高強度コンクリートを用いた空港舗装の 曲げ疲労特性に関する研究

伊藤友一¹·小梁川雅²·下村泰造³

 ¹正会員 工 大成建設株式会社 九州支店(〒836-0825 福岡県大牟田市三坑町(三井化学㈱西門駐車場入口)) E-mail: t-itoh@cc.taisei.co.jp
 ²フェロー会員 工博 東京農業大学 地域環境科学部 生産環境工学科(〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1) E-mail: elric@nodai.ac.jp
 ³正会員 工博 大成建設株式会社 国際支店土木技術部(〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1) E-mail: taizo@cc.taisei.co.jp

空港舗装コンクリートに適用されるコンクリートは設計基準曲げ強度 5.0N/mm²を標準としている.しか しながら,近年では,広い分野において高強度コンクリートが適用されており,東京国際空港国際線地区に おいても,設計基準曲げ強度 5.5N/mm²のコンクリートをエプロン舗装の一部に適用している.東京国際空 港国際線地区のエプロンコンクリート舗装の設計では,コンクリート舗装の曲げ強度のみならず,曲げ疲労 破壊に着目し,設計耐用年数に渡る疲労特性を評価しているが,設計基準曲げ強度 5.0N/mm²を超えるコン クリートの疲労特性に関する研究はほとんどなされていない.本研究においては,設計基準曲げ強度 5.5N/mm²の高強度コンクリートについて 2 種類の配合を作成し,その曲げ疲労特性に関する比較検討を行っ た.また,舗装設計便覧に示される既往の疲労曲線との比較を行い,高強度コンクリートの曲げ疲労特性に 関する考察を行った.

Key Words : airfield concrete pavement, fatigue properties, high-strength concrete, fatigue analysis

1. はじめに

空港舗装コンクリートに適用されるコンクリートは, 設計基準曲げ強度 5.0N/mm²を標準としている.しかしな がら,近年,高性能 AE 減水剤などの混和材料の発達に より,水セメント比を小さくした高強度コンクリートの 適用性は高く,広い分野においてその使用が試みられて いる.

空港舗装においても例外ではなく、東京国際空港国際 線地区のエプロン舗装において大きな不同沈下が予測さ れる箇所に,設計基準曲げ強度 5.5N/mm²の高強度コンク リートを適用している.これは高強度コンクリートを適 用することにより、コンクリート版の累積疲労度を小さ くすることを目的としたためである.

舗装標準示方書¹⁾にも示されているように、コンクリート舗装の破損はコンクリート版の曲げ破壊もしくは、曲 げ疲労破壊により生じると考えられる.コンクリート版 の曲げ疲労特性に関しては、設計基準曲げ強度 5.0N/mm² のコンクリートについて幾つかの研究が行われているも のの、これを上回る設計基準曲げ強度のコンクリートの 適用に関しては、極めて少ないのが現状である.また、 エプロン舗装上を通過する航空機による繰返し荷重は, 道路の場合に比較して繰返し周波数が小さくなるが,低 周波数繰返し応力の疲労に対する影響が指摘されている ²⁾. さらに,既往の研究の多くは,道路舗装を対象とした ものであり,エプロン舗装を対象としたものは少ないの が現状である.

以上のことより、本研究では高強度コンクリートの曲 げ疲労特性の把握を目的に実験を行い、得られた疲労特 性の空港舗装設計への影響を検討した.

東京国際空港国際線地区のエプロン舗装に使用される コンクリートは、実施工での施工性を考慮し、通常入手 可能な材料及びこれまでの製造・施工方法を前提とした 汎用的な設計基準曲げ強度 5.5N/mm²の高強度コンクリ ートの配合を決定している³⁾.

以下,本論文においては,設計基準曲げ強度 5.0N/mm² 程度の標準的なコンクリートを普通コンクリート,設計 基準曲げ強度 5.5N/mm²のコンクリートを高強度コンク リートと呼ぶこととする.

2. 配合及び静的曲げ強度試験

(1) 使用材料及び配合

本試験で用いたセメントは普通ポルトランドセメント であり、粗骨材に茨城県笠間産の硬質砂岩を、細骨材に 茨城県鹿島産の川砂を用いた.試験に用いたコンクリー トは、施工性を考慮し、練り上がり30分後の値をフレッ シュ性状の品質目標値に設定した.品質目標値は、スラ ンプ2.5±1.0cm、空気量4.5±1.0%、沈下度30±10秒と した³⁾.

