

橋梁床版の耐浸水能力に関する検討

(独)寒地土木研究所 道央支所

○吾田洋一
川村浩二
菅原彰人

橋梁上面の床版に水が浸水すると、床版が非常に痛みやすくなる。そのため、床版が水につかないよう様々な対策が施されている。ところが、粗粒As層には大気圧では水が浸透しないと考えられているため、粗粒As層に浸水した場合の対策は十分とはいえない。

本研究は、粗粒As層に浸水することと、その対策を、模型実験、実橋実験、「積雪寒冷地に適していると考えられる高機能型の排水ます」¹⁾で検討を行い、粗粒As層の浸水の条件と、排水装置と雪寒地型排水ますは水を排出するためにとっても効果があることがわかった。

キーワード：橋梁舗装、粗粒度アスファルト、床版防水

1. はじめに

コンクリート橋梁の床版は、舗装から浸透した水に弱いので、コンクリートが水に触れないよう床版防水が設けられており、その上のアスファルト混合物（以下、As）層は水を通さないとされ、万全の防水対策が行われているとされている。しかし、これらの対策が行われていても、水の集まりやすい排水溝周りや路肩部での橋梁の舗装上面にひびわれ等の傷みが散見される。これは、防水対策が不十分なため滞水しアスファルトを痛めてしまっていると考えられる。

本研究は粗粒度As層が現場条件によっては大気圧でも水が浸透する場合があることを、供試体、実橋で、特に水が溜まりやすい排水溝周りに着目して試験調査をすると共に、基層に水が浸透しても、床版上面に水を滞水させないために、「積雪寒冷地に適していると考えられる高機能型の排水ます」（以下、雪寒地型排水ます）による排水実験を行った。

2. 供試体実験

(1) 目的

- ①粗粒度As層が水を通してしまいう現場条件の検討。
- ②粗粒度As層の床版上での滞水量の検討。
- ③床版上に敷設された排水装置（導水パイプ、導水テープ、写真-1）の排水能力の検討。
- ④従来型の排水ますで床版上に生じる滞水量の検討。

(2) 実験模型制作（表-1）

- ①は粗粒度As層単体を30×30×4cmの大きさで、現場での管理基準²⁾である締め固め度を94,95,96,97%、の4パターン制作し、その周囲の水を止めるために5cmの枠を発泡スチロールと粘土で囲った。
- ②は30×30cmの粗粒度As層を床版上に敷設された状況を再現した（供-1、図-1. 1(a)(b)）。
- ③④は②に導水パイプと導水テープ

