

ジャイレトリーコンパクタの締固め特性とマーシャルランマとの比較に関する研究

長岡技術科学大学 交通工学研究室 櫛田 卓也
指導教員 丸山 暉彦

1. 背景

現在，アスファルト混合物が多様化，高機能化することに伴って合理的な配合設計の手法が必要とされている．これまで，我が国のアスファルト混合物は，マーシャルランマで突き固めて供試体を作製するマーシャル設計法によって配合設計が行われてきた．しかし，あくまでも経験則に基づいた方法であり，配合設計で得られた最適アスファルト量と供用性との関係が明確になっていない．また，マーシャルランマでの突固めは鉛直方向の衝撃による圧縮作用で突き固めるものであり，実際の車両走行による圧密作用と大きく異なるという問題点が指摘されている．

これに対し，米国で 1990 年代に提案された Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements) 設計法がある．現在，米国，カナダはもとより，アジア諸国でも運用が開始されている．Superpave 設計法の最大の特徴は，アスファルト混合物の締固め特性を評価する手法として Superpave ジャイレトリーコンパクタ (SGC) が採用されたことである．SGC はアスファルト混合物にニーディング作用を与えながら締め固める機構であり，供用を開始してからの車両走行による混合物の圧密作用に近い締固め特性を有している．

我が国ではかなりの数の SGC が関係機関に導入されているにもかかわらず，SGC が実際の配合設計業務に活用されていない．一時期，関係機関による共通試験が行われたり，現行のマーシャルランマの代わりに用いる検討が行われたりしたが¹⁾，近年では研究面でも実務面でもあまり注目されてはいない．SGC がマーシャルランマよりも，実舗装に近い締固め機構であると評価されており，我が国でも SGC の導入を検討する必要がある．

2. 目的

SGC は，我が国では実際の設計業務に全く活用

されていない．その第一の原因は，我が国において運用に関する明確なガイドラインが提案されていないことにある．そこで，本研究では以下の事項を目的として検討を行った．

現行のマーシャルランマの締固め性能と SGC の締固め性能を種々のアスファルト混合物，そのなかでもいくつかの配合について比較し，マーシャルランマの落下回数と SGC の旋回数の関係を把握する．

上記の知見に基づき，現行のマーシャルランマの基準に準拠した SGC の締固め回数を策定し，その条件で締め固めた場合の混合物性状を調査し，マーシャルランマのものと比較する．

SGC を用いた場合のアスファルト供試体の作製方法，設計アスファルト量の決定方法を策定し，具体的な配合設計手順，およびその際の基準を提案する．

3. 検討方法

配合設計は，供用後の交通荷重を受けて空隙が減少した状態を想定して行うものである．したがって，SGC を活用するための基準を新たに作成するためには，供用後の実舗装データが必要になるが，これは非常に困難である．また米国 AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) では SGC での配合設計が規定されているが，米国と我が国では交通荷重の考え方も設計期間も大きく異なるため Superpave 設計法をそのまま流用することはできない．

我が国ではマーシャル設計法は長い歴史があり膨大な実績があることから，SGC を導入する場合にある程度マーシャル設計法を踏襲し，我が国に合わせた基準を策定する必要があると考える．そのため，現行のマーシャル設計法に SGC を導入できるように提案する．本研究の検討フローを図-1 に示す．マーシャル設計法で基準混合物を決

定し、これと同等の混合物を作製できる SGC 回転数を様々な粒度について検討する。そして、我が国の設計交通量に対する設計回転数 (Ndes) を決定する。現在の配合設計の評価指標・基準はマーシャルランマに対してのものであるので SGC を使用して Ndes で締め固めた場合の評価指標・基準を検討する。

