

エクспанディットによる管入替工法の開発

平井正哉*

概要

下水道管の破損が原因で大都市のメイン道路が陥没して大騒ぎになり、高速道路の横断排水管が破損して大事故になった例は、新聞やテレビで報道されるだけで年間数十件になっている。報道されない陥没事故をふくめると、東京だけで年間1500件以上あると報告されている。

戦後60年以上を経過して、終戦後慌ただしく整備してきた下水道管がすでに総延長で38万km以上にあり、耐用年数50年を超えた管渠も戦前から整備された延長などを合わせると2万km以上になっている。

耐用年数50年を過ぎた管渠は原則として調査をし、問題なければそのままにしてよいが、機能が不足するような劣化や損傷があれば補修、あるいは改築をする。下水道管路の維持管理の費用は、基本的に下水道会計の中から捻出され、一部国からの補助も行われるが、十分な予算がつけられる状況にはない。今後、補修の必要な延長がどれほど増加するか、判断は難しいが、大幅に増加することは間違いない。ただし、補修に対する財政の仕組みや、制度が早期に改変されることは期待できず、そうこうしている間も下水道管の劣化は待ってはくれない。補修の必要な管路は急増するが、一定レベルの損傷はすべて補修するというのではなく、重要度で実施する順番や実施の可否を判断しなければならないときが訪れるはずであり、その傾向はすでに現れている。

エクспанディットによる管入替工法はこのような

状況から2003年に開発に取り掛かったもので、現状では開削以外に適当な補修工法が見当たらない大変形の管改築工法となることを目指した。最初は「エコセラミック管入替工法」としてスタートし、2004年末に「エコTMS・管入替工法」と名称を変え、工法内容も若干の修正を行って開発を進めた。この間の経過を図-1に示す。

開発の経緯

わが国の下水道管の状況をみれば、非開削管入替工法の開発が急務であり、中でも静的破碎機による入替工法は最も期待が大きい。下水道管の劣化は、流下する汚水による化学的なものから、地表面の交通荷重や管路近接の工事の影響などさまざまであり、その原因によって補修で改善しなければならない現象も対象はさまざまである。

もっとも簡易な損傷は、管の線形は変わらずに、内面だけが腐食しているもので、そのままにしておけば管本体に影響を与える可能性があるような劣化で、これは内面ライニング工法で問題はない。道路荷重のために継手がずれたり、垂れ下がったりする場合は、元に戻すには線形を変えるしかない。この場合、最も単純な補修は、開削して新管に入替る方法であるが、開削する余地がない場合や、開削をできない場合が都市部を中心に増大している。開削しないで既設管の位置に同径以上の新管を設置するには、既設管を除去しなければならない。大規模に土留めをして行う開削工法以外に既設管を除去する方法は、鞘管方式で大きく既

	2003 年度	2004 年度	2005 年度	2006 年度
エコセラミック管入替工法研究会		→		
エコ TMS・管入替工法研究会	EC・J 工法の開発	→	→	→
エコ TMS・管入替工法協会		→	→	→
下水道新技術推進機構の審査証明			☆ 確認試験、委員会	本格展開

図-1 工法開発の経過

*本店エンジニアリング部 土木グループ総括マネージャー



設管をカバーするようにして引き抜くか、あるいは回転などで切削する方法が考えられ、当社にもSH工法の応用である「UPRIX工法」がある。回転切削機で既設管を破砕する工法も数社開発を行っている。これらは、いずれも設備が大掛かりで、開削や新たに推進工法によって新管を設置するのと比較して、施工費がかかり、よほど特殊な場合でないとは採用されない。

一方、劣化排水管の内面に樹脂をライニングする管更生工法は、熱水の熱や紫外線で硬化する樹脂を含浸させた繊維を管内面に接着させて硬化させ、内面にライニングをして補修をする。既設管はそのまま残して、実質的には新旧共同で耐力を確保する。新管を設置するより低コストで施工が可能であり、非開削であること、1号人孔から施工可能で立坑の設置が必要ないこと、など多くの特徴、利点があり、非開削の場合にはほとんどこの工法で補修が行われている。ただし、この工法は、薄いとはいえ管内面に樹脂を巻きつけるため管内径が確実に減少する。また、現地で硬化させることから、絶対的な品質の確保が困難であること、段差や扁平化した管ではそのままライニングし有効断面の減少は避けられない、などの難点があるが利点も多く多数採用されている。表-1に管更生工法と管入替工法の特徴を比較した。

表-1 管更生工法と管入替工法の特徴

	更生工法	管入替工法
パイプ品質	既設管内でパイプを製造するため品質管理が非常に重要	入替えるパイプは工場2次製品で、現地では接続推進するだけ
管内径	管内面にライニング(製管)するため、数mm~数cmの内径減少が生じる。(組立係数の向上で流下能力不変を説明)	同径の同等管に改築する。内径は1~3ランクサイズアップすることも可能で、流下性能の向上可能
立坑	1号人孔での施工が可能	マンホールからの施工が困難、1.5m程度の立坑が必要
大変形修復	既設管が変形している場合は、そのまま内面にライニングするので、形状回復はできない	管渠の継ぎ手ずれ、たれ下がり、扁平化など管渠形状が変形した場合も新管に入れ替えるので改築可能
管リニューアルの方式	旧管をそのままにし、内側にライニングする	旧管を破砕し、新管を挿入する

エクスパンディット工法の開発に際し検討した条件を表-2に示すが、最終的に目指した目標は、上段の①~④の条件になる。下段の⑤~⑧の条件でもできればクリアーしたい条件であるが、それを解決するためには施工費が大幅に上昇すると考えられ、現時点ではこれらの条件は解決することをあきらめ、条件が合えばということで今後の課題としている。これらがどうしても解決しなければならない現地条件のケースでは、それにあつた工法もあるのでそちらを採用すればよい。その場合コストは上昇し、あるいはもっとも重要な管路の流下性能を犠牲にするなど、他をあきらめることになる。

表-2 開発で考慮した事項

開発に際してクリアできた項目	
①	既設管を非開削で破砕し、工場製造の新管に入れ替える。
②	新管は既設管と同径かそれ以上。
③	段差や屈曲、扁平化でも施工できる。
④	コストは開削工法程度。
開発に際してギブアップした項目	
⑤	1号人孔から施工できる。
⑥	既設管の中を通路しながら施工する。
⑦	大きく垂れ下がった管路を元の線形に修復する。
⑧	既設管の破砕片を取り除く。

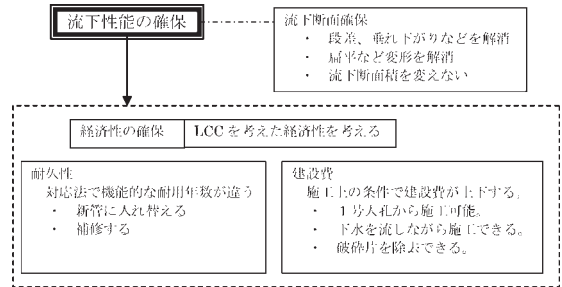


図-2 下水道管の基本と工法採用の条件設定

劣化管の補修工法

管路の設置目的は下水を流下させることであることから、改築した後の管路が第1に満足すべき条件は、間違いなく流下性能の確保である。採用する劣化管渠の補修工法は、劣化や損傷の程度にあわせて、所定の流下性能を確保した上で、耐久性があり、耐久性を含めた経済性で勝負をしなければならない。適用できる工法がなければやむをえないとも言えるが、そうでなければ最初に経済性によって選別するのは適当ではない。経済性以外で工法の抽出をし、その上で許容できる経済性の範囲に入る工法がない場合は、その中で条件を緩めていき、適切な工法を選定することになる。ただし流下性能をあきらめるのは最後にしなければならない。考え方の基本を図-2に示す。

劣化管の非開削リニューアル工法は、既設管を破砕または除去して新管に入れ替える工法と、既設管の内面にライニングをする工法に分けられ、それぞれ既設管の破砕方法や除去方法、ライニングの方法などいくつかの工法がある。改築工法の分類を図-3に示す。

劣化管のリニューアル工法はそれぞれ特徴を持ち、条件によって対応可能な条件と不可能な条件がある。考えられるすべての条件を満足するにはコストが上がってしまい、そのような工法を開発するのは現実的ではない。このため原則として施工費を開削程度に抑えることを大前提にして開発することにした。その結果、1号人孔からの施工、下水を流しながらの施工、破砕

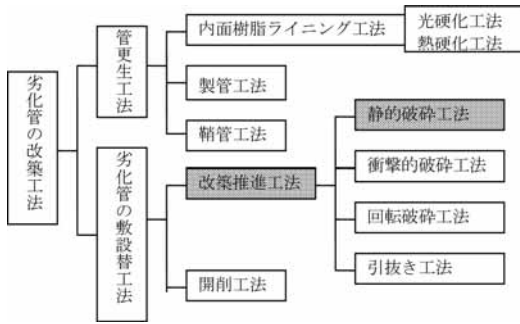


図-3 劣化管の改築工法

片の除去をギブアップしたことで施工費を抑えることとなった。

1号人孔から施工可能かどうかは、工法の特徴としてPR効果は大きい。このためどうかして1号人孔(内径90cm)から施工できる方法を探したが、エクспанディットが英国PERCO社からの導入機械であり、90cmの人孔から施工するのは非常に困難が伴う。また、新管として押し込む推進管もそれなりの長さで切断したり、短尺に製造しなければならないため、管自体の調達もやや困難である。以上のことから、無理すれば呼び径200と250は可能であるが原則として内径1.5m～2.0mの立坑を築造して行うこととした。

同様のことは、下水を流しながらの施工と、破碎残片の除去も破碎機の機構がそうっており、今更機械の改造を行っている時間はないので、この条件はあきらめることになった。破碎機それ自体が英国からの導入技術でそれを改良することは考えていないため、対応できない条件となる。

この工法の開発は、2003年からはじめ、当初「エコセラミック管入替工法」という名称でスタートしている。新管にセラミック管を使用する。セラミック管はコンクリート管のように劣化することが一切ないので、一般的な耐久性は大幅に増加する。ところが、汚泥焼却灰を混入したセラミック管の製造ができなくなり、また、現在国内では推進工法用セラミック管の製造は行われていないことから、セラミック管にこだわっては工法の開発や普及自体が進まないため、この際新管は推進管であればなんでもよいことにした。コンクリート管、塩ビ管、レジン管、もちろんセラミック管もOKであることにした。

当初、エコセラミック管入替工法では、EC-ミニ破碎機を開発し、1号人孔からの施工を目指した。この破碎機は、細かく分割でき、小型化されるが施工性能が悪く、特殊な場合に使用することにして、新たな破碎機エクспанディットを解発することにした。写真-1がEC-ミニの姿である。

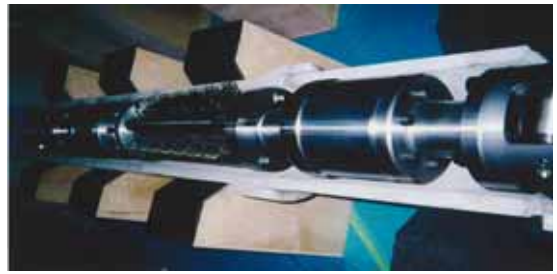


写真-1 EC-J工法のEC-ミニ破碎機

管入替工法の種類

ここで、埋設管のリニューアル工法の基本を整理しておく。部分的な劣化を補修する工法を別にして、人孔間をすべて改良する工法を改築工法と呼び、管更生工法と敷設替え工法に分けられる。更生工法は、光硬化あるいは熱硬化の樹脂ライニング工法と内面にテープ状の製管材を使う製管工法があり、敷設替え工法は、改築推進工法と開削工法がある。このうち、改築推進工法は、既設管の破碎方法によって、油圧による静的破碎工法、圧縮空気を利用した破碎工法、回転切削によって破碎する工法、鞘管にして既設管を引き抜き工法などがある。

下水道管の劣化は、管の内面が少し痛む程度ものから、管路の線形が大きく変わってしまうものまでさまざまである。管の内面が痛む程度であれば、早めの対策として内面に樹脂をライニングする更生工法が最適なりニューアル工法である。施工費の点でも人孔からの施工が可能であること、施工に伴う廃棄物が一切出ないこと、多数の工法が競争していることなどの理由で、開削とよい勝負をできるものになっている。ところが、この工法はあくまでも管の形状や線形は変わっていないことが前提の工法であり、それ以上の変形には採用してはならないものである。今までは、これに匹敵する施工費や品質の改築推進工法がなかったために多少の段差や垂れ下がりなどの場合も無理をして採用、施工してきている。あまり無理をすると、本当によい点も殺してしまうことになる。この際、入替工法ができたのであるから、うまく使い分ける必要がある。

経年劣化下水道管の調査から工法決定

下水道管は、現在では陶管、コンクリート管、塩ビ管が主に使用されるが、戦後まもなくのころはさまざまな管種が使用された。当時は製品規格や施工基準の統一などもまだまだの状況であり、当時設置した管路には損傷や正常でない状況は最近施工される管路より格段に多い。時間の経過も多いことから設置から50

年超の管路はかなりの割合で敷設替えが必要となっている。基本的に全線調査を行い、補修が必要な場合は、現時点で条件にあつて妥当と思われる工法を選んで施工しなければならない。図-4に劣化下水道管の調査から改築工法の選定までの流れを示す。

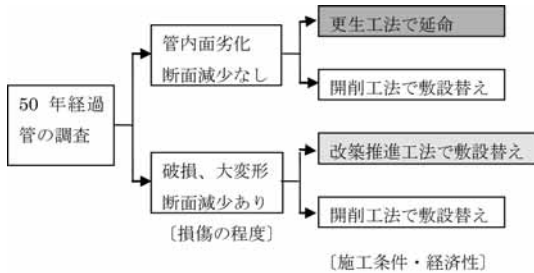


図-4 経年管の調査から工法決定

工法のあらし

管破碎推進方式

エクスパンディット管破碎機は、英国で開発された機械で10年以上使用されている。欧米を中心として既設管呼び径200、から600の範囲で実績が多く報告されている。破碎方式は、本体内部の油圧ジャッキを拡大することで既設管を破碎し、縮小して発進立坑の油圧ジャッキで新管を押し込むことで推進する。エクスパンディット本体が縮小して後方からの推進力で既設管の中に押し込まれ、推進が止まった状態で本体内部ジャッキを拡大させて、既設管を破碎する。図-5は、推進-拡大破碎-縮小-推進の手順を模式的に表した図である。

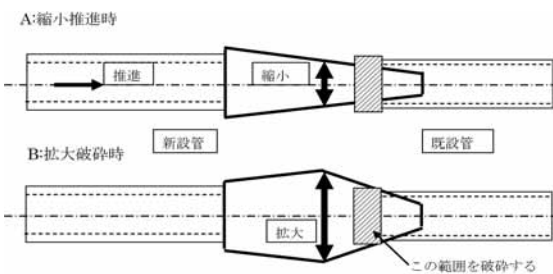


図-5 エクスパンディットの破碎機構 (模式)

破碎時にエクスパンディット本体が拡大する場合の抵抗になるのは、図の斜線の部分の既設管の破碎抵抗と周辺地盤の変形に対する抵抗である。既設管の破碎は破碎機の接している部分から順次破碎して行くので抵抗は大きくなならない。既設管のカラー部など推進管のカラーなど抵抗が大きくなれば少しずつ推進し破碎して行く。推進と破碎のサイクルを10cm/1回とすると、既設管破碎の抵抗は10cm分であり、地盤の変

形に対しても最大10cm幅分の抵抗が加わる。既設管が、コンクリート管あるいは陶管の場合は、引張りに対してほとんど伸びないので、破碎時には管の破碎抵抗、その後に地盤抵抗が生じる。この時、既設管破碎のパターンは、破碎口の破碎機との接触位置から破碎始めるので、10cm幅全体が抵抗になることはない。

既設管が塩ビ管の場合は、ある程度延性があるので、破碎までに既設管10cm程度は全体が抵抗になり、幾分か地盤抵抗が加わると考えられる。現実には、試験施工では塩ビ管ではコンクリート管より高い油圧が作用している。

工法の特徴

☆ 流下性能の向上も可能 (既設管と同じ位置に同径以上の新管に入れ替え)

本工法の目指す改築推進工法では、既設管を内側から拡張破碎し、空間を作ったうえで新管を押し込む。この拡張の大きさによって後から押し込む新管のサイズが決定する。たとえば図-5において、B (下側、拡大破碎時) ではエクスパンディットの中央部が最大まで大きくなる。破碎機の先端から最大部までですべてに破碎された既設管は、さらに押し広げられて粉々になる。最大広がった破碎機中央部のサイズは、破碎機の後端寸法より大きくなっており、縮小して破碎機後端より小さくなる。新設管は破碎機の後端寸法より小さければスムーズにほとんど抵抗なく押し込める。破碎機中央部のサイズと、破碎機後端の寸法により新設管のサイズが決まることになる。ここで、使用できる新設管はすべて推進工法用であり、一般の開削工法用よりは一般部の管厚が大きくなっている。その中でも塩ビ管 (推進工法用) は管厚が小さく、既設管の呼び径に比べれば2ランクアップした施工が可能になる。一般のコンクリート管 (推進工法用) の場合は管厚が大きいので、1ランクアップまで使用できる。この他にもセラミック管やレジンコンクリート管など多くの推進工法用管があり、微妙に管厚が異なるので使用にあたり破碎機と既設管、新設管の組み合わせを検討して計画しなければならない。いずれにしても、最低でも既設管と同径はOKであり、結果的に流下性能は向上あるいは確実に維持することになる。

☆ 工場製造の新管に入れ替える

破碎機は劣化した既設管の中に押し込まれ、油圧ジャッキを作動させて既設管の内部から押し広げるように破碎する。そのできた空間に新管を押し込んでゆく。新管は一般のコンクリート管や塩ビ管、セラミック管と

同じ工場で厳密な品質管理で製造される。管材に関しては現地では継手を接続し押し込んで行く作業を行うだけになっており、材料に関する品質の問題は一切発生しない。基本的には、使用可能な立坑に合わせて新管の長さが決定するが、現実ではできるだけ立坑を小さくしたいので、長さは1mを標準にしている。

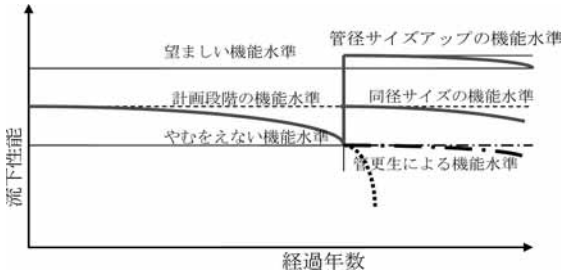


図-6 流下性能回復のイメージ

図-6には、劣化管の改築あるいは更生工法による流下性能の回復のイメージを表している。破損の恐れがあり改築せずに放置すれば急激に低下する流下性能を、管更生工法では現状維持に近い状態に保つのにに対し、改築では同径の場合で建設当初の状態に戻すことが可能であり、サイズアップできるので流下性能アップが可能になる。

☆ 段差など大変形もOK

管路の流下性能は、自然流下の場合、満水時の性能として管の内面積、管路の勾配（線形）、および管内面の粗度係数で決まる。このうち、管の内面積は設置する新管のサイズが既設管の内径より大きくできれば性能は増加する。管路の勾配は、配管場所の地形から下水管の場合ぎりぎりにゆるく設置するので、勾配で流下性能を稼ぐのは無理である。管内面の粗度係数は新管の場合で設計されているので、新管の場合で素材を変える以外に対応策はない。管更生工法ではコンクリート管の内面に樹脂ライニングを行うので若干粗度が改善され、断面減少をカバーすると説明がされている。

一方では、下水管の流量が雨水排水（合流式を含めて）の場合を除いて、下水道にはある程度余裕があり、流下性能が多少低下してもよい場合もあり、その場合は問題になることはない。いずれにしても、流下能力は地域によって、あるいは管路のルートによって条件が異なることになり、それぞれのケースの条件に配慮した計画が必要である。

このような点からも、管入替工法は、まったくの新管を使用すること、管内部を所定のサイズの機械が通過し、空間を確保することや、通過後はスムーズな接

表-3 機能低下の原因と補正法

	機能低下の原因	補正方法
継手断面がずれる	有効断面の減少	継手を接続
管が継手で折れ曲がる	有効断面の減少 不適正勾配	線形の補正
管が扁平になる 座屈する	有効断面の減少	断面を大きくする
管が大きく垂れ下がる 不等沈下	不適正勾配	線形の補正
管内面が腐食する	粗度係数悪化	内面ライニング
管が破壊する	有効断面の減少	断面を適正にする

続が必ずできる。さらには必要なら2ランク程度のサイズアップも可能であるなどの特徴から、流下性能に関しては大きな利点を有している。

経年劣化管の補修は、大部分が既設管路の状況が何かの原因で正常な流下性能を確保できないか、近い将来そうなる可能性が高い場合に行われる。表-3に流下性能低下の原因と補正工法を示す。

☆ 耐震補強も可能

下水道管は、兵庫県南部地震や中越地震などでマンホール部や継手部で多くの被害を受け、新設される下水道管路はマンホールとの接続部や継手部など耐震性能の向上が期待される構造になっている。管の継手の耐震性を向上させるには、周辺地盤の液状化対策や管自体の強度を上げるとともに、継手長さ（差込み長さ）を長くする対策が取られている。本技術では、新管を使用するのでその際耐震性を考慮した管材を使用することで管路の耐震性を向上させることができる。

【段差、垂れ、扁平化はどれだけまでOKか】

エクspanディットは、写真や模式図でわかるように先端部が細く、後方に向かって直線的に太くなっていく。段差や扁平化、あるいは管自体が破損して断面が小さくなる場合は、破碎機先端が既設管の中に入るかどうか、さらに拡大する部分が入るかどうかで施工可能かどうかが決まる。それぞれの型式で破碎機先端寸法が決まっているので、既設管の状況を調査し、施工可能かを判断する。破損して土砂で管内が埋まっている場合は、既設管の強度などを判断し、埋まっている土砂を取り除いた上で施工する。

