

V-19 森吉脆化点試験の応力解析

北大工学部	正員	森吉昭博
旭川高専		鏡 慎
旭川高専		有馬達也
北大工学部		深井一郎

1. まえがき

アスファルトは低温になると熱応力のみでも脆性破壊することがある。このためアスファルト舗装でも低温で熱応力のみで脆性破壊することがあり、この現象は特に寒冷地において多く発生し、この設計法や補修法がないため日本だけでなく外国においても問題となっている。筆者らはアスファルトについて熱応力により破壊させる新しい方法（森吉脆化点試験）を提案し、¹⁾この実験結果が他の実験結果と密接な関係にあり、アスファルト混合物の熱応力破壊現象とも密接な関係にあることを明らかにしている。²⁾この実験ではアスファルトの性質が破壊温度や亀裂の形状から簡単に把握できることが明らかにされおり、2次元的情報が得られる。今までこの実験を約二百種類について実施した結果Fig-1に示すように5種の破壊形状が確認された。この亀裂からアスファルトに何か別のアスファルトを混入したことや処理をしたことが解読できるように思われる。本研究はこの破壊形状がアスファルトの応力分布とどのような関係にあるかについて明らかにしようとするために森吉脆化点試験の応力を解析した結果について述べる。

2. 森吉脆化点試験

直径14cm, 深さ1cm, 厚さ0.1cmのステンレス製の容器2個にアスファルトを50gずつとり、この試料を45℃の恒温室に入れ、この試料2個をメタノールの入った低温水槽に投入し、1分後にこの試料をメタノールから取り出し、アスファルトの亀裂を観察する。亀裂が入らない場合はさらにメタノールの水槽温度を下げ同様の実験を2個の試料を用いアスファルトに亀裂がはいるまで繰り返す。

3. 解析法

熱応力の解析には有限要素法の円筒座標のプログラムを利用した。解析にはFig-2に示すような2次元要素を用いた。要素数は847個であり、計算に用いたアスファルトおよびステンレス容器等の物理性状はTable-1に示す。

円形容器の大きさは直径14cmと12cmの二つを、また容器の厚さは1mmと3mmの場合について行った。アスファルトの厚さは1mmと3mmを想定した。温度差は35℃と20℃の二つを採用した。

Table-1 使用材料の主な性状

	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	線膨張係数 (1/℃)
アスファルト	1.0x10 ⁴	0.30	2.0x10 ⁻⁴
	3.0x10 ⁴	0.30	2.0x10 ⁻⁴
ステンレス	2.0x10 ⁶	0.30	1.4x10 ⁻⁵
アルミニウム	7.1x10 ⁶	0.35	1.2x10 ⁻⁵
インパール	1.5x10 ⁶	0.26	1.4x10 ⁻⁶

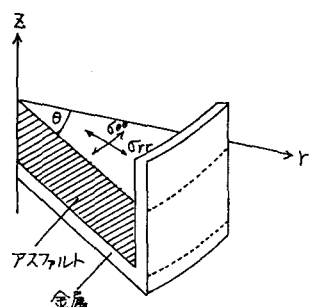


Fig-2 容器およびアスファルトの応力解析用構造モデル

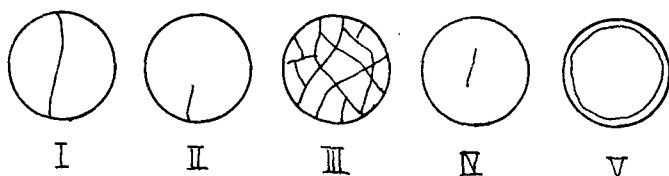


Fig-1 アスファルトの破壊形状のタイプ別分類

4. 解析結果および考察

1) アスファルトの厚さと容器の径が異なる場合

Table-2から皿の直径が12cmから14cmに、またアスファルトの厚さが1mmから3mmに変化しても皿の中心部のアスファルトの応力は共に同じ値となるが、周辺部応力が若干異なる。同じ径の容器ではアスファルトの厚さが変化しても周辺部のアスファルトの二種の応力はほぼ同じ値となる。ここで皿の径の大きい方の周辺部表面のアスファルトの応力は小さい傾向にある。また皿が大きい場合周辺部の σ_{rr} と $\sigma_{\theta\theta}$ の大きさが深さ方向もほぼ同一であるが、皿が小さい場合は周辺部の表面の応力が著しく大きくなる。しかし周辺部の応力は直径12cmの場合大きな応力が発生するような領域が若干幅広くみられるが、14cmの皿の場合はこの高応力幅が極めて狭いように思われる。(Fig-3~4) このため皿が小さい場合はアスファルトの破壊が同心円状になることがあるが、このような状態の時と考えられる。また皿が大きくアスファルトの厚さが3mmのとき、中心部および周辺部の σ_{rr} と $\sigma_{\theta\theta}$ では若干インバール容器の方が大きい。皿の直径がおおきくなるとインバール容器の場合も σ_{rr} と $\sigma_{\theta\theta}$ はほぼ同一の値となった。