配合の決定に際しては、強度の変動を考慮し、設計基 準曲げ強度を割増し、配合強度を設定する必要がある. 今回の試験においては、実施工を想定しプラント等の実 績より変動係数を9%と仮定した.この結果、配合強度の 割増しは、

α=1/(1-1.645V/100), V:変動係数(%) より1.17となり,配合強度を

 $5.5 \times 1.17 = 6.5 \text{N/mm}^2$

と設定した.

また,セメントペースト分の増加による曲げ疲労耐久 性への影響を確認する目的で,施工可能な範囲でセメン トペースト分を増加させた配合を作成した.以下,セメ ントペースト分を増加させた配合を配合 B と呼び,通常 の配合を基準配合と呼ぶこととする.

以上により設定した基準配合及び配合 B の示方配合及 びフレッシュ性状試験結果を表-1 に示す.フレッシュ性 状試験結果については,品質目標値として設定した 30 分 後の値を示す.

配合Bについては、基準配合に対してC/W一定の条件でセメント量を増やす配合とした.結果としてセメント量19kg 増の配合となった.

(2) 静的曲げ試験結果

上記の配合について,静的曲げ試験を実施した.静的 曲げ試験については,C/Wと強度の関係を把握するため C/W=2.7を中心として,C/W=2.4,3.0の3水準について 実施した. 試験結果を表-2 及び図-1 に示す.

試験結果より,基準配合・配合Bとも当初想定していた C/W=2.7 の配合において,目標配合強度である 6.5N/mm²を満足した.また,静的曲げ強度に関しては,基準配合・配合Bについて優位な差は見られなかった.以上より,曲げ疲労試験に用いる配合として,**表-1**に

示した配合を用いることに決定した.

3. 曲げ疲労試験

(1) 試験概要

曲げ疲労試験の供試体寸法は,150mm×150mm× 530mmとし,載荷方法は,スパン450mmの3等分2点 載荷とした.

供試体本数は、ばらつきを考慮して試験一要因ごとに6本ずつとした.明らかに疲労強度が低いというような不自然な結果が出た場合や、機械の不具合が生じた場合のために、各ケースにつき予備供試体を1本ずつ用意するものとした.

疲労供試体本数の一覧を表-3 に示す.また,供試体の 割振りは,各バッチの誤差を最小にするという考えで,1 バッチ 8 本の供試体を各応力レベル,曲げ強度試験に振 分けた.

小梁川ら²によると、コンクリートの曲げ強度は、試験 時における供試体内の水分変化の影響を敏感に受けると 報告されている.特に疲労試験のように、水中養生供試 体を長期間乾燥状態においた場合にはその影響は大きい とされている.

そこで,本試験においても,小梁川ら²⁰の報告と同様に, 供試体表面にグリースを塗布し,さらにビニール樹脂膜 で被覆し,水分変化の影響を抑える方法とした.

繰返し応力波形の最大応力(σ_{max})と静的曲げ強度(σ_{b})の比を応力レベル(S= σ_{max}/σ_{b})と定義し,S=0.90,0.80,0.70の3要因とした.応力レベルの静的強度(σ_{b})

表-1 配合及びフレッシュ性状試験結果

	W/C		S/a	単位 粗骨材			単位量 (kg/m3)		混和剤	空気量 調整剤		フレッシュ	生状試験結果		
	(%)	C/W	(%)	容積 (m3/m3)	水 セメント 細骨材	粗t 4020	骨材 2005	15s 775S (C×%) (A)	スランプ (cm)	 プ 空気量 コンクリート温度 (%) (°C) 	コンクリート温度 (℃)	沈下度 (s)			
基準配合	37.0	2.7	32.7	0.760	134	362	605	508	761	0.60	1.75	2.5	4.5	19.0	26
配合B	37.0	2.7	41.3	0.650	141	381	749	434	652	0.60	1.00	3.5	4.2	19.0	17

