

I-65

積雪寒冷地を考慮した埋設ジョイントの開発

開発土木研究所	正 員	中野 修
"	"	山内 敏夫
"	"	城野 忠幸
"	"	小野 裕二

1. はじめに

橋梁の伸縮装置は路面の平坦性と連続性を保ちつつ上部構造に生じる変位を吸収するものであり、通行車両の安全性や走行性を確保する重要な役割がある。しかし伸縮部は通行車両の輪荷重の影響を直接受けるため摩耗が激しく、近年の交通量の増大や重交通化によって補修頻度も増加し、補修工事に伴う交通規制が交通渋滞の原因ともなっている。また伸縮装置自体が車両の走行性に直接影響を与え、周辺環境へも振動や騒音といった問題を引き起こしている。特に北海道においては、冬期間のスパイクタイヤ装着によって伸縮装置とその前後の舗装に段差を生じ易く、それにより除雪機械あるいは伸縮装置そのものの破損を招くといった寒冷地特有の問題も生じている。

こうした状況に対応するため、従来からある伸縮装置の耐久性の改善を図る一方で、伸縮装置の少ない橋梁構造を採用したり、従来の盲目地・切削目地に改良を加えた埋設ジョイントが考案され、実際に使用され始めている^{1)~6)}。このジョイントは伸縮部表面にアスファルト混合物を使用することによって伸縮装置前後の舗装と連続一体化を図り、橋梁の伸縮量を混合物自身に吸収させようとする構造になっている。したがって通行車両の快適性・安全性だけでなく、冬期間の維持管理性さらには施工性・経済性においても数多くの利点を有している。

本研究では、従来構造の諸条件下における特性を比較検討し、さらにひずみ分散性能に優れた埋設ジョイントについて検討を行なっている。

2. 試験概要

2.1 試験装置

本研究に使用した伸縮試験機は試験装置本体および操作盤とで構成されており、装置本体の許容温度範囲は $-30 \sim +60^{\circ}\text{C}$ である。伸縮能力は最大 $10,000\text{kgf}$ 、ストロークは $\pm 150\text{mm}$ 、伸縮速度は4段クラッチ切替式で $180 \sim 0.024\text{mm/min}$ 、外形寸法は $1,000 \times 780 \times 2,438\text{mm}$ である。供試体および計測器設置後の試験機の外観を写真-1に示す。また厳格な温度管理を行うため、本実験はすべて低温実験装置内で行った。これはアスファルト混合物が極めて温度依存性の強い材料であり⁷⁾⁸⁾⁹⁾、供試体の温度がその伸縮挙動

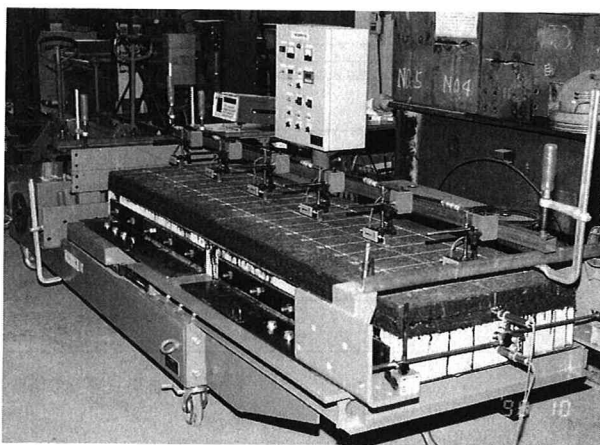


写真-1 伸縮試験機の外観

に大きく影響するからである¹⁰⁾。本装置はプレファブ実験室（内寸 $4,000 \times 2,000 \times 2,000\text{mm}$ ）・冷凍機・冷却機・制御盤・プログラム調整器・温度記録計から構成されており、 $+5 \sim -30^{\circ}\text{C}$ の温度域で任意の時間、任意の回数実験を行うことができる。温度制御はプログラム調節器により冷凍機、ヒーターを $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の精度で自動制御し、またデフロスタイマーによって自動的に霜取りを行い冷却器の霜付きを防止することができる。

Development of Buried Joint Considered Cold and Snowy Regions

by Osamu NAKANO, Toshio YAMAUCHI, Tadayuki SHIRONO and Yuji ONO

2.2 供試体

本試験で使用した供試体は、伸縮速度・設定温度・歴青シートの枚数・下層アスファルト合材・構造の違いによる比較を行うために8体製作し、さらに大きな伸縮量での適合性を試験するために2体追加した。表-1に供試体別の構造の違いを示すが、上層の舗装合材はいずれの供試体も細粒度ギャップアスコンを使用しているので、下層の種類のみを示している。

