

D滑走路 滑走路舗装（埋立部）の設計 ～大粒径アスファルト混合物による品質・施工性の向上～

J V 工務・設計監理 Gr 角谷清宣

キーワード：空港舗装構造設計、基本施設、埋立部、大粒径アスファルト混合物

1. まえがき

空港基本施設舗装はその特殊性から容易に代替が効かないことや、大型の航空機が高速で離発着するという他の舗装施設とは異なった条件から、適切な構造設計が求められる。D 滑走路島埋立部には滑走路 1,710m のほか平行誘導路・取付誘導路 2 本が配置されており、その舗装構造設計は、C 滑走路の舗装構造を参考に空港舗装構造設計要領（以下、「設計要領」）に基づき実施設計を進めている。本報告は、埋立部舗装構造設計の概要ならびに航空機材の大型化に伴う界面剥離リスク低減・耐流動性向上を目的に採用した大粒径アスファルト混合物（以下、大粒径(30)）について述べたものである。

2. 舗装構造設計の概要

2-1 設計手順と設計条件

2-1-1 設計手順

埋立部の舗装構造設計フローを図 1 に示す。基本的には「設計要領」に準じて行うが、現行設計要領に含まれていない大型機材が設計対象機種に含まれていることや「設計要領」の最大値である 50,000 回を上回る計算反復作用回数を有する施設があることから、設定した舗装構造に対して多層弾性解析を用いた疲労照査を行うものとした。加えて、表層と基層間の剥離照査も行った。

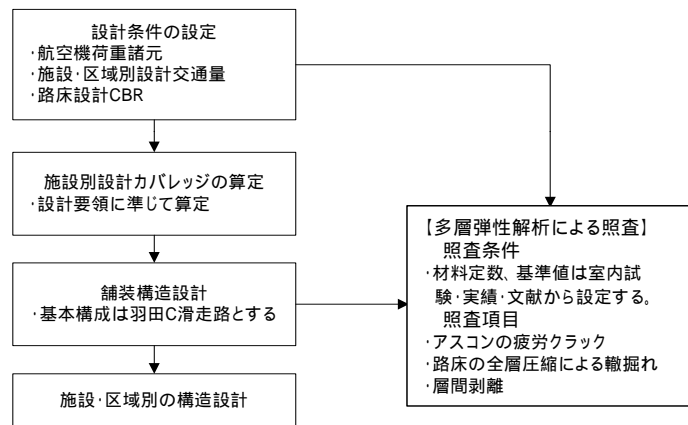


図 1 検討フロー

2-1-2 設計条件

(1) 設計交通量と設計カバレッジ

設計交通量は要求水準書より表 1 に示したとおりとし、「設計要領」に基づき設計荷重区分を LA-1 とし、同要領に従い設計代表機種を B747-400 として表 2 の設計カバレッジを算出した。

表 1 設計交通量

機材	離着陸回数 (回/年)	設計交通量(回/年)		設計交通量(10年)	
		離陸	着陸	離陸	着陸
国内線	A380-800D	7,000	2,000	50,000	20,000
	B747-400D	19,000	4,000	150,000	40,000
	B777-200	30,000	7,000	230,000	70,000
	B767-300	35,000	8,000	270,000	80,000
	B737-400	13,000	3,000	100,000	30,000
	DHC-8-400	2,000	1,000	10,000	10,000
国際線	A380-800	1,000	0	10,000	0
	B747-400	3,000	1,000	20,000	10,000
	B777-200ER	1,000	0	10,000	0
	B767-300ER	4,000	1,000	30,000	10,000
計		88,000	27,000	880,000	270,000

表 2 設計カバレッジ

施設	カバレッジ	
	計算値	設計値
滑走路	63,661	80,000
取付・平行誘導路	8,170	10,000
高速脱出誘導路	8,261	10,000
連絡誘導路	84,881	80,000