※空気量調整剤は、C×0.003% (100 倍液をセメント量 1kg あたり 3cc) を 1A とした

表-2 静的曲げ試験結果

配合	C/W	CAV	C/W	W/C				曲げ強度	(N/mm2)			
		(%)	7日強度			平均	28日強度		平均			
基準配合	2.4	41.7	5.94	6.14	5.77	5.95	6.73	6.90	6.73	6.79		
	2.7	37.0	6.81	6.83	6.59	6.74	7.39	7.67	7.95	7.67		
	3.0	33.3	6.46	6.59	6.85	6.63	7.51	7.60	7.82	7.64		
配合B	2.4	41.7	5.11	5.62	5.88	5.54	6.63	6.82	6.33	6.59		
	2.7	37.0	6.70	6.35	6.42	6.49	6.66	8.08	7.31	7.35		
	3.0	33.3	5.73	6.20	6.78	6.24	7.72	7.47	8.67	7.95		



図-1 C/W と曲げ強度の関係

表-3 疲労試験供試体本数一覧

配合ケース	疲労試験用	曲げ強度試験用
基準配合	18本(6本×応力レベル3ケース)	9本(3本×応力レベル3ケース)
配合B	18本(6本×応力レベル3ケース)	9本(3本×応力レベル3ケース)
予備	6本(1本×応力レベル3ケース×配合2ケース)	なし

表-5 疲労試験結果一覧

	応力レベル:0.9		応力レイ	ベル: 0.8	応力レベル : 0.7	
	基準配合	配合B	基準配合	配合B	基準配合	配合B
最大応力(N/mm2)	6.28	6.23	5.58	5.54	4.89	4.84
静的強度(N/mm2)	6.98	6.92	6.98	6.92	6.98	6.92
	18	40	619	149	2,694	1,340
	44	41	683	448	3,250	1,934
	49	59	766	949	3,727	3,64
收获回致(巴)	65	118	931	1,504	11,032	5,159
	121	196	1,085	1,505	11,354	26,160
	124	230	7,230	2,285	12,917	38,01
最大値(回)	124	230	7,230	2,285	12,917	38,01
平均値(回)	70	114	1,886	1,140	7,496	12,710

には、配合ケースごとに9体の静的曲げ試験を実施しその平均値を用いた.

繰返し応力波形の最大応力(σ_{max})と最小応力(σ_{min}) の比を応力比($\mathbf{R}=\sigma_{min}/\sigma_{max}$)と定義し、本試験において は、 $\mathbf{R}=0.0 \text{ o} 1$ 要因とした.ただし、曲げ疲労試験機の 制約から応力を全く与えない(最小応力を $0N/mm^2$ と する)ことができないため、機械が与えることができ る最小応力として $\sigma_{min}=0.1N/mm^2$ を与えた.

空港のエプロン等の比較的走行速度の遅い荷重が作用 するコンクリート舗装では、道路よりも小さい周波数が 作用することが考えられるため、本試験においては応力 波形 1Hz の sin 波形を用いることとした.

また,曲げ疲労試験は試験期間が長期間に渡ることから,試験材齢は強度の伸びが無視できると考えられる91 日以降とした.

試験要因の一覧を表-4に示す.

(2) 試験結果

基準配合・配合 B の疲労試験結果一覧を表-5 に示す. 応力レベル0.9 及び0.7 については,最大値・平均値とも に配合 B が大きな値を示したが,応力レベル0.8 につい ては,基準配合が大きな値を示した.

基準配合と配合 B に関して各応力レベルのデータ集団 の平均値と分散を比較することによって,配合の違いに よる影響を検討した.平均値の検定にはt検定を,分散の 検定にはF検定を用いた.

検定の結果として、平均値については、すべての応力 レベルについて 14%から 26%となり危険率 5%で有意な 差が認められなかった.分散については、応力レベル 0.9 は 18%となり危険率 5%で有意な差が認められなかった

表-4 試験要因一覧

応力レベル	応力比	応力波形	材齢	供試体数
0.90	0	1Hz(sin波)	91日以降	6本
0.80	0	1Hz(sin波)	91日以降	6本
0.70	0	1Hz(sin波)	91日以降	6本



が、応力レベル0.8 は1.9%、0.7 は2.1%となり、危険率 5%で有意な差があるという判定となった。分散に関して は、応力レベル0.8 及び0.7 について有意な差があるとい う判定となったが、サンプル数が少ないことが、ばらつ きの原因になっていると考えられる。特に平均について は、すべての応力レベルについて有意な差が認められな かったことから、全体としてみれば、今回の試験結果に 関しては、基準配合と配合 B は同一の母集団より抽出さ れたものと考えて差し支えないといえる。

(3) 疲労曲線の作成及び結果の考察

小梁川ら⁴の研究を参考に基準配合,配合 B の結果に 対して疲労曲線を作成した.試験結果及び破壊確率 50% の疲労曲線をプロットしたグラフを図-2 に示す.