表-1 供試体別基本構造の比較

種 類	下層舗装合材	歴青シート	温 度	速 度	遊間量	伸縮量
A-1	細粒度ギャップアスコン	1	5	0.05	15	10
A-2	細粒度ギャップアスコン	2	5	0.10	15	10
B-1	細粒度ギャップアスコン	1	-10	0.10	15	10
C-1	粗粒度アスコン	1	5	0.10	15	10
C-2	ゴム入り粗粒度アスコン	1	5	0.10	15	10
D-1	細粒度ギャップアスコン	1	5	0.10	15	10
E-1	細粒度ギャップアスコン	1	5	0.10	15	10
E-2	細粒度ギャップアスコン	1	5	0.10	15	10
F-1	細粒度ギャップアスコン	1	5	0.10	20	15
F-2	細粒度ギャップアスコン	1	5	0.10	20	15

図-1に供試体の中央部の構造を示すが、供試体A-1～D-1では従来から用いられているものを、供試体E-1～F-2は今回新たに考案したものを使用した。なおA-2では歴青シートをさらにもう1枚敷設し、E-1およびE-2～F-2では最下層の舗装合材をそれぞれ20、30mmとしている。このE、Fタイプの特徴としては、両端をアンカーボルト止めしたゴムシート（ゴムチップをウレタン樹脂系バインダーと混合し、シート状に成形した既製のもの）をコンクリートブロックと切離し、アスファルトの応力緩和力を利用して遊間の伸縮を広範囲で負担させる構造にしている。またコンクリートブロックを箱抜きし合材層を設けることで、構造的欠陥となりやすいアルミ鋼板・アンカーボルトを覆っている。さらに歴青シートによって、ジョイント中央部からのクラックをここで縁切りすることと、防水性の向上を図っている。

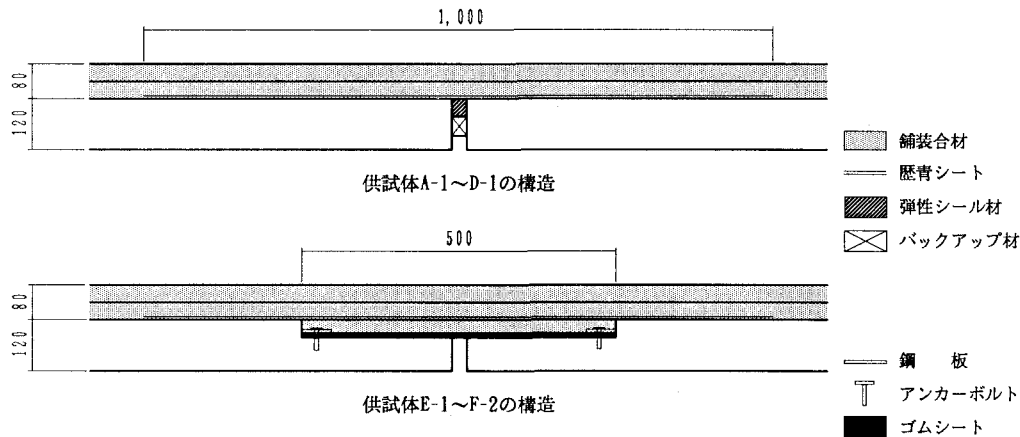


図-1 供試体中央部の構造

2.3 試験内容

本実験では伸縮挙動試験と疲労試験を行った。まず伸縮挙動試験は、温度を+5℃（B-1のみ-10℃）に保ち、圧縮5mm、引張5mm（Fタイプのみ±7.5mm）の伸縮を1回行った。この際、伸縮速度は1分間に0.10mm（A-1のみ0.05mm）としたが、実橋において1日で1回の伸縮を行うと仮定すると、この値は1日の伸縮速度の約7倍となる。なお本実験は1年で1往復の伸縮を想定しているので、これによると実橋の約2,600倍となる。実際の橋梁は毎日1回の小さな伸縮を繰返しながら、1年間で1往復の大きな伸縮を行っている。さらに1日の中でも通行車両の振動等によりランダムな伸縮を繰返しており、これを再現することは室内実験では難しいと思われる。