既設管の損傷は各ケースでさまざまであり、入替えた管路が所定の流下性能を保有できるようになるかは入替後の線形によることになる。たとえば、管径の半

分程度まで継手部がずれたような管路では、何の対策を実施しなくても破碎機は管路の中心線に沿って進行し、段差部もスムーズな接続をする。その結果逆勾配にならないければ流下性能が大きく不足することはない。段差の状況によっては中心線を補正して入替を実施する必要がある場合もある。管路の損傷の状況をよく検討して下がり部にモルタルを打設するなどの対策をとる。

図-7は、大きく段差のある場合の対策例である。

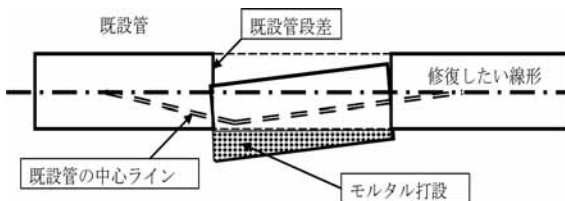


図-7 段差解消を目指した改築の対策（模式図）

エキスパンディットの適用

開発工法は、2006年3月下水道新技術推進機構の建設技術審査証明を受けたが、その場合の適用範囲は、既設管呼び径200~600になっている。エキスパンディットは、既設下水道管の呼び径にあわせた破碎機が必要で、破碎機本体と押込み用のジャッキ装置、牽引装置の組み合わせになっている。機械のラインナップを表-4に示す。表-4に示すように機械サイズ番号に対して、1サイズで複数の既設管に対応可能であるが、後端径は固定値であるので新管はあまりサイズの違うものは使いにくい。このようなことを検討して、既設管

表-4 エキスパンディットシステム

	破碎機型式	既設管呼び径
E-1	EXP-200VP	200
	EXP-250VP	200、250
E-2	EXP-200	200
	EXP-250	200、250
	EXP-300	250、300
E-3	EXP-350	250、300、350
	EXP-400	300、350、400
	EXP-450	350、400、450
E-4	EXP-500	350、400、450、500
	EXP-600	400、450、500、600



写真-2 エキスパンディットEXP-250

内径、新管外径から使用するエキスパンディットを決める。写真-2はEXP-250である。

新設管について

前述のように、新管はコンクリート管、塩ビ管、セラミック管、レジンコンクリート管など推進工法用管であればどれも使用可能である。ただし立坑をできるだけ小さくするため、使用する新管の長さは1mを標準としており、特殊サイズとなる推進用管の入手が可能かの条件がつき、これより長い2m管（標準サイズ）などを使用する場合は立坑を大きくしなければならぬ。当初新管の中心に据えようとしたセラミック管は、国内で推進工法用の管の製造が行われなくなっているため、中心とすることはあきらめざるを得ない。しかしながら、英国やドイツでは大量に製造されており、径1200mmまでは一般的に使用されており、輸入によることにすれば入手は確実にできるが、下水道協会認定品の問題と、需要に合わせて短期間で納品できるようにするには輸入、在庫、販売、運搬など問題が多い。試算では輸入によってもコスト的にはコンクリート管と大差はないが、公的な認定と注文から納入までの期間の問題から今回は開発の中心に据えるのをやめた。対薬品など耐久性の点で魅力的ではあるが、諸般を考えて今回はコンクリート管と評価を同列にした。

【取り付け管部の施工】

今回開発した入替工法専用の取り付け管部の施工法は考えていない。多数ある取り付け管の補修工法の中から、現地条件にあった工法を採用することとしている。せっかく本管を非開削で施工しているのにという感覚から、なかなか許可が出にくく、採用になりにくいのが、本管の深度が1.5m程度までであれば、取り付け管を開削でリニューアルすることが最も経済的である。取り付け管の径100mmか150mmより一回り大きな径の開削を行えば簡単に、取り付け管全体をリニューアルできる。もう少し確実に開削するのがより施工は容易である。

どうしても開削という表現を使用したくない場合は、2通りの方法がある。エキスパンディットで本管を破碎すれば、確実に取り付け管付け根は破損する。取り付け管も本管と同時期に施工されたと考えるのが常識的であり、本管の劣化と同様に取り付け管の劣化、損傷が進んでいる。そのような状態で本管を内側から押し広げるように破碎すれば、すべて取り付け管も破損する。取り付け管のどの範囲まで破損されるかは予測はできない。本工法で何回か施工試験した結果では、

補強など何も対策しなければ、30cm程度は破損する。取り付け管が陶管であれば、割れてその先への影響は少ないが、取り付け管が塩ビ管の場合は、割れることはなく、エキスパンディット破碎機の拡径につれて、押し上げられることが多い。

確実に非開削で施工する場合は、図-8の手順で施工する。

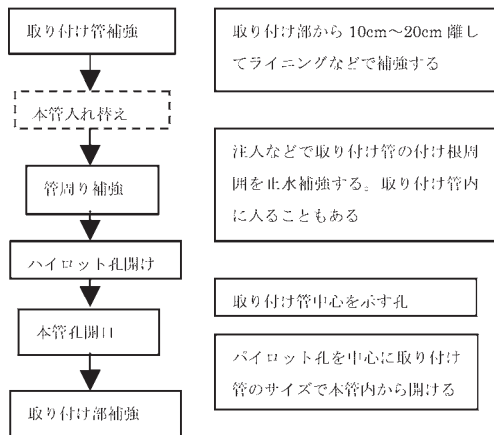


図-8 取り付け管の施工手順

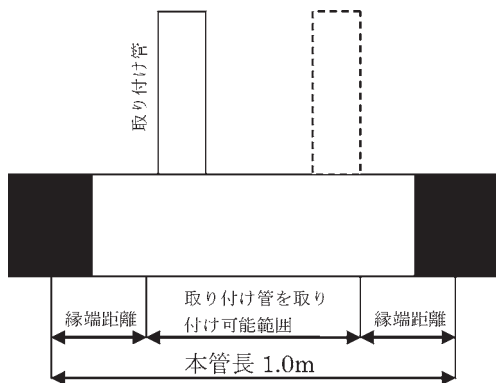


図-9 取り付け管と本管の関係

取り付け管の施工では本管のどの位置に取り付け管が来るかについて認識しなければならない。原則として本工法では新設管に1m管を使用する。1m管にカラーをつけるので取り付け管を付けられる範囲は50cm程度しかない。耐震継手ではカラーの幅は15cm以上になる。管の端部からの離れ(縁端距離)がいくら必要か、近接した取り付け管の最接近距離はいくらか、本管径との関係、取り付け管の取り付け角度など条件によって施工法が異なる。これらを十分検討して施工法を決めなければならない。図-9に取り付け管と本管の関連を示す。

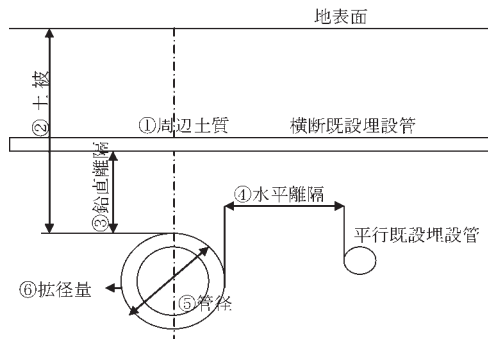


図-10 地盤変状に影響する要因

周辺地盤への影響

エコTMS・管入替工法では、入替えの必要な管を内側から押し広げて破碎しその中に新管を挿入する。地盤を押し上げる量は、同径の場合で管の周囲方向に新管の肉厚と同じ量を押し付ける。推進管でもコンクリート管と塩ビ管では厚さが異なるので周辺への影響は異なるが、既設管の周辺の地盤を变形させる。

一般に、下水道管が埋設される道路の下には、ガス管、電力ケーブル用の配管、上水道管などが平行や、交差するように埋設されており、入替え工事に当たってはこれらへの影響を検討しておかなければならない。

この影響がどの程度かはわが国では研究があまり進んでいないが、管入替時の地盤変状に関して欧米では15年ほど前から盛んに研究が行われており、これらを参考にして解明を進めた。

埋設された施設への影響度は、地盤を押し上げる量、近接施設への離隔距離、入れ替える管の径、土質、土かぶり、および近接施設の材料や径、などの種類と配管が平行か交差か、交差の場合その交差する角度によって変わってくる。図-10は、破碎パイプと、周辺地盤への影響に関わる要因を示す。

地盤変状に関する確認試験 (宮崎県)

埋設管を拡径破碎したことによる周辺地盤や周辺埋設構造物への影響は、図-10に示すように多くの要因によって左右される。代表的なものはもちろん土質であり、砂質土、粘性土、それぞれの硬さによって管直近で100mm移動させた場合にも一定量離隔した位置での変形量は異なる。同様に、エキスパンディットも型式と破碎する既設管のサイズによって地盤を放射線状に押し広げる幅が異なる。ここで、拡径量は使用する破碎機の最大拡大径と既設管内径の差を拡径量と呼び、半径に対する拡径量を片側拡径量とする。図-11に既設管径と破碎機拡大径、新設管径と拡径量の関係を示す。

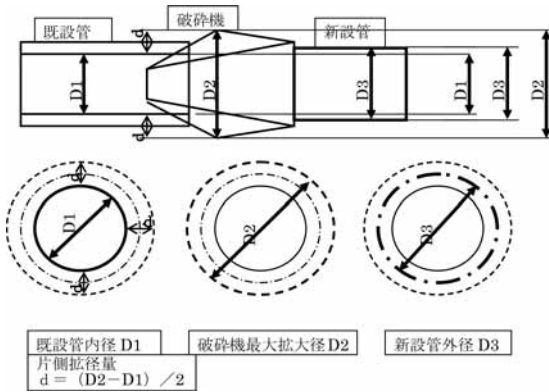


図-11 管径と拡張量の関係

宮崎県で実施した確認試験では、入替工法の施工性を確認するため既設管の敷設状況を段差ありや、折れ曲がりあり、扁平化の状況を実際に埋設管で再現し、入替施工を行った。同じ模擬パイプの施工にあわせて、拡張作業による地盤の動きを計測した。計測した項目は、既設管高さの地盤の横方向変位、と既設管上部の地盤の上方向変位で、計測値の参考にするため土圧の増加分の計測を行った。表-5に地盤変状確認試験の概要を示す。

表-5 地盤変状確認試験概要

項目	内容
模擬管路呼び径	250、350
模擬管路スパン	5
模擬管路スパン長	10m~12m
模擬管路埋設深度	2.0m~2.5m
模擬管路勾配	0% (水平)
立坑	径 1.5m 深さ 2.5m~3.0m
模擬管路管種	コンクリート管、塩ビ管
横方向計測パイプ	48本
上方向変位計	29箇所
土圧計	4箇所

計測設備の配置

試験施工用の模擬管路は、全部で6スパン埋設した。このうち、5スパンで拡張破碎による周辺地盤の変位量を計測した。試験施工は既設管路の施工試験も兼ねているので、段差、垂れ下がり、扁平化のある管路も設置してある。実際に現地では模擬管路を設置したため、設置場所の土質は、ほぼ同一ですべて宮崎層群の中の宮崎相地盤になっている。試験地の地盤は10年以上前に畑地の上に盛り立てた場所で、宮崎層群である土砂で盛り立てられている。

試験施工用の模擬管は、実際の下水道管理設と同様

の施工法により、試験地点の地盤を掘削して設置する。所定の土盛り高さになるよう、勾配 1:0.5で掘削し、敷き砂で高さを調節して管を設置した。設置した管の周りは10cmの砂巻きによる防護を行い、防護砂の上は、最大30cmの厚さで通常の下水道工事と同様に入念に埋め戻した。埋め戻し土は宮崎層群を掘削した良質土とした。埋め戻し完了後、地山地盤で3箇所、埋め戻し地盤で3箇所の計6箇所において、深さ5mまで(N値は4mまで)ボーリング調査を行った。調査地点の土質の構成を図-12に、ボーリング調査結果により、標準貫入試験のN値を表-6に示す。

表-6 標準貫入試験N値

	地山部	埋め戻し部
N値	3~5	3~5

表層付近は3~4、下層は5

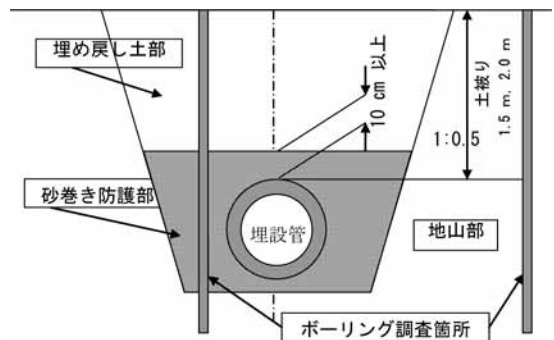


図-12 土質構成

拡張破碎する模擬管路の、横方向への変位は、地上から鉛直に建て込んだ内径φ100mmの塩ビ管の中に挿入式傾斜計を挿入し、深さ20cmピッチで傾斜を測定し、塩ビ管の位置を実測することで地盤の横方向変位を実測した。したがって、既設管の高さ位置の横方向変位だけではなく、管側から一定の離隔をとり、破碎機の進行方向に対して左右両側の地盤変状を鉛直分布としてデータを得たことになる。このデータをもとに、シミュレーションに当たっての地盤変形係数(ヤング率)、ポアソン比、を設定した。挿入式傾斜計の寸法は、φ100mmの塩ビ管内径とわずかに小さくしてあり、塩ビ管の変形を測定する予定であったが、既設管のすぐ近く(管中心で離隔20cmの設定)については、一部塩ビ管の変形が大きく、既設管の高さの位置で傾斜計の挿入ができなくなった。このケースでは、傾斜計で測定できる深さまで測定し、それ以深は、入れ替え完了後塩ビ管の中にモルタルを流し込み、形状を固定した状態で塩ビ管を掘り出して形状を計測し、傾斜計で測定できた範囲とデータ上で接続して、地盤の変状を確認した。変形の大きな塩ビ管は肝心の既設管の深

さ位置以深はデータとして確実性に欠けるが、既設管の深さ位置までは測定できており、地表面の配管位置を不動点として塩ビ管形状を測定して地盤の変形を測定できたとして構わない。

上方向変位は、既設管を埋設する段階で管頂から上方向に順次離隔をとって沈下板を埋めておき、破碎機の通過につれて沈下板の上下する変化量を地上の変位計で経時的に測定した。傾斜計は挿入する時間における変形を測定するが、変位計の場合は常時計測可能であるので、破碎機の進行通過時の地盤の上下変位を測定した。上方向変位は、管頂からの離隔をずらして地中5点と地表面の計測を行った。

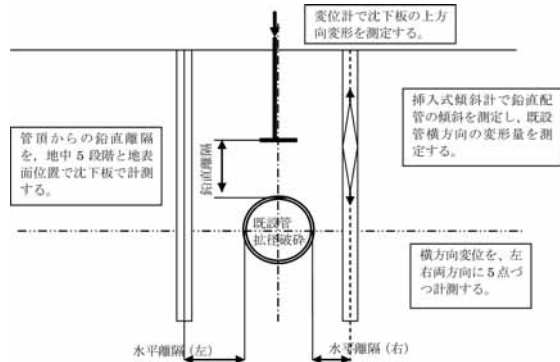


図-13 変位計測の方式

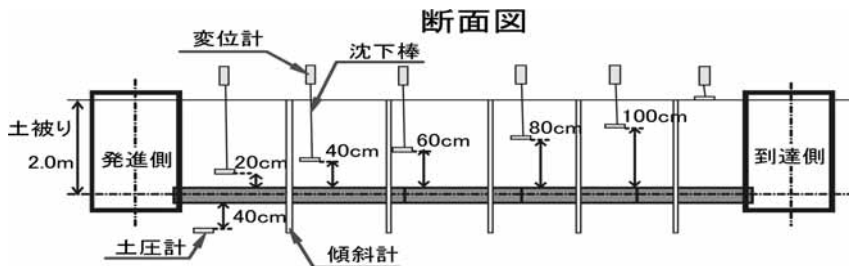


図-14 計測装置の断面図

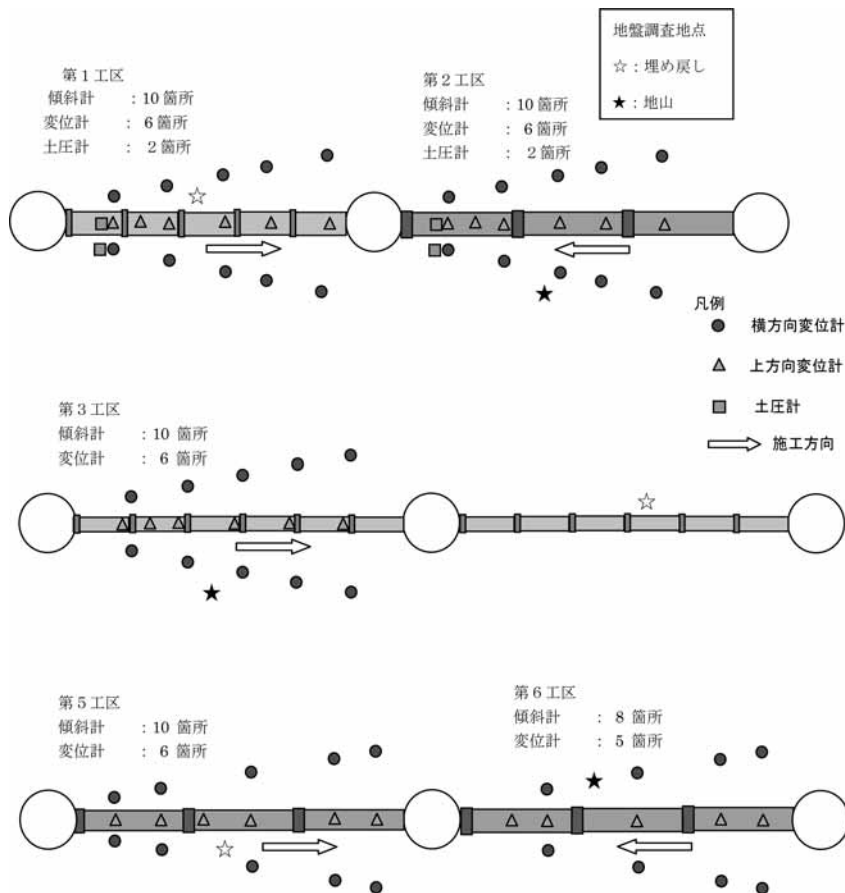


図-15 試験計画全体配置図

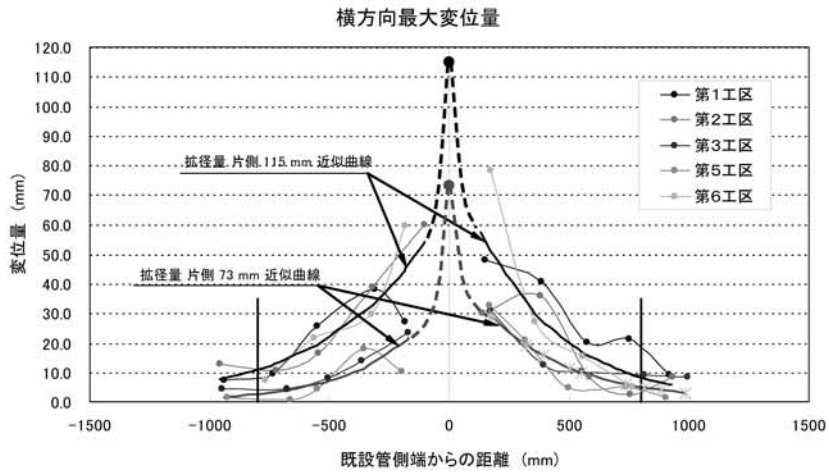


図-16 既設管の横方向変位

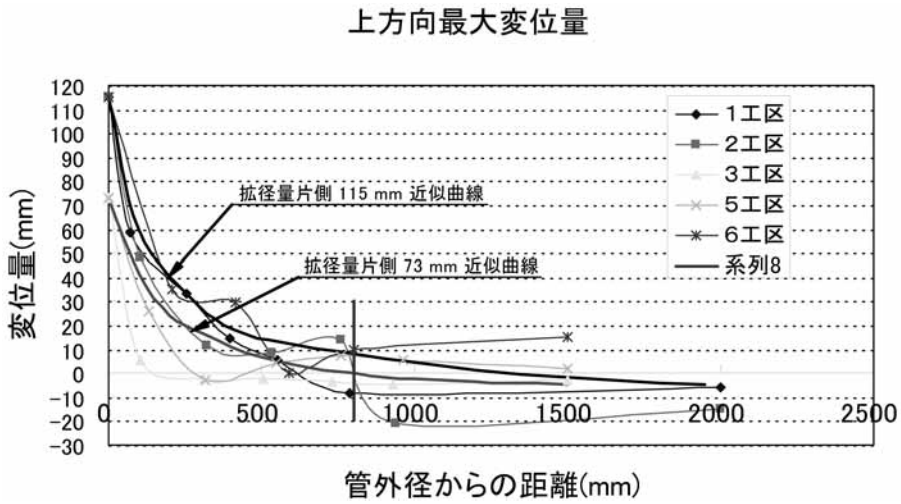


図-17 既設管頂上方地盤の上方向変位

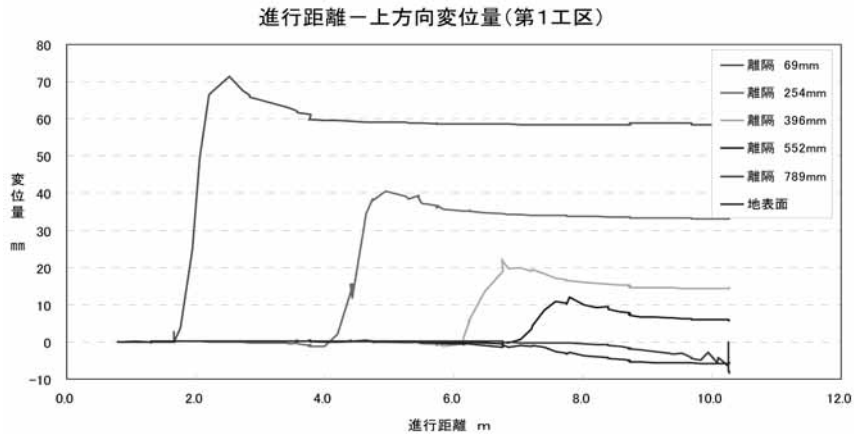


図-18 破砕機進行に伴う上方向地盤の変化

計測に先立ち地中に埋設した横方向用の塩ビ管と上方向用の沈下板は、20cmから100cmまで20cmピッチで測定のため設置したが、設置時点で正確に行うことは難しいので、後日埋設が完了した時点で測量をし、初期値とした。図-13は、横方向変位計測と上方向変位計測を模式的に示した。図-14に沈下板の配置と傾斜計の配置断面図を示す。