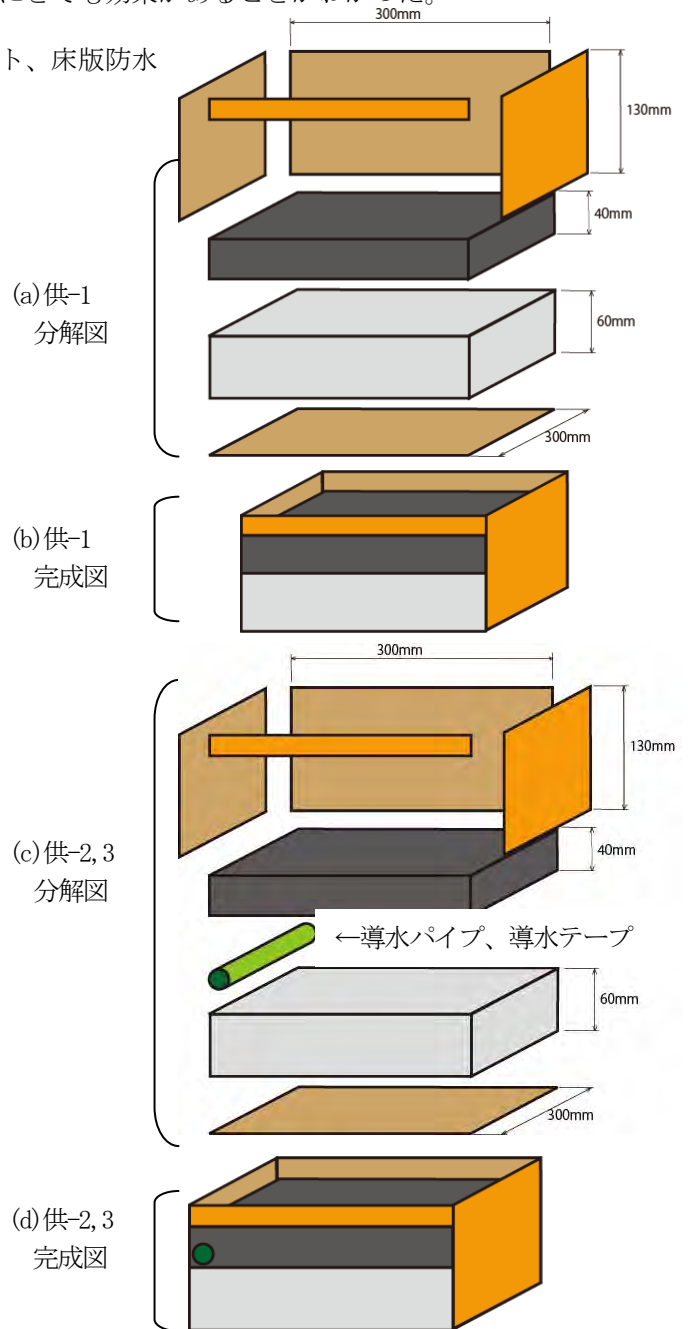


図-1. 1 組み込み供試体概要図（供試体1,2,3）

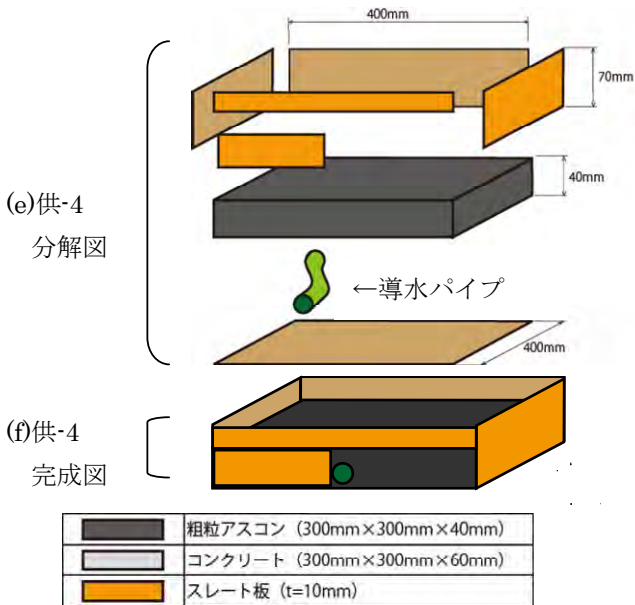


図-1. 2 組み込み供試体概要図 (供試体4)



写真-1 導水パイプ (上,φ20) と導水テープ (下,幅3cm) を設置したタイプ (図-1(c)(d)、写真-1)、④は従来型の排水ますを模して40×40cmの粗粒度As層に導水パイプと製作したタイプ (図-1. 2(e)(f)) の計4タイプについて制作した。

(3) 従来型の排水桝の問題点

ここで、従来型の排水ますの問題点とそれを検証するための供4について説明する。従来型の排水ますでは舗装を浸透した水は2箇所の床版排水溝で排水するように作られている (図-2、写真-2)。床版には一般的に、路面排水のために、横断勾配と縦断勾配が設けられている。床版上面にこの勾配に誘導された水は、写真-2の「A」の部分に集まるが、2箇所の床版面排水孔のみでは集まった水を完全に排水することはできない。供4は「A」の部分を実験したモデルである。

(4) 実験

実験は各供試体に水0.8Lを投入し、排水されるまでの時間と排水量、投入した量と排水量から供試体に含まれている含有水の量を計測した。また、組み込み供試体は、実際の路面を想定し、横断2%、縦断0.5%の勾配を設けた。なお、供4のみサイズが大きいため2Lの水を投入した。