次に1回目と同じ伸縮速度で温度勾配を+0～-20℃（A-1のみ+5～-25℃）に設定し、2回目の伸縮挙動試験を行った。この際、温度勾配は伸縮速度に合わせたものであり12℃/Hr（Fタイプのみ6℃/Hr）としている。この値も本道の厳寒地での最大勾配が5℃/Hrであることから、かなり厳しい設定になっている。

この2回の伸縮挙動試験終了後、舗装表面温度を+5℃になるまで放置し、伸縮速度1.00mm/min（A-1のみ3.00 mm/min）で疲労試験を行った。その際10回を目安に試験を行ったが、舗装が完全に断裂した場合そこで試験を中止した。今回の計測には12台の変位計と1台のロードセルを使用し、そのデータをスイッチボックス・ひずみ測定器を介してパソコンにテキストファイルとして取込み、図化・解析を行っている。図-2に供試体の寸法および計測器の配置を示す。なお固定側の変位計で絶対変位量を測定しているが、その他の測点では相対変位による計測とした。

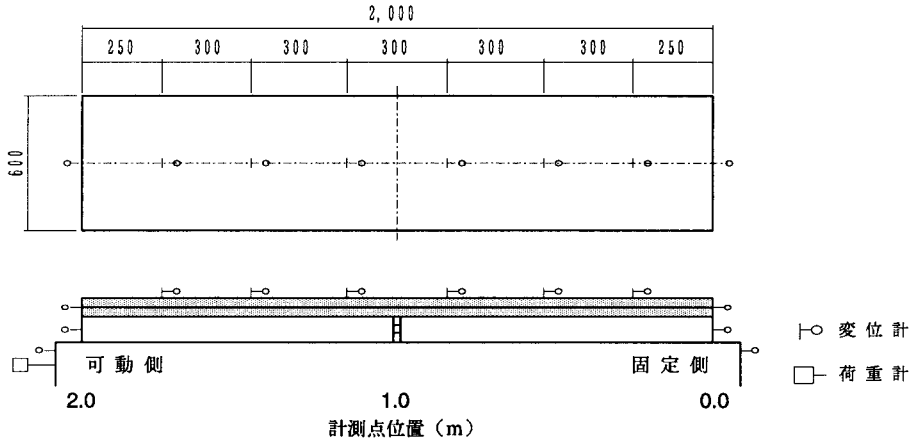


図-2 計測器配置図

3. 試験結果

今回実験を行った10供試体について、2.2で述べた比較点から、その実験結果と合わせて順に考察を行っていく。

1)伸縮速度の違いによる比較（A-1とD-1）

供試体A-1の速度はD-1の1/2であるが、最大圧縮時のジョイント中央部での水平変位負担率を見ると、A-1の方がD-1より小さくなっている。一方、最大引張時には各測点でほとんど同じひずみ負担を行っており、目立った違いは見られなかった。アスファルト単体の破壊はひずみ速度に依存することが確認されているが⁽¹¹⁾、本実験でも圧縮時にそれが確認できた。またひずみ速度が大きくなると供試体全体にかかる荷重は小さくなっており、このことから実験の際の速度管理の是非が伸縮挙動に影響してくることがわかる。図-3に伸縮速度の違いによる最大圧縮・引張時のひずみ分布を示す。

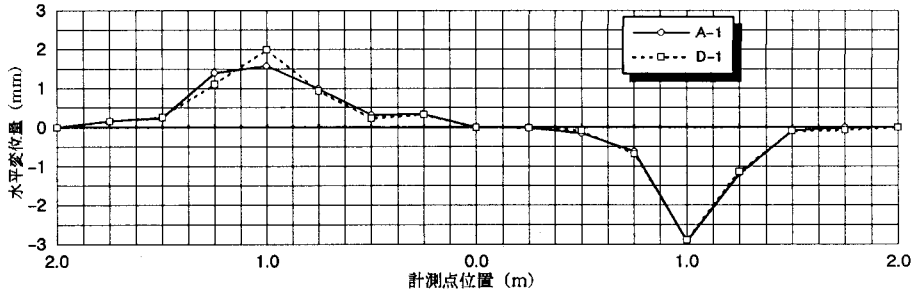


図-3 伸縮速度の違いによるひずみ分布

2) 設定温度の違いによる比較 (B-1とD-1)