(2) 路床条件

路床条件については、代表4産地の室内試験を実施し以下の要領で設計 CBR を 8%と設定した。

締固め基準密度比は同様の材料を用いた現空港 C 滑走路等の実績を参考に 95%とする。

対象が山砂であり室内 CBR が現場 CBR より極端に大きくなることが予想されたため、突き固めモールドを 300mm として、現場 CBR を推定する。

水浸低減率については、試料中の水浸 CBR / 非水浸 CBR 比が最小の 71%とした。

ただし、路床 CBR については施工初期に実施する現場 CBR 試験等を基に再設定し修正設計を施す方針としている。

2-2 滑走路および誘導路の標準横断

荷重区分・設計カバレッジ・路床条件から「設計要領」に基づき基準舗装厚を決定し、各施設の舗装構造を表 3、表 4 のように決定した。また、図 2、図 3 に滑走路および平行誘導路の標準横断図を示す。

表 3 滑走路の舗装構造

施設部位	比	基準舗装厚 (cm)	表層	基層	上層路盤	下層路盤	下層路盤	
			密粒As (cm)	大粒径As (cm)	As安定処理 (cm)	粒度調整碎石 (cm)	粒状材 (cm)	
滑走路	端部中央帯	1.0	155	5	12	15		109
	端部縁端帯	0.8	124	5	12	13		82
	中間部中央帯	0.9	140	5	12	13		98
	中間部縁端帯	0.7	109	5	12	13		67
	ショルダー	0.5	78	5			25	48

表 4 誘導路の舗装構造

施設	カバレッジ (回)	基準舗装厚 (cm)	表層 密粒As (cm)	基層 大粒径As (cm)	上層路盤 As安定処理 (cm)	下層路盤 粒度調整碎石 (cm)	下層路盤 粒状材 (cm)
連絡誘導路 取付・平行	80,000	155	4	12	15		109
拘束脱出誘導 路	10,000	120	4	11	15		75
ショルダー(連絡誘導路)		78	5			25	48
ショルダー(その他誘導路)		60	5			25	30

滑走路中間部(B-B)

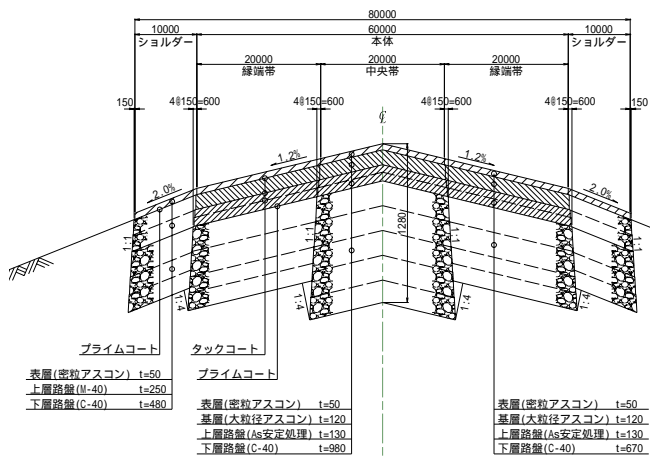


図 2 滑走路(中間部)標準横断

平行誘導路(D-D)