基準配合・配合 B に関して,破壊確率 50%の疲労曲線 を比較するとほぼ同様の傾向を示していることがわかり, 疲労曲線からも基準配合と配合 B に明確な差は認められ ないといえる.

応力レベル 0.7 における基準配合,配合 B それぞれの 曲げ疲労試験後の破断面の写真を**写真-1**,2 に示す.

本試験においては、セメントペーストと骨材の付着特 性が曲げ疲労強度に大きな影響を及ぼしていると考え、 セメントペースト分を増加させた配合を作成し比較を行 ったが、前述のように明確な差はみられなかった.

配合 B については、静的曲げ強度を一定とするため、 C/W を基準配合と同一にした条件でセメント量を増加さ せた配合を作成した. そのため、施工性を確保するため に、単位粗骨材容積を減らす配合とした.

この結果,セメント量は増加したものの骨材との付着 に影響を及ぼすセメントペーストと骨材のトータルの付



写真-1 基準配合

写真-2 配合 B

着面積に明確な差が現れるほど大きな差がなかった可能 性がある.

また,コンクリートの曲げ疲労強度に影響を及ぼす要因としては,セメントペーストと骨材の付着が大きく, 骨材が破砕する状態で,曲げ疲労破壊を起こすと一般的に曲げ疲労強度が大きくなるといわれている.

本試験の破壊後の供試体を観察すると、写真-1, -2 中 〇印で示すように、多くはセメントペーストと骨材の界 面で剥離が起こっており、両配合とも、一般的な疲労破 壊モードが観察された.

配合 B は基準配合に比べ,セメント量が増分されてい るが,どちらも配合強度が同じであり,前述したように, トータルとしての骨材とセメントペースト分との付着特 性に大きな差が現れなかった可能性がある.つまり,今 回の実験では,設計基準曲げ強度を同じとすれば,コン クリート中のセメント量による差は疲労強度に大きく影 響しないと推測されるが,疲労試験体数も限られていた ことから,コンクリート舗装の疲労強度特性に及ぼす配 合設計手法については,今後の課題としたい.

また、本実験により得られた疲労曲線を舗装設計便覧 に示されている疲労曲線と比較すると、全体的に疲労強 度が下回る結果となっている.しかしながら、小梁川ら

応力レベル	0	.9	0	.8
載荷周波数	5Hz	1Hz	5Hz	1Hz
	498	268	15,768	779
	2,845	635	31,857	1,147
破壊回数	4,147	642	42,025	4,137
	8,900	1,349	1,236,430	16,163
	24,924	3,059	1,366,653	16,662
平均值	8,263	1,191	538,547	7,778
割増し係数	6	.9	69	.2

表-6 小梁川らの実験結果

⁵によると,コンクリートの疲労強度は載荷周波数の影響 を受け,周波数が小さくなるほど疲労強度は小さくなる ことが報告されている.

今回の実験により推定した疲労曲線は、周波数 1Hz の 結果から推定されたものであり、舗装設計便覧の疲労曲 線は、周波数 5Hz~20Hz の結果から作成されたものであ る.そのため、全体的に疲労強度が下回る結果となって いると考えられる.

4. 曲げ疲労特性

(1) 疲労曲線の比較

高強度コンクリートの曲げ疲労特性を把握するために, 舗装設計便覧^のに示されている疲労曲線との比較を行う.

前述のように、コンクリートの疲労特性は周波数の影響を受けることが報告されている⁵.

今回の実験結果が,周波数1Hzの結果であることから 舗装設計便覧に示されている疲労曲線と比較を行ううえ で,周波数の影響を考慮した補正を行う.

高強度コンクリートにおける 5Hz の実験結果は今まで に報告がされていないことから,普通コンクリートにお ける実験結果をもとに,補正を行うこととする.補正に おいては小梁川ら⁵の報告から,応力レベルごとに補正係 数を決定し今回の実験結果を割増すこととする.

小梁川ら⁵の実験結果を表-6 に示す.表-6 に示す応力 レベル0.9, 0.8 の実験結果から,対数近似曲線を作成し, 応力レベル0.7 については近似曲線を外挿し,割増係数を 設定した.割増し係数は,応力レベル0.9, 0.8, 0.7 につ いてそれぞれ, 4.9 倍, 32.2 倍, 232.8 倍と設定した.