アスファルトの破壊ひずみの温度依存性については数多くの研究がなされているが¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾、前年度に行った実験からも確認されている。すなわち温度が低くなると、温度の低下による応力の増加が応力緩和のスピードを超えてアスファルト中に残留し、この残留応力がアスファルトの引張強度を超えるとときにクラックが発生する。供試体B-1は引張3mmで破断しているが、ジョイント中央部でのひずみ負担は最大圧縮・引張破断時ともD-1より大きくなっている。図-4に設定温度の違いによるひずみ分布を示すが、引張側は破断時のものを比較している。

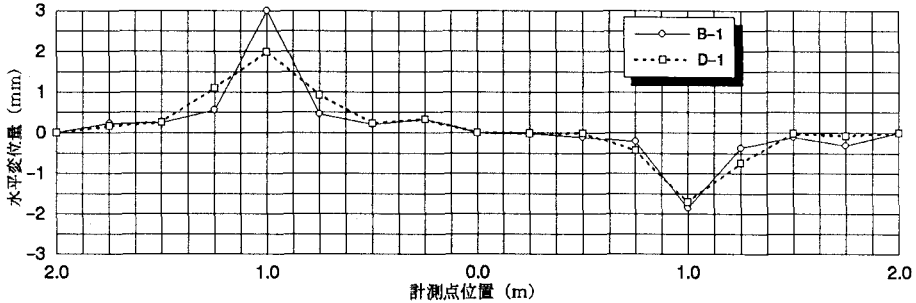


図-4 設定温度の違いによるひずみ分布

3) 歴青シートの枚数の違いによる比較 (A-2とD-1)

最大圧縮・引張時のひずみ分布を見ると、歴青シートを2枚敷きにした供試体A-2の方が、1枚敷きのD-1に比べてより広範囲にひずみ分布をしている。荷重の方も圧縮・引張時ともD-1より極端に少ない値を示しており、シートを2枚敷きにした効果が明確となっている。しかし、ひずみ分布自体が不規則なものとなっており、供試体固定金具等のゆるみが懸念される。図-5に歴青シート枚数の違いによる最大圧縮・引張時のひずみ分布を示す。この比較から、緩衝層の構造を適切なものにするによって、桁の伸縮をより広い範囲のアスファルトへ分散させ得ることが確認できた。

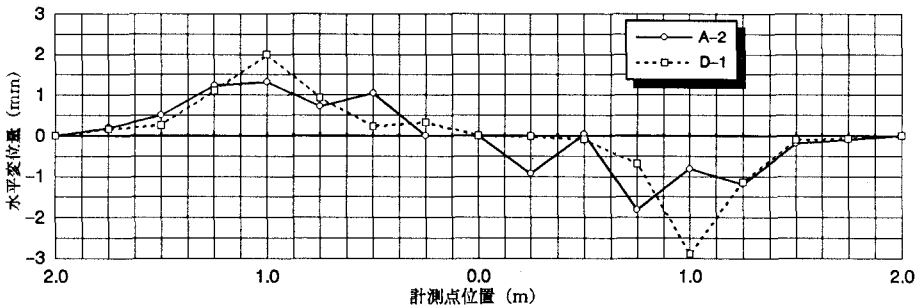


図-5 歴青シート枚数の違いによるひずみ分布

4) 下層アスファルト合材の違いによる比較 (C-1, C-2, D-1)

各供試体とも、ひずみ分布・荷重変化に大きな違いは見られなかったが、下層にゴム入り開粒度アスコンを使用した供試体C-2が若干伸縮性に優れていた。このことは前年度の試験結果からも同様のことが確認されているが、空隙率の大きい合材ほど、凍結融解作用によってその諸性質に悪影響を及ぼすことが確認されており¹⁵⁾、伸縮性のみを重視して寒冷地に適用するのは安易である。また新橋の合材舗設時には、舗装合材の一部にジョイント前後と異なるものを使用することによってその施工性が失われるので、伸縮性と施工性のバランスが重要となってくる。図-6に下層合材の違いによる最大圧縮・引張時のひずみ分布を示す。

5) 構造の違いによる比較 (E-1, E-2, D-1)

E-1とE-2の構造は前述した通りであるが、その構造の違いが実験結果にも明らかに反映された。各測点でのひずみ分布を見ると、両者とも同様の挙動を示しており、供試体全体でバランスよくひずみを負担していることが確認できる。荷重変化についても供試体D-1に比べて少なく、特に引張時にはその差が顕著となっていた。この結果から、適当なひずみ拡散層を設けることで、ジョイント中央上部のアスファルトのひずみ負担が軽減され、さらに広い範囲でひずみを負担していることがわかる。図-7に構造の違いによる最大圧縮・引張時のひずみ分布を示す。

