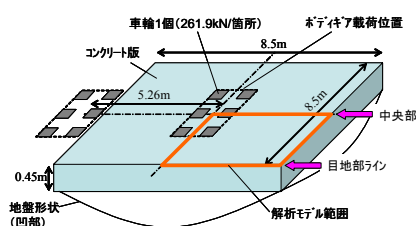


空港コンクリート舗装の補修計画に関する解析的検討

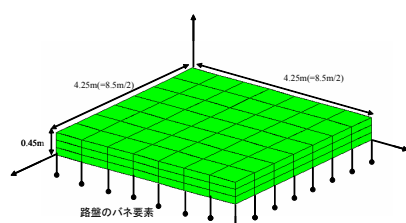
伊藤 始・三島 徹也・石黒 健・手塚 広明^{*1}・堀田 孝^{*1}・三輪 俊彦^{*1}

Analytical Examination on Repair Planning of Airport Concrete Pavement

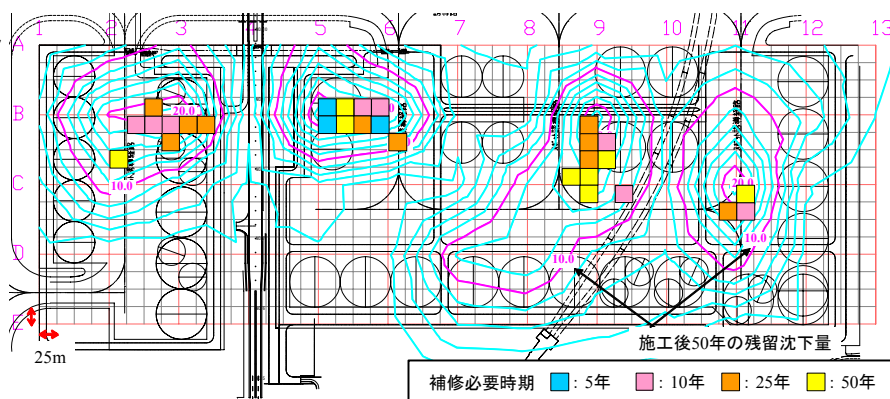
Hajime ITO, Tetsuya MISHIMA, Takeshi ISHIGURO, Hiroaki TEZUKA, Takashi HORITA, Toshihiko MIWA



図－1 航空機の载荷状況



図－2 解析モデル



図－3 残留沈下量と補修必要メッシュの分布

研究の目的

空港エプロン部に施工されるコンクリート版の維持補修を計画的に実施することを目的に、3次元有限要素解析プログラム「COM3」を用いて、検討対象範囲における補修必要時期とその位置を予測した。この解析には、最近の施工目地間隔の拡大と航空機荷重の増大に対応した目地間隔 8.5m、航空機荷重 A380 クラスの設計条件を用い、実際の東京国際空港の地盤条件を想定した。

技術の説明

補修必要時期とその位置の予測は、地盤の発生曲率半径とコンクリート版の許容曲率半径から補修必要率を求めることで行った。地盤の発生曲率半径は、平面的な 25m メッシュ上の値を不同沈下シミュレーションにより算定した。コンクリート版の許容曲率半径は、地盤の曲率半径と航空機の载荷位置（図－1）を変化させて、地盤の非接触を考慮した解析モデル（図－2）を用いた有限要素解析により求めた。補修必要率は、発生曲率半径と許容曲率半径の関係からクラック度を算定し、クラック度が一定値を超えたメッシュの割合から求めた。

主な結論

発生曲率半径と許容曲率半径からクラック度を算定し、クラック度が補修要否の判定基準値 11.1 cm/m² を超えたメッシュ（補修必要メッシュ、図－3）の位置を推定した結果、補修必要メッシュは、残留沈下量が大きく、急勾配である位置に生じた。各経過年数の補修必要メッシュから補修必要率を算定した結果、本算定条件において 25 年補修必要率は 2.5%、50 年補修必要率は 3.6% となった。1 回の補修可能面積を 1.0% と仮定すると補修回数は、施工後 8 年、20 年、30 年の 3 回と設定可能であった。

* 1 本店 土木技術部

空港コンクリート舗装の補修計画に関する解析的検討

伊藤 始	三島 徹也
石黒 健	手塚 広明 ^{*1}
堀田 孝 ^{*1}	三輪 俊彦 ^{*1}

要 旨

空港エプロン部のコンクリート版には、長期に渡る不同沈下等により路盤との間に空隙が発生する可能性がある。空隙が生じたコンクリート版上に航空機荷重が作用することでひび割れが発生することが懸念される。コンクリート版の維持補修を計画的に実施するためには、このひび割れ発生の度合いを把握する必要がある。既往の検討では、ひび割れ発生度合いの指標に補修必要率を用い、目地間隔7.5m、航空機荷重B747クラスの設計条件により補修必要率を算定している。しかしながら、近年、施工機械改良にともなう施工目地間隔の拡大、航空機の大型化にともなう荷重増大、軟弱地盤上への施工などの設計条件の変化に対応した検討が必要である。

本稿は、目地間隔8.5m、航空機荷重A380クラスの設計条件を用い、実際の東京国際空港の地盤条件を想定して、コンクリート版の補修時期と補修箇所を検討した結果を報告するものである。

キーワード コンクリート版／航空機荷重／不同沈下量／曲率半径／補修必要率

目 次

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| 1. はじめに | 3. 有限要素解析による許容曲率半径の算定 |
| 2. 不同沈下シミュレーション
による発生曲率半径の算定 | 4. 補修必要率の算定 |
| | 5. まとめ |

ANALYTICAL EXAMINATION ON REPAIR PLANNING OF AIRPORT CONCRETE PAVEMENT

Hajime ITO
Takeshi ISHIGURO
Takashi HORITA

Tetsuya MISHIMA
Hiroaki TEZUKA
Toshihiko MIWA

Synopsis:

Due to the ground settlement, the gap between the concrete slab and the ground may occur in the apron of the airport and crack of concrete slab occur as the aircraft pass through the concrete slab. By the past researches, the planning method of the maintenance repair was employed on the basis of crack prediction.

In this study, the new method to predict the crack occurrence by considering of expansion of construction joint interval and increase of aircraft weight was used. As the result, the repair time and the repair position of concrete slab were predicted by the assumption of construction joint interval of 8.5m, aircraft load of A380 type, and an actual ground condition.