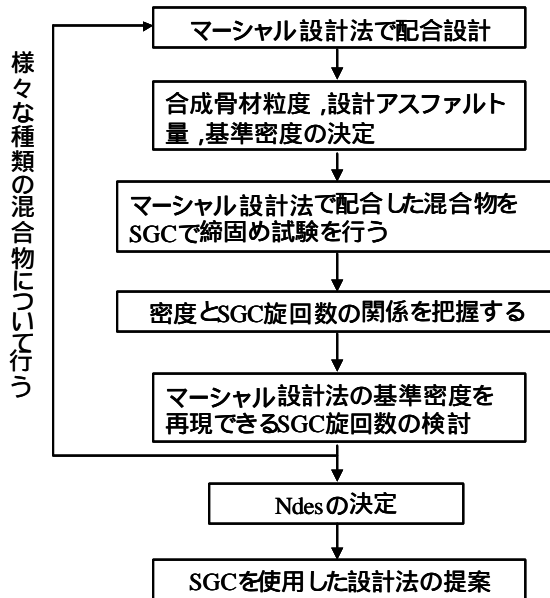


図-1 検討フロー

3. マーシャルランマ締め固めと SGC 締め固め

マーシャルランマの締め固め機構を図-2 に示す。所定のモールドに混合物を詰め重錘を自由落下させて突き固める機構である。突固めであるため、実際の舗装が受ける交通荷重と異なり、また骨材の破碎という問題がある。

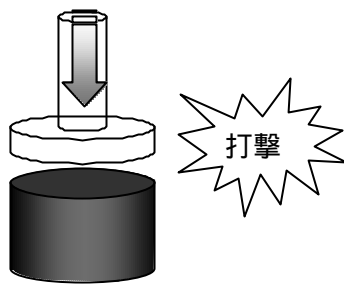


図-2 マーシャルランマの締め固め機構

SGC の概観を図-3 に示す。モールドに円環状に付いている突起を片側の調整リンクが持ち上げ、その状態でリンクが回転する。回転する調整リンク側は 1.25° の回転角度がつき、同時に垂直荷重を与える。これによってモールド中の混合物は、

こね返し作用を受けながら締め固められる。SGC の主な仕様は垂直荷重 600kPa、回転速度 30 回/分、回転角度 1.25° である。

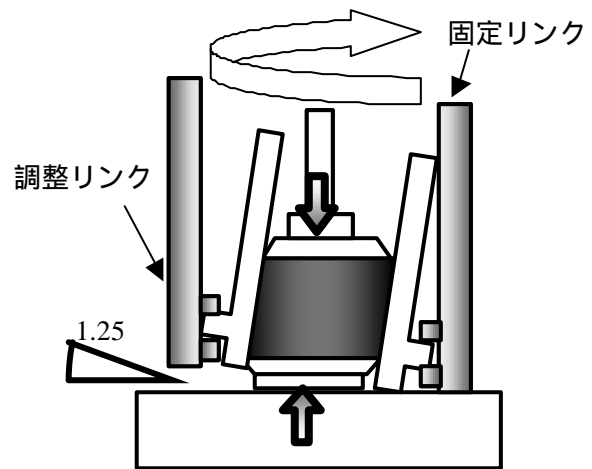


図-3 SGC の締め固め機構

4. 骨材配合と設計アスファルト量の決定

使用混合物の選定に当たっては、連続粒度のものに限定した。SGC の締め固めは実舗装の供用による圧密を再現しているものであり、現時点における AASHTO の基準は連続粒度の混合物を対象にしている。排水性アスファルト混合物のように、空隙率が非常に大きい極端なギャップ粒度のものや、極端に粗粒度のもの、あるいは細粒度のものに対しては対応していない。使用混合物種類を表-1 に示す。

表-1 使用混合物の種類

No.	混合物の種類	設計交通量
1	密粒度アスファルト混合物 (13F)	-
2	密粒度アスファルト混合物 (13) 上方粒度	B交通以下
3		C交通以上
4		B交通以下
5	密粒度アスファルト混合物 (13) 中央粒度	C交通以上
6		B交通以下
7	密粒度アスファルト混合物 (13) 下方粒度	C交通以上
8		密粒度アスファルト混合物 (20F)
9	密粒度アスファルト混合物 (20) 上方粒度	B交通以下
10		C交通以上
11	密粒度アスファルト混合物 (20) 中央粒度	B交通以下
12		C交通以上
13	密粒度アスファルト混合物 (20) 下方粒度	B交通以下
14		C交通以上