(5) 実験結果

表-2は実験結果であり、写真-3, 4は実験の状況写真である。排水時間は水を投入してから水が垂れ落ち

表-1 供試体一覧

目的	タイプ	内容
①	単-94	粗粒度As層単体、締め固め度 94%
	単-95	粗粒度As層単体、締め固め度 95%
	単-96	粗粒度As層単体、締め固め度 96%
	単-97	粗粒度As層単体、締め固め度 97%
②	供-1	組み込み供試体、プレーンタイプ
③	供-2	組み込み供試体、導水パイプタイプ
	供-3	組み込み供試体、導水テープタイプ
④	供-4	組み込み供試体、従来型タイプ

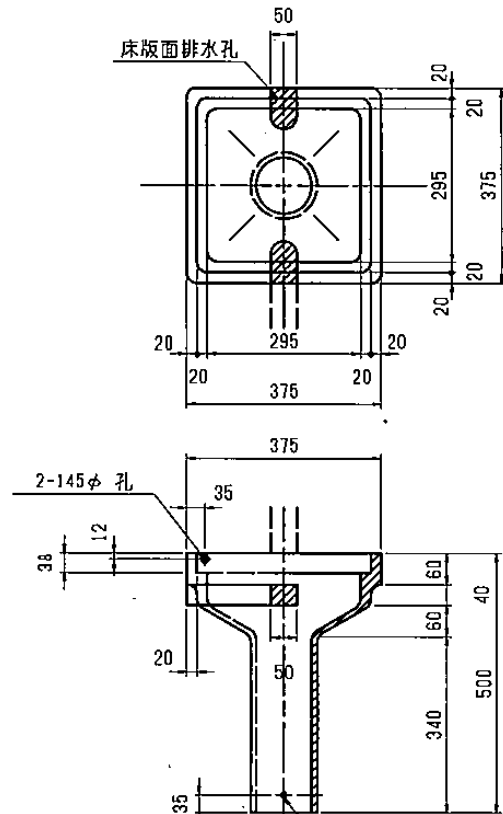


図-2 従来型の排水ます設計図

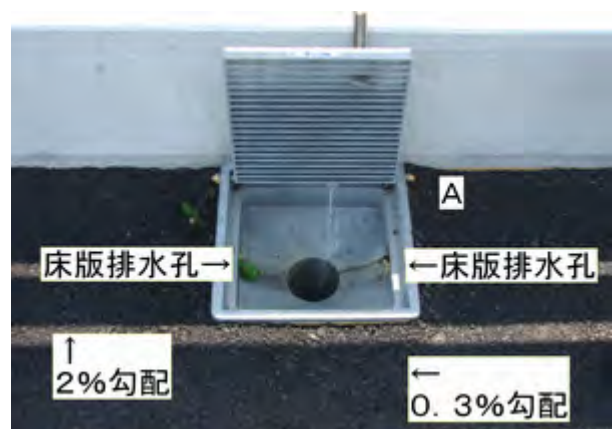


写真-2 従来型の排水ます設置事例

なくなるまでの時間で、含有水とは投入水と排水との差で供試体内部に留まっている水の量である。

表-2 供試体実験結果

目的	タイプ	排水時間	含有水(g)
①	単-94	2時間32分	26
	単-95	3時間32分	30
	単-96	2時間52分	28
	単-97	排水無し	
②	供-1	1時間28分	231
③	供-2	8分40秒	166
	供-3	53分	153
④	供-4	15分	309



写真-3 粗粒度As
単体実験 (勾配無)



写真-4 組み込み供試体
実験 (横断2%縦断0.5%)

〔 単-95 単-97 〕
〔 単-94 単-96 〕 の順

〔 供-4 〕
〔 供-1 〕
〔 供-2 〕
〔 供-3 〕 の順

この表より以下のことがわかる。

・単-96以下では、水が浸透した。このことは、大気圧でも水が基層を通過し床版に水を通してしまうことになり、床版の排水がとても重要であることを示している。また、単-97では全く水が垂れ落ちず、このAs層は基層から床版面には水が浸透しないことになる。

・単-94,95,96の内、排水時間が単-95が大きくなっている。As層の排水は空隙が連続しているかどうかによるので、確率的である。このため、排水時間にばらつきが出たと考えられる。

・含水量を単と供で比べると、供の方が1オーダー大きくなる。この理由はAs層底面が防水されているため、As層内部の水が通る経路が長くなり、水が溜まりやすくなったためと考えられる。実際の橋梁でも同様に、