今回の実験結果に以上の補正を行い基準配合,配合 B それぞれについて疲労曲線を作成した.

(2) 比較結果に対する考察

補正を行った破壊回数から設定した疲労曲線と舗装設 計便覧の疲労曲線の比較結果を図-3 に示す.比較を行う 曲線の破壊確率は5%に設定した.これは、後述のように 東京国際空港の設計では、破壊確率5%の疲労曲線を用い たためである.

基準配合と配合 B の疲労曲線を比較すると補正前と 同様の傾向を示しており,2 種類の配合に明確な差は見 られない.

次に補正後の疲労曲線と舗装設計便覧の疲労曲線を 比較する.基準配合,配合Bともに応力比0.85以下で は,舗装設計便覧の疲労曲線を超える結果となったが, 0.85以上では下回る結果となった.

しかしながら、本実験結果から作成した疲労曲線は6 検体から推定したものであることを考慮すると今回の 実験結果から推定される疲労曲線は舗装設計便覧に示



図-3 周波数補正後の疲労曲線比較結果

される疲労曲線と概ね同等であるといえる.

補正後の疲労曲線が概ね同等の傾向を示したことから, 高強度コンクリートの疲労強度が舗装設計便覧に示され る普通コンクリートの疲労強度に対して,十分な疲労強 度を有していることがわかった.

5. 施工された版の疲労寿命予測

以上の結果を受けて、得られた疲労曲線を基に、実際 に施工されたコンクリート版の疲労寿命予測を行った.

(1) 疲労度設計手法の概要

東京国際空港国際線地区のエプロンにおいて適用した 疲労度設計手法の概要^{7,9}0は以下の通りである.

東京国際空港国際線地区エプロンの設計手法は、羽田 Ⅱ・Ⅲ期設計の考え方を踏まえ、さらに「舗装設計便覧」 に示される理論設計手法を導入している.図-4 に疲労度 設計手法の検討手順を示す.

疲労設計の対象となるコンクリート舗装は,版厚46cm,標準目地間隔8.5m,路盤構造は,上層路盤アスファルト 安定処理12cm,下層路盤クラッシャラン32cmである.

版厚と不同沈下量との関係を算定するに当たって,コ ンクリート舗装版内に発生する応力については,2次元平 版 FEM を使用して,航空機荷重による応力及び不同沈下 によって生じる版の自重応力を算定後,版上下面の温度 差によって生じる温度応力を加算する手法とした.ここ で,自重応力は,既往の設計手法^{8,99}を踏襲し,コンクリ ートのクリープによる影響を考慮して 50%に低減してい

検討ケース	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
配合条件	基準配合	配合B	基準配合	配合B
疲労曲線	 図-2に示す1Hzの 周波数による実験 から得られた曲線 	 図-2に示す1Hzの 周波数による実験 から得られた曲線 	図-3に示す1Hzの 曲線を補正係数で 割増した曲線	図-3に示す1Hzの 曲線を補正係数で 割増した曲線
曲げ強度	試験結果より得ら れた静的曲げ強度 6.98N/mm2	試験結果より得ら れた静的曲げ強度 6.92N/mm2	設計基準強度 5.5N/mm2	設計基準強度 5.5N/mm2
破壞確率	5%	5%	5%	5%
温度応力式	国総研提案式	国総研提案式	国総研提案式	国総研提案式

表-8 疲労寿命予測の諸条件



図-4 疲労度設計手法の検討手順

表-7 機材別年間設計交通量

カテゴリー	国際線該当機材	荷重区分	年間離陸回数
A380 クラス	A380-800		3, 000
Jクラス	B747-400	网络古马香	6, 000
Lクラス	B777-200ER	南陸王的王	3, 750
Mクラス	B767-300ER		12, 250
	25,000		

る. 不同沈下に関しては,不同沈下幅を30mとした3次 曲線で不同沈下曲線をモデル化し,2次元FEM解析に入 力した.

疲労度設計における信頼度については、コンクリート 材料の疲労強度に着目し、適切な疲労曲線を設定するこ とで確保する方針とした.破壊確率については、空港施 設の重要度からより高い信頼性を確保すべく、5%と設定 し、疲労度設計を行った.累積疲労度の算定に当たって は、当プロジェクトにおける維持管理期間である25.5年 を設計年数として表-7に示す機材別年間設計交通量を考 慮した.