* 1 本店 土木技術部

1. はじめに

空港の駐機スペースとして利用されるエプロン部のコンクリート舗装版（以下、コンクリート版と記す）は、常時、航空機の交通に曝され、航空機荷重に対する耐久性をはじめ、繰返し荷重やわだち掘れ、機械油への耐久性が求められる構造物である。このコンクリート版の経年的な劣化を予測して、計画的に補修していくことは、供用停止区域および期間の特定や維持補修コストの最適化などのために重要である。

臨海の埋立地などにおいて、コンクリート版に生じる最も可能性の高い経年劣化は、地盤の不同沈下起因したひび割れである。コンクリート版が施工される地盤は、長期間に渡り圧密沈下し、各地点での沈下量の差にともない不同沈下が生じる。コンクリート版には、不同沈下により路盤との間に空隙が発生し、空隙が大きくなったコンクリート版上に航空機荷重が作用した場合、ひび割れが発生する。

既往の検討^{1), 2)}では、このひび割れの発生度合いの指標に補修必要率の概念を用いて、目地間隔 7.5m、航空機荷重 B747 クラスの設計条件により補修必要率を算定しており、ひび割れに対するコンクリート版の維持管理方法を提示している。

近年、コンクリート版の施工の合理化を目的とした施工機械改良により、施工目地間隔が 8.5m 程度まで拡大可能になった。コンクリート版の目地間隔を従来の 7.5m から 8.5m に拡大することは、コンクリート版の構造上の弱点である目地部を減らすことができ、維持補修コストの削減および航空機での乗り心地の向上に効果が得られる。坪川らの研究³⁾において、厚さ 0.42m のコンクリート版を対象に目地間隔を 7.5m と 8.5m に変化させた場合の温度などの環境作用や航空機荷重の影響について検討しており、目地間隔の差による影響が少ないことを確認している。

今後のコンクリート版の維持管理方法の検討には、この目地間隔の拡大に加えて、航空機の大型化にともなう荷重増大や軟弱地盤上への施工などの設計条件の変化に対応した検討が必要である。

そのため、本検討では、目地間隔 8.5m、航空機荷重 A380 クラスの設計条件を用い、実際の東京国際空港の地盤条件^{1), 2)}を想定して、補修必要率の考え方にに基づき、解析的に補修時期および補修位置を算定した。補修必要率は、図-1に示すフローに従い算定した。算定方法は、地盤の曲率半径の算定、許容曲率半径の算定、補修必要率の算定の3つの部分に区分される。

なお、コンクリート版を用いた舗装の種類は、無筋コンクリート舗装、鋼繊維補強コンクリート舗装、プレストレストコンクリート舗装、連続鉄筋コンクリート舗装、インターロッキングブロック舗装、転圧コンクリート舗装などが提案されているが、イニシャルコストや施工性、

技術的な課題の少なさを理由に無筋コンクリート舗装の使用実績が多く、ここでは、無筋コンクリート舗装を対象に検討した。

2. 不同沈下シミュレーションによる発生曲率半径の算定

2.1 算定方法

空港エプロンのコンクリート版が施工される地盤は、供用後において経年的な圧密により残留沈下が発生し、各地点での沈下量の差にともない不同沈下が発生する。本章では、不同沈下シミュレーションにより地盤上に発生する曲率半径を算定した。

不同沈下の曲線形状は、3次曲線に従うことが知られており、地盤とコンクリート版の状態は、図-2に示すようになる^{1), 4)}。図-2の ΔS は不同沈下量、 L は不同沈下の幅、 R_{min} は曲率半径の最小値を表す。既往の知見では、不同沈下の幅 L は、最小で30m程度であることから、本検討では地盤条件の計測メッシュを考慮して25mとした。図-2の凹部と凸部を結ぶ3次曲線において、凹部と凸部での曲率半径(R_{min})が最も小さくなり、凹部と凸部の点を基準点とすると、隣接点との関係は、図-3のようになる。

曲率半径は、東京国際空港の検討対象範囲で実測された地盤条件に基づき、以下の手順に示す不同沈下シミュレーションで算定した。

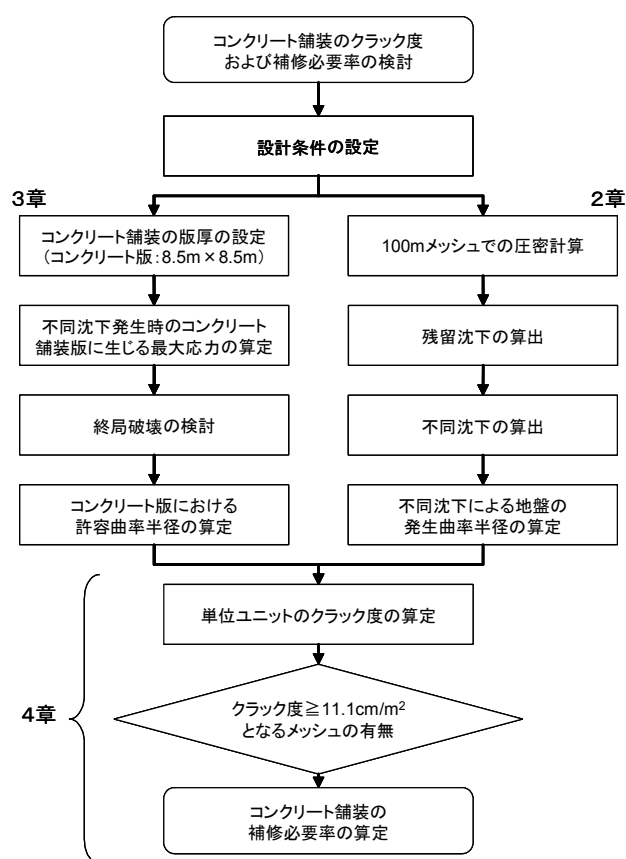


図-1 補修必要率算定フロー

- ① 100m メッシュでの一次元圧密計算による沈下量の算定
- ② 25mm メッシュへの沈下量の割り付け (図-4)
- ③ ばらつきを考慮した沈下量の算定
- ④ メッシュ間不同沈下量の算定
- ⑤ 曲率半径の算定