水が溜まりやすい構造となっていることを示している。

・排水システムを有している供-2,3が排水システムを有していない供-1よりも含水量が少なくなっている。この理由は、排水システムが有ることで、As層内部の水の通る経路が短縮され排水が促されたためと考えられる。このことは、基層の水を排出するという点で極めて効果的であるといえる。ただし、供-3は供-4に比べ排出時間が大幅に遅れており、このような用途で用いる排水材に求められる仕様を設定していく必要がある。

・供-4は含水量が最も多くなっている。この結果は従来型の排水ますは、床版上に水が溜まりやすいことを示しており、改善が求められる。

ここで、投入した水は、単-97を除いて、全てAs層を通過しており、組み込み供試体は枠の部分は全て床版防水剤で防水されていて、水漏れ等は無かった。

3. 実橋実験

実橋で粗粒As層に含む水の量と、排水溝周りの滞水量を求めるために、未供用で粗粒As層4cmのみの舗装となっている堀株川橋 (全長160m、幅員10m、コンクリート橋、縦断0.3%、横断2%、排水柵は従来型タイプ) で実験を行った (図-3)。実験は排水溝を基準にしてA,B,Cの3つのエリアを定めた (図-4)。また、実験を行った箇所は、ジョイント近辺の2箇所、ほぼ中央の



図-3 堀株川橋位置図と全体写真

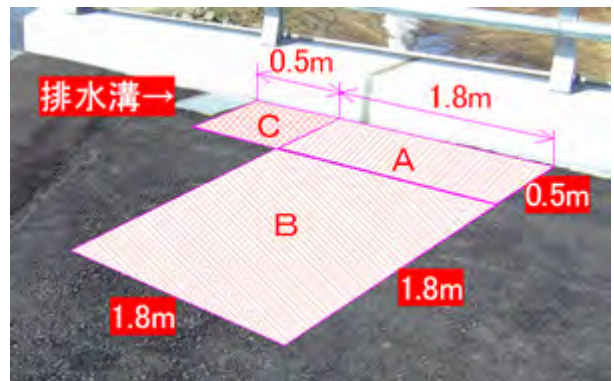


図-4 実橋実験の試験エリア

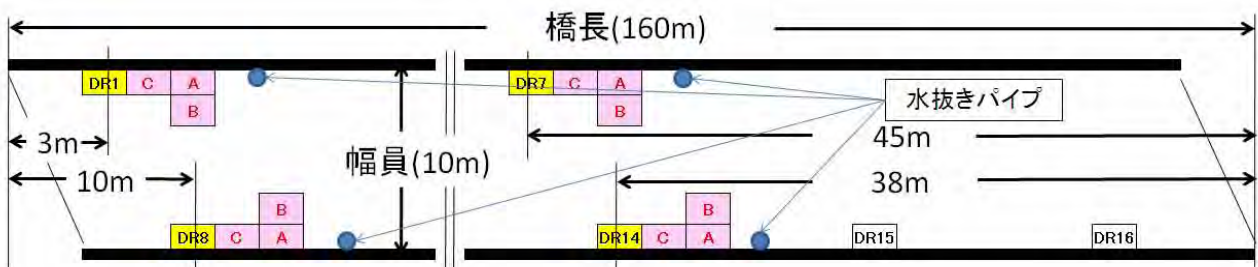


図-5 実橋実験の試験位置図

2箇所、計4箇所で行った(図-5)。また、各エリアは水の蒸発を防ぐために日除けを設け(写真-5, 6, 7)、排水溝の下部と排水溝の下部と水抜きパイプの下には水受けを設けた(写真-8)。各実験は、実験を行う毎に1週間以上の間隔を開け、床版が良く乾いていることを排水溝などから確認してから行った。