試験計画全体の配置図は、図-15に示す。

地盤変状計測結果

横方向変位量

拡径破碎による地盤の変形結果は、計5スパンで得ることができた。図-16は、既設管埋設深度の位置における地盤の横方向変形量を表している。中央の座標軸を中心に左右の地盤変形量を示し、横軸は管側からの離隔、縦軸は変形量である。ここで、1、2、6、工区は拡径量が片側115mmであり、3、5工区は片側73mmの拡径量である。拡径量ごとに近似解を近似曲線で示す。片側拡径量115mmの場合、変形量は離隔80cmで9.5mm～10.5mmであり、73mmの場合は、3mm～5mmである。離隔50cmの場合は、115mmで21mm、73mmでは10mmの変位量である。

上方向変位量

図-17は管頂から上方向の地盤の変位量を示す。横方向変位量と同様に1、2、6工区は115mmの片側拡径量、3、5工区は片側73mmの拡径量で、横軸が管頂からの離隔、縦軸が変位量を示す。115mmの拡径量を近似解と73mmの近似解を図に示している。それによれば、115mm近似解で、離隔80cmの変位量は9mm、73mm近似解では0mmになる。離隔50cmの場合は、115mmで15mm、73mmで8mmになる。

破碎機が進行して最大拡径すると変位量も最大になり、新管が到達すると最大拡大量と新管径の差だけ元に戻る。最大変位量を示しているのが管頂の最も近い沈下板で、最大は71mm、安定変位は59mmである。最大71mmに対して、12mmの戻りがあったことになる。

管頂からもっとも離れた沈下板は100cmであるが、破碎機最大拡径部が通過時点で変位量（地盤上昇）は0であり、逆に通過後に5mmの沈下を生じている。これは、拡大時には100cm離れば100cm間の地盤の中で変形は吸収され、逆に通過後は管の近くの地盤が圧密され、通過後復元しないために下向きの沈下が発生する。第1工区で測定した破碎機進行に伴う地盤の変形の経過を、図-18に示す。

上方向変位のメカニズムは、管の近くでは拡径量と

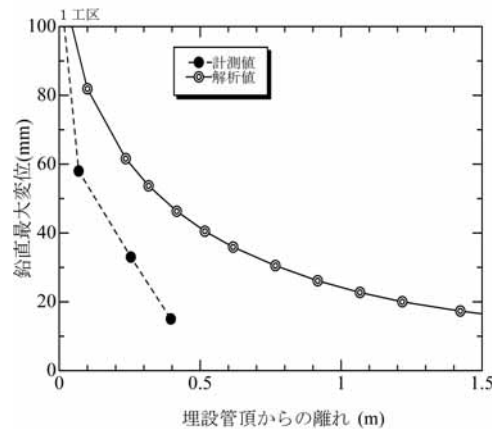
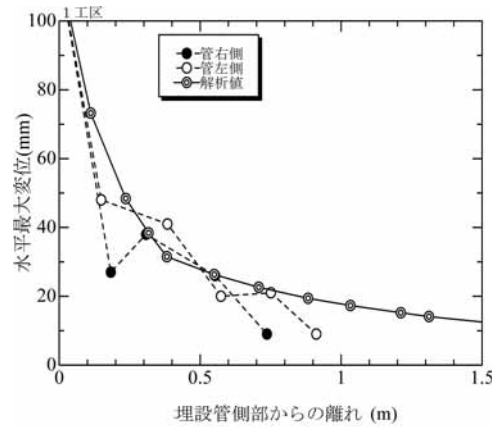


図-19 横方向と上方向のシミュレーション

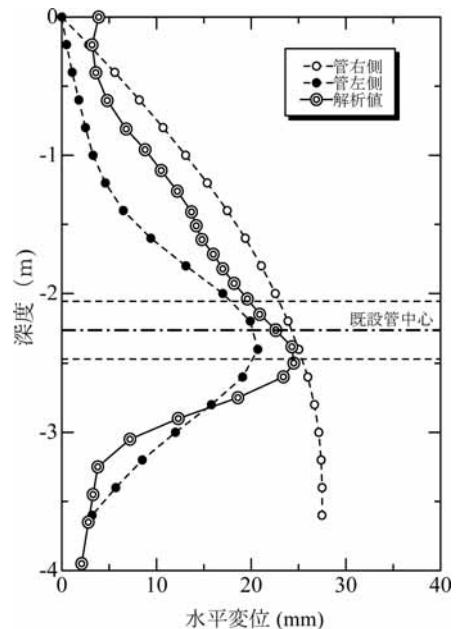


図-20 変位の鉛直分布シミュレーション

同じ115mmの移動があり、115mmの変位量は100cmの
 離隔で0になる。この間で変位が大きい管の近くでは
 土質が塑性化し、変位が小さい離隔の大きい範囲では
 弾性的変位となる。その集計が各位置の変位量になる。

破砕機通過後しばらくすると上方向変位量は幾分元
 に戻り、変位量は安定変位量になるが、元に戻る量は
 最大の10%程度で、離隔が大きくなると最大変位量
 が小さいため管近くの変位量と戻る量の関係でわずか
 ではあるが沈下している。

シミュレーション

確認試験に先立ちあらかじめ事前シミュレーション
 で、地盤変位の測定範囲や測定計器の精度、測定間隔
 などを設定した。ここで欧米の大学や下水関係、ガス
 関係の実験結果などを調査し参考にした。現地におけ
 る実験の完了後設定した地盤常数が適正であるかを確
 認するためシミュレーションを行った。既設管位置の
 横方向地盤変位、既設管の上方向の地盤変位、既設管
 横の地盤変位の鉛直分布をシミュレーションし、設定
 した解析モデルの構成がよいかどうかを確認した。図-
 19は第1工区の横方向地盤変状と上方向地盤変状をシ
 ミュレーションした結果である。図-20は、第1工区
 の地盤変状の鉛直方向分布をシミュレーションしたも
 のである。この他、3工区、5工区でシミュレーション
 を行った。

数値解析

試験施工において得られた地盤変位のデータを使用
 し、数値解析を行った。実際の模擬管路では限定され
 た条件で試験施工を行ったが、現実の入替工事では、
 さまざまな条件が考えられる。数値解析の手順を図-
 21に示す。予備解析段階で単位体積重量、ヤング率、
 ポアソン比、を想定し、N値は数値を変化させて解析
 するが、FEMモデルに条件を設定して、実験結果と
 照合した。

実験結果の条件のうち、N値、土かぶり、管径、拡
 径量を変化させることで考えている適用範囲の地盤変
 位の値を想定することにした。

表-8に地盤変状に影響を与える要因と解析結果の
 概要を示す。

土質は、既設管路が開削工法で設置されていること
 から、管防護は砂巻き方式とし、岩や軟弱土はないと
 考えた。

模擬管路にした既設管の呼び径は250、と350であ
 り、拡径量は片側115mmと73mm、土かぶりは、1.5m、
 と2.0mである。基本となる現地で施工した条件に工

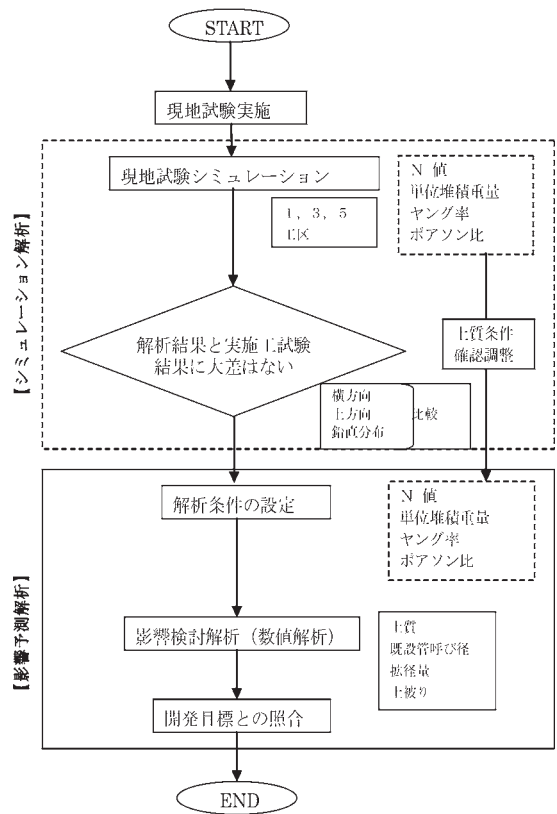


図-21 解析手順

表-7 地盤変状に影響する要因

影響する要因	
① 土質の影響	標準貫入試験の N 値=3~5 の地盤で計測した変形量をもとに、N 値 =1 および 10 のケースを計算した。N 値が大きいほど変形量は大きい、N 値 =5 と 10 では大きな差はない。N 値が小さいケースでは変形量は小さくなる。
② 既設管呼び径の影響	呼び径 250 と 350 でを行い、地盤変形量を計測した。得られた変形量をもとに呼び径 200 と 600 のケースを計算した。呼び径 250 を 600 に増加した場合、地盤変形量の増加率は、横方向で呼び径比の 80 % 程度、上方向で呼び径比と同程度である。
③ 拡径量の影響	拡径量を片側に 73 mm と 115 mm でを行い、地盤変形量を計測した。地盤変形量は、拡径量比と同程度の比率で変化する。
④ 土被りの影響	土被り 1.5 m および 2.0 m でを行い、地盤変形量を計測した。土被り量 1.0 m と 4.0 m のケースを計算した。横方向の変形量はほとんど影響がない。上方向の変形量は、土被り 1.5 m を 1.0 m にすると約 20 % 増加する。

法の適用範囲を考慮して決定した。

地盤は、N値で評価したが、現地で調査したところ
 3~4であり、計算上は1~10の範囲で数値解析を行っ
 た。

実験結果の条件のうち、N値、土かぶり、管径、拡

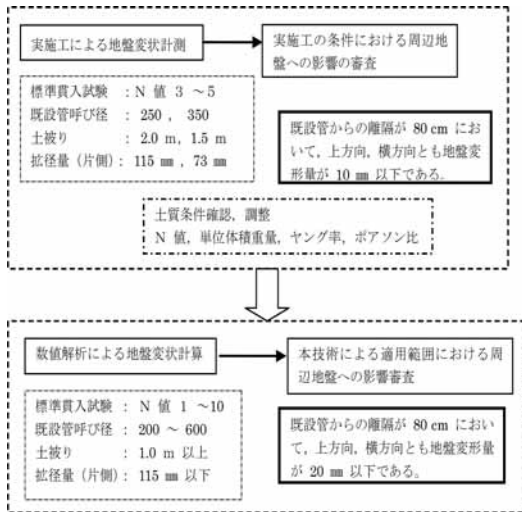


図-22 地盤変状への影響確認

径量を変化させることで考えている適用範囲の地盤変位の値を想定することにした。

解析結果

数値解析の結果を集計したものが図-23である。現地で施工し直接計測した地盤変状の結果が、80cmの離隔で横方向、上方向とも9～10mmであり、それぞれ条件を変位が多くなる方に変化させると、計算上は15mm前後になる。今回の現地計測と数値解析により、本工法では一般的な地盤において80cmの離隔で20mm程度（以内）の地盤変状になることがわかった。

本技術の適用範囲内においては、周辺地盤への影響が最大になるケースは、以下のケースである。

土質：N値＝10
 既設管呼び径：600
 拡径量：片側 115 mm

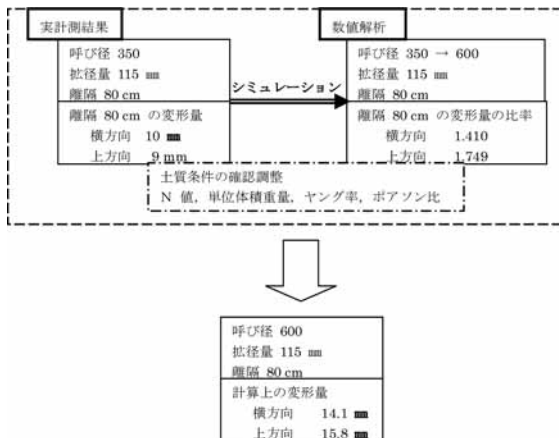


図-23 実計測と数値解析による変形量の推定

土被り：1.0 m
 変形量の推定の経過を図-23に示す。

工法の営業

当社では、早くからSH工法を売り出し、その後、光硬化工法という管リニューアル技術を取り入れ、さらに今回管破砕入替工法を開発した。このようなことを進めているのは道路会社として特異な存在であり、今後これらを積極的に活かしていくことが、有用と考えている。しかしながら、工事発注に関して、新しい方式が取り入れられるなど変化が大きいため、これから下水工事をどのように推進していくかについては、建設業界が大きく変化していることを見極める必要がある。

まとめ

エコセラミック管入替工法から始まって約3年で、下水道新技術推進機構の新技術認定を得るところまでできた。この先は、技術的には関連する技術の整備がいくらか必要であり、施工管理用の基準や関連資料を整備しなければならない。普及のため経済性を向上させるには、主要な施工機械であるエクспанディットをできるだけ効果的に整備して施工に活用しなければならない。

【参考文献】

1. 平井、張、佐藤「エコTMS・管入替工法」基礎工、2005年8月号、pp.48-53、総合土木研究所
2. 平井、張、佐藤「エクспанディットによる管入替工法の開発」第16回非開削技術研究報告会報告書、pp.91-98、2005年11月JSTT
3. 平井、張、佐藤「エクспанディットによる排水管リニューアル」建設機械2006年1月号pp.41-45
4. 平井、長崎「エコセラミック管を使用した管入替工法の開発について」大林道路技術報No.34、pp.43-47、2004年4月

シーロフレックスの多品種化

木谷 貴宏*
小澤 光一**

はじめに

近年、排水性舗装の普及にしたがって高粘度改質アスファルトの出荷量は増加し、改質アスファルト全体に占める高粘度改質アスファルトの出荷割合は30%程度に達している¹⁾。高粘度改質アスファルトを使用した排水性舗装は、これまでの使用状況から一般地域や単路部ではおおむね良好な供用性を得られているが、気象条件や交通条件の厳しい地域や路線では骨材飛散や塑性変形などの問題が生じていた。このような背景から、これらの問題を解決できる高粘度改質アスファルトの開発が望まれていた。

本報告は当社が製造・販売している改質アスファルトのシーロフレックス（以下、図表中はSFXと称する）シリーズの中から、これらの問題を解決するために開発された、寒冷地排水性舗装用改質アスファルト（シーロフレックスHK）、ねじれ抵抗性改善型排水性舗装用改質アスファルト（シーロフレックスHN）および、高耐久型排水性舗装用改質アスファルト（シーロフレックスHT）について述べるものである。

1. シーロフレックスHK（寒冷地排水性舗装用）

寒冷地域における排水性舗装は、冬期のチェーン装着車による骨材飛散が生じやすいため、混合物の空隙率を17%程度に低減させるなどの対策がなされている。しかし、このような対策を講じても耐久性が十分でない場合があることから、寒冷地排水性舗装用のバイндаが採用されている。

1-1 バイнда性状

一般にアスファルトは、低温において硬く脆くなる。この性状は舗装用バイндаとして好ましくなく、特に寒冷地に適用する場合、改善しなければならない。シーロフレックスHKはベースとなるストレートアスファ

ルトに針入度の高いものを使用し、かつ、改質材の種類や添加量を調節し、低温における性状を改善している。

このような理由からバイнда性状の社内規格は、低温におけるバイндаの曲げ試験や、フラース脆化点などを取り入れ、品質の確保に当たっている。現在のところ寒冷地排水性舗装用改質アスファルトの規格を示している機関は各高速道路株式会社と日本改質アスファルト協会であるが、シーロフレックスHKは両規格とも適合する。社内規格と代表的性状値を表-1に示す。

バイнда曲げ試験は新たに規格化されたものである。一般高粘度改質アスファルトより多くの改質材を添加した改質アスファルトは、凝集力が大きく、高いゴム弾性を有する。その影響によりタフネス・テナシティ試験では、引張り破断が生じる前にアスファルトがテンションヘッドから剥脱し、正確な物性値が得られないという問題があった。

表-1 SFX-HKの社内規格と代表的性状値

試験項目	社内規格	代表的性状値
針入度(25°C) 1/10mm	40 以上	64
軟化点 °C	80.0 以上	96
伸度(15°C) cm	80 以上	100+
フラース脆化点 °C	-20 以下	-28
引火点 °C	260 以上	320
薄膜加熱質量変化率 %	0.6 以下	0.03
薄膜加熱針入度残留率 %	65 以上	85.9
60°C粘度(×10 ⁴) Pa·s(Poise)	4.0(40)以上	10.0+(100+)
曲げ仕事量(-20°C) ×10 ³ MPa	400 以上	2150
曲げスティフネス(-20°C) MPa	100 以下	35



写真-1 バイнда曲げ試験状況

* 技術研究所基礎研究室

** 技術研究所基礎研究室主任研究員



このため、混合物性状と相関性の高い改質アスファルトの評価方法の検討がなされ、曲げ試験で求められる曲げ仕事量および曲げスティフネスが排水性舗装混合物のカンタプロ損失率と高い相関性があることが見出されたため、曲げ試験を性状評価手法として適用することになった。各々、試験状況を写真-1に、曲げスティフネスを図-1に示す。

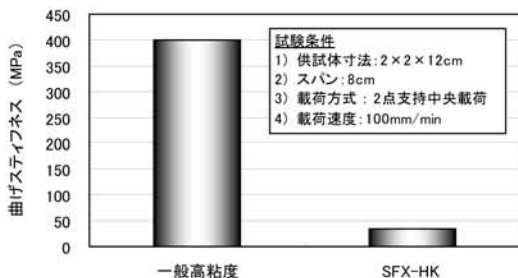


図-1 曲げスティフネス

図-1より、シーロフレックスHKの曲げスティフネスは、一般高粘度改質アスファルトより、非常に小さく、低温のときの性状が硬く脆い性質が改善されていることがわかる。

1-2 混合物性状

シーロフレックスHKを用いた排水性舗装混合物の低温カンタプロ損失率を図-2に示す。

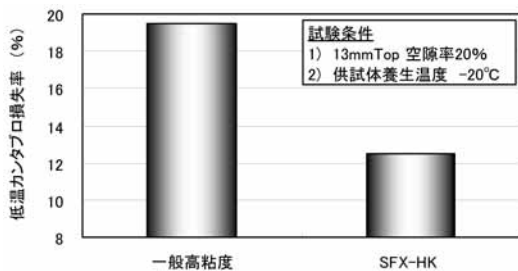


図-2 低温における骨材飛散抵抗性

この図より、シーロフレックスHKを用いた混合は、一般高粘度改質アスファルトを用いたものより損失率が著しく小さいことがわかる。この結果から、シーロフレックスHKを用いた混合物は、低温域の耐久性に優れることが明らかになった。

2. シーロフレックスHN (ねじれ抵抗性改善型排水性舗装用)

大型車の交通量が多い路線、路面が高温になる地域、大きな静止荷重を頻繁に受けるバスターミナルなどでは路面が早期に塑性変形するなどの問題が生じている。

また、交差点部などでは車両のタイヤによるねじれ作用によって、路面に水平方向の力が加わり、早期に骨材飛散が生じている。これらの問題を解決するべく、シーロフレックスHNを開発した。

2-1 バインダ性状

夏期の路面最高温度は60℃程度まで上昇する²⁾。この一般高粘度改質アスファルトは、温度領域において徐々に軟化し始めるため、早期の塑性変形や交差点部においては骨材飛散が生じていた。シーロフレックスHNは高温領域において塑性変形抵抗性を高めるべく、ベースアスファルトや改質材を見直し、かつ高温性状に優れた樹脂を配合したものである。

ねじれ抵抗性改善型排水性舗装用改質アスファルトについて統一規格を定めている機関は現在のところない。社内規格と代表的性状値を表-2に示す。

表-2 SFX-HNの社内規格と代表的性状値

試験項目	社内規格	代表的性状値
針入度(25℃) 1/10mm	10~30	25
軟化点 ℃	80.0以上	91
伸度(15℃) cm	20以上	55
タフネス(40℃) N・m	20以上	25
テナシティ(40℃) N・m	15以上	22
フラス脆化点 ℃	-20以下	-23
引火点 ℃	260以上	324
薄膜加熱質量変化率 %	0.6以下	-0.19
薄膜加熱針入度残留率 %	65以上	76.0
粗骨材の剥離面積率 %	5以下	0

シーロフレックスHNのタフネス・テナシティ試験の試験温度は、一般的な25℃より15℃高い40℃で試験を行う。これは配合している樹脂などの影響によって凝集・粘結力が大きく、試験温度25℃では測定が困難なためである。

社内規格に採用しなかったものの、バインダの粘弾性性状を測定できる装置としてダイナミックシェアオメータ (以下DSR試験機) がある。模式図を図-3に示す。

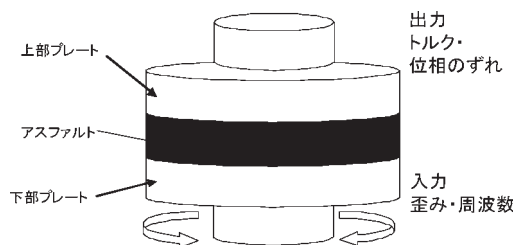


図-3 DSR試験機による粘弾性測定の様式図

図に示すようにDSR試験機は、ひずみや周波数を入力する下部プレートと、アスファルトの応答を出力

する上部プレート、プレート間に測定するアスファルト試料を挟む形で構成される。これによって下部プレートから入力された任意のひずみと周波数に対するアスファルトの応答（応力と与えたひずみの位相差）を上部プレートで測定し、粘弾性測定する装置である。DSR試験機で測定されるひとつの指標であるせん断応力は塑性変形抵抗性と高い相関があると考えられている³⁾。

