

耐久性向上を目指したアスファルト舗装に関する一検討

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○安倍 隆二
 (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 上野 千草
 (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 木村 孝司

1. はじめに

「舗装の構造に関する技術基準」によりアスファルト舗装の設計方法は、従来の仕様規定から性能規定に向けて転換することになり、設計の自由度が高まっている。ただし、現在でも経験的設計方法が基本となっており、理論的設計方法は普及していない現状にある。

本研究ではアスファルト舗装の理論的設計方法を活用し、耐久性の向上が期待される舗装断面を検討するための試験施工を行い、融解期や厳冬期において载荷試験等を実施した調査結果を報告するものである。

2. 試験施工の概要

試験施工断面は、寒地土木研究所が所有する苫小牧寒地試験道路に造成した。図-1に試験施工の断面を示す。G工区は標準断面であり「北海道開発局道路設計要領」の10年設計、置換厚80cm、路床の設計CBR=3の舗装構成である。C工区は耐久性の向上を目的とした断面であり、G工区と異なる点は、As層の最下層をアスファルト安定処理の代わりに密粒度アスコン13Fを用いていることである。

「舗装設計便覧」に掲載されているアスファルト混合物の暫定破壊規準式では、アスファルト混合物層の疲労破壊回数は最下層に用いる混合物の飽和度に大きく依存する。飽和度の高い混合物、すなわち、空隙率の低い混合物の耐久性は高くなる。

試験施工区間には、地中温度を計測する熱電対、凍結深さを計測する凍結深度計、含水比を計測するための水分計を設置した。また、理論的設計方法による解析値と実測値を比較するため、ひずみ計や土圧計等を設置した。

表-1に試験施工の調査項目を示す。凍上や凍結深度等の環境条件を把握するため、地中温度、凍結深度・凍上量、水分量の計測を行った。また、FWDによるたわみ測定（以下、FWD試験）を行い、支持力の季節的な変動の把握や、各層の弾性係数を逆解析により算出した。更に、総重量20tに調整したダンプトラックを走行させ、理論的設計方法によるひずみ等の解析値と実測値を比較した。

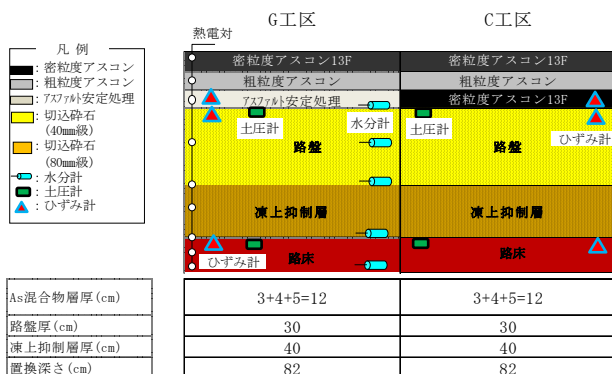


図-1 試験施工の断面

表-1 試験施工の調査項目

調査項目	調査内容	調査目的
地中温度の計測	・アスファルト層、下層路盤、凍上抑制層、路床の温度計測	・舗装体温度の把握
凍結深度・凍上量の測定	・凍結深度・凍上量の測定	・凍結深度や凍上量の把握
水分量の計測	・下層路盤、凍上抑制層、路床に含まれている水分量の計測	・下層路盤、凍上抑制層、路床における水分量の変動の把握
FWDによるたわみ測定	・舗装表面のたわみ量の測定	・支持力の把握
20tダンプによる走行試験	・逆解析による弾性係数の算出 ・20tダンプトラック（時速5km/h、20km/h）の载荷時におけるひずみ・変位・土圧の測定	・各層の弾性係数の把握 ・解析値と実測値の比較

3. 試験施工の調査結果

(1) 凍結深度、凍上量、水分量の調査結果

図-2 に 2016 年 12 月～2017 年 3 月までの凍結深さ・凍上量の調査結果を示す。凍結深度計による凍結最大深さは 75cm であり、2 月上旬に計測された。最大凍上量については 3mm であり、2 月中旬～下旬頃に測定された。図-3 に含水比の計測結果を示す。下層路盤上面部の含水比の上昇は 2 月上旬～下旬にかけて大きく変動していることが確認できた。これは舗装表面の日射や外気温の影響から路盤上面部が融解し、含水比が変動したと推察される。下層路盤中間部、凍上抑制層中間部、および路床上面は、2 月中旬～下旬の時期に含水比が上昇していることが確認された。

