

アスファルト混合物の耐久性評価方法の確立に向けた検討 ～繰返し一軸圧縮試験による耐流動性評価～

(一財) 阪神高速先進技術研究所	正会員	○新里 良輔	正会員	谷口 惺
阪神高速道路(株)	正会員	吉田 龍平	正会員	青木 康素
鹿島道路(株)	正会員	神下 竜三	正会員	武藤 朱音

1. 概要

阪神高速道路の舗装では、路面性状から補修（打換え）方針を決定しており、表層のみ、または表基層打換えを実施している。一方で、基層の状態を十分に把握できていないためか、表層打換え後に早期劣化する事例が確認されている。舗装補修にかかる LCC を低減させるためには、基層部アスファルト混合物の耐久性（主にひび割れ・流動・剥離）を定量的に評価する必要がある。アスファルト混合物の耐久性のうち、耐流動性の評価はホイールトラッキング試験（以下、WT 試験）が一般的だが、実路の基層から WT 用供試体の採取が難しいことが課題である。そこで、実路で採取可能なコアを用いた耐流動性の評価方法の確立を目的として、実験的検討を行った。

2. 耐流動性の評価

(1) 試験条件

耐流動性を評価することを目的に、Asphalt Mixture Performance Tester（以下、AMPT）¹⁾を用いた Flow Number（以下、FN）試験を参考に繰返し一軸圧縮試験を実施した。また、国内では AMPT による FN 試験が複層構成のアスファルト混合物の塑性変形に対する有効な評価方法として提案されている²⁾。試験に用いる材料は、阪神高速道路の舗装に使用実績のある材料として、骨材は密粒度アスファルト混合物（13）、バインダーはポリマー改質アスファルトⅡ型（以下、改質Ⅱ型）およびポリマー改質アスファルトⅢ型（以下、改質Ⅲ型）を使用した。試験機器は図-1 に示すとおり、万能試験機（恒温恒湿室機能付）にて実施した。圧縮型ロードセルおよび変位計により、荷重と鉛直変位を測定し、そこから計算した破壊エネルギー量による評価を行った。図-2 のフローに示すように、供試体の寸法は RC 床版上の橋面舗装の表基層の既設アスファルト混合物をコア削孔することを想定し、供試体厚さは阪神高速道路の RC 床版の設計厚さである表層 40 mm、基層 35 mm の 2 層構成または基層のみの単層構成とし、直径は $\phi 100$ mm とした（図-3）。動的载荷条件はハーバーサイン波（载荷 0.1 秒・休止 0.9 秒）とし、载荷の周波数を 1 Hz とした。試験条件は AMPT 試験規格¹⁾および検討例²⁾を参考に設定した。試験温度は 60℃とし、载荷圧は想定試験時間が 1 時間程度となるように、予備試験を踏まえて 1.25 MPa に設定した。なお、FN 試験との試験条件の違いは载荷圧（FN 試験：0.9 MPa）と供試体寸法（FN 試験： $\phi 100 \times h 150$ mm）である。



図-1 万能試験機外観および試験状況



図-2 供試体の作製フロー

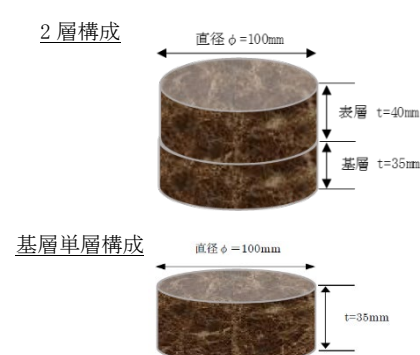


図-3 供試体寸法

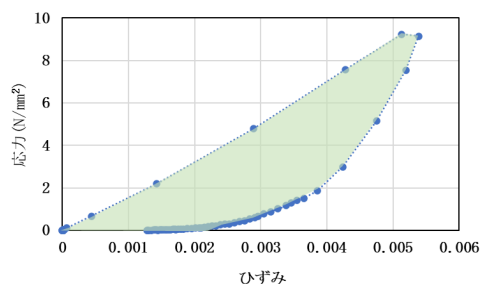


図-4 ヒステリシスループで囲まれる
単位エネルギー

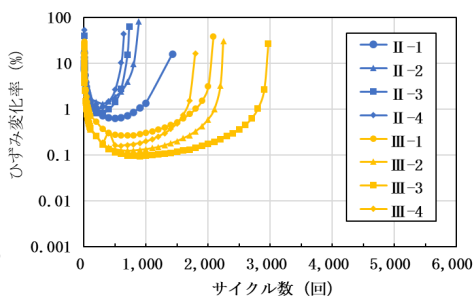


図-5 ひずみ変化率-サイクル数
(2層構成改質Ⅱ型・改質Ⅲ型)