シーロフレックスHNの60℃におけるせん断応力の測定結果を図-4示す。

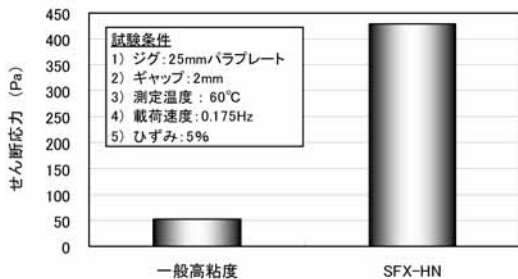


図-4 DSR試験機によるせん断応力

このようにシーロフレックスHNは、一般高粘度改質アスファルトよりせん断応力が大きく、塑性変形抵抗性に優れていると判断できる。

2-2 混合物性状

ホイールトラッキング試験機による塑性変形抵抗性を図-5に示す。

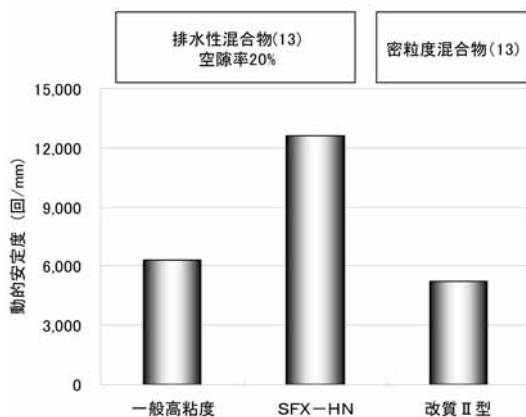


図-5 塑性変形抵抗性

図-5に示すようにシーロフレックスHNを用いた排水性混合物の動的安定度は、一般高粘度改質アスファルトを用いたものや改質アスファルトⅡ型を用いた密粒度アスファルト混合物より大きく、耐流動性に優れていることが明らかである。したがって、シーロフレ

ックスHNは大型車通行量が多い路線やバスターミナルなどの排水性舗装に適していると判断できる。

また、排水性舗装は車両の繰り返し走行によって、空隙つぶれが生じることがある。空隙つぶれが生じると、透水能力は低下し、排水機能が失われることがある。この現象の評価を残留透水率で行なった。残留透水率を求める試験方法を以下に、空隙つぶれ抵抗性を図-6に示す。

- ①ホイールトラッキング供試体を作製し、浸透水量を測定する。
- ②ホイールトラッキング試験機の試験輪を供試体上に12時間トラバース走行させる。
- ③トラバース後（空隙つぶれ後）の供試体で浸透水量を測定する。
- ④次式より、残留透水率を算出する。

$$\text{残留透水率 (\%)} = \frac{\text{WTトラバース走行後の透水量 (ml/15s)}}{\text{WTトラバース走行前の透水量 (ml/15s)}} \times 100$$

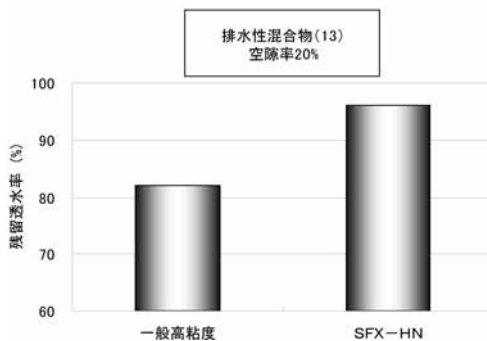


図-6 空隙つぶれ抵抗性

空隙つぶれ抵抗性は残留透水率が大きいほど優れる。図-6のようにシーロフレックスHNを用いた排水性混合物の残留透水率は、一般高粘度改質アスファルトを用いたものより15%程度高い値を示す。したがって、シーロフレックスHNを用いた排水性混合物は空隙つぶれに対する抵抗性が大きいと判断できる

次に、シーロフレックスHNを用いた排水性混合物のねじれ抵抗性試験状況を写真-2に、ねじれ抵抗性を図-7と写真-3に示す。この試験は、交差点部や駐車場の路面に生じる走行車両のタイヤによるすべり作用に対する抵抗性を評価するものである。

図-7と写真-3より、一般高粘度改質アスファルトを用いた排水性混合物の車輪沈下量は大きく、走行開始40分後に試験の続行が不可能になるが、シーロ

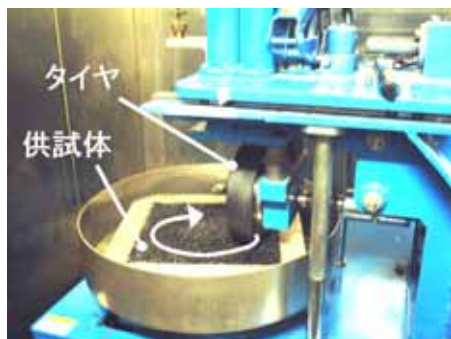


写真-2 回転式ホイールトラック試験機

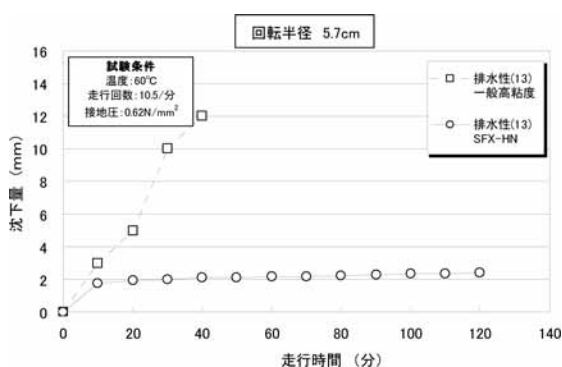


図-7 ねじれ抵抗性



写真-3 (左) 一般高粘度 (右) SFX-HT
ねじれ抵抗性試験後の供試体

フレックスHNを用いたものは走行120分後の沈下量が2mm程度と僅かであった。

以上の結果から、シーロフレックスHNを用いた排水性混合物は、ねじれ抵抗性に優れ、交差点や駐車場の用途に適していると判断できる。

3. シーロフレックスHT (高耐久型排水性舗装用)

近年、一般国道や主地方道では、騒音の低減を主目的とした排水性舗装が多く適用され、特殊なタイヤを装着した騒音測定車による騒音値を規定している。したがって、総合落札方式やVE方式では、より小さい騒音値の舗装を施工することが工事受注の大きな要因となっている。騒音値を小さくするために、多く行われている手法は、粗骨材の最大粒径を小さくした小粒径排水性舗装を適用することである。しかし、小粒径排水性舗装に一般高粘度改質アスファルトを適用する

と、塑性変形抵抗性や空隙つぶれ抵抗性が小さくなり、排水性舗装の耐久性や機能の持続性が十分ではない場合がある。これらの問題を解決するべく、シーロフレックスHTを開発した。

3-1 バインダ性状

高耐久型排水性舗装用改質アスファルトは、一般高粘度改質アスファルトより、低温における可とう性(たわみやすい性質)や、高温における変形抵抗性が求められる。そのため、ベースアスファルトは針入度の高いものを使用し、かつ改質材や改質助剤を見直し、添加量を調節した。また、施工性を考慮し、改質材は特殊なものを使用した。そのため、シーロフレックスHTは高温領域から低温領域までバランスの取れた優れた性状を有する。

現在のところ、高耐久型排水性舗装用改質アスファルトの統一規格を定めている機関はない。社内規格と代表的性状値を表-3に示す。

表-3 社内規格と代表的性状値

試験項目	社内規格	代表的性状値
針入度(25°C) 1/10mm	30 以上	43
軟化点 °C	80.0 以上	92
伸度(15°C) cm	60 以上	88
フラス脆化点 °C	-20 以下	-28
引火点 °C	260 以上	320
薄膜加熱質量変化率 %	0.6 以下	-0.35
薄膜加熱針入度残留率 %	65 以上	79.1
粗骨材の剥離面積率 %	5 以下	0
60°C粘度(×10 ⁴) Pa·s(Poise)	4.0(40)以上	10.0+(100+)
曲げひずみ(-20°C) cm/cm	80×10 ⁻³ 以上	250×10 ⁻³

3-2 混合物性状

評価に用いた混合物は最大粒径13mmと8mmの2種類の排水性混合物(以下、排水性混合物(13)と排水性混合物(8))とした。また、目標空隙率は一般的な排水性混合物と同一の20%に設定した。

ホイールトラック試験による塑性変形抵抗性を図-8に示す。

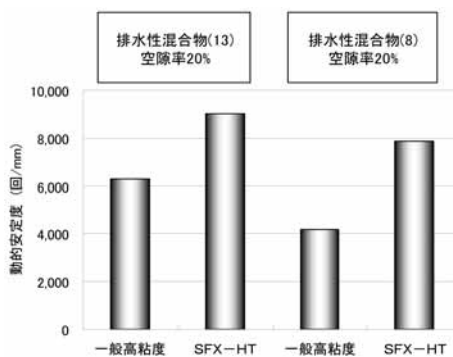


図-8 塑性変形抵抗性

この図によれば、混合物の最大粒径が小さくなると動的安定度は小さくなるが、シーロフレックスHTを用いた排水性混合物（8）は一般高粘度改質アスファルトを用いた排水性混合物（13）よりも高い動的安定度であることがわかる。また、シーロフレックスHTを用いた排水性混合物（13）の動的安定度は9,000回/mmと、最も大きい値であることが明らかである。したがって、シーロフレックスHTは小粒径排水性舗装や超重交通路線の排水性舗装に適していると判断できる。

次に、空隙つぶれ抵抗性を図-9に示す。

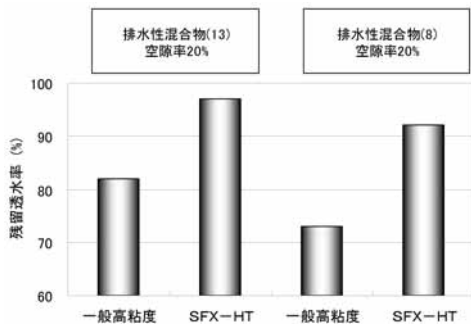


図-9 空隙つぶれ抵抗性

このように、混合物の最大粒径が小さくなると、残留透水率は小さくなるが、シーロフレックスHTを用いた排水性混合物（8）の残留透水率は、一般高粘度改質アスファルトを用いたものよりも20%程度大きく、一般高粘度改質アスファルトを用いた排水性混合物（13）と比較しても10%程度大きいことが明らかになった。

したがって、シーロフレックスHTを用いた排水性混合物は空隙つぶれ抵抗性が大きいと判断できる。

次に、ねじれ抵抗性を図-10と写真-4に示す。

このように、混合物の最大粒径が小さくなれば、い

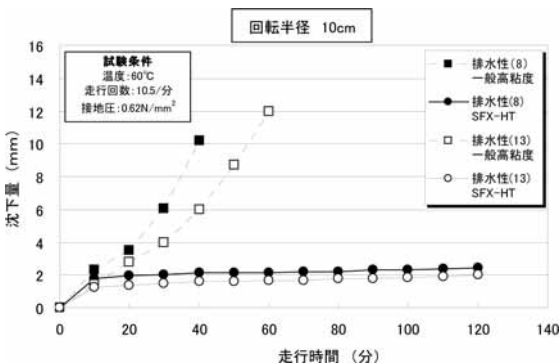


図-10 ねじれ抵抗性



写真-4 (左) 一般高粘度 (右) SFX-HT 排水性混合物 (8) のねじれ抵抗性試験後の供試体

ずれの改質アスファルトを用いてもねじれ抵抗性は低下する。シーロフレックスHTを用いた混合物は最大粒径が小さい場合でも、一般高粘度改質アスファルトを用いたものより、はるかに優れたねじれ抵抗性を有していると判断できる。次に標準および低温カンタブロ試験による骨材の飛散抵抗性を図-11に示す。

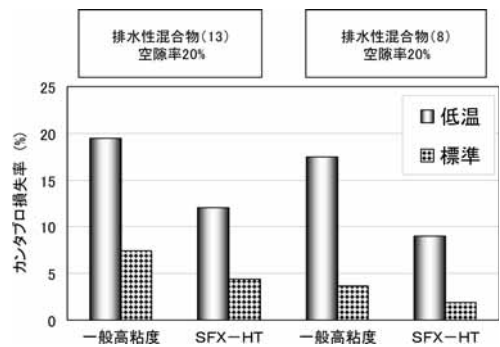


図-11 骨材飛散抵抗性

このように、シーロフレックスHTを用いた排水性混合物（13）の常温におけるカンタブロ損失率は、一般高粘度改質アスファルトを用いたものより小さく、その傾向は低温における場合も最大粒径が8mmの場合も同じことが明らかである。したがって、シーロフレックスHTを用いた排水性混合物は常温および低温下において飛散抵抗性が大きく、一般地域の他に積雪寒冷地域に適用することができるものと判断できる。

次に、混合物の曲げ試験によるたわみ追従性を図-12に示す。

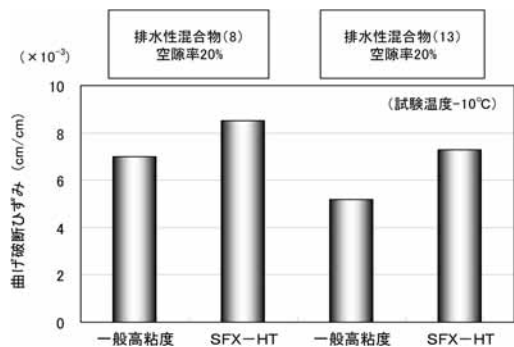


図-12 たわみ追従性

このように、シーロフレックスHTを用いた混合物の曲げひずみは、一般高粘度改質アスファルトのものより大きく、低温でのたわみ追従性に優れていることが分かる。アスファルトは、一般に積雪寒冷地域などの低温条件下では脆くなる性質がある。このため、交通荷重を受けることにより、舗装にひびわれが生じることがある。このひびわれを抑制するためには低温におけるたわみ追従性に優れた混合物を使用する必要がある。したがって、シーロフレックスHTを用いた混合物は寒冷地に適用してもひびわれが発生しにくいと判断できる。

以上の結果より、シーロフレックスHTは最大粒径8mmのほか、13mmの一般的な排水性舗装に使用してもその耐久性を大幅に向上させることができ、著しく交通量が多い路線、大型車両のすえざり作用が生じる箇所排水性舗装にも適用できる。また、低温特性も優れるため、寒冷地の排水性舗装にも適用できるなど、適用範囲が非常に広い。

おわりに

本報告で述べたように、高粘度改質アスファルトの

高機能化への取り組んだ結果、新たなシーロフレックスを開発することができた。寒冷地排水性舗装用改質アスファルトのシーロフレックスHKは施工実績が多々あるが、ねじれ抵抗性改善型排水性舗装用のシーロフレックスHN、高耐久型排水性舗装用のシーロフレックスHTは実績が少ない。

本報告がこれらのバインダの理解を深めることの助けになれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 改質アスファルトの地域別出荷量, 改質アスファルト, 第26号, pp32-33, 日本改質アスファルト協会, 2006. 1.
- 2) ホイールトラッキング試験方法, 舗装試験法便覧, pp539-555, 日本道路協会, 1997. 6.
- 3) ダイナミックシェアレオメータを用いた舗装用バインダのレオロジー性状の測定方法, 舗装試験法便覧別冊 (暫定試験法), pp91-98, 日本道路協会, 1997. 4.

常温路面補修材の性状および施工事例

杉本浩一*
原田博志**
鈴木徹***

はじめに

舗装ストックの拡大に伴い、その維持補修を必要とする量も拡大の一途にある。補修材料の種類、補修工法は多岐にわたっており、補修材料、工法は、破損形態（わだち掘れ、ひびわれ、段差、ポットホール等）に応じて使用され、その種類も加熱アスファルト混合物から常温型混合物まで豊富に存在する。周知のとおり、省エネルギーおよびCO₂排出量削減への対応としての材料、製造方法、工法が求められている中、中温化技術、常温型舗装が取りあげられている。常温型舗装に使用されているバインダはカットバックアスファルト系、アスファルト乳剤系、樹脂等用いられており、破損の種類と補修工法の選定によって、また、応急・緊急補修が比較的長期的に機能させる補修かで耐久性状を含めて使用する材料（構成）は異なる。例えば比較的深さがあるポットホールやわだち掘れ、段差修正には混合物粒度として粗・密粒度タイプを使用し、ゼロ擦り付けが必要な場合や表面処理として補修する場合は細粒度タイプ、クラック補修にはシーリング材等が使用され、補修材料の価格も安価～高価まで様々である。路面の破損形状に至っては路面荒れ、段差、ひびわれが混在している箇所も多くみられる現状から、このような箇所を一つの材料で補修できる混合物の開発を主眼において開発研究を進めてきた。開発に取り組んでいるスラリー状の常温路面補修材（以降、常温開発品と称す）の概要と適用事例を本報告で紹介する次第である。

1. 常温開発品の概要

1-1 常温開発品の材料構成

常温開発品は「細骨材+2液混合型特殊アスファルト乳剤+無機系特殊混和材+水」から構成される。なお、特殊アスファルト乳剤は骨材種別に関わりなく良好に混合できることから、骨材の選定や前処理（プレ

コート等）が必要なく、例えば珪砂、スクリーニングス、砕砂等の細骨材を使用することができる。混合されたものは非常に流動性に富んだスラリー状となるように配合し、ゴムレーキやコテで容易に敷きならし可能で後の転圧を必要としなく、流し込みも可能な流動性を有するものである。

1-2 常温開発品の硬化メカニズム

特殊アスファルト乳剤はアスファルト成分の主剤と反応型樹脂の硬化剤からなる。なお、内在する水分との反応および樹脂特有の収縮を抑える目的で無機系特殊混和材を混入することで、「アスファルト+樹脂+水+混和材」の反応で硬化形成する。

1-3 性状

表面処理材として使用した場合を想定した試験結果を表-1に示す。

表-1 試験結果（表面処理タイプ）

試験項目	珪砂使用	スクリーニングス使用
一面せん断強度 (MPa)	1.5	1.5
ラベリング磨耗量 (cm ²)	0.04	0.03
路面粗度 (mm)	0.15	0.70
すべり抵抗性 (BPN)	58	65

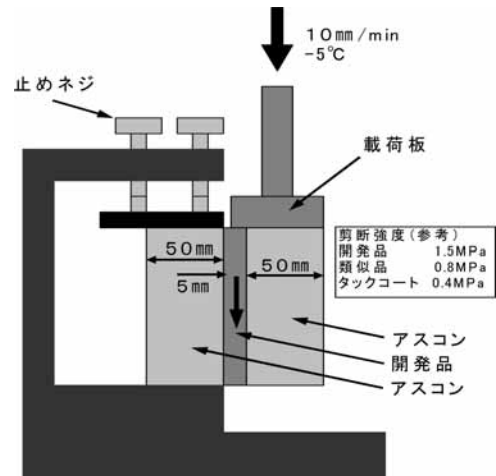


図-1 一面剪断試験概要

*技術研究所開発研究室 **技術研究所開発研究室 ***技術研究所開発研究室主任研究員



一面剪断試験概要を図-1に示す。試験は「道路橋鉄筋コンクリート床版 防水層設計・施工資料（社団法人日本道路協会）」に準拠して行った。

骨材に珪砂とスクリーニングスのどちらを用いても一面剪断強度は1.5MPaと大きな値を示し、付着力は十分であると思われる。

他の試験は母体アスファルト混合物上に常温開発品を厚さ5mmで敷設した供試体で評価した。

ラベリング磨耗量は珪砂で0.04cm²、スクリーニングスで0.03cm²と小さく耐磨耗性も特に問題ないと思われる。

表面性状は写真-1に示すように、路面粗度(MPD)は珪砂を用いた場合は0.15mmと緻密な表面であり、スクリーニングスを用いた場合は骨材の粗さにより0.7mmの値を示した。なお、すべり抵抗性を考慮し、写真-2に示すようなほうき目仕上げを行うことも可能である。なお、写真-1で示したもののすべり抵抗値(BPN)は珪砂で58、スクリーニングスで65と十分に路面に適用可能な値である。

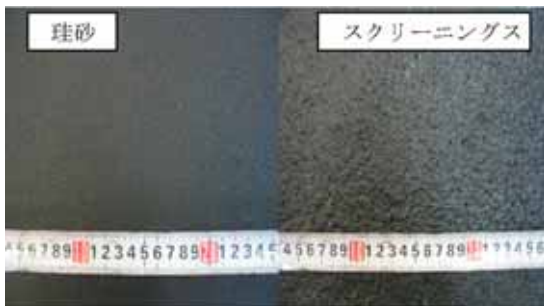


写真-1 表面形状



写真-2 ほうき目仕上げ

降雨等による帯水の影響を想定し、混合物自体の耐水性および界面の接着耐水性を評価した。

常温混合物および薄層混合物の耐水性評価方法に確立された試験方法がないことから、ホイールトラッキ

ング試験機を用いて現場を想定した水浸ホイールトラバース走行試験を行った。その試験方法を図-2に示す。

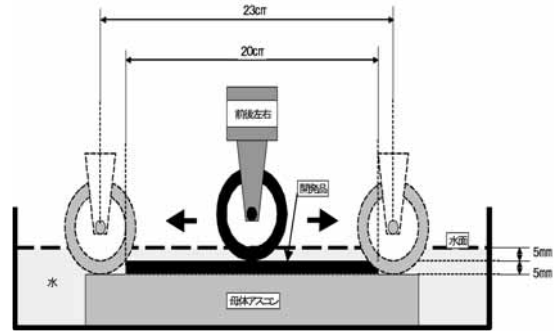


図-2 水浸ホイールトラバース走行試験

試験は母体密粒度アスファルト混合物 (t=5cm) 上に厚さ5mmで敷きならした常温開発品の表面以上に水浸させた状態でトラバース走行を1時間行い、混合物の剥離または崩壊を目視で観察した。水温は20℃とし、試験準備として1日間の予備水浸養生を行った後、試験を行った。試験後の供試体を写真-3に示す。左側の耐水性が低いと思われる供試体は母体アスコンから剥離または崩壊したが、右側の開発品については認められなかった。この評価方法が現道における耐水性の評価として適切であるかどうか、今後、現道に施工した補修箇所での長期的供用性状を確認し判断する予定である。