(2) FWD 試験

FWD 試験は厳冬期や融解期の支持力を評価するために実施した。図-4 に FWD 試験の調査結果を示す。図に示す D_0 たわみ量は荷重補正、温度補正を行ったものである。初期値は下層路盤や路床が未凍結である時期の 10 月下旬に実施し、G 工区および C 工区の D_0 たわみ量は 500 μm 程度であった。12 月中旬頃は下層路盤まで凍結した影響により 200～300 μm 程度となり、厳冬期の 1 月中旬～2 月上旬は凍上抑制層まで凍結し 100 μm 程度と支持力が増加する状況が確認された。2 月中旬頃以降には下層路盤および凍上抑制層が融解し 500～600 μm 程度となり、初期値と比較し支持力が低下していることが確認された。

次に静的逆解析プログラム (BALM) により FWD 試験のたわみ量を用いて逆解析を行い、各層の弾性係数を算出した。表-2 に静的逆解析プログラム (BALM) の入力条件を示す。As 層の弾性係数は、過年度の研究成果による推定式を用い、現地調査時の As 層の温度を入力し算出した。

図-5 に FWD 試験の逆解析結果を示す。推定式を用い算出した As 層の初期値は 4497MPa であり、厳冬期の 1 月中旬～2 月上旬頃は寒冷な気象条件のため 7500MPa 程度に上昇し、2 月上旬頃から弾性係数は低下し、3 月末には 4000MPa 程度の値を示した。粒状材料については、初期値 212MPa から厳冬期 2600MPa 程度に上昇し、融解期は 160MPa 程度となり初期値と比較しやや小さい値を示した。路床は初期値 33MPa、融解期は 30MPa 程度を示し、支持力の変動が見られない結果となった。厳冬期における路床の弾性係数は最大 400MPa 程度に上昇したが、路床には凍結が入っていないため厳冬期の解析結果は現地を再現していないと推察される。

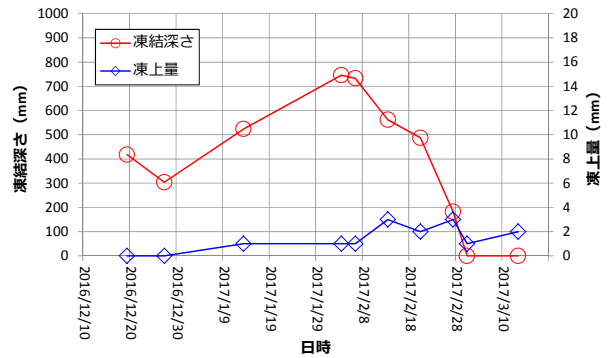


図-2 凍結深さ・凍上量の調査結果

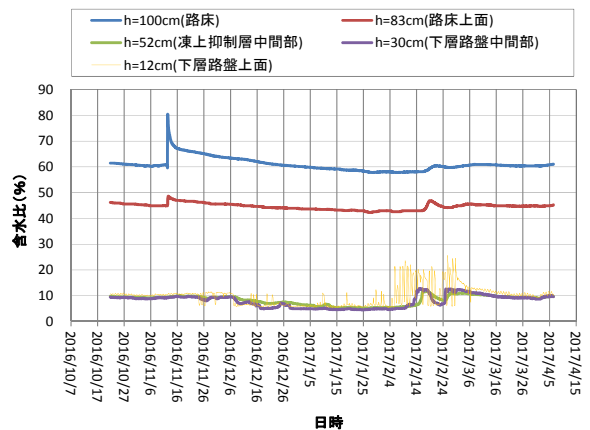


図-3 含水比の計測結果

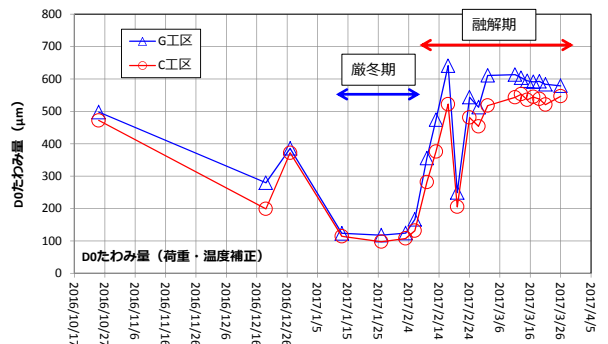


図-4 FWD 試験結果

表-2 静的逆解析プログラム (BALM) の入力条件

静的逆解析プログラム BALM	
①舗装厚	As層12cm、下層路盤30cm、凍上抑制層40cm(粒状路盤70cm)、路床100cm
②各層の弾性係数初期値 (MPa)	・As混合物層: 寒地土木研究所の推定式 ・粒状材料: 200 ・路床: 40 ・基盤: 500
③各層のポアソン比	・As混合物層: 0.35 ・粒状路盤: 0.35 ・路床: 0.40 ・基盤: 0.40
④層間すべり率	0