残留沈下量は、図-4に示すように検討対象範囲に 25m メッシュを仮定して、基準点数を 833 点 (メッシュ) とした。メッシュ間の不同沈下量は、各点で隣接する 4 方向について算定した。算定の対象とした経過年数は、施工後 0.5 年, 5 年, 10 年, 25 年, 50 年とした。

不同沈下シミュレーションにおいて、不同沈下量のばらつきは、平面的な沈下量のばらつきと地盤定数、土質構成、および荷重条件による沈下量のばらつきに分けられる。平面的な沈下量のばらつきは、手順②の 25m メッシュへの沈下量の割り付けにより考慮した。地盤定数、土質構成、および荷重条件による沈下量のばらつきは、25m メッシュの沈下量を平均値とした正規分布に従うとして、試行 20 回の乱数発生により考慮した。沈下量の変動係数は、土田らの検討⁴⁾におけるモンテカルロシミュレーションの結果より 0.45 を採用した。

2.2 算定結果

図-4に不同沈下シミュレーションにより算定した施工後 50 年の残留沈下量分布を示す。残留沈下は、既設の構造物や盛土などの比較的沈下の少ない領域により区切られ、20mm 以上である区域が 4 箇所が生じた。残留沈下量の最大値は、22mm 程度であった。

残留沈下量から算定した地盤の曲率半径の頻度分布を図-5に示す。この曲率半径の頻度分布は、凹部、凸部それぞれの経過年数 50 年における試行 20 回の平均値であ

る。曲率半径は、値が小さいほど、コンクリート版と路盤の間の空隙が大きくなり、ひび割れが発生しやすくなる。反対に曲率半径が大きいほど、路盤が平坦になることを表す。

曲率半径は、ほとんどの点で 1km~100km の範囲に分布し、1km 以下の点が存在しなかった。凸部に比べ凹部の頻度が多いものの、傾向の違いは、明確ではなかった。

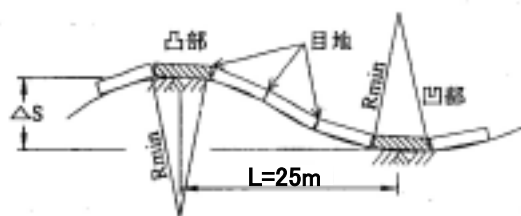


図-2 不同沈下時の地盤とコンクリートの状態¹⁾

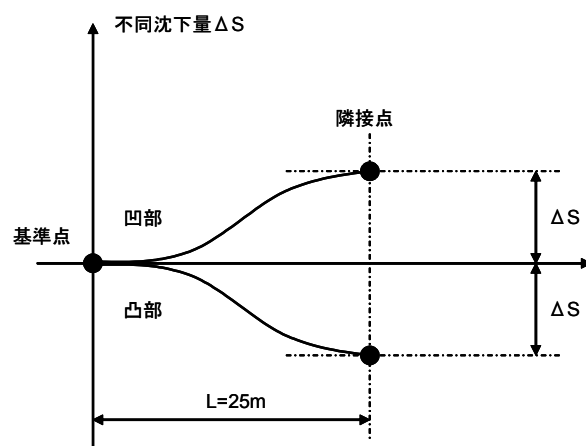


図-3 不同沈下の地盤モデル

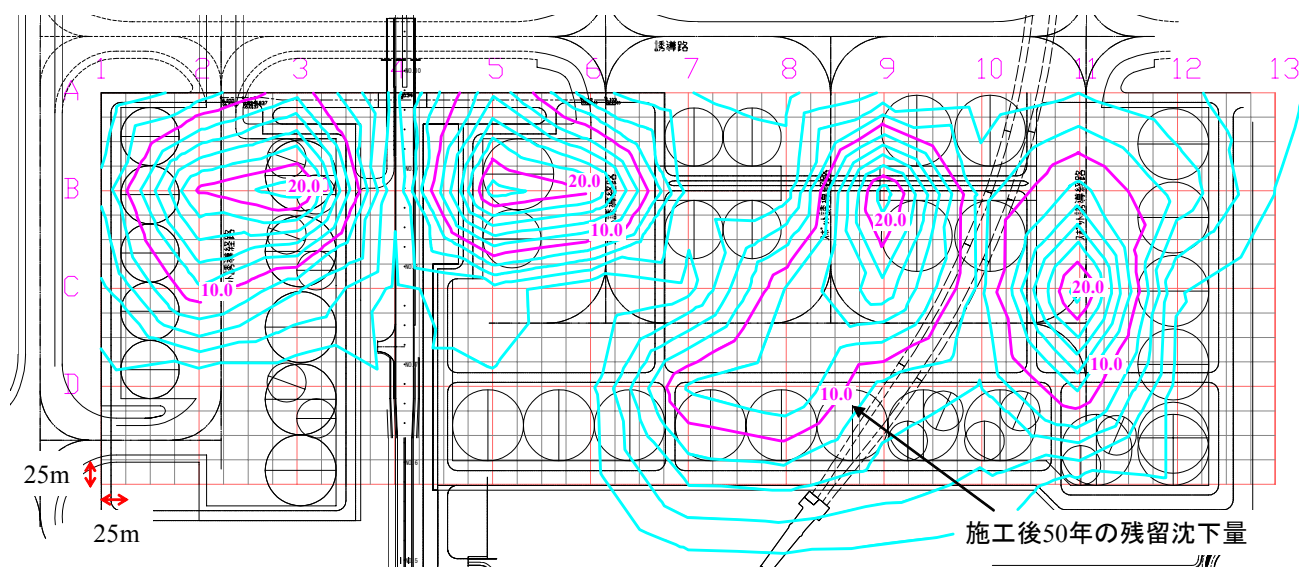


図-4 メッシュ分割と残留沈下量分布 (50 年)

3. 有限要素解析による許容曲率半径の算定

地盤の不同沈下起因した曲面地盤上に配置されたコンクリート版には、自重および航空機荷重が作用することでひび割れが発生する。本章では、コンクリート版にひび割れが発生する地盤の曲率半径の限界値である許容曲率半径を算定した。

3.1 算定方法

許容曲率半径は、地盤の曲率半径を変化させた有限要素解析で得られた最大応力が許容発生応力（温度応力を考慮した曲げ強度）に一致する曲率半径とした。許容曲率半径の算定フローを図-6に示す。なお、設計基準曲げ強度は、既往の検討から 5.0N/mm^2 を用いた¹⁾。