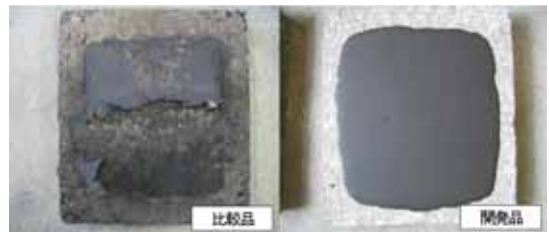


写真-3 水浸ホイールトラバース走行試験後状況

次に熱による混合物自体の塑性変形、タイヤによる摩耗や付着による剥離を確認するために60℃におけるホイールトラバース試験を行った。常温開発品と類似品の試験前後の供試体状況を写真-4、写真-5に示す。

開発品はタイヤ表面に若干付着したが供試体の剥がれは見られなかった。類似品はタイヤに付着して一部母体アスコンから剥離した。

冒頭でも記したとおり、本開発品はある程度深さがある箇所へも適用できることを目的としている。した



写真-4 常温開発品の試験前後状況



写真-5 類似品の試験前後状況

がって、通常のアスファルト混合物で行われている試験によっても評価した。評価試験はマーシャル安定度試験およびホイールトラッキング試験を行った。供試体厚さは前者が6.35cm、後者は5cmとし、試験方法は「舗装試験法便覧」に準拠して行った。

マーシャル安定度試験における安定度は8kN前後、フロー値は40~50 (1/100mm) 程度の性状を有する。なお、ホイールトラッキング試験による動的安定度(DS)であるが、10,000 (回/mm) 以上の値となり、耐流動性に関して問題ない性状を有する。また、短期養生での硬化時間(交通開放)を検討する目的で、供試体作製後、20℃の恒温室で養生した3時間、6時間後の供試体を使用して常温ホイールトラッキング試験を行った(試験温度20℃)。これらの場合も動的安定度は10,000 (回/mm) 以上であった。

以上の性状試験結果から十分に舗装補修に使用できるものと考えられる。

室内試験とは別に現道での適用性、供用性を評価する目的で、これまで様々な箇所に適用しているので、代表例を以降に紹介する。

2. 施工事例

2-1 混合方法

図-3に常温開発品の混合方法を示す。また、混合状況を写真-6に示す。

写真-6は1バッチ20kgを混合している状況である。必要材料を、バール缶等の混合容器に投入し、ハンドミキサーで混合するだけである。混合に要する時間は1バッチ20kgとして約2~3分である。混合したものは写真-7に示すように補修箇所に容器から混合物を排出して、あとはレーキやコテ等で敷ならすのみである。

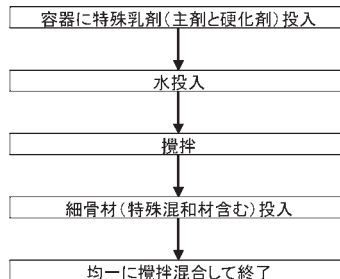


図-3 混合手順



写真-6 混合状況



写真-7 混合物排出状況

2-2 施工事例

供用数十年経過した歩道の状況を写真-8に示す。

表面の混合物の飛散により、骨材がむきだしになり、凹凸が激しく、歩行者、自転車および特にベビーカーなどの走行に支障をきたす状態であった。このような箇所に常温開発品を施し、供用6ヶ月後の状況を写真-9に示す

施工後6ヶ月経過した路面は、磨耗や剥離などなく良好な表面性状を保持している。

車道における施工ジョイントの段差修正およびその周辺のクラックやポットホールが生じている箇所に適用した事例を写真-10に示す。最大段差は4cm程度あり、段差およびひび割れ部に常温開発品を一度に敷設した例である。供用4ヶ月経過しているが、際だった問題は生じていない。



写真-8 施工前状況

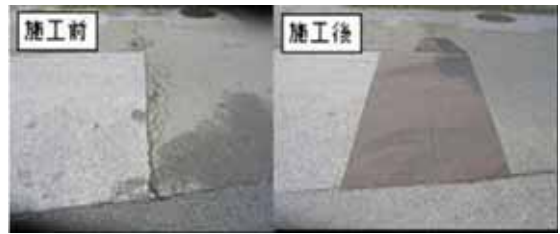


写真-10 施工前後状況

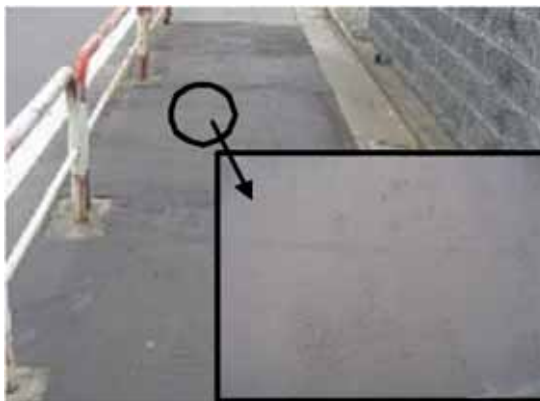


写真-9 施工後6ヶ月経過状況



写真-11 駐車場における表面処理

写真-11はタイヤのすえ切りや経年劣化による表面荒れが著しく、ポットホールとひび割れも混在していた駐車場への適用例である。施工は駐車場全面と広範囲にわたり行われ、常温開発品をポットホール部へ流し込みつつ、その周辺も並行して敷ならした例である。

3. 今後の課題

常温開発品に限らず、常温型混合物の課題としては、

可使時間と硬化時間のバランスである。常温開発品の20℃雰囲気における可使時間は15分、硬化時間は40分以内であるが、高温では可使時間が短く、低温においては硬化時間が遅いことがあげられ、オールシーズンに対応した配合を検討中である。特に乳剤系・樹脂系は本開発品に限らず、本来、低温になるほど硬化時間に時間を要するものである。この点を改良することが急務である。

おわりに

本開発品はパックセット化を行い、商品として販売する予定である。今後は、例えば排水性舗装の補修材料としたポーラスタイプ等、商品メニューを拡大するため、研究開発に一層の力を注ぐしだいである。

排水性舗装用ゴムチップ導水管「FTドレーン」

藤田 義 憲*

石塚 良 一**

はじめに

排水性舗装は車両走行時における騒音低減効果や、雨天時における走行安全性の向上に優れていることから、その適用範囲が拡大し急速に普及してきた。

排水性舗装は連続した大きな空隙を有するので、雨水は舗装内部に浸透して縦・横断勾配に沿って路肩部分に排出される。末端処理が適切でない場合、舗装体内に雨水が滞りし舗装表面に浮き水が発生しやすくなる。

排水性舗装の路肩に埋設した導水管は、舗装自体の透水能力の向上には寄与しないものの、下流端の滞水発生に対しては多大な効果を発揮する¹⁾。

このように排水性舗装の滞水を防ぐため、種々の円形導水管が採用されてきている。しかし、路肩部の円形導水管は、滞水発生に対して多大な効果を発揮するものの、その施工性や排水性舗装の修繕時における撤去方法等に問題点が残されている。

本報告は、上記の問題点を解決するために開発した排水性舗装用ゴムチップ導水管「FTドレーン (Flexible Thinking)」について紹介するものである。

1. 従来の円形導水管の問題点

従来の円形導水管には、次のような問題点がある。

- 1) 基層に導水管を設置する場合、排水性舗装体内の雨水を導水管に導くため、基層に30cm幅以上の排水性混合物を必要とする。表・基層を2層切削して排水性舗装にする場合、図-1に示すように基層用型枠の設置・撤去と排水性混合物の人力舗設という作業が伴う。特に即日開放の表・基層の切削オーバーレイ工事では、導水管敷設のために一日の表・基層の施工量が減ることによって、交通規制日数や工事費が増大する原因となっている。
- 2) 車線幅が狭い道路では、図-2に示すように基層の施工継目が車輛の走行位置と重なって、排水性舗装

にひび割れが発生するとともに、人力施工した導水管周辺の排水性混合物が沈下する場合がある(写真-1)。



図-1 従来の導水管の施工手順

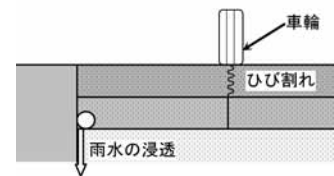


図-2 従来の円形導水管による不具合



写真-1 導水管上のひび割れ
(雑誌「舗装」2002.3月号より抜粋)

*技術研究所調査試験室長

**技術研究所調査試験室



- 3) 雨水の一部が舗装の端部から下層に浸透し、舗装厚が薄い場合には浸透した雨水により路盤が脆弱化し、舗装に悪影響を与える（図－2参照）。
- 4) 排水性舗装の補修の際に導水管を撤去・設置する場合、導水管を単独に取り出すことができないため、排水性混合物の切削廃材に導水管の破砕物が混入する。

2. FTドレーンの開発経緯

2-1 開発目標

上記の問題点を解決するため、開発目標を次のように設定した。

- 1) 雨水を導くための排水性混合物を必要としない。
- 2) 雨水の一部が舗装の端部から下層に浸透しない。
- 3) 導水管を単独に取り出すことができる。
- 4) リサイクル品を100%使用する。

2-2 形状の選定

従来の導水管は円形であるため、基層に設置する場合には基層厚と管の外径との関係から、その上部に排水性混合物が必要となる。そこで、導水管を基層厚と同じ高さの矩形にし、円形の中空を有する形状を選定することで、上部の排水性混合物の必要をなくした。

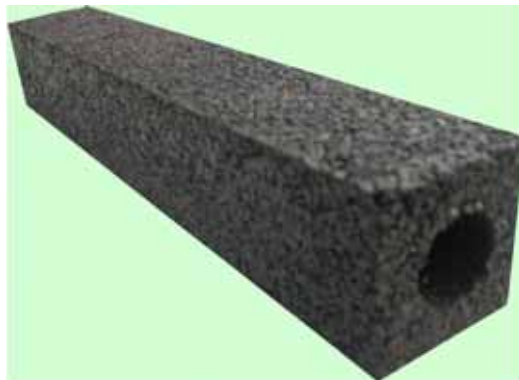
2-3 素材の選定

下記の理由から、素材として廃タイヤ等の再生ゴムチップを選定した。

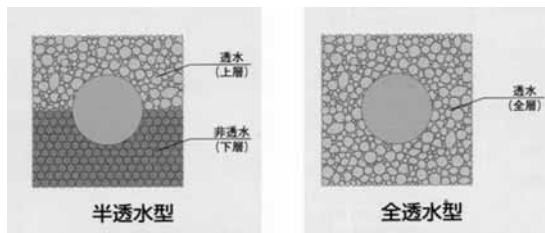
- 1) ゴムチップは、すでに舗装材や床材、公園の施設資材などの製品に利用され、基本的な性状が明確であり、製造技術も確立されているので製品化しやすい。
- 2) 2001年度の資料によると、廃タイヤ発生量は約105万トンで、そのうちリサイクル分は89%である。しかし、そのリサイクルの内、約60%がセメント焼成やボイラーなどの熱利用分であり、再利用率が低い。したがって、廃タイヤなどの再生ゴムチップを使用することで、資源の有効活用に貢献できる。
- 3) ゴムチップ混合物の配合割合を変えることによって、所定の透水性能を容易に得ることができる。

2-4 製品の製造

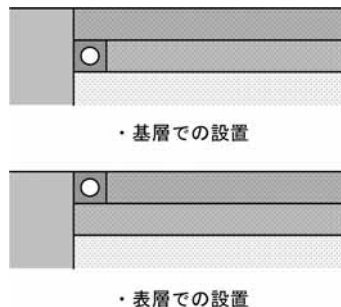
再生ゴムチップを100%使用したウレタン樹脂との混合物を加圧成型することで、写真－2に示すような導水管を製造した。導水管の底部層に細粒の再生ゴムチップを使用し不透水とすることで、雨水の下層への浸透を防ぐこともできるようにした（図－3参照）。



写真－2 FTドレーン



図－3 FTドレーンの模式図（半透水性型と全透水性型）



図－4 FTドレーンの設置図

この製品によって、従来の円形導水管の問題点を解消することができた。さらに、図－4に示すように今まで事例のない表層への適用も可能となった。

3. FTドレーンの評価試験

FTドレーンを現場に適用するに当たって、FTドレーンの物性に関する評価試験を実施した。その結果を以下に示す。

3-1 耐水性

長時間浸水することを想定し、ゴムチップ混合物に対する水の影響を評価した。

水の影響を評価するため、ゴムチップ混合物の供試体（φ10×6.3cm）を60℃の水中に0、3、7、30日間養生した後、上面に荷重を載荷した時の復元率（復元

量/供試体の高さ)を測定した。

その結果によれば、養生時間が長くなるほど復元率は低下する傾向にあるが、その変化はごくわずか(0.5~2.0%)であったので、耐水性に関しては問題ないと判断した。

3-2 耐熱性

FTドレーン敷設後にアスファルト混合物と接触することを想定し、FTドレーンの耐熱性を評価した。

耐熱性を評価するため、長さ20cmのFTドレーンを190、220、250℃の乾燥機の中に2時間放置した後、変形、変色および臭気等を観察した。

その結果によれば、加熱温度250℃では試験開始後30分で多量の白煙が発生した。しかし、加熱温度220℃では少量の白煙が発生したものの、変形や変色等は認められなかったため、耐熱温度は220℃以上と判断した。

3-3 耐荷性

FTドレーン上部の表層に輪荷重が载荷されるのを想定し、FTドレーンの耐荷性を評価した。

耐荷性を評価するため、長さ30cm、幅7cmの载荷版に長さ20cmで5cm角のFTドレーン(内空φ25)をはさみ、一定速度(10mm/min)で圧縮した。

その結果によれば、外形の20%変形時の荷重は3.1kNで、耐荷圧力は300kN/m²であった。



写真-3 載荷試験状況

3-4 表層の締固めに及ぼす影響

FTドレーンは敷設後、その上部に表層が施工されることを想定し、FTドレーンによる表層の締固めに及ぼす影響を評価した。

表層の締固めに及ぼす影響を評価するため、写真-4に示すように下層にFTドレーンを設置した、2層(下層:基層混合物、上層:排水性混合物)からなる

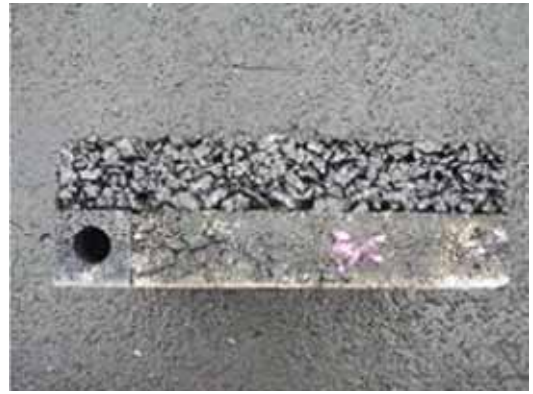


写真-4 基層施工直後に表層を施工した場合の状況

ホイールトラッキング試験用供試体を作製した。

その結果によれば、表層の締固め状態や仕上り状態とも問題なく、FTドレーンによる表層の締固めに及ぼす影響はないことが判明した。

3-5 車輪走行性

FTドレーンが道路を横断する場合を想定して、車輪走行による舗装体への影響を評価した。

車輪走行による舗装体への影響を評価するため、ホイールトラッキング試験機を用いて、車輪走行と平行にFTドレーンを設置した供試体に対し、ホイールトラッキング試験と同様な荷重条件を与え、舗装体とFTドレーンの状態を観察した。

車輪走行試験後の供試体の状態を写真-5に示す。その結果によれば、試験後の供試体の状態では、FTドレーン直上の表層に若干の「寄り」がみられたが、ひび割れ等の損傷もなく、特に問題となる現象は認められなかった。

4. FTドレーンの優位性

4-1 施工工程の短縮

排水性舗装用導水管の施工において、FTドレーン



写真-5 車輦走行試験後の供試体状況

のような矩形の導水管を用いた施工と、従来の円形導水管を施工の流れについて比較したものを図-5に示す。

FTドレーンを用いた場合、円形導水管の施工における「基層用型枠設置」、「基層用型枠撤去」、「排水性混合物舗設」の作業がなくなり、その結果として工程短縮を図ることができる。

平方ら⁵⁾は、表-2に示す通常規模の工事を設定し、円形導水管と矩形導水管における施工時間の試算を行っている。試算には、矩形導水管を用いた表層工の日施工量は、表-2のドレーンパイプ無しの場合を採用している。

その試算結果は表-3に示すとおりで、両者を比較した場合、矩形導水管によって表層工の施工時間は1日当たり約1時間の短縮、設定した工事規模では2日の工期短縮が可能と算出されている。

4-2 施工費の低減

FTドレーンの材料単価は、従来の円形導水管に比べて高い。しかし、上記のようにFTドレーンを用いた場合、円形導水管の施工における「基層用型枠設置」、「基層用型枠撤去」、「排水性混合物舗設」の作業がなくなるので、基層工までを含めた施工費でコスト比較

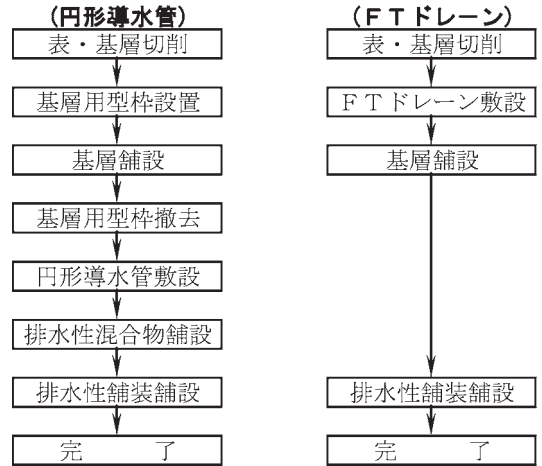


図-5 施工工程の比較（表・基層切削オーバーレイ想定）

表-1 工事条件（平方ら⁵⁾に加筆修正）

工事内容	表・基層切削オーバーレイ (表層工：排水性舗装)
車線	幅員4m×2車線
施工延長	2,000m
施工面積	16,000m ²
表層工 日施工量	ドレーンパイプ有り：1500m ² /日 ドレーンパイプ無し：1700m ² /日
備考	切削から基層工までは、ドレーンパイプの有り無しに関わらず同じ施工日数とする

表-2 施工日数の試算結果（平方ら⁵⁾に加筆修正）

項目	表層工完了 までの日数	備考
導水管種別		
円形導水管	12日	1車線5.3日
矩形導水管	10日	1車線4.7日

する必要がある。

表-2に示す工事条件で、基層工までの施工費の試算を行ってみた。試算には導水管の透水量がほぼ同じとなる、円形導水管(φ30)とFTドレーン(□5cm、φ25)を採用している。

その試算結果は表-3に示すとおりで、FTドレーンの方が約80万円安価になると算出された。

5. FTドレーンの適用事例

平成18年1月末現在におけるFTドレーンの使用実績を表-4に示す。

写真-6は、表-4のNo.11の現場において、FTドレーンを基層に適用した事例を示す。

写真-7は、表-4のNo.13の現場において、FTドレーンを表層に適用した事例を示す。

表-3 施工費の試算結果

円形導水管					F T ドレ ー ン						
名 称	規格等	単位	数量	単価	金額	名 称	規格等	単位	数量	単価	金額
ドレ ー ン管	内径φ30mm	m	2,000	1,200	2,400,000	ドレ ー ン管	□5cm、φ25mm	m	2,000	2,000	4,000,000
排水溝舗設	排水性As W=30cm、t=5cm	m ²	600	2,330	1,398,000	排水溝舗設	改質Ⅱ型粗粒度As W=25cm、t=5cm	m ²	500	1,400	700,000
型枠材		本	500	1,650	825,000						
型枠材設置撤去		m	2,000	325	650,000						
型枠材処分		m ³	10.0	20,000	200,000						
同上運搬		m ³	10.0	1,296	12,960						
合 計					5,485,960	合 計					4,700,000

排水性混合物



改質Ⅱ型
粗粒度As

排水性混合物



改質Ⅱ型
粗粒度As

表-4 FTドレ ー ンの使用実績

No.	発注者	工 事 名	場 所	数量	種 別
1	中部地整高山河道事務所	平成15年度41号国府・古川B P舗装修繕工事	岐阜県飛騨市古川町	482m	基層 5cm
2	トヨタ自動車㈱	夢の住宅PAPI	愛知県愛知郡長久手町	135m	基層
3	(財)2005年日本国際博覧会協会	2005年日本国際博覧会西ターミナル整備工事	愛知県愛知郡長久手町	900m	基層 5cm
4	中部地整静岡河道事務所	平成14年度1号北脇地区電線共同溝工事	静岡県静岡市清水北脇	77m	基層 5cm
5	中部地整静岡河道事務所	平成14年度1号大曲地区電線共同溝工事	静岡県静岡市清水東大曲町	120m	基層 5cm
6	中部地整静岡河道事務所	平成14年度1号渋川地区電線共同溝工事	静岡県静岡市清水渋川	140m	基層 5cm
7	中部地整愛知河道事務所	平成16年度302号北部地区舗装工事	愛知県春日井市細木町	170m	基層 5cm
8	(財)2005年日本国際博覧会協会	2005年日本国際博覧会会場施設工事(1工区)	愛知県愛知郡長久手町	3,192m	基層 5cm
9	中部地整愛知河道事務所	平成16年度302号北部地区舗装工事	愛知県春日井市細木町	816m	基層 5cm
10	名古屋高速道路公社	県道高速名古屋朝日緑浅間工区下部工事	愛知県名古屋市区浅間町	1,130m	基層 5cm
11	中部地整愛知河道事務所	平成16年度302号北部地区舗装工事	愛知県春日井市細木町	392m	基層 5cm
12	千葉県印旛地域整備センター成田整備事務所	県単舗装道路修繕工事(試験舗装)	千葉県成田市土屋	440m	基層 4cm
13	中部地整愛知河道事務所	平成16年度302号かの里舗装工事	愛知県名古屋市中川区かの里	175m 212m	表層 5cm 表層 4cm
14	(財)2005年日本国際博覧会協会	2005年日本国際博覧会会場施設工事(1工区)	愛知県愛知郡長久手町	30m	基層 5cm
15	大林道路㈱	(仮称)大林道路㈱新湯営業所駐車場舗装工事	新潟県新潟市	52m	基層
16		大林道路㈱沼津営業所	沼津市足高字上322-42	10m	基層 5cm
17	国土交通省岡山河道事務所	岡山東部維持工事	備前市三石地内	23m	基層 5cm
18	国土交通省徳島河川河道事務所	平成17年度山川舗装修繕工事	徳島県吉野川市山川町宇田	1,900m	基層 5cm
19	国土交通省倉吉河川河道事務所	国道9号久米歩道外整備工事	鳥取県米子市久米町	400m	基層 5cm
20			高知県高知市宝水町	32m	基層 5cm
21	国土交通省名古屋河道事務所	平成17年度第四出張所管内整備工事	愛知県名古屋市中川区春日	184m	基層 5cm
	合 計			11,012m	