(2) 疲労寿命予測

今回の実験から推定された疲労曲線を用いて,東京国際空港国際線地区のエプロン舗装に対して疲労寿命の予 測および考察を行った.

疲労寿命の予測に用いる諸条件を表-8 に示す. 破壊確 率においては、今後の検討課題であるが、東京国際空港 国際線地区エプロンの設計手法を準用し、今回の検討に おいても、5%と設定した.



図-5 疲労寿命予測に用いる疲労曲線

ケース1,ケース2の検討においては、実際に施工された舗装版の疲労寿命を予測することを主眼においている. そのため、曲げ強度は実際に試験結果から得られた実曲 げ強度を使用することとした.疲労曲線については、理 論設計法では、5~20Hz における舗装設計便覧の疲労曲 線を使用しているが、実際の疲労寿命を予測するという 観点から敢えて 1Hz の疲労曲線を使用することとした. ケース1が基準配合の場合、ケース2が配合 B の検討ケ ースである.

これに対し、今までの理論設計法に従う検討としてケ ース3、ケース4を設定した.理論設計法においては、5 ~20Hzにおける疲労試験結果より推定した疲労曲線を使 用し、適切な破壊確率を設定することにより、コンクリ ート舗装版の累積疲労度を算出する.ここで、累積疲労 度算出時の曲げ強度には設計基準強度を用いている.そ こで、疲労曲線は周波数の影響を考慮し、4章で算定した 補正係数を用いて1Hzの疲労曲線を5Hzに修正したもの を使用することとした.ケース3が基準配合の場合、ケ ース4が配合Bの検討ケースである.

以上の4ケースにおいて高強度コンクリートの疲労強 度が満足されているかを確認することとした.

検討に用いた疲労曲線を図-5に示す.

(3) 疲労度算定結果及び考察

以上の条件のもとで、東京国際空港国際線エプロン設計手法と同様の方法で累積疲労度を算定した.算定に当たっては、比較検討を行うために、試設計として、版厚46cm、不同沈下量2.0cmでの設計年数25.5年後の累積疲労度を算出することとする.版厚は、東京国際空港国際線エプロンの設計結果と比較するため、東京国際空港国際線エプロンと同様の版厚である46cmとした.結果を表-9に示す.

ケース2については、累積疲労度が1を超える結果と なった.ケース1とケース2の実曲げ強度には、ほとん ど差がないことから、疲労曲線作成における検体数が少 ないことが影響していると考えられるが、今後の検討課 題である.ケース2を除く検討ケースにおいては、原設

表-9	累積疲労度の比較
(版厚 46cm,	不同沈下量 2cm の場合)

検討ケース	累積疲労度 (設計年数25.5年)
東京国際空港 国際線エプロン設計	0.462
ケース1:基準配合 (実曲げ強度,1Hz疲労曲線)	0.257
ケース2:配合B (実曲げ強度,1Hz疲労曲線)	3.752
ケース3:基準配合 (設計基準強度,周波数補正曲線)	0.060
ケース4:配合B (設計基準強度,周波数補正曲線)	0.109

計よりも小さな累積疲労度が算出された.疲労度設計手 法に照らし合わせれば、ケース3および4が比較検討結 果となるが、原設計に比べ十分に小さな累積疲労度が得 られており、今回適用する高強度コンクリートが十分な 疲労耐久性を有していることがわかる.

一方,ケース1および2については, IHzの高強度コ ンクリートの疲労試験より得られた疲労曲線をそのまま 使用した結果であるが,舗装設計便覧にも示されている 通り,ここでいう破壊確率とは、コンクリートの材料と しての疲労破壊確率であり、コンクリート舗装の疲労破 壊確率を表したものではない⁹.本比較検討においては、 原設計と同じ5%の破壊確率を使用したが、その破壊確率 の設定は今後の課題である.

6. まとめ

本研究では、高強度コンクリートを用いた空港舗装の 曲げ疲労特性を把握することを目的に、施工性を考慮し た高強度コンクリートの配合を決定し、曲げ疲労試験を 実施した.また、実際に施工された舗装版の疲労寿命の 予測を行った.

本研究で得られた知見を以下にまとめる.