有限要素解析のモデルは、航空機荷重の荷重方法による対称性を考慮して、1/4 モデルまたは 1/2 モデルを使用した（図-7）。解析モデルには、地盤の曲率半径を表現するために、空隙の非接触を考慮したモデルを有する路盤のパネ要素（図-8）を配置した。以下に解析方法の概要を示す。

- 解析手法 : 3次元有限要素法
- 解析ツール : COM 3
- 要素 : 8節点ソリッド要素, パネ要素

表-1に許容曲率半径を算定するための解析ケースを示す。解析ケースは、解析パラメータを地盤形状、航空機の対象脚、コンクリート版に加わる脚数、荷重位置、曲率半径とした 33 ケースである。

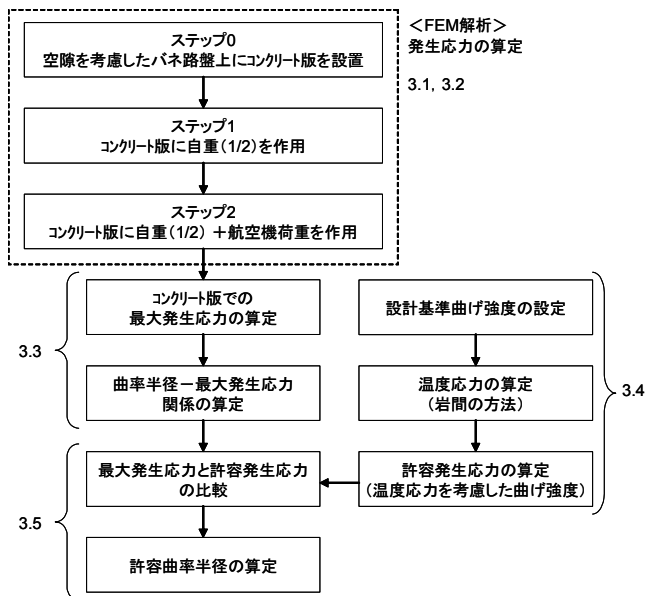
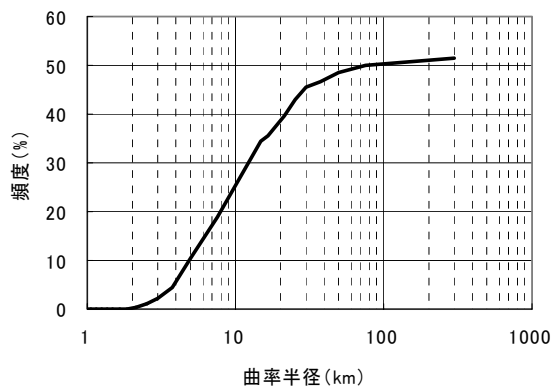
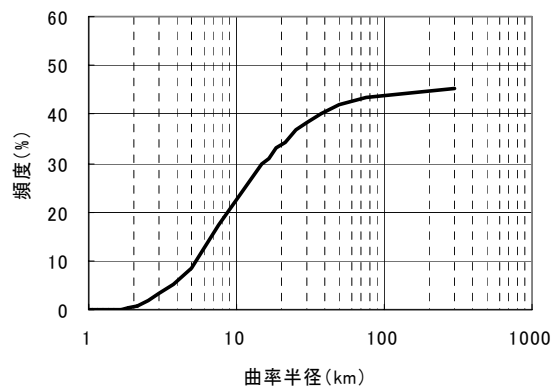


図-6 許容曲率半径の算定フロー



a) 凹部



b) 凸部

図-5 曲率半径の頻度分布（50 年，平均値）

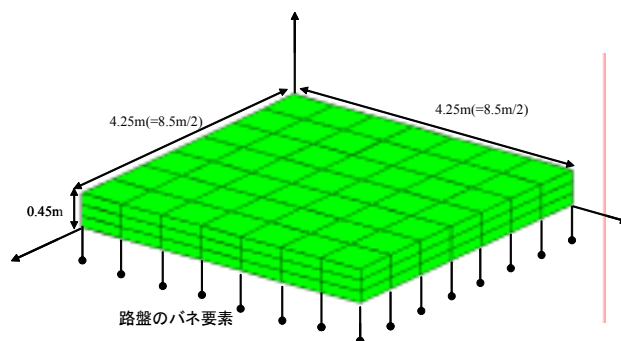


図-7 解析モデル（1/4 モデル）

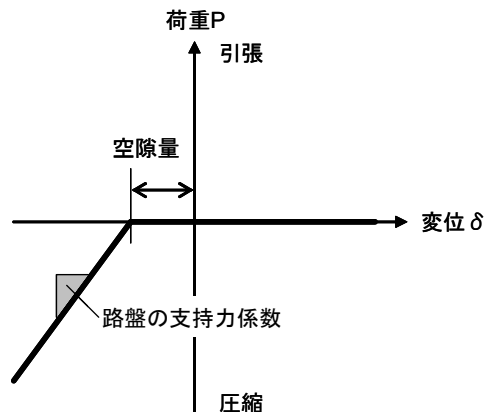


図-8 路盤のパネモデル

航空機の対象脚は、図-9のボディギアとノーズギアとした。ノーズギアは、ボディギアに比べて寸法および荷重が小さいため、ノーズギアを対象とした解析は、荷重位置を中央部としたケース 1 のみとした。作用させる航空機荷重は、航空機の大型化に対応した A380 タイプの荷重とした。図-10に対象脚をボディギアとしたときの荷重位置と脚数の関係を示す。図-10 a)のケース 2 では、8.5m×8.5m×0.45m のコンクリート版の中央に、ボディギア 1 脚の車輪 6 個が作用する状況を表している。解析モデルは、太線の四角囲みで示したコンクリート版の 1/4 の部分である。

表-2に解析条件としてコンクリートおよび路盤の物性値、要素条件、荷重条件を示す。自重が作用したときのコンクリート版の応力は、クリープによる応力緩和の影響を考慮して、八谷らの検討を基に 50%に低減して用いることとした²⁾。

[単位:mm]