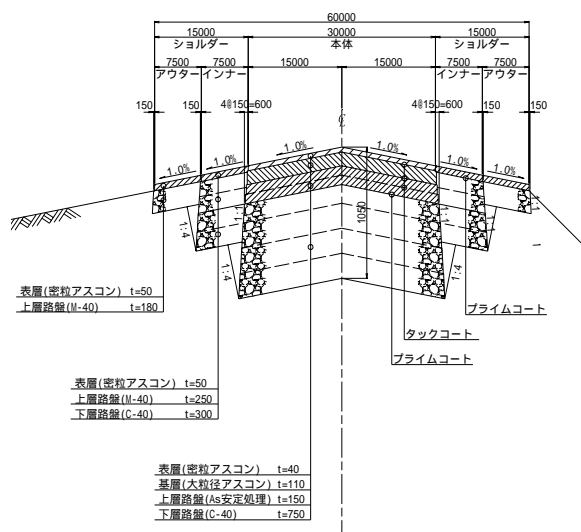


図 3 平行誘導路標準横断

3. 大粒径アスファルト混合物の採用

3-1 採用目的

実施設計では、以下の事項を大粒径(30)の採用目的として、既往文献・事例調査ならびに室内試験による品質の確認を実施した。

- シックリフト工法の採用による施工界面の減少と施工の合理化。
- 耐流動性の向上。

3-2 大粒径アスファルト混合物の一般的性質と既往研究における評価

大粒径アスファルト混合物は、一般的に以下の性質を有していると言われている。

- 骨材の噛み合わせが良く、耐流動性・耐摩耗性に優れる。
- 舗装構造の弱点となる施工境界を減らすことができ境界剥離問題を低減できる。
- 締固めに関して大粒径アスファルト混合物は、その効果の発現しやすい混合物である。
- 敷均し厚さを厚くでき、通常の施工に比べて施工時間が短縮され施工の省力化が図れる。

また、既往研究(高橋ら：空港舗装における大粒径アスファルト混合物の表・基層への適用性：第4回舗装工学論文集1999など)において、最大骨材径13,20,30,40mmの4種(以下、試験結果に示すA:13mm,B:20mm,C:30mm,D:40mmの混合物)の混合物に対して室内試験・載荷試験により、空港舗装への適用性を検討している。本研究において実施した室内試験結果を表5、図4に示す。

試料A・Bについては標準モールド径101.6mm、C・Dについては大型モールド152.4mmを使用しているため、通常の混合物と大粒径混合物の優劣を評価することはできないが、基準値を満足している。動的安定度(DS)については、図4に示したようにシックリフト工法の採用を前提に供試体厚さを50,100,150mmの3種として実施し、大粒径混合物が耐流動性に優れた材料であると評価している。

また、延長60m、幅員7mの試験ヤードで原型荷重走行車(LA-1)を用いた載荷試験も実施し、室内試験で再現困難な耐流動性等評価を行っている。ここでも、平坦性・耐流動性・施工性各面で大粒径混合物は通常混合物に劣ることはなく、特に耐流動性では優位性が認められるとしている(表6)。

3-3 室内試験による品質の確認

室内試験は、一般的に基層に用いられる粗粒度(20)と大粒径(30)を比較できるよう実施した。

3-3-1 配合試験

(1) 目標粒度の設定

粗粒度(20)については「空港土木工事共通仕様書」を、また、大粒径(30)については中部国際空港の骨材粒度を参考に表7の目標粒度を設定した。

表5 各配合の室内試験配合試験一覧

測定項目	A	B	基準値	C	D	基準値
OAC(%)	5.7	5.5	-	4.6	4.4	-
安定度(kN)	12.3	15.4	8.8以上	36.6	31.0	19.8以上
フロー値(1/100cm)	31	28	20~40	42	48	30~60
空隙率(%)	3.1	3.3	2~5	4.1	3.9	3~5
飽和度(%)	80.9	79.2	75~85	72.1	72.3	-
残留安定度(%)	95.3	89.4	75以上	87.0	85.7	75以上