表-1 改質Ⅱ型と改質Ⅲ型の結果比較
(2層構成)

項目	改質Ⅱ型		改質Ⅲ型	
	FN値 (回)	エネルギー (10^{-3} N/mm 2)	FN値 (回)	エネルギー (10^{-3} N/mm 2)
1	500	275	700	601
2	300	150	700	601
3	300	179	800	741
4	300	201	600	527
平均	350	201	700	618
変動係数	25%	23%	10%	13%

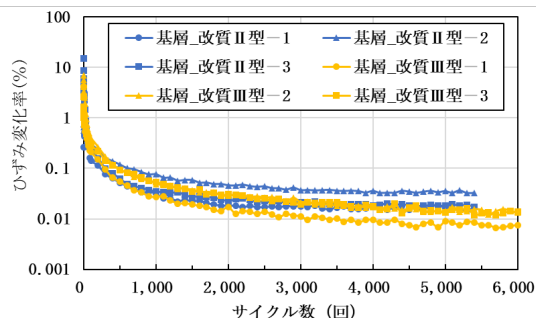


図-6 ひずみ変化率-サイクル数
(基層単体改質Ⅱ型・改質Ⅲ型)

表-2 再現性の確認 (2層構成改質Ⅲ型)

項目	FN値 (回)	エネルギー (10^{-3} N/mm 2)	項目	FN値 (回)	エネルギー (10^{-3} N/mm 2)	項目	FN値 (回)	エネルギー (10^{-3} N/mm 2)
1	500	445	11	400	379	21	800	711
2	400	324	12	400	338	22	900	727
3	400	368	13	500	412	23	600	468
4	500	429	14	500	500	24	500	415
5	500	423	15	700	516	25	500	489
6	400	311	16	600	421	26	600	553
7	400	357	17	500	369	27	800	628
8	400	290	18	500	417	28	1,000	778
9	500	376	19	700	501	29	900	774
10	400	373	20	700	545	30	800	713
-	-	-	平均	577	478	変動係数	30%	29%

(2) 耐流動限界エネルギーの算出

耐流動性を評価するため、各载荷サイクルの応力と鉛直ひずみの関係から図-4に示すようなヒステリシスループで囲まれる面積を各サイクル数の単位エネルギーとし、繰返し载荷によるひずみ変化率が極小値となるサイクル数 FN 値²⁾ (Flow Number) までの単位エネルギー量の累計を、耐流動限界エネルギーとして評価した。

(3) バインダーごとの試験結果の比較

耐流動限界エネルギーによりバインダーの違いが評価可能かどうか検討するため、改質Ⅱ型と改質Ⅲ型の 2 層供試体を用いて試験を行った。ひずみ変化率とサイクル数の関係を図-5に示す。改質Ⅲ型は改質Ⅱ型と比べて、FN 値や耐流動限界エネルギーが大きく、変動係数が小さい (表-1)。改質Ⅱ型および改質Ⅲ型についていずれの指標の変動係数も 25%以下とばらつきが小さく評価指標として用いることができる。

(4) 単層供試体の評価の検討

単層供試体の試験により基層の直接評価が可能かどうかを検討するため、改質Ⅱ型と改質Ⅲ型を用いた基層の単層供試体のひずみ変化率とサイクル数の関係を図-5に示す。改質Ⅱ型と改質Ⅲ型ともに、想定している試験時間 (1 時間・3,600 サイクル) で明確な FN 値が認められなかった。厚さの薄い供試体の場合、寸法効果により強度特性が増加することから、耐流動性を適切に評価できないと推測する。

(5) 再現性の検討

本検討手法の再現性を確認するため、n = 30 個の改質Ⅲ型供試体に対して繰返し一軸圧縮試験を実施した。FN 値と耐流動限界エネルギーの算出結果を表-2に示す。耐流動限界エネルギーの変動係数は 29%程度であった。

3. まとめ

以上の検討により、アスファルト混合物の実路で採取可能なコア供試体を用いた耐久性評価方法の 1 つとして、耐流動性に着目し、繰返し一軸圧縮試験により得られる耐流動限界エネルギーを用いた評価を実施した。耐流動限界エネルギーの評価により、改質Ⅱ型および改質Ⅲ型の性能差を確認できた。今後は試験結果のばらつきの低減策を検討した上で、WT 試験などの既存の試験との相関性について検討する予定である。

4. 参考文献

- 1) AASHTO : Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Asphalt Mixtures Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)
- 2) 宮城裕一, 丸山陽, 内海正徳 : AMPT を用いたアスファルト混合物の弾性係数 E*と塑性変形抵抗性の関係の検討, 土木学会第 72 回年次学術講演会, V-008, 2017,9.