写真-6 FTドレ ー ンの適用事例(1)



写真-7 FTドレ ー ンの適用事例(2)

6. 排水性舗装以外への適用

FTドレ ー ンには、形状が矩形で透水量が大きく、顔料をゴムチップに混合することで各種の着色製品が容易にできるという特徴がある。この特徴を生かせば、排水性舗装用導水管以外に、図-6に示すような建築関係の小規模排水への適用が考えられる。

おわりに

FTドレ ー ンは従来の円形導水管よりも優れた特徴を有し、施工工程を短縮することで、現場条件によっては基層工を含めた施工費が従来の円形導水管よりも安くなる。さらに今まで事例のない導水管の表層への適用も可能となった。

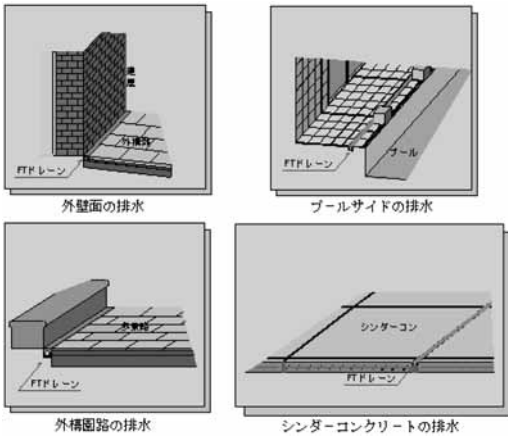


図-6 建築関係の小規模排水への適用

今後は、FTドレインの施工性改善や再利用方法の検討を進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 大久保ほか：排水性舗装用導水管の設置効果（排水効果）に関する実大供試体による検討、第23回日本道路会議、一般論文集（C）、pp14～15（1999.10）
- 2) 広津：排水性舗装の端末処理、舗装、pp9～12（1996.9）
- 3) 帆苅：排水性舗装の透水係数と低水位透水試験方法、ポーラスアスファルト研究会第2回研究発表会資料、Ⅲ-1（1996.1）
- 4) 大福ほか：排水性舗装用導水システム・オークドレインの開発、大林道路㈱技術報No.28、pp76～80（1998.3）
- 5) 平方ほか：施工工程の短縮が図れる角型導水材、第26回日本道路会議、12P17（2005.10）
- 6) 藤田ほか：排水性舗装用ゴムチップ導水管の開発、第26回日本道路会議、12P18（2005.10）

中越地震における高速道路の早期復旧に関する報告

市 村 文 男*
堀 隆 雄**
浜 充 薫***

はじめに

我が国は地震多発地帯で、各地で震度5以上の地震が発生しており、近い将来にも規模の大きい地震が発生するといわれている。

平成16年10月23日(土)17時56分に新潟県中越地方に深度7(マグニチュード6.8)の地震が発生し、甚大な被害をもたらした。特に、小千谷市・川口町を中心にライフラインは完全にマヒし、幹線道路網のほとんどが通行止めとなった。震源地付近を通る関越自動車道も写真-1のとおりズタズタに寸断された。

本報文は、被災地の復旧・支援活動に必要な不可欠な緊急通行路として最重要な関越自動車道の早期復旧に向け施工した応急復旧工事について報告するものである。



写真-1 関越自動車道の被災状況

1. 工事概要

工 事 名：関越自動車道

長岡地区災害応急復旧(その2)工事

工事区間：新潟県小千谷市大字谷内(225.45kp)
～新潟県長岡市上除町野田(246.0kp)

工 期：2004年10月23日～2005年3月31日

発注者：日本道路公団 北陸支社

工事内容：①路面切削工 A=69,500㎡

②レベリング A=14,100㎡

③表層工 A=72,800㎡

2. 応急復旧の施工段階および施工内容

2-1 施工復旧段階

地震発生直後から4車線一般開放までの施工復旧段階を、表-1に示す。

表-1 施工復旧段階

段 階	復 旧 内 容 等
第一段階 (発災～10/24)	緊急車両等の通行確保 (土嚢による段差摺付)
第二段階 (10/24～10/27)	緊急車両等がより迅速に通行できる状態の確保 (As合材による段差摺付等、片側1車線通行)
第三段階 (10/27～11/5)	一般車両が片側1車線50km/hで通行できる状態の確保 (段差摺付長の延伸)
第四段階 (11/5～12/21)	一般の交通需要および雪氷対策に対応した機能の確保 4車線通行、80km/h走行可能 (切削、レベリング、オーバーレイ)

2-2 段階別施工内容

(1) 第一段階(10月24日13:00まで)

地震が発生した翌朝、われわれが現場に到着した時は写真-2に示すとおり橋梁やBOXカルパート部の前後に最大70cmもの段差(写真-2)があり、車両は通行出来ない状況であったため、緊急車両のみをとりあえず通行させるため土嚢による段差摺付(写真-3)をおこなった。

(2) 第二段階(10月27日22:00まで)

第二段階では、緊急輸送車両をより迅速に通行させるため、図-1および写真-4に示すとおり碎石およ





写真-2 発災直後の橋梁・BOX段差部



写真-3 第一段階における段差摺付状況



写真-4 第二段階における段差摺付状況

び合材にて摺付を行った。摺付用合材について公団からの指示は表層用タイプGであったが、迅速かつ安定的な供給を確保させるため、一般的な密粒度As13Fへの変更を提案し採用していただいた。

(3) 第三段階 (11月5日16:00まで)

一般車両を50km/hで片側1車線(追越車線側)通行させるために、摺付縦断勾配1%以下になるよう段差摺付を行った。その際、第二段階ではゼロ摺付だったが車両のスムーズな走行を確保するため摺付部分は切削することとなった。

追越車線から施工したのは、全線にわたり路肩部の損傷がはげしく、車両を通行させるのは危険であったためと、先に勾配の下の走行車線を施工してしまうと降雨時に水が溜まり走行に支障をきたす恐れがあったためである。また、舗設作業に併行して、地震により沈下した防護柵の嵩上げ、クラックの注入も行った。

第三段階の施工状況を写真-5に示す。

(4) 第四段階 (12月21日まで)

一般車両の80km/h走行による4車線開放と除雪作業等の雪氷対策に対応可能As縁石等の施工を行った。



写真-5 第三段階における段差摺付状況

復旧前

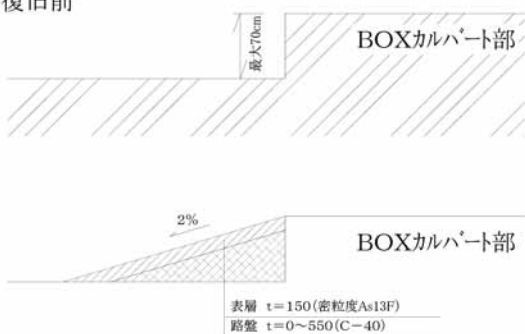


図-1 第二段階での段差摺付方法

復旧前

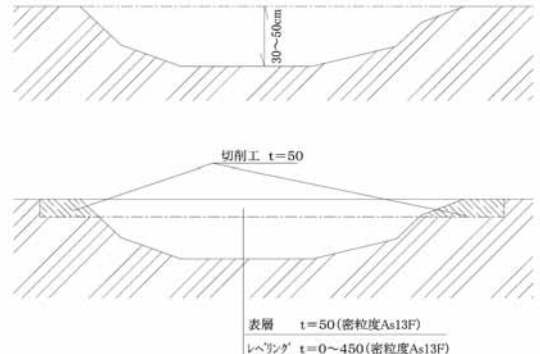


図-2 第四段階での車道段差修正

第四段階の施工状況写真および第四段階完了後の一般車全面開放状況の写真を、それぞれ写真－6、7に示す。



写真－6 第四段階の施工状況



写真－7 第四段階の施工完了状況

3. 復旧工事における問題点と対処方法

災害復旧工事では特殊な条件下での工事で通常の工事では、あまり起こりえない問題点が発生した。

3-1 発注者側の体制

復旧当初はJH側の指示・命令系統が確立されておらず複数の担当責任者から異なる指示があつて対応に苦慮したが、第三段階以降は担当窓口が固定化され、また定時の合同打合せ会があつて体制が整い、円滑な復旧活動ができた。

3-2 材料・労務・機械の調達

(1) 材料の調達

主要資材であるAs合材および骨材関係は、震災直後現場周辺の施設がライフラインの損傷等の影響を受け稼働不能だったため、片道2時間程度かかる当社阿賀野アスコンJVおよび隣接する砕石工場(当社の協力業者)より供給した。ライフライン復旧後は現場周

辺の施設からも供給したが、国道および県市町村道の復旧工事も重なって供給力が減少したため、阿賀野アスコンJVを主体として調達した。災害の応急復旧工事は緊急を要するため種々の要求に対応できる自社のプラントを所有していることが最大の強みとなることを再認識させられた。

(2) 労務の調達

第二段階終了までは、新潟営業所の工事を恒常的に施工している協力業者を主体に施工中の他の現場を休止させて従事させたが、第三段階以降は昼夜連続作業と工事量の増大のため本・支店の支援を受け県外の協力業者を多数動員して施工した。そのため宿泊施設の確保には非常に苦慮し、震災直後は車中泊やスパ施設の利用で従事者に苦勞をかけた。また、食料の手配も2交替制の24時間連続作業だったため、その都度なるべくあたたかいものを用意しなければならないことや同じような品物だと飽きてしまうため、非常に重要で困難な業務であった。

(3) 機械の調達

機械の調達に関しては、協力業者が自社の機械を所有していたためさほど問題がなかったが、第三段階以降はJH側からの要請もあつて外国産大型フィニッシャの手配で、当社機械を四国の現場から陸上輸送(船便では時間がかかるため)するという苦勞もあつた。

3-3 その他

(1) 震災直後は現場内にあるPA前の休憩所を隣接業者と共同で現場詰所的に使用していたが、ライフライン復旧後(PAの営業再開後)は、小千谷IC脇の内プラ内にユニットハウスを置いて現場事務所とした。

(2) 基本的な施工体制は確立していたが、迅速な復旧作業の要求および余震等の影響により、作業前日に急遽段取りが変更になったりして作業員への指示・命令系統が煩雑になって、当社職員からの指示が複数異なる状況に、作業員が戸惑う場面があつた。このような工事では、受発注者ともピラミッド型の指示・命令系統を早く確立することが重要である。

4. 施工結果および考察

今回の災害応急復旧工事の施工数量は表-2のとおりである。

今回の貴重な体験から、災害応急復旧工事において重要なことは以下のとおりである。

・施工体制を早期に確立し、発注者からの要望に迅速に応える。

表-2 施工内訳

名 称	細別・規格	単 位	合計数量
使用材料	As 合材	t	12,462
	砕石+砂	m ³	1,460
廃棄物量	As 廃材	t	3,150
労務関連	協力業者	社	36
	作業員	h	34,926
機械関連	機械種類	台	47
	稼働時間	h	23,772

- ・発注者との打合せ協議は、工程的なことを最優先し積極的に提案する。
- ・材料（特に合材）の供給は自社プラント等を優先し被災地周辺の施設からの供給を避ける。

- ・As合材の種類は特殊なもの避け、どこのプラントでも供給可能な一般的なものを提案する。
- ・被災状況と施工規模から工事期間を早期に推定し、作業員宿舎を早く確保する。

おわりに

今回の工事では、関係者全員が昼夜連続体制で早期の復旧を目指し努力した結果、発災から4日後には緊急車両が円滑に通行でき、13日後には一般車への開放ができ、JHからも感謝状をいただくことができた。

最後に、この工事に支援・協力していただいたすべての方々に感謝の意を表します。

中温化舗装の施工事例

塚本 隆*
光谷 修平**
藤井 秀夫***

はじめに

本報告書は、成田国際空港における昨年度に実施した工事【A滑走路北側舗装改修工事（平成16年度）】の内容について報告するものである。

本工事は、切削オーバーレイ工法によりA滑走路北側の舗装改修工事を行ったものであり、当然ながら滑走路等への立入時間が23：00～05：20という制約の中で行われ、路面切削開始が0：00以降で、表層（AS舗装）の温度低下（開放温度50℃）を加味するとほとんど4時間以内に施工（準備、片付けの時間は含まれない）しなければならない状況であった。

そこで、本工事では、短時間に施工可能なシックリフト工法を併用し、改質Ⅱ型中温化大粒径アスファルト混合物が採用された。

本混合物の採用により舗装後の混合物の耐流動性の向上とアスファルト混合物の混合温度を30℃低減でき、短時間で全層の打換えが可能になった。

1. 工事概要

1-1 施工概要

工事名 A滑走路北側舗装改修工事（平成16年度）

工事箇所 成田国際空港

工期（自）平成17年 2月3日

（至）平成17年 5月10日

発注者 成田国際空港株式会社

表-1に施工規模を示す。

表-1 施工規模

工種	細目	数量	備考
撤去工	路面切削(平均t=178mm)	2800m ²	250～350m ² /1日
舗装工	表層(t=80mm改質Ⅱ型大粒径)	2800m ²	
	表層(t=120mm改質Ⅱ型大粒径)	2800m ²	

注) 本施工に先立ち、施工歩掛り・品質・施工技術の習得を目的に試験施工を行った。

1-2 使用材料

使用材料を表-2に示す。

配合設計時における最適アスファルト量にて、標準

表-2 使用材料

材料名	規格	製造会社	使用数量
アスファルト剤	付着改善型乳剤(グリーンタック)	シンレキ工業㈱八街工場	1,300 t
AS基層混合物	改質Ⅱ型大粒径(中温化)	㈱NIPPOコーポレーション 小見川倉庫工場	800 t
As表層混合物	改質Ⅱ型大粒径(中温化)	㈱NIPPOコーポレーション 小見川倉庫工場	500 t
AS表層混合物	密粒度AS(13mm)(滑走路用)	麻島道路㈱成田材料製造所	100 t

温度大粒径アスファルト混合物と中温化大粒径アスファルト混合物のマーシャル特性値及び動的安定度の比較を表-3に示す。

表-3より、中温化剤を混入しアスファルトの混合

表-3 マーシャル特性値及び動的安定度の比較

配合種	標準用大粒径アスコン		標準値		改質用大粒径アスコン		標準値	
	表層用	中温化大粒径アスコン			表層用	中温化大粒径アスコン		
最適As量 %	4.5	4.5			4.0	4.0		
中温化特殊添加剤%	—	0.2(対混合物)	—	—	—	0.2(対混合物)	—	—
密度 g/cm ³	2,405	2,402			2,329	2,327		
理論密度 g/cm ³	2,509	2,509			2,526	2,528		
空隙率 %	4.1	4.3	3～7(目標4%)		7.9	8.0	目標6%	
骨材間隙率 %	14.6	14.8	—		17.0	17.1	—	
飽和度 %	71.9	70.9	65～80		53.5	53.2	—	
安定度 kN	33.3	33.7	19.8以上		34.1	34.4	19.8以上	
フロー値 I/10mm	49	47	30～60		51	50	23～60	
残留安定度 %	83.4	84.2	75以上		83.8	83.6	75以上	
動的安定度 回/mm	4,500	4,200	3,000以上		5,250	5,730	3,000以上	
混合温度 ℃	170～180(目標180℃)	140～150(目標150℃)			170～180(目標180℃)	140～150(目標150℃)		
締固め温度 ℃	155～165(目標160℃)	135～145(目標140℃)			155～165(目標160℃)	135～145(目標140℃)		

温度を30℃低減しても、ほとんど標準状態と差異がない事が確認された。

図-1に中温化剤を使用したアスファルト混合物の概念図を示す。

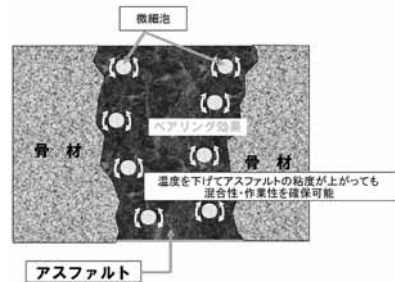


図-1 中温化剤の概念図

* 関東支店千葉営業所副所長

** 本店エンジニアリング部舗装グループ総括マネージャー

*** 関東支店千葉営業所



中温化剤は、図-1のように微細泡の空気を連行し、この泡のボールベアリング効果により、混合物の温度を低減しても標準温度と同等の品質が保持できる添加剤である。

1-3 使用機械

使用機械を表-4に示す。

表-4 使用機械

使用機械(切削時)							
機 種	名 型 式	能 力	製 造 会 社	台 数	数 用	用 途	
路面切削機	切削幅W:1.9m		WIRTGEN	3		切削	
路面清掃車	7t		豊和	2		清掃	
タンクトラック	10t		三菱	6		運搬	
タイヤジョベル	0.35m ³		古河	1		場内小運搬	
取水車	10t			1		給水	
コンプレッサー	20PS			1		端部・灯火部撤去	
作業員編成(切削時)							
	技術員(人)		運転員(人)		作業員(人)		
現場	2		12		5		
使用機械(基層・表層時)							
機 種	名 型 式	馬 力	製 造 会 社	台 数	数 用	用 途	
アスファルトフィニッシャー	舗装幅 5.0m級		フェーゲル	2		敷均し	
マカダムローラー	10~12t		酒井重工	2		締固め	
タイヤローラー	8~20t		酒井重工	2		締固め	
水平振動ローラー	6t		酒井重工	1		締固め	
ハンドガイドローラー	500kg		酒井重工	1		端部締固め	
プレート	50kg		明和製作所	10		端部締固め	
タンクトラック	10t			1		運搬	
取水車	4t		日産	1		給水	
作業員編成(基層・表層時)							
	技術員(人)		運転員(人)		作業員(人)		
現場	2		17		14		

1-4 施工フロー

施工フローを以下に示す。

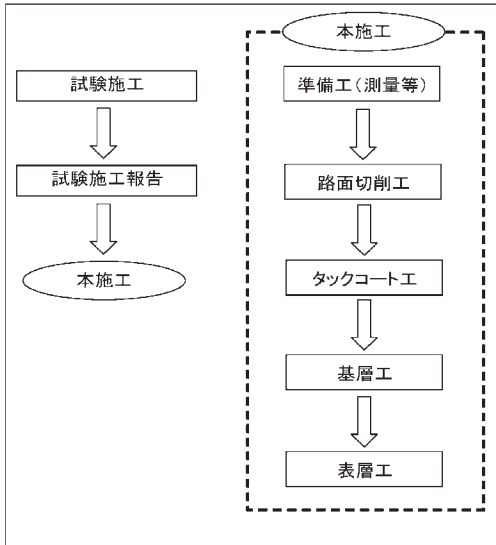


図-2 施工フロー

2. 試験施工

2-1 試験施工内容と結果

1) 施工概要図

試験施工の概要図を図-3に示す。

2) 調査内容及び調査結果

調査内容を表-5に示す。

調査結果を表-6~9・図-4に示す。

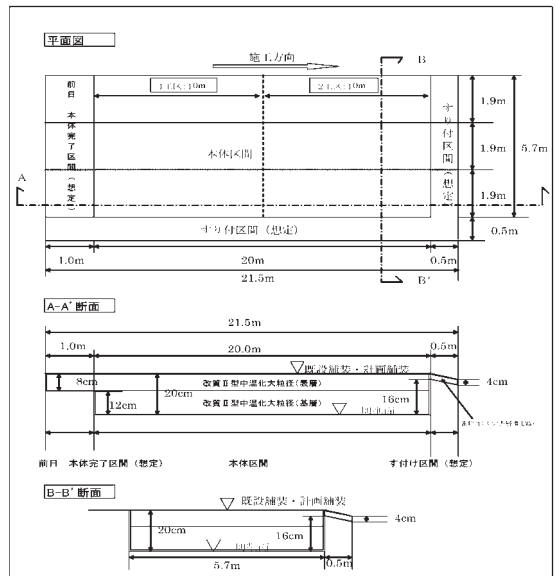


図-3 施工概要図

表-5 調査内容

工種	調査項目	調査頻度
切削工	切削厚	各工区毎2箇所の平均
	切削時間	—
タックコート工	乳剤の目視判定	各工区毎2箇所の平均
基層工	混合物温度	熱電対による2箇所の平均
	締固め密度	各工区毎3箇所の平均
表層工	混合物温度	熱電対による2箇所の平均
	締固め密度	各工区毎3箇所の平均

備考
 切削時間(標準施工時間):1本あたり11分で、後退3分、機械セット5分
 切削本数は、4本(ただし、t=4cmは、3分で切削完了)合計60分で切削する。

表-6 調査結果一覧表

工種	調査項目	調査結果
切削工	切削厚	196mm
	切削時間	85分
タックコート工	乳剤の目視判定	表-7に示す。
基層工	混合物温度	表-8に示す。
	締固め密度	表-9に示す。
表層工	混合物温度	表-8に示す。
	締固め密度	表-9に示す。

表-7 乳剤の目視判定

種別	散布時刻	経過時間(分)	目視判定						
			0	10	20	30	40	50	60
通常	25:45	外気温(°C)	24	24	23	23	22	23	23
		路面温度(°C)	1.1	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.9
		目視状況	×	×	×	×	×	×	×
ゴム入り	25:50	外気温(°C)	2.4	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	1.8
		路面温度(°C)	1.0	1.1	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0
		目視状況	×	×	×	×	×	×	×
付着改善型	25:50	外気温(°C)	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	1.8	1.8
		路面温度(°C)	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		目視状況	×	×	×	×	△	△	○

備考
 ○指触乾燥
 △付着しないが粘着性が感じられる
 ×指先に試料が付着する
 切削前[24:00:気温4度・路面温度4°C]