実験の手順は水20L(一定以上の水は排水溝から出てくるだけなので、十分な水な水の量として)を2分に1Lのペースで40分間、満遍なく全体的に均等に各エリアに投入した。エリアBは勾配の影響で低くなっている方向ばかりに水が溜まる状況を緩和するため、中仕切りを作った(写真-9、水が下に集まっている)。次に、実験を開始した後、水受けに水が溜まる量1L毎に時間を測定した。排水量は24時間放置した後、排水溝から排出され、水受けに溜まった水の量を測定した。この際、エリアBに関しては、24時間が経過しても排水溝からは水は全く出ず、舗装上面に溜まったままとなっていたので、事前に重量を計った雑巾に水を含ませることで、舗装上面に溜まった水の量を測定した。写真-9は舗装上面に水が溜まっている状況写真で、写真-10は実験後24時間経過した後の状況写真である。また、エリアBのDR1、14は水漏れが生じ、舗装上面から排水溝に水が流れてしまったため、実験値は欠損とした。ここで、エリアBの水が排水溝から出なかった理由として、

各エリアから排水溝に水が到達するためには、舗装内を水がくぐり抜けて導水パイプや排水溝に到達しなければならない。ところが、エリアBは排水溝や導水パイプから離れており、水が舗装内を通過できなかったためと考えられる。



写真-7 エリアCの実験状況



写真-8 水受け状況



写真-5 エリアAの実験状況



写真-9 水が下に集まっている状況



写真-6 エリアBの実験状況



写真-10 24時間後の状況

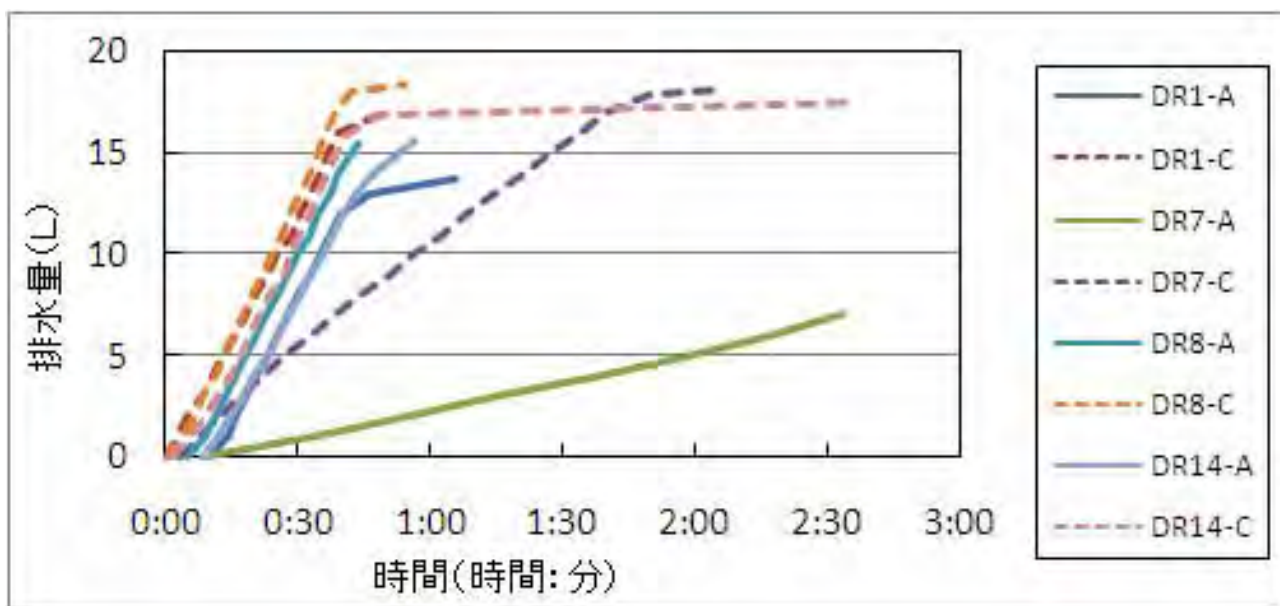


図-6 橋の場所毎の水の排水量

図-6は橋梁の場所毎による水の排水量であるが、このグラフよりDR1,8,14のエリアAとエリアCはそれぞれほぼ同じ傾向を有しており、エリアAはエリアCに比べ若干水の排出速度が遅くなっている。この遅れは排水溝からの距離によるものと考えられる。また、DR7のエリアA、Cは他の地点とは異なる挙動を示している。この理由は、DR7は橋の中央部で舗装が締め固めやすかったためと考えられる。