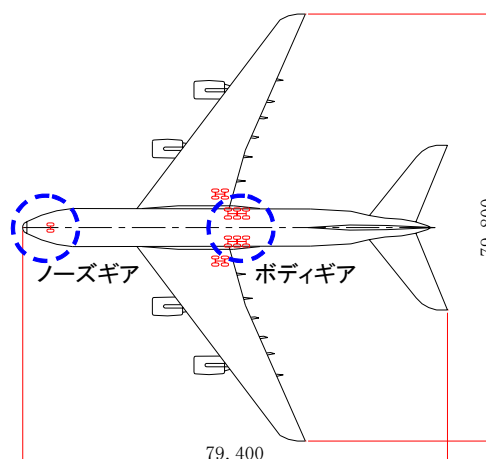


図-9 航空機の平面形状と脚位置 (A380 タイプ)

表-1 解析ケース

ケース	パラメータ	地盤形状	対象脚	荷重位置	脚数	路盤の曲率半径 (km)							
						0.5	1	2	3	4	8	12	20
1		凹	ノーズギア	中央	1	●	●	●	●	●			
2			ボディギア	中央	1	●	●	●	●	●	●	●	●
3					2	●	●	●	●	●	●	●	●
4				目地	1	●	●	●	●	●	●	●	
5		凸	ボディギア	目地	2	●	●	●	●	●			

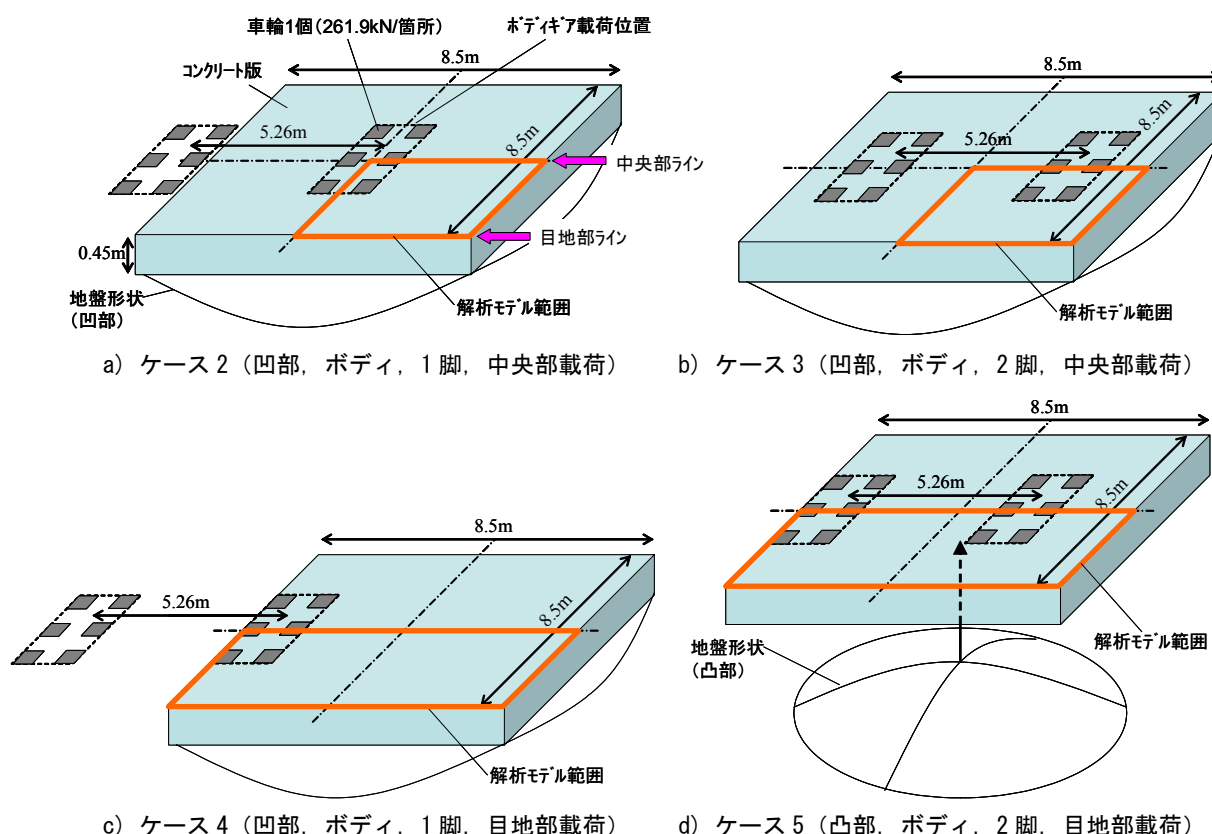


図-10 荷重状況 (ボディギアのみ)

表-2 解析条件

	項目	単位	数値	備考
版寸法	目地間隔	mm	8500	
	厚さ	mm	450	
物性値 (コンクリート)	ヤング係数	N/mm ²	34300	
	ポアソン比	—	0.15	
	単位体積重量	kg/m ³	2400	
(路盤)	路盤支持力係数	N/mm ³	0.0686	
要素 条件	要素幅 (一辺)	mm	607.14	4250mm/7 要素
	要素厚さ (一辺)	mm	150.0	450mm/3 要素
荷重 条件	ボディギア	kN/個	261.9	A380 クラス, (1 脚あたり車輪 6 個)
	ノーズギア	kN/個	125.1	A380 クラス, (1 脚あたり車輪 2 個)

3.2 コンクリート版の鉛直変位

図-11に自重および航空機荷重（自重含む）が作用したときのコンクリート版の中央部および目地部での鉛直変位分布を示す。ここでの中央部と目地部での変位とは、図-10 a)の中央部ラインと目地部ラインの矢印方向に位置する節点での変位に相当する。同図の分布は、ケース 2、曲率半径 2km とした場合のものである。中央部に沿った節点変位を●印、目地部に沿った節点変位を△印で表示した。図中の路盤とは、所定の曲率半径を持った路盤の初期分布である。

自重のみが作用した場合、目地部の鉛直変位（△印、実線・細）は、中央からの距離（横軸）が 2700mm 以上で、路盤の値（△印、破線）よりも負側に大きな値となっており、コンクリート版が路盤に接したと判断できる。これに対して、航空機荷重が作用した場合（●印）、コンクリート版の全面で路盤に接した。航空機荷重が作用した場合の鉛直変位の最大値は中央で 9.5mm であった。