2) 温度差が異なる場合

ステンレス容器で温度差のみを変化させて応力を解析すると、Table-2より皿の径が14cmでアスファルトの厚さが3mmの場合で温度差が35℃と20℃の場合中心部の応力だけでなく周辺部の応力も温度差にほぼ比例し温度差が大きくなるにともない各部の応力がほぼ一様に増加する。これにより温度差が場合はアスファルトの応力は均一にちかづくように思われる。

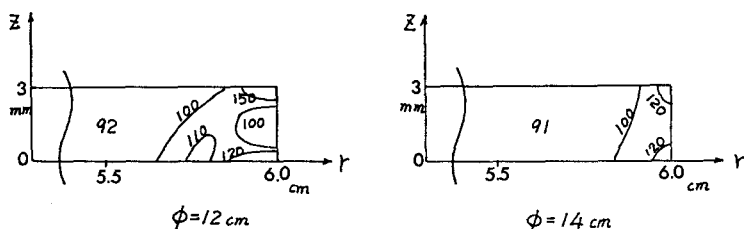


Fig-3 容器の径が異なるときのアスファルトの σ_{rr} の応力分布 (kgf/cm²)

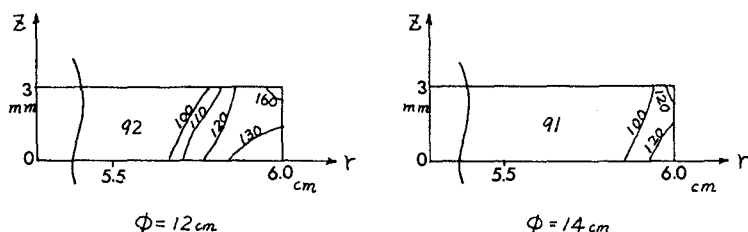


Fig-4 容器の径が異なるときのアスファルトの $\sigma_{\theta\theta}$ の応力分布 (kgf/cm²)

Table-2 アスファルトの中心部および周辺部の応力

温度差 (°C)	皿の 直径 (cm)	皿の 厚さ (cm)	アスファルト の厚さ (mm)	σ_{rr} (kgf/cm ²)		$\sigma_{\theta\theta}$ (kgf/cm ²)			
				周辺部		中心部		中心部	
				表面	下面	表面	下面		
ステンレス				1.0X10 ⁴ (kgf/cm ²)					
35	12	0.1	1	184	130	92	154	143	92
35	12	0.1	3	180	124	92	160	141	92
35	14	0.1	1	124	125	92	126	126	92
35	14	0.1	3	121	123	92	124	127	92
20	14	0.1	3	69	70	52	71	73	52
アルミ									
35	12	0.1	3	154	115	91	150	135	91
インパール									
35	14	0.3	3	139	134	99	137	139	99
ステンレス				3.0X10 ⁴ (kgf/cm ²)					
20	14	0.1	3	172	196	153	195	205	153
35	14	0.1	3	301	344	268	341	359	268

3) 容器の質が異なる場合

Table-2よりステンレス容器とアルミ容器では12cmの径の皿でアスファルトの厚さが3mmのとき中心部のアスファルトの応力はほぼ同じであるが、周辺部の応力特にアスファルト表面の応力がアルミの方で大きい。アルミ容器の方がステンレス容器よりアスファルトの周辺部の表面と下面の応力差が小さく、かつ周辺部の応力と中心部との応力の差も小さい。

4) アスファルトの弾性係数が異なる場合

Table-2よりアスファルトの弾性係数を3倍増加させると温度差が異なっても全ての応力はほぼ3倍大きくなる。

5. まとめ

以上のことをまとめると以下のようなものである。

- 1) アスファルトの厚さ1mmと3mmは中心部の応力にほとんど影響を及ぼさない。
- 2) 周辺部の応力は皿の径が小さい場合 σ_{rr} が $\sigma_{\theta\theta}$ の応力を卓越するが、皿の直径が大きくなるとこの両応力の差はなくなる。
- 3) σ_{rr} が $\sigma_{\theta\theta}$ の応力を卓越すると同心円状の破壊につながるように思われる。
- 4) 皿の直径の大きい方が中心部の応力と周辺部の応力との差が小さくなりアスファルトの性質を正確に把握できるように思われる。
- 5) アルミ容器を使用するとステンレス容器のそれより同一条件で周辺部の応力が小さくなる。
- 6) 温度差が大きくなったりアスファルトの弾性係数が大きくなるとアスファルトの応力は大きくなる。

7) 3mm厚のインバール容器の応力は1mm厚のステンレス容器のときに発生する応力より全体に大きい。

本研究はアスファルトの低温脆性試験として有用な森吉脆化点試験の応力解析を行った結果について報告した。この試験はアスファルトの亀裂の発生状況や脆化点温度からアスファルトの質の変動がチェックできる可能性があるためこの応力解析の結果はこれらに有用な示唆を与えることと思われる。またこの結果を参考にして現在温度分布から熱応力発生まで粘弾性解析も進めているのでいずれ発表したいと考えている。

参考文献

- 1) 森吉昭博、高橋将、張肖寧：低温領域におけるアスファルトの亀裂試験法、石油誌、第30巻、第4号、7月、1987年
- 2) 森吉昭博：アスファルト混合物の熱応力破壊、石油誌、第31巻、第2号、3月、1988年