表-3は橋の場所毎の平均排水量を求めたものである。この表を見ると、エリアC、A、Bの順で排水量が多くなっている。これは、排水溝に近い順でもある。排水溝からの距離が長くなるに従って排水量が減るということは、舗装内部に水が浸透していることを示している。

表-4はエリア毎の面積当たり含水量を平均したものである。前述したように、従来タイプの排水溝では排水溝周辺に滞水した水を排出しきれないとすると、エリアA、Cの含水量は、舗装内に浸透した水と排水溝周囲の水の2つが加わったものとなる。そこで、排水溝のないエリアBの面積当たりの含水量を2.78 (L/m²)を面積当

たりの舗装内に浸透する水の量とし、それに、エリアA、Cの面積を掛けると各エリアの舗装内の水が算出され、それぞれ2.50L、0.70Lとなった。次に、含水量から舗装内の水を引いたものが排水溝周囲の水となり、それぞれ1.20L、1.10Lとなった。つまり、従来タイプの排水ますではその周囲に約1Lの水が滞水する、という結果となった。

4. 雪寒地型排水ますの検討

図-7は雪寒地型排水ますの概要図である。この図より、従来のます(図-2, 写真-2)では床版上の水は2箇所の穴でしか排水できないが、本ますであれば床版上の水はどこからでも排水可能なように作られていることがわかる。実験は本ますが床版上の水をどれだけ排出できるかを検討する。

表-3 橋の場所毎の平均排水量 (L)

エリア	DR1	DR7	DR8	DR14	平均
A	16.6	14.9	16.6	17.1	16.3
B	—	12.0	10.0	—	11.0
C	17.7	18.3	18.6	18.2	18.2

表-4 エリア毎のます周囲の水(L)

エリア	投入量 (L)	排出量 (L)	含水量 (L)	面積 (m ²)	舗装内の水 (L)	排水溝周囲の水 (L)
A	20.0	16.3	3.7	0.90	2.50	1.20
B	20.0	11.0	9.0	3.24	9.00	0.00
C	20.0	18.2	1.8	0.25	0.70	1.10

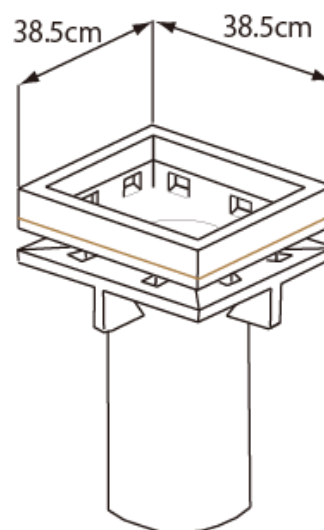


図-7 雪寒地型排水ます

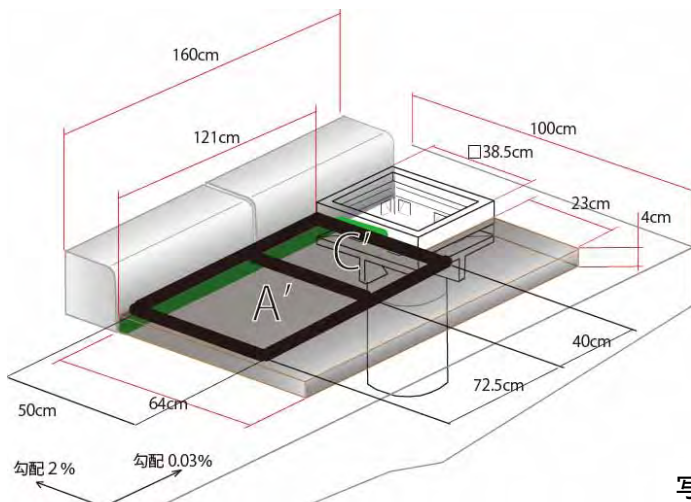


図-8 コンクリート床版（模型）に雪寒地型排水ます、縁石、粗粒A s層(4cm)を設置し、エリア設定を行った。

図-8はコンクリート床版（模型）に雪寒地型排水ます、縁石、粗粒A s層（締め固め度94%、厚さ4cm）を設置し、エリアA'、B'、C'の設定を行った。なお、エリアB'は80×35cmで排水溝と導水パイプから離して、手前側に設置した（写真-11）。実験はエリアA'、C'は実橋実験と同様に、水20Lを2分に1Lのペースで、エリアB'は実橋実験と同様、水が全く排出されないため、3Lの水を一度に投入した。

