

NAT-ITSM 試験方法に基づくアスファルト混合物の締固め度-温度-スティフネスの関係

(株)NIPPO 総合技術部 技術研究所 正会員 ○ 渡邊 真一
 (株)NIPPO 総合技術部 技術研究所 正会員 尾本 志展
 (株)NIPPO 総合技術部 技術研究所 正会員 向後 憲一

1. はじめに

理論的設計法を用いてアスファルト舗装の構造設計を行う場合、材料パラメータの設定値の信頼性は、本設計法による解の妥当性に大きく影響を及ぼすことは明らかである。アスファルト混合物（以下、As 混合物）のスティフネス（弾性係数）は、弾性理論による順解析の主要な材料パラメータであるが、①使用材料（骨材の性状、粒度、バインダの種類など）、②配合条件（粒度、バインダ量、空隙率など）、③試験体の作製条件（作製方法、締固め度など）、④試験条件（温度など）により、その値は大きく変化する。したがって解析に用いるスティフネスの値は、本来適切な室内試験結果に基づいて設定されるべきである。そこで本研究では、弾性理論による順解析に用いる材料パラメータの設定方法の検討を目的に、試験体の作製条件となる As 混合物の締固め度と試験温度がスティフネスに及ぼす影響を、Nottingham Asphalt Tester (NAT)を使用した Indirect Tensile Stiffness Modulus (ITSM)試験方法による室内試験結果に基づいて検討したので報告する。

2. 試験体の作製

本研究では、わが国で一般的に適用されている密粒度As混合物(13)および粗粒度As混合物(20)を用いた。バインダはストレートアスファルト60/80とした。骨材（栃木県佐野産硬質砂岩）は供試体作製時における個々の粒度のばらつきを小さくするために、水洗い・分級し、所定粒度に合成した。使用したAs混合物の粒度および性状値を図-1に示す。

試験体は、As混合物の締固め度がスティフネスに及ぼす影響を詳細に検討することを目的に、締固めエネルギー（回数）を変えることで、締固め度が適度な分布をもつ円柱試験体（直径101.6mm、高さ60mm）を各配合に対して30個作製した。図-2に作製した試験体の締固め度(d)と飽和度（VFA）の関係を示す。図-2より、作製した試験体の締固め度は密粒(13)が91～102%の範囲、粒度(20)が94～101%の範囲において、適度な分布をもつ試験体を得られた。図-2より、締固め度と飽和度の関係は、締固め度が高くなるほど飽和度が高くなる関係にあり、締固め度によって飽和度が一意的に定まることがわかる。また、締固め度が同じでも、密粒(13)は粗粒(20)より飽和度が高くなることわかる。

3. NAT-ITSMによるAs混合物のスティフネス測定方法

本研究では、Nottingham Asphalt Tester (NAT) ^{2),3)}を使用した Indirect Tensile Stiffness Modulus (ITSM) 試験方法により、As混合物のスティフネスの測定を行なった。試験に用いたNottingham Asphalt Tester (NAT)を写真-1に示す。試験方法はBS EN12697に準拠した⁴⁾。この試験法は、円柱試験体を用いた繰返し間接引張試

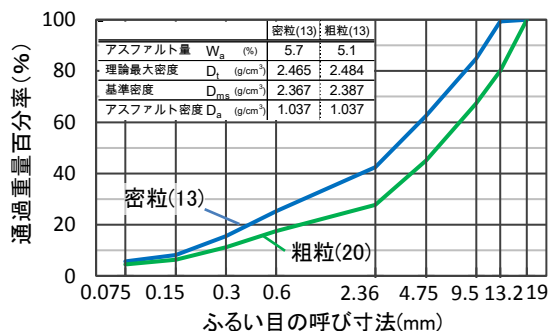


図-1 使用した混合物の粒度と性状値

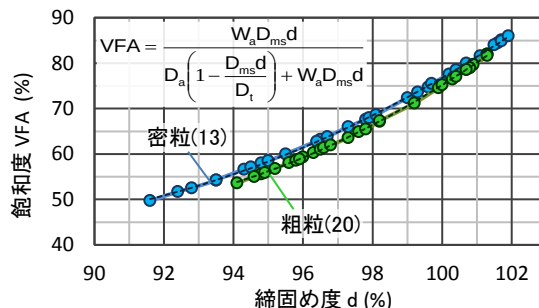


図-2 試験体の締固め度と飽和度の関係

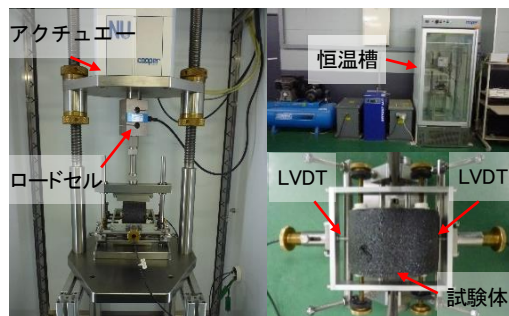


写真-1 Nottingham Asphalt Tester (NAT)

キーワード スティフネス, 理論的設計法, 締固め度, 飽和度 (VFA)

連絡先 〒331-0052 埼玉県さいたま市西区三橋6-70 (株)NIPPO 総合技術部 技術研究所 TEL:048-624-0755

験にて変形係数を測定するものである。試験条件は、①試験温度：5、10、20、30℃の4水準、②荷重載荷モード：ハーバーサイン波、③荷重載荷時間:124ms、④最大横方向変位:5 μ mとした。なお、スティフネスの算出に用いるポアソン比は0.35と仮定した。