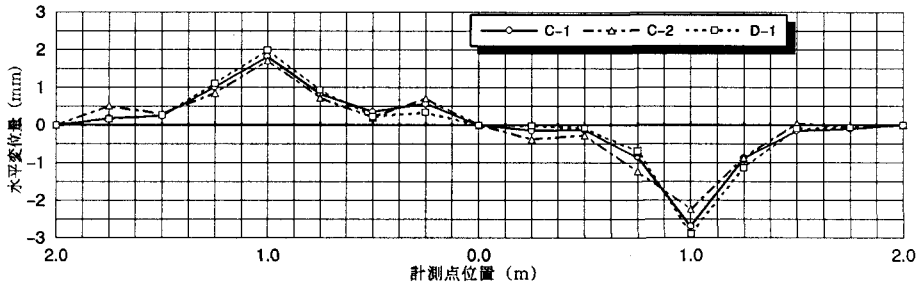


図-6 下層アスファルト合材の違いによるひずみ分布

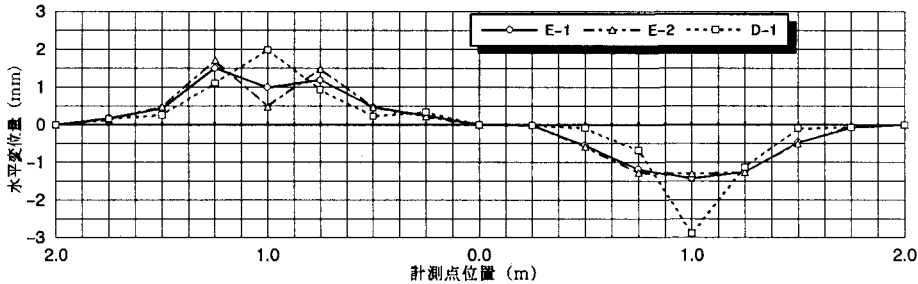


図-7 構造の違いによるひずみ分布

なお温度勾配 (0～-20℃) を設定した2回目の伸縮挙動試験の結果は、温度低下による舗装剛性の変化により舗装体とコンクリートブロックとの間にズレを生じ、各供試体を比較することが難しいのでここでは省略する。また伸縮量を15mmにした供試体F-1、F-2の伸縮挙動試験については、温度勾配設定時にもクラックの発生が見られず良好な結果が得られた。これにより支間長30m前後の橋梁への適用も可能であることが確認できた。

6) 疲労試験結果

疲労試験を実施できたのはA-1、A-2、C-1、C-2、D-1の5体であったが、その中でも比較的クラックの発生が遅かったのはA-2とD-1であった。A-2は25回終了後も有意なクラックは発生しなかったが、D-1の8回と比較しても実質的に差があるとは言い難い。実際には固定金具や舗装体とコンクリートブロックとのズレの影響があり、この結果から直ちに各供試体の疲労性能を論ずるこ

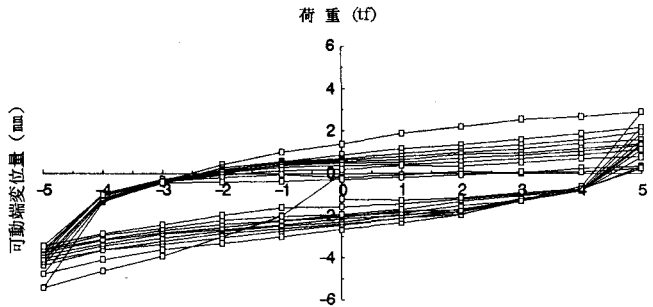


図-8 荷重履歴の一例

とは無理がある。図-8にD-1の荷重履歴を示すが、各供試体に共通していた点として1回目の伸縮終了後は極端に荷重が減少しており、アスファルトの応力緩和性をよく表わしていた。