実験結果は表-5のようになった。先の例と同様にエリアB'の面積当たりの含水量を1.25(L/m²)とし、エリアA'、C'の面積当たりの舗装内に浸透する水を求めると、それぞれ0.46L、0.25Lとなり、そこから排水溝周囲の水を求めると、それぞれ0.02L、0.01Lとなった。この結果より、雪寒地型排水ますは周囲の水を滞水させることなく排水することを確認できた。

5. まとめ

(1) 供試体実験

・粗粒A s層は締め固め度96%程度以下では大気圧下で水が浸透した。このため、床版コンクリートの耐久性を確保する観点からは、表層A s層の亀裂等の損傷が生じた場合には迅速に補修等を実施する必要がある。

・導水パイプやテープは基層に浸透した水の速やかな排水に対して有効であったが、材料によって排水能力が大きく異なった。今後は、これらの排水材料に対して、適切な仕様等を整備していくのが望ましい。

表-5 雪寒地型排水ます実験結果

エリア	投入量 (L)	排出量 (L)	含有水 (L)	面積 (m ²)	舗装内の水 (L)	排水溝周りの水 (L)
A'	20.00	19.53	0.47	0.36	0.45	0.02
B'	3.00	2.65	0.35	0.28	0.35	0.00
C'	20.00	19.74	0.26	0.20	0.25	0.01

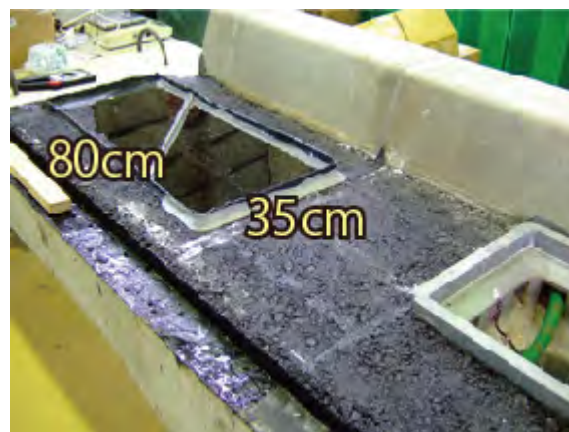


写真-11 雪寒地型排水ます実験写真（エリアB'）

(2) 実橋実験

・橋面の中央側よりも排水ますや導水パイプに近い地覆近傍の方が、舗装に浸透した水が排水されやすい。なお、地覆近傍は締め固めが困難であることから締め固め度が低い可能性もあり、この場合には地覆側の舗装の締め固めを特に入念に実施する必要があることを示している。

・今回の実験では、舗装内部に2.78(L/m²)の水が浸透した。浸透水が凍結融解すると舗装を痛めてしまうことが考えられるので、排水させた方が望ましいといえる。

・従来型の排水ますでは周囲に水を約1L程滞水させてしまう。床版の耐久性を確保するためには、この滞水を改善していくことが非常に重要である。

(3) 雪寒地に対応する排水ますの検討

・雪寒地型排水ますは、ます周辺に水を滞水させることなく速やかに排水することを確認した。このことから、雪寒地型排水ますは従来型排水ますの問題点に対する解決手段のひとつとなりうる。

6. 今後の課題

(1) 密粒A s層を含めた検討

今回は粗粒A s層のみの検討であったが、今後は密粒A s層も含めた橋梁上の舗装全体の検討を行い、その水の振る舞いを総合的に検討する。

(2) 凍結融解実験

床版上に滞水した水がどのように橋梁を痛めるのかを、凍結融解実験を行うことにより検証する。

(3) 繰り返し载荷実験

A s層は車両による载荷や振動で、水をどの程度浸透させるのかを検討する。

(4) 新たな橋梁の排水システムの検討

現在の橋梁では、特に路肩部や排水溝周囲では機械による転圧が出来ないため、締め固め度が低下してしまいがちである。そこで、新たな排水システムや施工方法を検討する。

参考文献

- 1) 北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針：6-60
- 2) アスファルト舗装工事共通仕様書解説：P.133