- (a) セメントペースト分の違いによる曲げ疲労特性への 影響を確認する目的で、2 種類の高強度コンクリート の配合を作成し、曲げ疲労試験を行った.統計的検 定及び疲労曲線の比較を行ったが、2 種類の配合によ る曲げ疲労強度特性には、明確な違いは見られなか った.
- (b) 設計基準曲げ強度を同じとした上記 2 配合の曲げ疲労特性には大きな差異は見られなかった.曲げ強度の大小が曲げ疲労特性に及ぼす影響は今後の課題であり、今後、曲げ強度の違いによる曲げ疲労特性を確認する実験を行う予定である.
- (c) 高強度コンクリートの曲げ疲労特性を把握する目的 で舗装設計便覧の疲労曲線との比較を行った.周波 数の影響を考慮した補正を行うことにより、高強度 コンクリートにおいても普通コンクリートと比較し、 十分な疲労特性を有していることがわかった.
- (d) 実際に施工された舗装版の疲労寿命予測を基準配合 および配合 B のそれぞれに対して、2 通りのアプロー チで行った.既往の疲労度設計手法の観点からは、 基準配合,配合 B とも十分な曲げ疲労強度を有して いることがわかった.
- (e) エプロンコンクリート舗装を対象とした 1Hz の曲げ 疲労試験より得られる疲労曲線の推定に関して,適 切な破壊確率を選定することが今後の課題である.

本試験で用いた高強度コンクリート(基準配合)につ

いては,東京国際空港国際線地区のエプロン舗装で施工 が完了している.

高強度コンクリートの疲労耐久性については、まだ未 解明な点が多く、経済性・構造安定性・使用性の観点か ら今後さらに検討を行う必要がある.

参考文献

- 1) 舗装標準示方書,(社) 土木学会 2007年3月
- 小梁川 雅,国府勝郎,福田正:コンクリート舗装版の曲 げ疲労に関する基礎的研究,土木学会論文集,第372号/ V-5, pp.131-137,1986年8月
- 伊藤 友一, 佐藤 吉孝, 竹田 康雄:東京国際空港国際線エ プロンコンクリート舗装における高強度コンクリートの適 用, 土木学会第63回年次学術講演会, 6-347, pp.693-694, 2008.

- 小梁川 雅,米谷 裕,福田 正:確率特性を考慮したコンク リート舗装版の曲げ疲労設計曲線,土木学会論文集,第426 号/V-14, pp151-157, 1991年2月
- 5) 小梁川 雅,米谷 裕,佐藤 智泰:舗装用コンクリートの曲 げ疲労寿命に対する周波数の影響,土木学会第50回年次学 術講演会,V-307,pp614-615,平成7年9月
- 6) 舗装設計便覧,(社) 日本道路協会 平成18年2月
- 7) 下村 泰造,西澤 辰男,吉永 清人,福岡 知久:疲労度設 計法を用いた空港コンクリート舗装の維持管理手法の検討, 舗装工学論文集,第12巻,pp.211-218,2007.
- 8) 上野 恭宏,下村 泰造,松川 文彦:東京国際空港国際線エ プロンコンクリート舗装における疲労度設計手法の適用, 土木学会第63回年次学術講演会,6-350,pp.699-700,2008.
- 9) 下村 泰造:国際線エプロンにおける舗装設計の考え方~不同沈下を考慮した疲労度設計手法の適用~,東京国際空港 D 滑走路建設工事 技術報告会(第三回),2007.

A STUDY ON FATIGUE PROPERTIES OF HIGH STRENGTH CONCRETE FOR AIRFIELD PAVEMENT

Tomokazu ITO, Masashi KOYANAGAWA, Taizo SHIMOMURA

Generally, non-reinforced concrete, which design bending strength is 5.0 N/mm², is used in airfield pavement. However, high strength concrete is willing to be used widely at any other fields recent years. Thus, the high strength concrete, which design bending strength is 5.5 N/mm², is adapted to a part of new international apron concrete pavement at Tokyo International Airport. For design approach of the concrete pavement of the new international apron at Tokyo International Airport, fatigue analysis as well as bending strength were taken into account over the design life of 50 years. However, fatigue properties of high strength concrete for pavements are under study. In this research, fatigue properties of high strength concrete applied to airfield pavement, which is relevant to fatigue analysis over design life, were discussed. From the fatigue properties points of view, two different mixture designs were examined. Should the content of cement of the concrete be increased, fatigue property should be strengthen accordingly. Based on fatigue experiments, the differentiator regarding to fatigue properties will be addressed. In addition, assumed fatigue formula are compared to that defined in pavement standard issued by 'Japan road association.' Finally, anticipated fatigue life of airfield pavement will be analyzed and discussed.