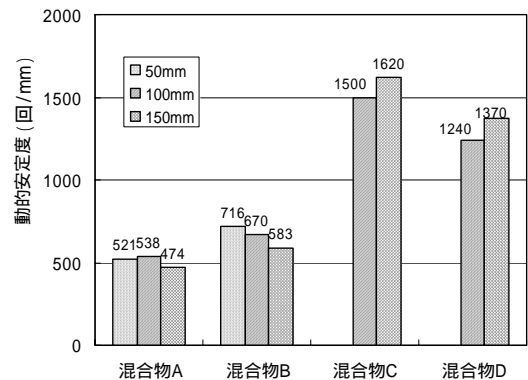


図4 動的安定度の比較

表6 轍掘れ量(mm)の比較

舗装区画	断面	断面	平均値
A区画	2.0	2.0	2.0
B区画	3.5	4.5	4.0
C区画	1.5	1.5	1.5
D区画	2.0	3.0	2.5

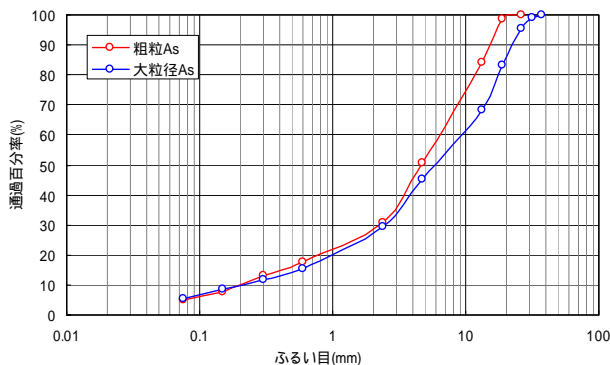
表7 各混合物の目標範囲および目標粒度

混合物の種類	材料名	通過質量百分率(%)												
		53mm	37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
粗粒度(20)	合成粒度				100	98.7	84.1	68.6	50.8	30.8	17.8	13.3	7.7	5.0
	粒度範囲				100	95	70	-	35	20	11	5	4	2
大粒径(30)	合成粒度	100	99.3	95.7	83.2	68.4	57.4	45.4	29.3	15.5	11.9	8.4	5.5	
	粒度範囲	100		90		56		29	19		5		1	

(2) 配合試験結果

配合試験結果を図 5、表 8 に示す。既往研究と同様にモールド径が異なることから粗粒(20)と大粒径(30)との優劣を直接比較することはできないが、両者ともに基準値を満足している。動的安定度(DS)については、粗粒(20)では標準供試体厚の 50mm、大粒径(30)では標準の 50mm に加え骨材最大粒径の影響の考慮した 100mm でも実施した。既往研究と同様に大粒径(30)の DS は従来混合物より相当大きく、耐流動性の高い混合物であることが確認できている。

図 5 各混合物の骨材粒度分布



混合物の種類		粗粒(20)	大粒径(30)
供試体径	mm	101.6	152.4
密度(かさ密度)	g/cm ³	2.399	2.416
理論密度	g/cm ³	2.501	2.512
空隙率	%	4.1	3.8
		(3~6)	(3~6)
安定度	kN	11.1	21.2
		(8.8以上)	(19.8以上)
フロー値	1/100mm	32	49
		(15~40)	(23~60)
飽和度	%	73.9	74.7
		(65~80)	(65~80)
残留安定度	%	82.9	83.0
		(75以上)	(75以上)
動的安定度	t=50mm	回/mm	810
	t=100mm	回/mm	-
			2670
			2560

表 8 配合試験結果一覧 ()内は基準値)

(3) レジリエントモデュラス試験

疲労耐久性照査の入力値を得るためレジリエントモデュラス試験を実施した。本試験は、要求水準書の参照基準で記載されている「舗装試験法便覧別冊」(1996年10月 日本道路協会)に準拠し実施した。試験結果を表 9 に示す。

載荷速度・供試体温度に関わらず粗粒(20)と大粒径(30)のレジリエントモデュラス値に大きな違いがないことから、両者を用いた場合、舗装構造の疲労耐久性はほぼ同程度であると判断した。

表 9 レジリエントモデュラス試験結果一覧

混合物の種類	供試体温度	全復元レジリエントモデュラス(N/mm)	
		10Hz (誘導路を対象)	2Hz (滑走路を対象)
粗粒(20)	-5	28,036	24,714
	20	5,057	3,734
	40	1,124	638
大粒径(30)	-5	26,549	27,145
	20	5,527	4,794
	40	916	645

(4) 施工時の留意点

敷均し厚さを 10cm 以上とするシックリフト工法では、平坦性の確保が最も大きな課題となる。敷均し機械に強化型スクリード(通常装備のタンパーに加えパイプレータ・プレッシャーバー等を追加装備したスクリード)を装着したアスファルトフィニッシャーを使用することなどにより対応する。また、敷均し・転圧機械等については、試験施工等において詳細検討する。

4. あとがき

本報告では東京国際空港 D 滑走路の埋立部舗装構造設計について、その設計概要ならびに基層部分に採用した大粒径アスファルト混合物について基本的性質等を述べた。基本施設舗装構造については、本工事の最終段階で施工されることもあり、基盤施設施工段階から実施される計測管理やその間の技術進歩・蓄積により、新たな知見が得られるものと考えられる。今後とも関係各位のご指導・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。