$L=25m$ の場合、 $\rho=1000m$ が $\Delta S=104.2mm$ に相当する。不同沈下量の増加にともない最大応力は、増加する傾向を示し、ボディギアのケースでは、不同沈下量が 30mm～50mm を上回ることによって最大応力が設計基準曲げ強度 $5.0N/mm^2$ より大きくなった。

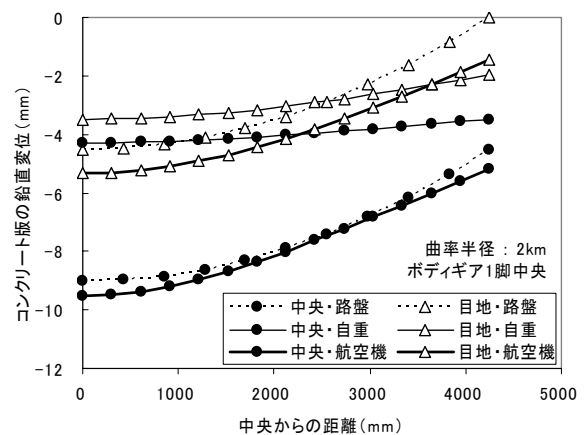


図-11 鉛直変位分布（ケース 2，曲率半径 2 km）

3.3 コンクリート版の最大発生応力

外力によりコンクリート版に発生する最大応力は、解析より得られたコンクリート版断面内の応力分布（図-12）から得られた引張縁での応力の最大値とした。凹部のケース 1～ケース 4 ではコンクリート版の底面で最大引張応力となり、凸部のケース 5 では表面で最大引張応力となった。

図-13に解析より得られた路盤の曲率半径と最大応力の関係を示す。曲率半径の増加にともない最大応力は、減少する傾向を示した。ボディギアのケースでは、曲率半径が 2000m～4000m を下回ることによって、最大応力が設計基準曲げ強度 $5.0N/mm^2$ より大きくなったが、自重のみのケースやノーズギアのケースでは、曲率半径が小さい場合でも最大応力が $5.0N/mm^2$ より小さくなった。

図-14に不同沈下幅 $L=25m$ としたときの不同沈下量 ΔS と最大応力の関係を示す。不同沈下量 ΔS は、曲率半径 ρ と不同沈下幅 L から $\Delta S=(L^2/6)/\rho$ として計算され、

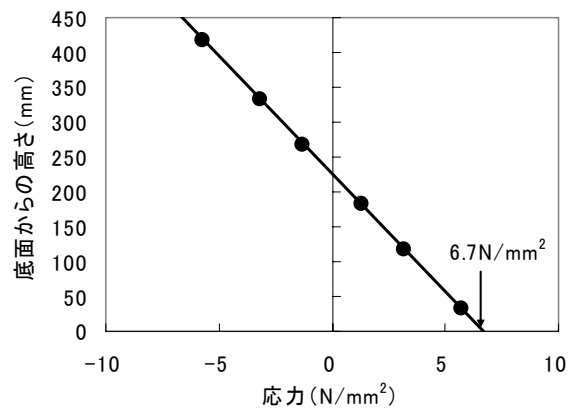


図-12 コンクリート版断面内の応力分布（ケース 2，曲率半径 2 km）

3.4 温度応力を考慮した許容発生応力

コンクリート版における温度応力を考慮した許容発生応力は、設計基準曲げ強度に温度変化で発生する引張応力を考慮して算定する。

(1) 温度応力

温度変化で発生する引張応力は、八谷らの検討²⁾に準じて、式(1)に示す岩間の算定方法⁵⁾を適用する。

$$\sigma_t = 0.35 C_w \alpha E \theta \quad (1)$$

C_w : そり拘束係数 (温度差正: 0.95, 温度差負: 0.73)

α : コンクリートの線膨張係数 ($10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

E : コンクリートのヤング係数 (34300N/mm^2)

θ : コンクリート版上下面の温度差 (温度差正: 15°C , 温度差負: 8°C)

式(1)により算定した、コンクリート版の上面(頂部)と下面(底部)に発生する温度変化による引張応力は、以下ようになる。

- ① 底部に引張応力が発生する場合 (温度差正)

$$\sigma_t = 1.71\text{N/mm}^2$$

- ② 頂部に引張応力が発生する場合 (温度差負)

$$\sigma_t = 0.70\text{N/mm}^2$$

(2) 許容発生応力

許容発生応力は、設計基準曲げ強度 (5.00N/mm^2) から温度勾配による引張応力を差し引き、底部と頂部について以下のように算定した。

- ① 底部に引張応力が発生する場合 (温度差正)

$$\sigma_a = 5.00 - 1.71 = 3.29\text{N/mm}^2$$

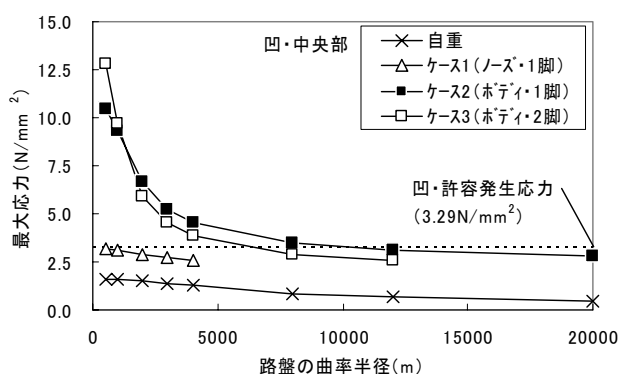
- ② 頂部に引張応力が発生する場合 (温度差負)

$$\sigma_a = 5.00 - 0.70 = 4.30\text{N/mm}^2$$

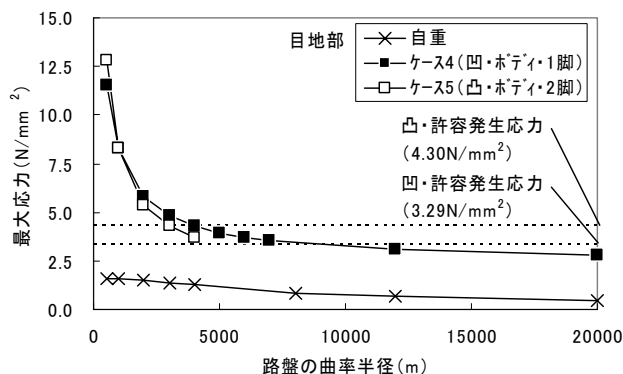
3.5 許容曲率半径

許容曲率半径は、コンクリート版の最大応力が許容発生応力に一致するときの曲率半径である。また、そのときの不同沈下量が許容不同沈下量である。図-13の曲率半径-最大応力関係に許容発生応力の破線を挿入した。許容曲率半径の最小値は、表-3に示すように凹部でケース2の9500mとなり、凸部でケース5の3000mとなった。