No.1~7 は最大粒径 13mm の連続粒度の密粒度アスファルト混合物、No.8~14 は最大粒径 20mm の連続粒度の密粒度アスファルト混合物である。規定の混合物粒度範囲を全般にわたって網羅するために、目標粒度を上方、中央、下方に設定し

て検討を行った。No.1 と No.8 は、いわゆる F 付混合物といわれるもので、通常のものよりも細粒分、特にフィラーを多くして耐摩耗性を改善したものである。

アスファルト舗装要綱²⁾に準拠しマーシャル設計法で各種混合物の配合設計を行い、基準アスファルト混合物を決定した。

5. マーシャルランマに相当する SGC 回転数および Ndes の決定

マーシャル設計法で決定した配合のアスファルト混合物を SGC で締固め試験を行った。それぞれのアスファルト混合物に対して、いくつかの回転数で締固め試験を行い、回転毎の供試体高さを計測した。それぞれの回転数で締め固めた供試体の密度を測定し、密度と回転数の関係をグラフにプロットする。図-4 に一例として、密粒度アスファルト混合物(20)上方粒度(C交通以上)の密度と回転数の関係を示す。

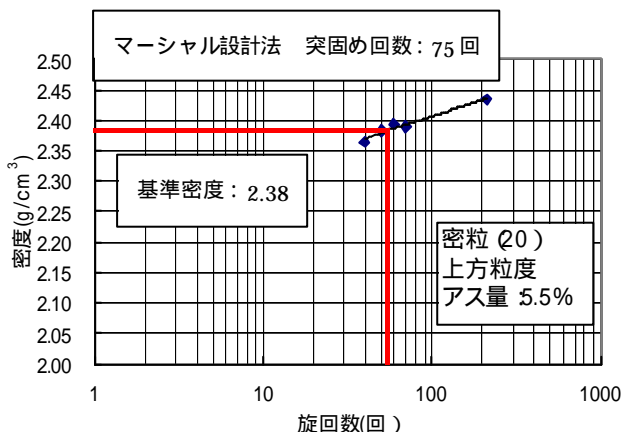


図-4 密度と回転数の関係

このアスファルト混合物のマーシャル設計法で決定した基準密度は 2.38 であるから、マーシャルランマ相当の密度が得られる SGC 回転数は約 55 回となった。

同様にして、他のアスファルト混合物に対してもマーシャルランマ相当の SGC 回転数を求めた。

結果を表-2 に示す。基準密度を得られる SGC 回転数はマーシャルランマ 50 回に対して 30~40 回、マーシャルランマ 75 回突きに対しては 45~60 回であった。平均すると、それぞれ 35 回、53

回がマーシャルランマ突固めに相当する SGC 回転数であるといえる。

表-2 マーシャルランマ相当 SGC 回転数

	ランマ締固め相当 回転数	
	50回突き	75回突き
密粒(13F)	30	-
密粒(13)上方粒度	38	60
密粒(13)中央粒度	35	60
密粒(13)下方粒度	40	45
密粒(20F)	35	-
密粒(20)上方粒度	30	55
密粒(20)中央粒度	30	50
密粒(20)下方粒度	40	50
平均(全体)	35	53

6. Ndes の決定

設計交通量を表現する Ndes を決定した。これまで設計交通量はマーシャルランマの突固め回数で規定されていた。本研究ではマーシャル設計法に準拠しているため、マーシャルランマ突固めに相当する SGC 回転数を Ndes とする。表-2 に示したように回転数には、ばらつきがある。ここでは締固め不足を防ぐため 50 回突き(B交通以下)、75 回突き(C交通以上)について、それぞれの最大値である 40 回、60 回を Ndes とした。

次に決定した Ndes と米国 AASHTO の Ndes を比較し妥当性を検討する。我が国と米国では、交通荷重の考え方と設計期間が異なるため、交通量を ESAL (Equivalent Single-Axle Load) に、設計期間を 10 年に換算した。本研究の Ndes を表-3 に、AASHTO の Ndes を表-4 に示す。我が国の B 交通以下は 200 万軸以下であるから、Superpave では 42 回あるいは 67 回と規定されている。C 交通は 200~600 万軸であるから Superpave では 130~1300 万軸の 92 回となるが、範囲が 2 倍以上の交通量までなので、1 ランク下の 67 回との間で 80 回程度であると考えられる。D 交通はこれ以上となる。総括すると本研究の Ndes は AASHTO の Ndes よりも少なくなった。しかし、我が国と大型車交通量の多い米国とは交通の質と量が異なり、また本研究はマーシャル設計法に基づいている