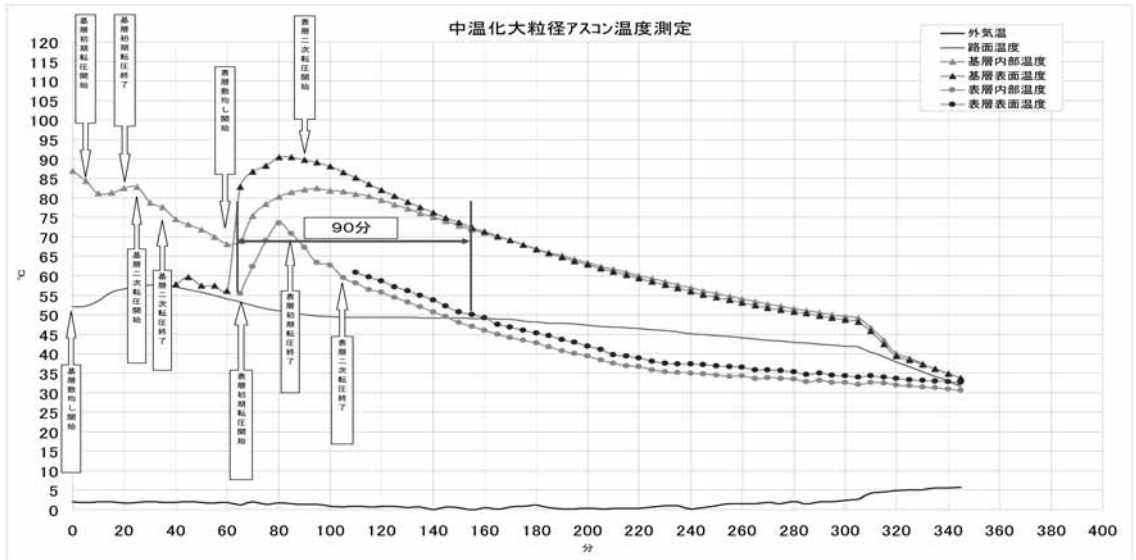


図-4 アスファルト混合物温度管理(°C)【熱電対による】

表-8 基層・表層の転圧減

区	種別	切削後下がAC	切削後下がUB	B-A	A
1区	①	103	295	192	
	②	101	301	200	
	③	104	298	194	
	④	103	298	195	
平均					198
2区	①	295	156	178	
	②	301	157	176	
	T1 B-C(平均)			142	
	T2 B-D(平均)			121	
T3 D-C(平均)			21		
転圧減: T3/T2 * 100					17
3区	①	299	157	178	
	④	298	148	174	
	T1 B-C(平均)			146	
	T2 B-D(平均)			124	
T3 D-C(平均)			23		
転圧減: T3/T2 * 100					18
4区	①	178	81	92	
	②	176	77	91	
	T1 D-E(平均)			88	
	T2 D-F(平均)			86	
T3 F-E(平均)			12.5		
転圧減: T3/T2 * 100					15
5区	①	176	81	90	
	④	174	83	93	
	T1 D-E(平均)			93	
	T2 D-F(平均)			80	
T3 F-E(平均)			13.5		
転圧減: T3/T2 * 100					17

表-9 アスファルト混合物 締固め度(%)

区別	工区	1工区			2工区		
		①	②	③	①	②	③
基層工	①	101.9	101.8	101.6	101.9	103.5	104.0
	②						
	③						
	平均	101.8			103.1		
表層工	初期転圧: 7t振動ロー(無振2回有振7回)				初期転圧: 7t振動ロー(無振2回有振7回)		
	二次転圧: 25tタイヤロー(7回)				二次転圧: 25tタイヤロー(9回)		
	①	96.9	99.4	99.0	100.0	99.5	99.5
	②						
③							
平均	99.3			99.7			
初期転圧: 7t振動ロー(5回)				初期転圧: 7t振動ロー(5回)			
二次転圧: 25tタイヤロー(7回)				二次転圧: 25tタイヤロー(9回)			
仕上転圧: 7t振動ロー(2回)				仕上転圧: 7t振動ロー(2回)			

2-2 試験施工に関する考察と課題

1) 切削工の考察

24:00にスタートし、45分で切削作業は終了した

が、切削箇所端部に残った切削廃材の清掃に40分掛った。

また、図-3の前日完了区間を1.0mとして切削を試みたが、 $t=80\text{mm} \sim t=200\text{mm}$ に切削厚を変化させるには、切削機の形状上無理があることが判断された。

そこで、この工種に関する課題として、切削廃材の清掃時間の短縮と横方向ジョイントの幅の決定を挙げた。

2) タックコート工の考察

3種類のアスファルト乳剤の散布後の目視判定を行ったが、表-7に見られるように、付着改善型のみに40分経過後から付着の改善が見られる結果であった。

本施工の施工時間が大変厳しい状況で、できる限り施工時間を短縮する必要があり、アスファルト乳剤の養生時間の短縮は不可欠であると考えられた。

そこで、アスファルト乳剤に関しては、課題として、付着改善型の本施工における使用を挙げた。

3) 基層工の考察

転圧減と締固め密度に関しては、表-8、-9の通りであり、規格値の98%以上を十分満足していたため、転圧回数は表-9の1工区の選定で十分であることが確認されたが、若干の過転圧が懸念された。

図-4に見られるように、基層二次転圧終了時では、基層表面温度が57.8°Cまで下がったが、表層を敷均した直後から上昇し、90.4°Cまでに至り、基層の内部温度と表面温度が50°C(開放温度)になるまでには、敷均し開始から290分(約5時間)掛ることが判った。また、外気温が2°C前後という過酷な状況下で初期転圧温度計測を行ったところ、118°Cという若干低

めの温度ではあったが、中温化剤の効果により、十分転圧ができる状態であった。

しかし、基層の二重転圧により空隙率が減少し、プリスタング（施工ジョイント等から水が浸入し、新設舗装面と既設舗装面境界でプリスタリング現象がおこる可能性がある）が懸念されるため、課題として表層敷均し前までに、基層の温度を下げる必要性があった。

4) 表層工の考察

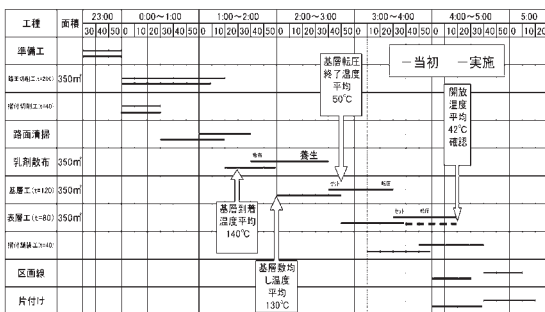
転圧減と締め密度については、基層工と同様であり、表-8、表-9の結果であった。温度低下については、表層敷均し時の温度が130℃で、図-4から50℃（開放温度）になるまでに、敷均し開始時から掛る時間を計算すると90分であり、経過時間としては良好であった。また、仕上げ面に関しては、7t水平振動ローラにより1往復程度仕上げ転圧を行ったが、骨材の間に詰まる傾向が見られた。本施工時の外気温がほとんど試験施工時と差異がないと考えられるため、試験施工時と同じ温度管理で、また、アスファルトフィニッシャーの台数を1台増やしても10分程度のタイムラグであるため、同じタイムスケジュールで行うこととした。

3. 本施工の状況と考察

3-1 計画・実施タイムスケジュール

本施工のタイムスケジュールを以下に示す。

表-10 本施工タイムスケジュール



3-2 施工写真



写真-1 切削状況

写真-2 乳剤散布状況



写真-3 舗装状況

写真-4 敷均し状況

3-3 本施工の考察

1) 切削工について

試験施工において課題とした横方向の施工ジョイントについては、1.0mを1.5mとすることにより切削が可能となった。施工時間においては、清掃開始時間を25分前倒しすることと、切削機による取残しの減少により表-10に見られるように、切削～清掃完了までの時間が20分短縮された。

2) タックコート工について

当初計画（通常使用）の施工時間を60分としていたが、付着改善型タックコートを使用することにより、表-10の通り、施工時間20分の短縮ができ、基層開始時刻を早められる結果となった。

3) 基層工について

施工時間は、当初計画と差異はないが、合材の到着時刻を基層開始30分前にすることと、タイヤローラによるミスト状の散水効果により、表-10のように表層開始時には50℃（開放温度）まで表面温度を下げる事ができた。施工完了時の切取供試体の空隙率を計測したが、おおむね目標の8%付近であったため、課題は解消できたと考える。

4) 表層工について

仕上げ転圧を用いた水平振動ローラの効果が見られ、平坦性においては、表層が大粒径ということで規格値を満足するかが懸念されたが、平均1.38mm<規格値2.4mmという結果となった。また、改質II型を用いたこともあり、骨材の航空機による飛散もほとんどない状態であった。

おわりに

本工事では、時間制約という中から、改質II型中温化大粒径アスファルト混合物を使用した、その有効性は、ある程度確認できたと考える。

今後、空港の補修工事では、アスファルト混合物の温度低減が必須条件であり、更なる中温化技術に期待するものである。

302号北部地区舗装工事における低騒音舗装の施工事例

日比野 忠 臣*
 安孫子 敬 美**
 石 黒 修 一***

はじめに

本報文は「平成16年度 302号北部地区舗装工事」において、騒音の発生源対策を目的として実施された各種低騒音舗装の施工事例についてとりまとめたものである。

1. 工事概要

工事名	平成16年度 302号北部地区舗装工事		
路線名	一般国道302号		
施工場所	愛知県名古屋市区～春日井市細木町		
工期	自)平成16年10月22日 至)平成17年3月30日		
発注者	国土交通省 中部地方整備局 愛知国道事務所		
施工内容	路面切削	28,484㎡	
	中間層 再生改質Ⅱ型 粗粒	18,990㎡	
	排水性舗装(10)+(13) t=30+30	17,120㎡	(2層同時施工)
	排水性舗装(10) t=50	561㎡	
	再生排水性舗装(13) t=50	668㎡	
	ゴム粒子混入型舗装(10) t=50	669㎡	
	排水性舗装(10)+SMA(13) t=30+30	10,566㎡	(2層同時施工)
	超高機能舗装	525㎡	
	舗装打換え工	13㎡	
	クラック防止工	2,564m	
	柵受枠嵩上	193箇所	
	溶融式区画線	1 式	
	仮区画線	1 式	

2. 各種低騒音舗装の選定経緯と施工

今回、発注者より、町田工区において各種低騒音舗

装を提案して騒音測定等追跡調査の行うことのできる試験ヤードの施工の要望があり、当社は発注者の意見もふまえて

- 1) 排水性舗装の粗骨材の小粒径化
- 2) 二層式排水性舗装
- 3) 機能性SMA
- 4) ゴムチップ混入舗装
- 5) 多孔質弾性舗装

の工法を提案した。表-1にその比較表を示す。

表-1 比較表

	施工性	工費	工期	施工実績	騒音低減	総合判定
小粒径排水性舗装	○	△	○	○	○	○
二層式排水性舗装	○	△	○	○	○	○
機能性SMA	×	△	○	△	△	×
ゴム粒子混入型舗装	○	△	○	△	○	△
多孔質弾性舗装	×	×	△	×	○	×

発注者より、3) 機能性SMA 5) 多孔質弾性舗装は、総合判定より、施工結果に不安が残ることから、1)、2)、4)の施工を行うよう指示があった。以上を踏まえ①～⑤の低騒音舗装を選定し提案した。

① 排水性舗装(10mmTop) 5cm

排水性舗装の小粒径による騒音低減効果を理由に選定した。(図-1を参照)

耐久性や排水性能(吸音性能)の持続、さらに当現場の施工条件を考慮して、排水性混合物の最大粒径は、10mmとした。施工は、通常排水性舗装の施工と同様である。

② 排水性舗装(10mmTop) 3cm+排水性舗装(13mmTop) 3cm(二層式排水性舗装)

排水性舗装の小粒径による騒音低減効果と全層に小粒径の排水性混合物を用いた場合に比べ、耐流動性の向上ができるとして選定した。

MAP(マルチアスファルトペーパー)を用いたデュアルアスファルトペーパメント工法(以下MAP工法)で施工。MAP工法とは、上層と下層のスクリー

* 中部支店南部営業所工事長 ** 中部支店尾張営業所所長 *** 中部支店エンジニアリング課課長



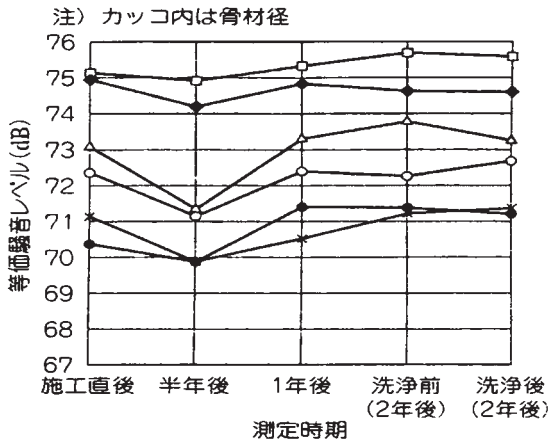
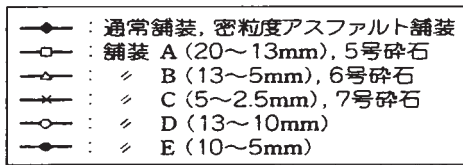


図-1 排水性舗装の騒音レベルの経年変化

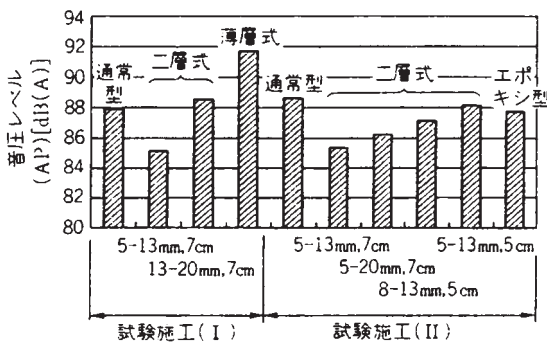


図-2 RAC車による舗設直後の特殊タイヤ騒音測定結果

ドにより、2種類のアスファルト混合物を異なった厚さで上下2層に同時施工する工法である。特徴としては、表層・基層を同時に施工するため、通常2回施工のところを1回施工でき工期短縮が可能になる。また、1層として締固めるため、2層が一体化した構造となる。このため、混合物に使用する骨材の最大粒径の1.5~2倍程度の薄さ(最大20mm程度)で各層を舗設できる。したがって、上層にコストの高い機能性舗装を薄くできる。

③ 排水性舗装 (10mmTop) 3cm+SMA (13mmTop) 3cm (二層式排水性+SMA舗装)

連続鉄筋コンクリート舗装版上の排水性舗装という当現場の施工条件から、

- 1) コンクリート版からのリフレクションクラック防止。
- 2) 排水性舗装からの雨水や融雪剤のコンクリートのひびわれへの浸入水防止。

3) 将来の排水性舗装切削オーバーレイ時のコンクリート版傷付け防止。

以上のことから、基層にSMAの使用が必要と考えて選定した。施工は②と同様である。

④ ゴム粒子混入型舗装 (10mmTop) 5cm (オークサイレント)

オークサイレントは、排水性能とともに舗装体内部および表面のゴム粒子の作用により、低騒音性を有している。ゴム粒子混入型舗装の騒音測定結果例では、一般的な排水性舗装に比べて約1~3 dBの低減効果が報告されており、一般的な排水性舗装よりも優れた低騒音性を有していることから選定した。また、今回は低騒音効果を高めるため、初めて10mmトップのオークサイレントを提案することとした。

通常排水性舗装の施工と異なる点は、ゴム粒子および植物性繊維を加えたアスファルト混合物を使用すること、および散布機で表面にゴム粒子を散布しながら舗設するところである。走行路・散布幅の確認、散布用ゴム粒子の供給方法等、計画している施工要領の妥当性を検討しておく必要がある。ゴム粒子散布機のキャリブレーションを行い、所定のゴム粒子量が散布できるように調整も行っておく必要がある。キャリブレーションは30cm×30cmのシートを置き、ゴム粒子散布機を通過させ、シート上のゴム粒子重量から1m当たりの散布量を求める。オークサイレントは排水機能を有しているので、設計に対して排水処理の妥当性を検討する。施工機械編成および一般的な機械仕様を図-3に示す。

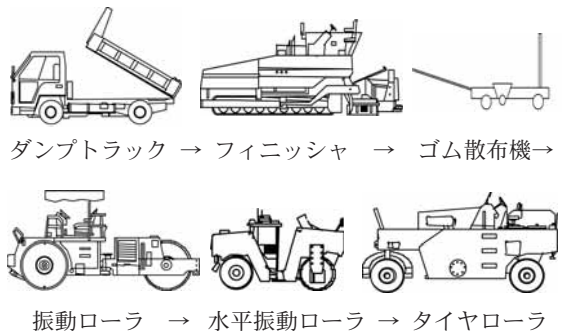


図-3 施工機械の編成

⑤ 再生排水性舗装

一般的な排水性舗装として比較するために選定した。

高粘度バインダーを使用した合材の再生化を目的として再生排水性舗装を選んだが、高粘度バインダーを使用した廃材の入手が困難なため、再生骨材を使用したもので施工。施工は、通常排水性舗装の施工

と同様である。

表-2 試験ヤード施工の舗装断面

対策工法	断面構造
①排水性舗装 ・排水性As (10mmTOP) ・再生改質II型粗粒度As	t = 5cm t = 5cm 排水性As (10mmTOP) 5cm 再生改質II型粗粒度As 5cm
②二層式排水性舗装 ・排水性As (10mmTOP) ・排水性As (13mmTOP) ・再生改質II型粗粒度As	t = 3cm t = 3cm t = 4cm 排水性As (10mmTOP) 3cm 排水性As (13mmTOP) 3cm 再生改質II型粗粒度As 4cm
③二層式排水性舗装 ・排水性As (10mmTOP) ・SMA(13mmTOP)	t = 3cm t = 3cm 排水性As (10mmTOP) 3cm SMA(13mmTOP) 3cm
④ゴム粒子混入型舗装 ・ゴム粒子混入型排水性As (10mmTOP) ・再生改質II型粗粒度As	t = 5cm t = 5cm ゴム粒子混入型排水性As (10mmTOP) 5cm 再生改質II型粗粒度As 5cm
⑤再生排水性舗装 ・一般層→排水性As (13mmTOP) ・再生改質II型粗粒度As	t = 5cm t = 5cm 一般層→排水性As (13mmTOP) 5cm 再生改質II型粗粒度As 5cm

表-3 各種、低騒音舗装の特徴


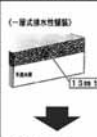

低騒音舗装の対策技術について	低騒音舗装の対策技術について	低騒音舗装の対策技術について
排水性舗装	二層式排水性舗装	SMA(13mmTOP) 再生改質II型粗粒度As
		
舗装の表層部分に空隙率の高い排水性アスファルト混合物を有する舗装である。雨天時の走行安全性を向上させるとともに、タイヤ/路面騒音を中心とした道路交通騒音に対しても低減効果がある。	上層に粒径の小さい骨材（粒径10mm程度）を、下層に粒径の大きい骨材（粒径13mm程度）を用いる舗装である。透気排水性舗装に比べて騒音低減効果大きい。	表層中の空隙とゴム粒子が走行騒音を低減する。排水性舗装に比べて、雨天時の走行安全性を向上させる。再生改質II型粗粒度Asの空隙率が高い。再生改質II型粗粒度Asの空隙率が高い。再生改質II型粗粒度Asの空隙率が高い。



写真-1 二層式排水性舗装 写真-2 二層式排水性+SMA舗装



写真-3 オークサイレント

3. 協議（提案）結果

協議の結果、当社が提案した各種低騒音舗装が決定し、試験ヤードを施工した。表-2に試験ヤード施工の舗装断面を、表-3に各種低騒音舗装の特徴を示す。

表-4 試験施工後の騒音測定結果

工区	対象区間		気温(℃)				平均速度(km/h)				等価騒音レベル(L _{day})				補正值(dB)
	起点	終点	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均	
①排水性舗装 排水性As (10mmTOP) t = 5cm 再生改質II型粗粒度As t = 5cm	14	- 49	9.2	9.6	9.8	9.5	49.9	50.0	49.6	49.8	90.6	90.6	90.2	90.5	90.0
②二層式排水性舗装 排水性As (10mmTOP) t = 3cm 排水性As (13mmTOP) t = 3cm 再生改質II型粗粒度As t = 4cm	68	- 99	9.2	9.6	9.8	9.5	49.5	50.2	49.9	49.9	90.8	91.3	91.1	91.1	90.6
③二層式排水性舗装 排水性As (10mmTOP) t = 3cm SMA(13mmTOP) t = 3cm	118	- 149	9.2	9.6	9.8	9.5	49.8	49.8	49.8	49.8	93.1	93.0	93.1	93.1	92.6
④ゴム粒子混入型舗装 ゴム粒子混入型排水性As (10mmTOP) t = 5cm 再生改質II型粗粒度As t = 5cm	349	- 390	9.2	9.6	9.8	9.5	49.9	49.7	50.1	49.9	88.1	88.0	88.1	88.1	87.6
⑤再生排水性舗装 一般層→排水性As (13mmTOP) t = 5cm 再生改質II型粗粒度As t = 5cm	409	- 449	9.2	9.6	9.8	9.5	50.2	49.6	50.5	50.1	92.0	91.9	92.1	92.0	91.5
既設路面 ③、④工区間	168	- 344	9.2	9.6	9.8	9.5	49.9	50.0	50.2	50.0	93.7	93.7	93.6	93.7	93.1

注) ※表中の対象区間（等価騒音レベルを算出する区間）は、区間進入時の他区間の走行/路面騒音の影響を考慮し、各工区において起点側で14m、終点側5mのゾーンを除いた区間としている。

また、補正值は走行速度50km/h、気温20℃条件に補正した等価騒音レベルを表している。



4. 試験ヤード施工結果

試験施工後のタイヤ近接音による騒音測定結果を表-4に示す。表-4より以下がわかった。①排水性舗装(10mmTop) 5cmと②二層式排水性舗装は、ほぼ同程度の騒音低減効果があり、中間層にSMAを用いた③二層式排水性+SMA舗装は排水性舗装の厚さが薄いため、騒音低減効果は幾分小さくなったと考えられる。④オークサイレントの騒音低減効果は5種類の中でもっとも優れていた。