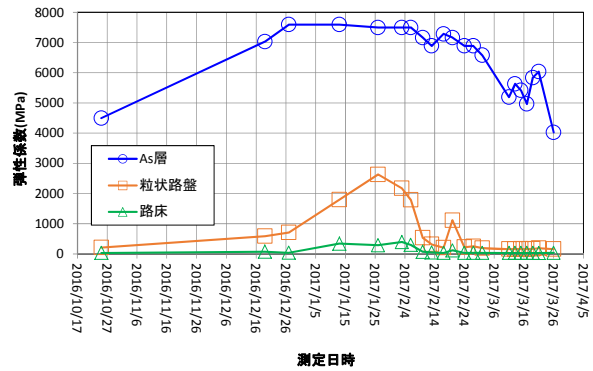


図-5 FWD 試験の逆解析結果

(3) 20t ダンプトラックによる走行試験

走行試験は総重量 20t ダンプトラックが As 層上で低速 (5~10km/h) や中速 (11~20km/h) で走行し、As 層下面に発生するひずみ、下層路盤および路床の上面部に発生する変位、下層路盤および路床の上面部に作用する土圧を計測した。解析値は多層弾性解析プログラム (GAMES) により算出し、実測値と比較した。多層弾性解析プログラムの入力条件を表-3 に示す。粒状材料、路床、基盤の弾性係数は、走行試験と同一日に測定した FWD 試験データの逆解析値を用いた。載荷荷重やタイヤの半径は実測値を使用した。

表-3 多層弾性解析プログラムの入力条件

多層弾性解析プログラム GAMES	
①舗装厚	As層12cm、下層路盤30cm、凍上抑制層40cm(粒状路盤70cm)、路床100cm
②各層の弾性係数初期値 (MPa)	・As混合物層: 寒地土木研究所の推定式 ・粒状材料: 逆解析の値 ・路床: 逆解析の値 ・基盤: 逆解析の値
③各層のポアソン比	・As混合物層: 0.35 ・粒状路盤: 0.35 ・路床: 0.40 ・基盤: 0.40
④層間すべり率	0
⑤載荷荷重	複輪の1輪: 17.85KN
⑥タイヤの半径	・10.9cm

図-6に複輪載荷時における X 方向(道路横断方向)の As 層下面に発生するひずみの解析値と実測値を示す。X 方向に発生する解析ひずみは複輪のタイヤ直下で最大ひずみが発生し、複輪のタイヤ間の中心位置ではひずみが半分程度となる。ひずみの分布は凸部が 2 個ある形状となる。図に示す X 方向の As 層下面に発生する引張ひずみは、解析値と比較し大きい傾向が見られ、最大で 60 μ m 程度大きい結果となった。また、低速と中速の走行速度で走行試験を実施したが、速度の影響は明確ではなかった。

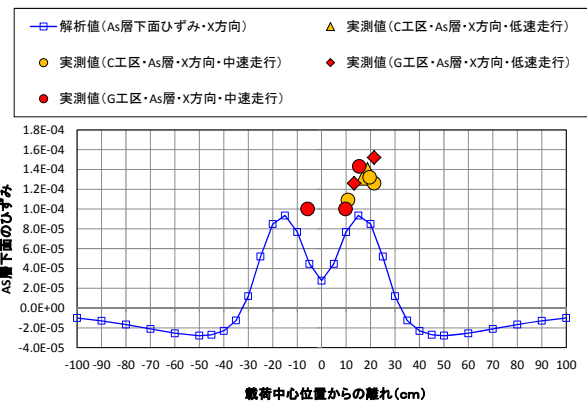


図-6 As 層下面部のひずみ・X 方向 (複輪載荷)

図-7に下層路盤上面部の変位量、図-8に路床上面部的変位量を示す。下層路盤上面部に発生する解析値の最大値は 0.36mm、路床上面部的に発生する変位量の解析値の最大値は 0.22mm となる。走行試験時の下層路盤上面部に発生した G 工区の最大変位量は解析値の 1/2 程度、C 工区は 1/3 程度となり、実測値が解析値と比較し小さい値を示した。また、走行試験時の路床上面部的の変位量は、解析値と比較し 1/4 程度の小さい値を示した。