ため、実舗装データに基づいている Superpave とは異なるものである。これらを考慮すれば本研究で得られた Ndes は矛盾のない結果である。

表-3 本研究での Ndes

設計交通量の区分	10年設計ESAL (百万軸)	Ndes
L交通	~0.1	40
A交通	0.2~0.5	
B交通	0.5~2	
C交通	2~6	60
D交通	6~	

表-4 AASHTO の Ndes

10年設計ESAL (百万軸)	Ndes
~0.1	42
0.1~1.3	67
1.3~13	92
13~	117

7. SGC 締固め混合物の評価指標

SGC で締め固めたアスファルト混合物は、マーシャルランマで突き固めたものとは異なるので、マーシャル安定度試験の基準を適用することはできない。したがって、安定度およびフロー値に代わる指標が必要となる。ここでは Superpave を参考にして体積設計法の考え方を取り入れる。体積設計法は空隙率 (V_a)、骨材間隙率 (VMA)、飽和度 (VFA) を調整して配合設計を行うという考え方である。図-5 に体積モデルを示す。アスファルト混合物の体積の中で骨材以外の割合が VMA であり、空気の体積が V_a である。そして VMA をアスファルトが満たしている割合が VFA である。

Superpave では V_a を 4% になるように調整して設計アスファルト量を決定している。わだち掘れが発生した舗装では V_a は 2% 程度であることが知られており、良好な舗装はこれを保持しなければならないため、理にかなった仮定であるといえる。したがって本研究でも V_a は 4% とする。そして、 VMA は一定以下になると耐久性に問題があるため、Superpave で規定されている最小値を取り入れる。 VFA はアスファルト舗装要綱²⁾に規定されているものを適用する。

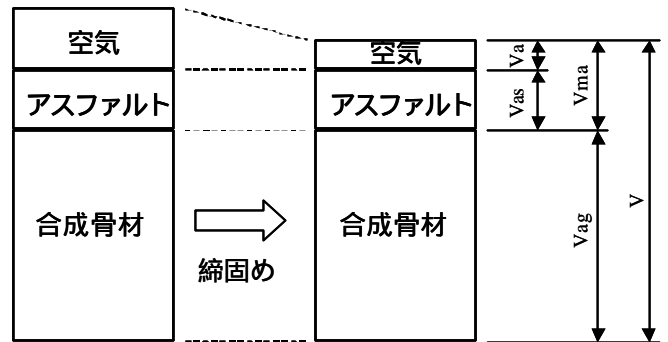


図-5 アスファルト混合物の体積モデル

以上のことを表-5 にまとめて示す。この基準で配合設計を行った場合を推定したところ、マーシャル設計法よりも設計アスファルト量は少なくなった。しかし、 VMA と VFA には大きな違いはなく、現行のマーシャル設計法を踏襲しつつ SGC を導入することが可能であると考えられる。

表-5 本研究で提案する SGC 締固め基準

混合物の種類		密粒度 アスファルト 混合物		密粒度 アスファルト 混合物	
		(20)	(13)	(20F)	(13F)
Ndes	C交通 以上	60		40	
	B交通 以下	40			
空隙率 (%)		4			
最小骨材間隙率 (%)		13	14	13	14
飽和度 (%)		70~85		75~85	

8. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

1. マーシャルランマ 50 回突き、75 回突きに相当する SGC 回転数は、それぞれ約 35 回、約 53 回であった。
2. Ndes は B 交通以下で 40 回、C 交通以上で 60 回が適当である。
3. SGC 締固め基準に Superpave の基準を導入したが適応性は高い。

9. 参考文献

- 1) 野村健一郎 他：特集・ジャイレトリ試験機，舗装 33-9，1998，pp.3-30
- 2) (社) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱，2001.2