本章での検討結果から補修必要率の算定に用いる許容曲率半径は、凹部で9500m (許容不同沈下量 11.0mm, 許容曲率 $105 \times 10^{-6}/\text{m}$) を用い、凸部で3000m (許容不同沈下量 34.7mm, 許容曲率 $336 \times 10^{-6}/\text{m}$) とする。

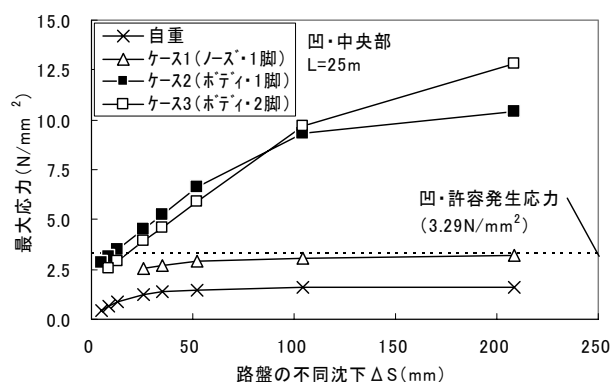


a) ケース 1, 2, 3 (中央部载荷)

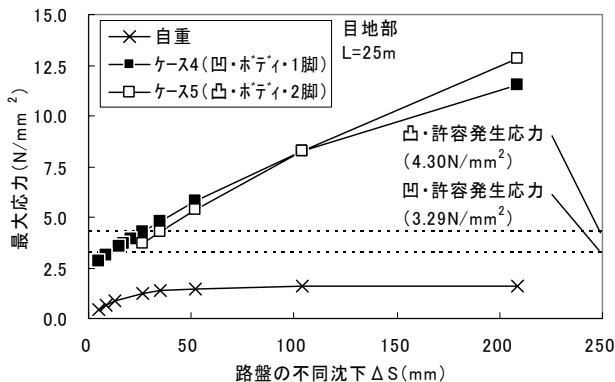


b) ケース 4, 5 (目地部载荷)

図-13 曲率半径-最大応力関係



a) ケース 1, 2, 3 (中央部载荷)



b) ケース 4, 5 (目地部载荷)

図-14 不同沈下量-最大応力関係 (L=25m)

表-3 ケースごとの許容曲率と許容不同沈下量

	地盤形状	対象脚	載荷位置	脚数	許容曲率半径	許容曲率	許容不同沈下量
					m	$\times 10^{-6}/\text{m}$	mm
1	凹	ノズギア	中央	1	500 以下	2000 以上	208 以上
2		ボディギア	中央	1	9500	105	11.0
3				2	9200	109	11.3
4			目地	1	5700	175	18.3
5	凸	ボディギア	目地	2	3000	336	34.7
備考							$L=25\text{m}$

4. 補修必要率の算定

4.1 算定方法

地盤の不同沈下量から得られた発生曲率半径（2章）と解析より得られた許容曲率半径（3章）から経過年数ごとのクラック度（ひび割れ度）ならびに補修必要率を算定した。クラック度とは、空港舗装補修要領（案）⁶⁾に示されたひび割れ発生度合いを表す指標であり、図-15に示すように残留沈下量の算定メッシュである単位ユニット（面積 A ）に対するコンクリート版に生じるひび割れの長さで表される。各メッシュのクラック度は、試行回数の20回分を以下の方法で算定した。クラック度の算定に用いる R_x には、縦方向と横方向の値のうち大きい値を採用し、補修必要率の算定に用いるクラック度は、各試行でのクラック度の平均値とした。

クラック度 (cm/m^2)

= 1 ユニットのクラック長 / 単位ユニットの面積

= $2L \times (S_r/S) / A$

L : コンクリート版1辺の長さ

S_r : 許容曲率半径を超える範囲の面積 ($=\pi \times R_x^2$)

R_x : 許容曲率半径を超える半径

S : コンクリート版1枚の面積 ($=L^2$)

A : 検討対象面積

補修必要率は、全メッシュ数 833 点のうち、クラック度が $11.1 \text{ cm}/\text{m}^2$ を超えるメッシュの割合として算定した。このクラック度は、空港舗装補修要領（案）⁶⁾において、補修の要否を判定する際に「できるだけ早急に補修の必要がある」とされる基準値である。