4. As 混合物の締固め度-温度-スティフネスの関係

図-3および図-4に、密粒(13)と粗粒(20)の締固め度とスティフネスの関係を示す。図中の横軸は締固め度、縦軸はスティフネスであり、図中の4本の指数曲線は試験温度5、10、20、30℃の締固め度とスティフネスの関係を示している。

図-3および図-4より、As混合物のスティフネスは締固め度(飽和度)に強く依存していることがわかる。例えば、試験温度10℃における密粒(13)のスティフネスは、締固め度95%において約7500MPa、締固め度100%において約9500MPaとなっており、締固め度が高くなるほど、スティフネスが大きくなっている。次に、As混合物のスティフネスと温度の関係は温度が低くなるほどスティフネスが大きくなっているが、図中の指数曲線の傾きをよく見ると、これらは平行にシフトするのではなく、温度が低くなるほど、スティフネスの締固め度依存性が強くなることを示している。

これらの試験結果より、解析に用いる材料パラメータの設定は、As混合物の締固め度(飽和度)-温度-スティフネスの関係をよく把握したうえで、解析対象となる舗装の諸条件(温度、施工条件)を勘案して適切に行うことが必要であると言える。

図-5および図-6に、密粒(13)と粗粒(20)の試験温度とスティフネスの関係を示す。これらの図は、横軸が試験温度、縦軸がスティフネスの座標空間上に、図-3および図-4に示した締固め度-スティフネス関係を投影したものである。図中には、舗装設計便覧に示された弾性係数の一般的な範囲を示した⁵⁾。図-5および図-6より、筆者らの試験結果も既往の堀内らの検討⁶⁾と同様に、この範囲内に収まっていることがわかる。ここで図-5および図-6をよく見ると、試験結果は温度が低いほど範囲の上限サイドに漸近するのに対して、温度が高いほど範囲の下限サイドに漸近することが着目される。この傾向はアスファルトバインダの種類やAs混合物の配合により異なるものと推察されるが、この点については今後の課題としたい。

最後に、筆者らは新設と修繕における舗装の理論的設計法の適用の進展のために、①解析に用いる材料パラメータ同定のための室内試験方法、②解析対象の諸条件を考慮した材料パラメータの設定方法の検討が重要と考えている。今後試験データの収集を図り、更なる検討を進めていきたい。

参考文献：1)久保、井上：舗装構造の理論的設計法のためのアスファルト混合物の弾性係数設定の考え方、土木技術資料、Vol.50, No.7, 2008. 2)K.E.Cooper et al. : Development of a Practical Method for Design of Hot-Mix Asphalt, TRR, No.1317, 1991. 3)岩間：Nottingham Asphalt Tester(NAT)によるアスファルト混合物の評価方法について、アスファルト、Vol.58, No.231, 2016. 4)British Standards Institution: Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part26, 2004. 5)(社)日本道路協会：舗装設計便覧、2006. 6)堀内、久保、寺田：アスファルト混合物の弾性係数の範囲に関する一考察、土木学会論文集E1, Vol.68, No.3, 2012.

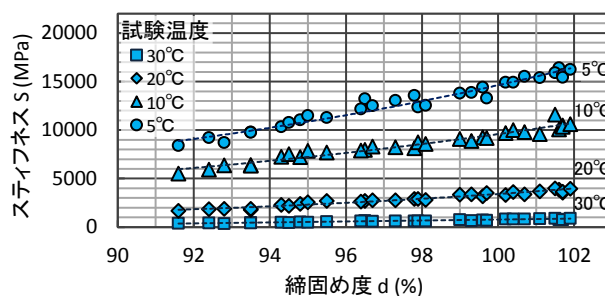


図-3 締固め度とスティフネスの関係 (密粒 13)

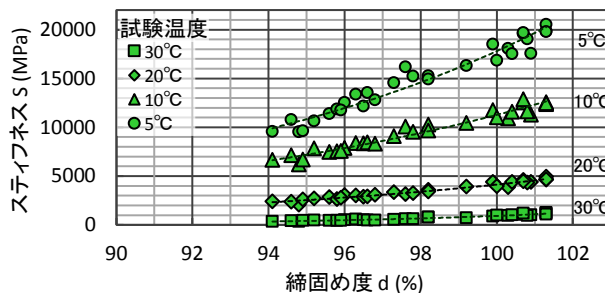


図-4 締固め度とスティフネスの関係 (粗粒 20)

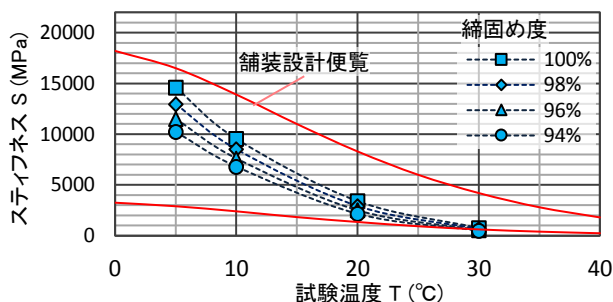


図-5 試験温度とスティフネスの関係 (密粒 13)

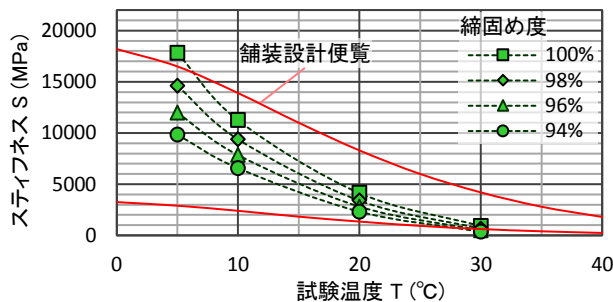


図-6 試験温度とスティフネスの関係 (粗粒 20)