図-9に下層路盤上面部の土圧、図-10に路床上面部的に作用する土圧を示す。走行試験時の下層路盤

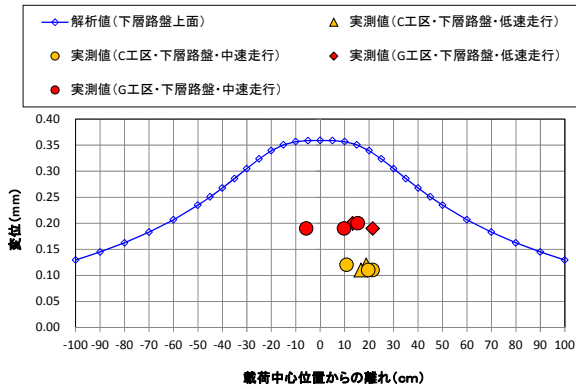


図-7 下層路盤上面部の変位量（複輪載荷）

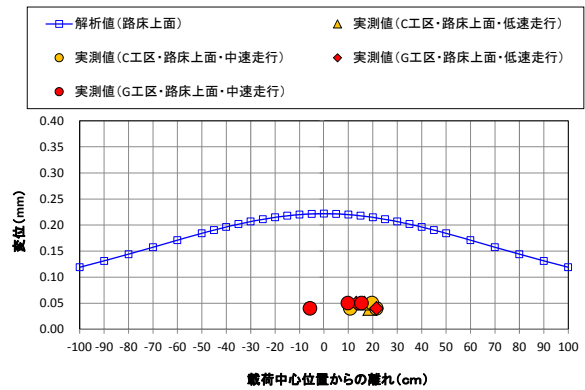


図-8 路床上上面部の変位量（複輪載荷）

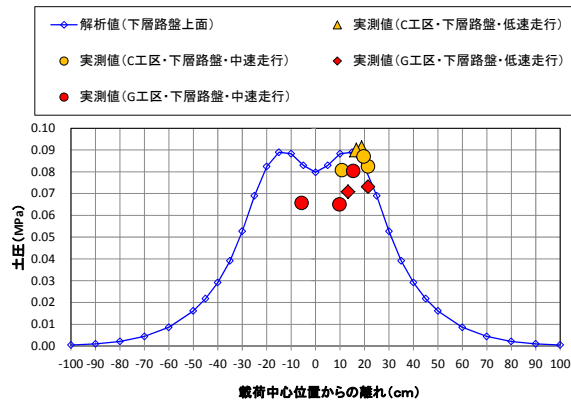


図-9 下層路盤上面部の土圧（複輪載荷）

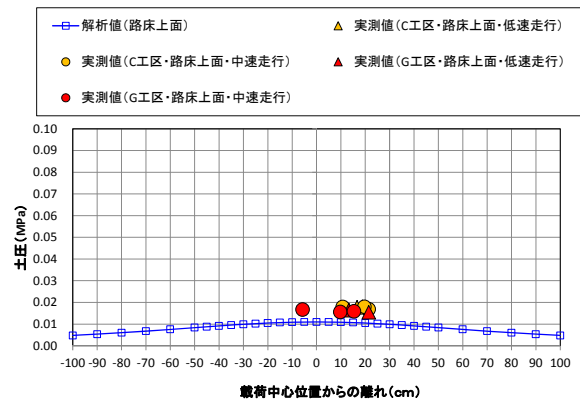


図-10 路床上上面部の土圧（複輪載荷）

上面部に作用したC工区の土圧は概ね一致した。G区は解析値と比較しやや小さい値を示した。走行試験時の路床上上面部に作用した土圧はC工区、G工区ともに解析値と同程度の値を示した。

4. まとめ

現地調査の結果、以下のことが確認された。

- 1) 含水比については、融解期において下層路盤、凍上抑制層、および路床土における含水比の上昇が見られた。特に下層路盤上面部の融解期の変動が顕著であることが確認された。
- 2) FWD 試験の結果、厳冬期は下層路盤や凍上抑制層が凍結し支持力が増加し、融解期は含水比の上昇に伴い支持力が低下することが確認された。逆解析の結果についても同様な結果が得られた
- 3) 複輪載荷時のAs層下面に発生した引張りひずみは、X方向はやや大きい値を示した。路床上上面部に発生した変位量は、解析値と比較し小さい値のものが多く結果となった。路床上上面部に作用した土圧は、解析値と比較し同程度となった。

5. 今後の予定

今回の報告は単年度の調査結果であるため、今後データを蓄積していく予定である。また、供用している国道においてもAs層下面に密粒度アスコン13Fを施工している箇所もあるので、現道のデータ、室内試験のデータ等を蓄積し、耐久性の向上が期待できる舗装構成を提案していきたい。