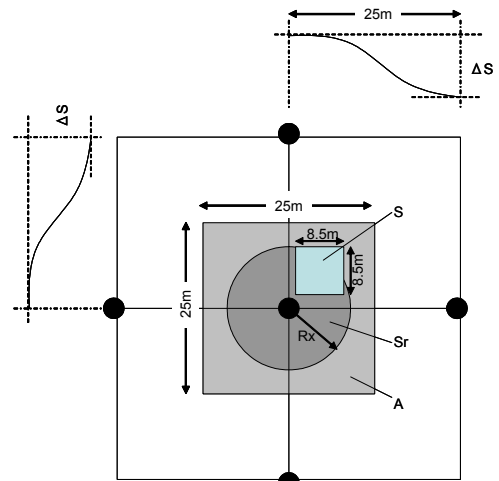


図-15 クラック度算定の概念

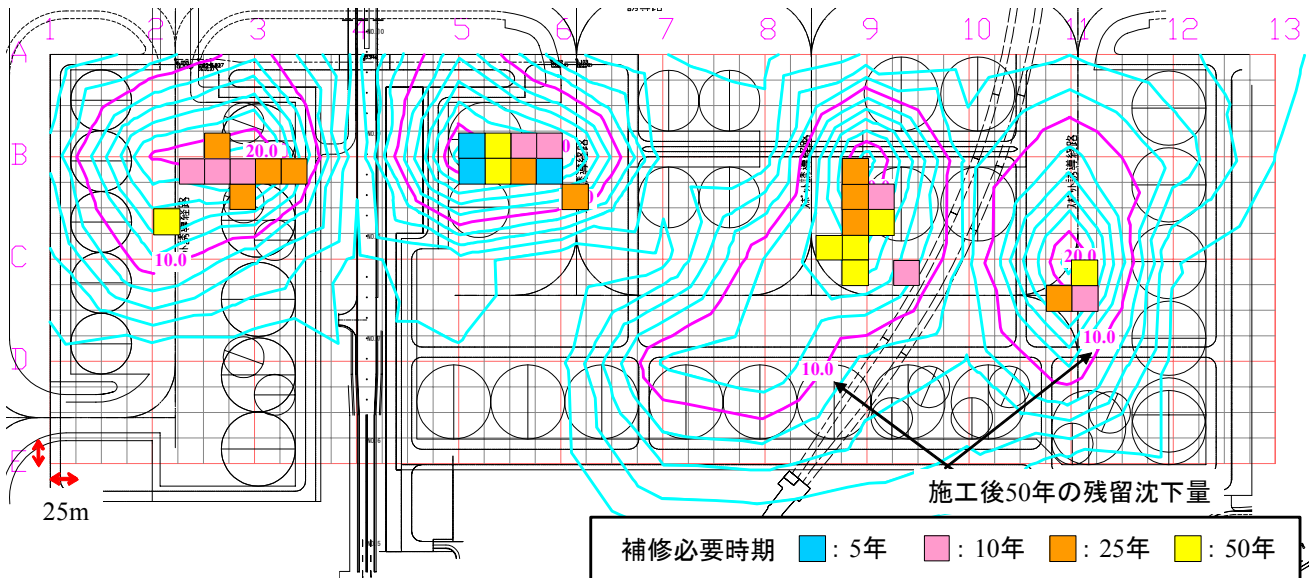


図-16 残留沈下量と補修必要メッシュの分布

4.2 算定結果

図-16に施工後 50 年の残留沈下量と補修必要メッシュの分布を示す。補修必要メッシュは、クラック度が 11.1 cm/m^2 を超えたメッシュである。補修必要メッシュは、残留沈下量が大きく、残留沈下量の等高線が密、すなわち勾配が急な位置で生じた。

図-17に補修必要率の経年履歴を示す。補修必要率は、全 833 メッシュのうち、図-16に示した補修必要メッシュの割合である。補修必要率は、施工後 5 年から 10 年の間で大幅に増加し、その後の値は、緩やかに増加した。計算上の 25 年補修必要率は 2.5% (21 メッシュ)、50 年補修必要率は 3.6% (30 メッシュ) となった。また、エプロン部の部分的な供用停止や施工面などを考慮して、1 回の補修可能面積を 1.0% (8 メッシュ) と仮定した場合、供用期間 50 年間の補修回数は、施工後 8 年、20 年、30 年の 3 回と設定できる。

5. まとめ

本検討では、空港エプロン部のコンクリート版を対象に、目地間隔 8.5m、航空機荷重 A380 クラスの設計条件を用い、実際の東京国際空港の地盤条件を想定して、解析的に補修必要時期とその位置を検討した。この検討から得られた知見を以下に示す。

- 不同沈下シミュレーションにより地盤に発生する曲率半径を算定した結果、今回の算定条件では、曲率半径がほとんどの点で $1\text{km} \sim 100\text{km}$ の範囲に分布した。
- 地盤とコンクリート版の空隙を考慮した 3 次元有限要素解析により、自重と航空機荷重が作用したときの最大応力を算定した。最大応力は、曲率半径が小さくなることで大きくなり、ボディギアのケースでは $2\text{km} \sim 4\text{km}$ を下回ることによって設計基準曲げ強度 5N/mm^2 を超えた。
- 曲率半径と最大応力の関係から、ひび割れが発生する地盤の曲率半径の限界値である許容曲率半径を算定した。許容曲率半径は、地盤形状が凹部では 9.5km となり、凸部では 3.0km となった。
- 発生曲率半径と許容曲率半径から、クラック度を算定し、クラック度が 11.1 cm/m^2 を超えたメッシュ（補修必要メッシュ）の位置を推定した結果、補修必要メッシュは、残留沈下量が大きく、急勾配である位置に生じた。
- 各経過年数の補修必要メッシュから補修必要率を算定した結果、25 年補修必要率は 2.5%、50 年補修必要率は 3.6%となった。1 回の補修可能面積を 1.0% と仮定すると補修回数は、施工後 8 年、20 年、30 年の 3 回と設定可能であった。

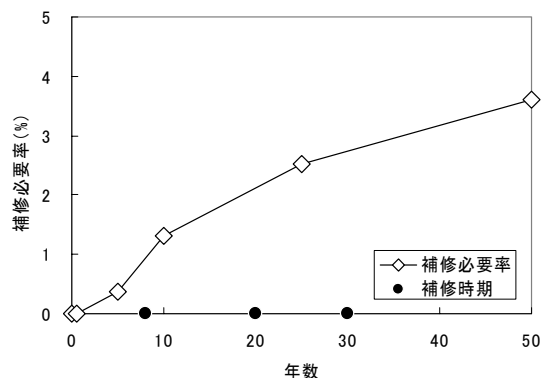


図-17 補修必要率の経年履歴

謝辞：地盤の検討に際して、ご協力頂きました土木技術部の福田和人氏、川口達也氏、林信太郎氏に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) (財) 沿岸開発技術研究センター：東京国際空港沖合展開事業技術総録，pp.9-23 - 9-37，2000.
- 2) 八谷好高：空港コンクリート舗装のマネジメントシステムに関する研究，港湾技研資料，No.698，1991.
- 3) 坪川将丈，八谷好高，松崎和博：空港コンクリート舗装の目地間隔と目地材料の規格に関する研究，国土技術政策総合研究所研究報告，No.14，2003.
- 4) 土田 孝，小野憲司：数値シミュレーションによる不同沈下の予測とその空港舗装への適用，港湾技術研究所報告，Vol.27，No.4，pp.123-200，1988.
- 5) 岩間 滋：コンクリート舗装の構造設計に関する実験的研究，土木学会論文集，No.111，pp.16-46，1964.
- 6) 空港舗装補修要領（案），運輸省航空局，1999.