4. まとめ

今回の実験から次の5項目が確認された。前年度までの結果も踏まえて述べると以下になる。

- 1)伸縮速度の増加にともないアスファルトの伸縮性は低下し、ジョイント中央部に応力が集中し易くなる。
- 2)設定温度は合材の性質を決定付ける最も大きなパラメータであり、温度の低下により伸縮性は大きく減少する。これは特に0℃以下の温度域で顕著である。
- 3)歴青シートを2枚敷きにすることで供試体の伸縮性の向上が期待できる。
- 4)今回製作した供試体が上層に同じ合材を使用したこともあり、下層合材の種類による顕著な違いは見られなかったが、ゴム入り開粒度アスコンを使用することで伸縮性の向上が期待できる。
- 5)伸縮部に今回考案した構造を採用することによって、合材自体が持つ伸縮性を最大限利用できることが確認され、低温下でも15mmの伸縮に対応できることがわかった。

埋設ジョイントは伸縮部を舗装面の下に設置する構造であるために、最終的には使用する舗装合材の性状に左右される。しかしアスファルトの破壊ひずみの範囲内で伸縮を行える構造にするならば、クラックの発生を遅らせることは可能であろう。このことを施工性・経済性を考慮しながら実行しようとするれば、ひずみ分散性に優れた歴青シートと合材を充填した箱抜き部の併用が重要になってくる。また実際の橋梁では、ひずみ速度に関しては今回の実験より条件が遥かに緩やかであり、アスファルトの応力緩和性、交通荷重によるニーディング作用等が舗装体に有利な方向に働くことに留意したい。したがって、現在行っている実橋での伸縮量・温度計測の結果によっては、このジョイントを適用できる橋梁も広がってくるであろう。本文で述べた埋設ジョイントは、現在北海道開発局施工橋梁において実際に使用されているが、今後は定着部の長さ・箱抜き部の深さ・遊間量等の詳細についても検討して行きたい。

最後に、本実験実施に際しては、前田道路(株)北海道支店熊谷茂樹氏ならび関係諸氏に貴重な御助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

<<参考文献>>

- 1)前田良文、大串久之、薄井王尚、浜博和：実橋に対する埋設ジョイント適用の妥当性の検討、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集I-450・1992年9月、pp.1076-1077.
- 2)高橋修、丸山輝彦、稲葉武男：埋設ジョイント、ヘキサロックジョイントに関する研究、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集V-56・1992年9月、pp.142-143.
- 3)太田貞次、森川智之、深沢泰晴、杉山俊幸：舗装面を連続させた道路橋伸縮装置のプレキャスト化に関する基礎研究、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集I-338・1991年9月、pp.714-715.
- 4)藤井康男、大森昭：P C 桁ノージョイント工法の開発、土木学会第42回年次学術講演会講演概要集I-228・1987年9月、pp.490-491.
- 5)小畑陽康、佐藤孝、藤原博：埋設ジョイントの適用に関する検討、第17回日本道路会議論文集717・1987年9月、pp.734-735.
- 6)中村一平、久保雅邦、関本宏：既設の小規模橋梁における簡易ノージョイント工法の開発、橋梁と基礎・1991年4月、pp.33-41.
- 7)森吉昭博、新田登：脆性領域におけるアスファルト混合物の破壊に関する研究、土木学会論文集第390号V-8・1988年2月、pp.219-224.
- 8)森吉昭博、上島壮、菅原照雄：アスファルト混合物の破壊強度に関する研究、土木学会論文報告集第210号・1973年2月、pp.57-64.
- 9)松尾徹郎ら：舗装体の温度について、第12回北海道開発局技術研究発表会論文集・昭和43年、pp.147-159.
- 10)北海道開発局開発土木研究所構造研究室：埋設ジョイントの適用性調査報告書、構造研究室資料・平成3年3月、pp.13-27.
- 11)森吉昭博、徳光克也、川村和将：アスファルトの低温領域における破壊ひずみに関する研究、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集V-22・平成4年9月、pp.74-75.
- 12)北海道開発局開発土木研究所舗装研究室：アスファルト舗装道路の横断ひびわれに関する調査研究報告書、昭和61年3月、pp.4-31.
- 13)稲手勲：アスファルト舗装の低温クラック、ASPHALT, Vol. 21, No. 117・1978年、pp.17-23.
- 14)森吉昭博、川村和将、加来照俊：アスファルトの低温領域における破壊ひずみに関する研究、土木学会北海道支部論文報告集V-22・平成3年2月、pp.973-976.
- 15)佐々木政人、吉江誠吾、藤原忠司：アスファルト混合物の凍結融解抵抗性に及ぼす空隙率の影響、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集V-24・平成4年9月、pp.78-79.