5. まとめ

当現場では、騒音測定結果およびMAP工法を採用するという要求条件から、本施工にあたっては、施工条件により、以下の舗装断面にて施工をおこなうこと

とした。

- 1) 既設連続鉄筋コンクリート版がある箇所
③二層式排水性+SMA舗装
排水性舗装(10mmTop) +SMA(13mmTop)
 $t = 3\text{cm} + 3\text{cm}$
- 2) 上記以外の箇所
②二層式排水性舗装
排水性舗装(10mmTop) 3cm + (13mmTop) 3cm

おわりに

最後にオークサイレント(ゴム粒子混入型多機能舗装)は、騒音測定結果からわかるように低騒音効果にも非常優れていることがわかった。この貴重なデータをもとに、更なる技術力と営業力により受注の拡大につなげたい。

天神・春吉地区交差点改良工事における 工期短縮への取り組み

加藤 久喜*
否 笠 正 和**

はじめに

天神・春吉地区の路線は、福岡の中心である「天神」を通る道路と交差する国道202号線である。

現場周辺にはキャナルシティやデパート等が数多くありまた、夜は全国でも有名な「中洲」という歓楽街があるため昼も夜も慢性的に交通渋滞が生じている。特に夜は、客待ちのタクシーが多く、片側2車線の内1車線はタクシーの駐車場のよう状況を呈している。

今回、約600mの区間を、暫定4車線から5車線(一部6車線)に拡幅する工事が発注されたが、同時期に、天神地下街の地上復旧工事、天神地下鉄の駅舎工事があり、それぞれの工事業者と調整をしながらの作業であった。特に地下鉄開業が2月初旬に決定となったため、施工前から1月末(当初工期3月15日)に完了しなければならなかったが、無事、地下鉄開業前に本体工事を終えることができた。

本報告書は当現場における工期短縮の取り組みをその経緯もふまえて報告するものである。

1. 工事概要

工事名：天神・春吉地区交差点改良工事
発注者：国土交通省九州地方整備局
福岡国道事務所

施工場所：福岡市中央区春吉～天神

工期：自 平成16年6月25日
至 平成17年3月15日

主な工種：表-1 参照

2. 当現場の課題と対策

2-1 課題

当初の工程表を下表に示す(表-2)
当初は、2月中に舗装工事を完了し、3月初旬に竣工

表-1 主な工種と数量

工種	規格・形状寸法	単位	数量
路面切削工	t=3.5cm~6.5cm	m ²	3,086
	t=6.8cm	m ²	659
オーバーレイ工	t=3.5cm	m ²	6,160
表層工	高粘度改質As t=5cm	m ²	9,440
表層工	橋梁部・密粒キヤップAs改質I型	m ²	378
ブロック舗装工	透水ブロック	m ²	2,581
管渠型側溝	400型	m	818
L型側溝		m	214
照明灯基礎		基	8
ケーブル配管工	FEP30~50	m	1,902
歩車道境界ブロック		m	830
横断防止柵設置		m	446

表-2 当初工程表

工事名 天神・春吉地区交差点改良工事
工期 平成16年6月25日～平成17年3月15日

工種	16年6月	16年7月	16年8月	16年9月	16年10月	16年11月	16年12月	17年1月	17年2月	17年3月
路面切削工										
オーバーレイ工										
表層工										
ブロック舗装工										
管渠型側溝										
L型側溝										
照明灯基礎										
ケーブル配管工										
歩車道境界ブロック										
横断防止柵設置										

する工程で考えていた。しかし、1月末までに竣工しなければならなくなったため、また、天神地下街工事が、竣工してから、当社が取りかかる工事があったため、工期短縮の方策を検討する必要があった。

2-2 工期短縮の対策

工事を受注後、すぐに着工前測量をおこなったが交差点付近の車線数が、まだ未決定のまま概算発注され

*九州支店佐賀営業所工事主任

**九州支店熊本営業所工事主任





c) 防音対策の工夫による苦情の減少(工事中止の絶無)

当現場では、当社が施工する前、地下鉄工事が行われていたが、振動、騒音等により住民の苦情で度重なる工事中止があった。

今回は、期間的に非常に厳しかった為、事前のPRはもちろんのこと、防音対策にも気を配った。

① 橋付近作業時の防音対策

橋付近の作業において、橋が鋼橋であり、切削を行った際、騒音拡大現象がおこるため、防音対策として、防音シートを橋の高欄から、上流側、

下流側共、幅15m、高さ4m覆い(写真-2参照)施工を行った。

その結果、苦情もなく施工できた。

② はつり作業を伴う作業の防音対策

夜間作業でもっとも苦情の出るはつり作業であるが、施工範囲を防音シート2枚重ね(写真-3参照)で覆い飛散、粉塵、騒音防止対策とした。

d) 交差点における表層の工期短縮

福岡の中心部である、渡辺通り4丁目交差点の分割施工を、いかにして少なくすることが、工期短縮になると考えた。前にも述べたとおり、地下街工事の地上復旧工事が、先行して行われていたが、地下街工事が中間層を、当社は表層を施工した。地下街工事は、中間層を11日で施工していたが、同じ区割りでは、工程的に非常に厳しかったため、警察、国土交通省との打ち合わせの結果、図-4の割付で行うことの許可を得、6日間で施工を行い予定より5日間短縮した。

3. まとめ

今回、無事1月に工事を完了し、評価点も高い評価をいただいた。

特に今回の現場では、1ヶ月半工期を短縮したことが、この評価点にあらわれているとおもわれる。

おわりに

天神・春吉地区は九州を代表する路線である。

今回、渋滞緩和と歩道のバリアフリーを目的として天神地区6車線化が進められた事業において当工事を担当し、無事竣工を迎えることができたことをうれしく思う。この場をかりて関係各位に厚くお礼申し上げます。



写真-4 天神春吉地区 全景

転圧コンクリート舗装の舗装修繕施工事例

戸谷 勇喜夫*
高石 大輔**

はじめに

近年、重交通道路等における耐流動対策、補修費用の低減、および舗装体の耐久性向上の観点から、コンクリート舗装が長寿命化舗装とみなされ採用されてきた。

その中で、施工費用の低減や施工日数の短縮等で転圧コンクリート舗装の適用事例が増えた。

今回、国土交通省において、転圧コンクリート舗装の修繕工事が発注され当社が受注施工をおこなった。本報文は、既設転圧コンクリート版のクラック補修方法や交差点部の施工方法の検討結果、および施工について報告するものである。

1. 工事概要

- 1) 工事名：平成15年度国府・古川BP舗装修繕工事
- 2) 路線名：一般国道41号
- 3) 施工場所：岐阜県吉城郡国府町～飛騨市古川町
- 4) 工期：自)平成16年3月25日
至)平成16年10月29日
- 5) 発注者：国土交通省 高山国道事務所
- 6) 施工内容：

・路面切削工（アスファルト）	3,500㎡
・路面切削工（コンクリート）	13,423㎡
・基層工	3,500㎡
・表層工（排水性アスファルト）	3,500㎡
・SFコンクリート舗装工	13,108㎡
・表層工（明色エポキシSMA）	315㎡
・排水工	一式
・クラック防止工	一式
・目地工	一式
・区画線工	一式

本工事の施工区域である一般国道41号は岐阜県内を縦断（通過）し富山県に至り、北陸地方から中部地方への物資運搬の要ともいえる主要幹線道路である。

* 中部支店尾張営業所工事長 ** 中部支店尾張営業所

そのため工法選定には、工期短縮、早期開放、高い耐久性などの検討が必要であった。また、飛騨高山という観光名所への通り道ということもあり時期的な工事抑制を受ける可能性もあった。

上記のような理由から当初設計の転圧コンクリート舗装の修繕には版厚が薄く比較的短時間での施工が可能であり、耐久性が高く、ひび割れに対する抵抗性や疲労特性に優れてるといった特徴を持つ薄層SFコンクリートオーバーレイが採用された。

2. 当初設計に対する検討

2-1 既設版のクラック補修方法

既設コンクリート版のクラックがオーバーレイコンクリート版に影響を及ぼす恐れがあるためクラックの補修をおこなう必要がある。一般的に、コンクリートクラック補修方法として、以下の5種類がある。

1) 局部打換工法

ひび割れが開いてその部分における荷重伝達が期待できない場合や、版にブローアップやクラッシングを生じた場合に版あるいは路盤を含めて局部的に打換える方法である。

2) 注入工法

コンクリート版と路盤との間に生じた空隙を充填したり、沈下した版を注入圧力により押し上げて平常の位置に戻したりする工法であり、アンダーシーリングまたはサブシーリングともいう。

3) 目地およびひび割れ箇所への注入目地材等の注入

目地材が脱落、老化などの破損をした場合やコンクリート版にひび割れが発生した場合にその目地やひび割れに注入目地材などを充填して修理する工法である。

4) クラック防止シート工法

リフレクションクラックの抑制とし、クラック上面にシートを貼り付ける工法である。また、シートの種類も多数ある。



5) バーステッチ工法

ひび割れの生じたコンクリート版を鉄筋類を用いて連結し、ひび割れ部の補強を行う工法である。また、バーステッチ工法には、異形鉄筋を用いる方法と、フラットバーを用いる方法がある。

5つの工法より既設コンクリート版の状態より補修工法の検討を行った。

当初設計はクラック防止として、クラック防止シート（ガラスグリッド同等品以上）を使用していた。しかし、コンクリート版は既設コンクリート版とオーバーレイコンクリート版が一体となって挙動することから、付着の良否が供用後のひび割れ発生等、耐久性に大きな影響を与えることから、付着性が懸念された。また、クラック防止シートは上部にアスファルトをオーバーレイをする実績は非常に多いがコンクリートの実績がまったくないということからバーステッチ工法に変更し施工をおこなった。

フラットバーステッチ工法は主に道路・空港・工場床などのコンクリート版に発生したひび割れ補強工法である。ひび割れをはさんだ両側のコンクリート版に幅10mm、深さ100mmのカッター溝をひび割れと直角に切断し、そこに速硬化の高強度樹脂モルタルを流し込み長さ1100mmのフラットバーを挿入して2枚のコンクリート版を連結し、コンクリート版が一様な挙動を行うようにする工法である。本工法の特徴としては溝幅が10mmと狭いことから補修箇所・表面積が小さくて済むということがあげられる。また、速硬化の樹脂モルタルを用いているため、強度発現時間が短くて済み、次工程に早期に取りかかることができるため工期の短縮が可能であるといった特徴も持ち合わせている。

図-1にフラットバーステッチの詳細図を示す。

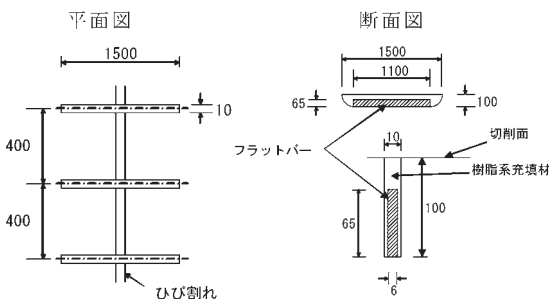


図-1 フラットバーステッチ詳細図

2-2 SF コンクリート配合

今回のような明かり部での薄層SFコンクリート舗装での10,000㎡以上の実績は全国でも極めて少なく、更に初期クラックの発生がより一層懸念される夏季の施工であった。（当工事地域は豪雪・積雪地帯にあ



写真-1 フラットバーステッチ施工状況



写真-2 フラットバーステッチ完了

表-1 配合表 (Kg/m³)

セメント	鋼 織 維	水	細 骨 材 ①	細 骨 材 ②	粗 骨 材	高 性 能 減 水 剤	A E 剤
500	100	170	748	100	793	3.0	0.15

るため、冬季での施工は困難であった。）

試験練りで決定した配合表を表-1に示す。

決定配合で施工した結果、早強セメントを500 Kg/m³（曲げ7.0-6.5-25H）の使用で時期が夏季ということと、厚さが5cmと薄いため、打設開始から約15分で硬化がはじまった。そこで施工が困難であるため50mで中止した。可使時間は、最低でも打設から60分はほしいため再度、数パターンの試験練りをおこない室外でのスランプの経時変化を確認した。結果、高性能減水剤の遅延タイプ（レオビルドSP8RV）を0.8%添加で現場着後（運搬時間約20分）の可使時間で60分が可能になった。その時の経時変化を表-2に示す。

オーバーレイ舗装下面（切削面）も太陽熱直下で熱をもっているため、打設前に生コンミキサーにて軽く散水し気化熱作用で温度を下げながら施工をおこなっ

た。その結果、1日で200mの施工が可能となり、工期短縮が図れた。

表ー2 経時変化(レオビルドSP8RV添加0.8%)

	スラブ cm	空気量 %	コン温度 ℃	備考
練上り直後	9.5	3.5	25.0	
30分後	7.5	4.7	25.0	
60分後	6.5	5.0	24.5	
90分後	6.0	4.7	25.0	
120分後	5.0	4.7	26.0	

2-3 施工機械

本工事は工期がないことと、早期交通開放が絶対条件であった。そのため施工にはレール設置・撤去の工程が省け短期間で施工可能なオフレール式のフィニッシャーを採用した。しかし、オフレール式はレール式に比べ平坦性が確保しにくいといったデメリットも抱えていた。その点は、自走式レベラーの使用・人カフロードで平坦性を確保した。また、フィニッシャーでの施工では舗装端部の締固めが不十分になりやすいといった問題点を人力で平面パイプを丹念にかけることによってクリアした。施工起点部・終点部に関しては人力で施工を行いトンボパイプで締固めを行って対応した。オフレール式フィニッシャーの使用により、施工サイクル(規制-切削-クラック補強-研掃-打設-区画線-開放)が1週間で施工でき工期短縮できました、仮設費(レール設置・撤去・損料)が縮減された。

図-2にコンクリート舗装の施工編成図を示す。

2-4 交差点部の施工

工事施工内に路線バスの通行帯となっている信号交差点が存在した。バス路線のため、迂回路等の措置はとれず、早期での交通開放が絶対条件となった。そのため、SFコンクリート舗装では施工条件には適さず代替案として、アスファルト舗装を提案した。図-3にコンクリート舗装とアスファルト舗装の一連の作業フロー図を示す。

一連の作業の工程がコンクリート舗装は9工程、アスファルト舗装は6工程と大きな差がある。工程数の縮減項目を以下に記す。

- 1) 下面との付着がアスファルト乳剤で可能であることから研掃が不要となる。
- 2) クラック処理(フラットバーステッチ)が簡易なクラック防止シートでの対応が可能である。
- 3) 交通開放時までのコンクリート養生が不要となる。(温度低下で交通開放可能)

しかし、当初設計はコンクリート舗装であるため以

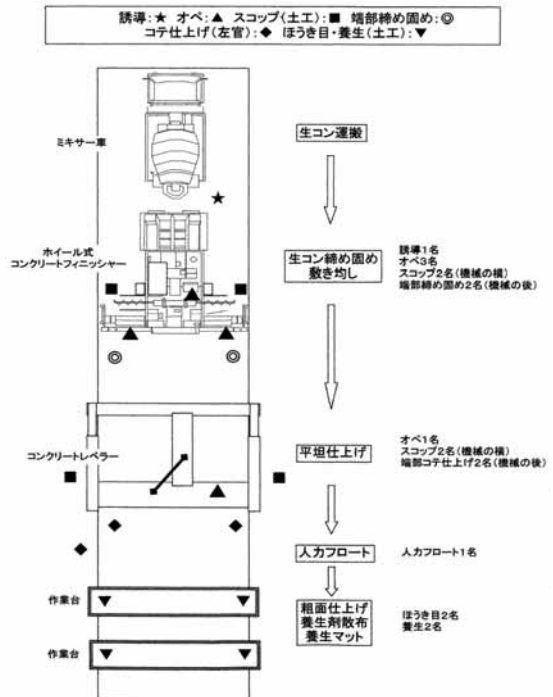


図-2 施工編成図



写真-3 打設状況



写真-4 人カフロード状況

下にその問題点と解決・対応策を記す。

コンクリート舗装工

アスファルト舗装工

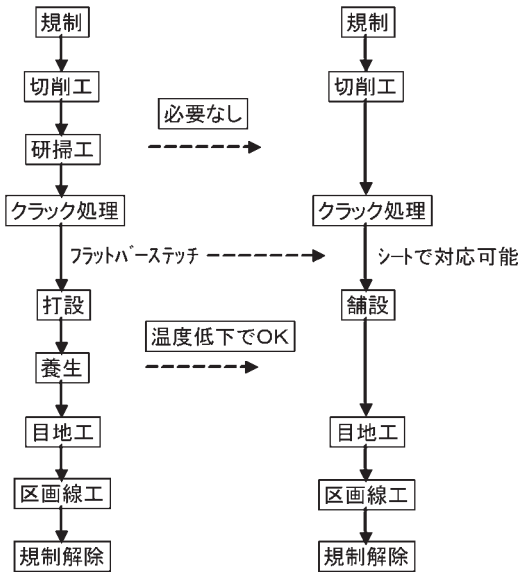


図-3 舗装作業フロー図

表-3 エポキシ明色SMA配合表

6号砕石	粗目砂	石粉	顔料	As	植物繊維
61.0	20.7	10.2	2.0	6.1	0.3 外添加

アスファルトは、脱色II型4.9エポキシ樹脂1.2



写真-5 舗設状況

1) 耐久性の問題

バインダーにエポキシ樹脂を添加することでコンクリート並みの耐久性を得た。

2) 周囲の舗装（コンクリート）との色彩の調和

バインダーを脱色アスファルトにし、明色性を確保するため、顔料（白色チタン）を使用し色彩の調和を行った。

3) 浸水による剥離

コンクリート上のオーバーレイ舗装のため、浸水による剥離防止対策として、水密性の高いSMA（砕石マスチックアスファルト）とした。

エポキシ明色SMAの配合を表-3に示す。

おわりに

今回の工事は初期段階で悪天候が続き、工程の変更・見直しを余儀なくされた。しかし、規制を終日規制に変更し、連続作業を行うことによって無事工期内に完成できた。また、現場の状況に応じて、当初の設計から様々な変更を行い発注者のニーズに対応することができた。

転圧コンクリート舗装は、平成元年頃から全国で採用され増えてきた。したがって今後、転圧コンクリートの修繕が多くなってくると推察される。その時に本報文が少しでも役にたてれば幸いである。

最後に本工事において、様々な面でご指導・ご協力頂いた皆様方に感謝の意を表したい。

青森美術館屋内外における土系素材仕上げ

金子 清之進*
 太田 勲**
 高橋 正晴***

はじめに

青森市には、日本最大級の縄文集落跡『三内丸山遺跡』がある。この度『三内丸山遺跡』に隣接して青森県立美術館が新築されることになり、遺跡のイメージにあった仕様に設計されている。

このため、その館内の床および屋外舗装は土系舗装となっている。

この土系舗装を2003年秋に検討を開始し、2005年8月に施工完了した。この工事の概要を報告する。

1. 工事概要

工事名	青森県立美術館新築工事
工事場所	青森市大字安田字近野地内
発注者	青森県土整備事務所
施工者	竹中・西松・奥村・北斗 特定建設共同企業体
工期	自：平成14年10月1日 至：平成17年9月20日
主要工種	土系素材仕上げ 屋内：2,935㎡ 屋外：4,713㎡

2. 施工フロー

本施工に至るまでの手順は図-1のとおりである。

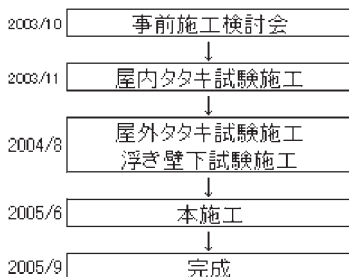


図-1 施工フロー図

各段階における検討課題および結果は次のとおりである。

2-1 事前施工検討会

- ① セメント量が多いのでひび割れが発生する。その対策として、目地設置が必要である。
⇒目地設置計画を立案し提案する。
- ② 混合方法をどうするか。現地混合か生コン工場で混合可能か。
⇒施工場所が室内および地下であるため、運搬が困難である。日施工量もかなり低いと思われる、それにあつた製造量を確保できる製造法を試験施工で決定する。
- ③ エフロレッセンス防止対策はどうか。
⇒試験施工にて発生を確認。その結果により、酸洗い・表面処理を検討する。
- ④ 施工厚さの規格(50±10mm)、および平坦性の規格(1m離れた箇所では10mm以内)はクリアできるか。
⇒人力施工では困難。日施工量を調整して、丁寧な施工をする必要がある。屋外はAsFiの使用が可能であればクリアできる。
- ⑤ B1F、B2Fへの材料運搬はどうか。
⇒キャリアダンプ、ショベルローダ、クレーンによるホッパ投入等施工場所により使い分ける。
- ⑥ 転圧方法はどうか。壁際端部の転圧方法および屋外において、転圧不足により凍上は発生しないか。
⇒壁際は土羽板・タンバ等で転圧。その他はビブロプレートとハンドローラを併用する。

2-2 第1回試験施工 2003年11月

試験場所 青森美術館現場内

施工面積 20㎡

目的

- ① 実施工による強度確認
- ② 仕上げ厚さ・不陸の施工精度の確認
- ③ 三角材を設置し、ひび割れを誘発し、その程度

* 東北支店青森営業所工事主任

** 東北支店青森営業所所長

*** 東北支店青森営業所副所長



を観察するとともに補修方法を検討する。

- ④ 壁際の転圧方法の確認
- ⑤ 補修を想定し、養生後の舗装をカッター切断し撤去した後、新材を入れ、合板・ウレタンマットを敷きビプロプレートで転圧し、仕上がり性状の確認を行う。
- ⑥ 同日および翌日の施工ジョイントを型枠止め、テーパー止めで仕上がり性状の確認を行う。
- ⑦ 凍害への耐久性確認
- ⑧ エフロレッセンスの発生状況の確認およびその除去試験

施工状況は以下のとおりである。



写真-1 施工状況



写真-2 端部転圧状況

結 果

- ① 混合物供試体（φ50*90mm）切取り供試体（40*40mm）とも規格値160kg/cm²を満足する。
- ② 1m以内の不陸は+9～-5mmにあり、規格値10mm以内を満足する。
- ③ ひび割れを誘発できず。
- ④ 壁際は写真-2の押さえ板を木槌で仕上げる方法をとったが、ムラがあり、平坦性も悪く、手間がかかる。
- ⑤ 打継目が目立つため、鍍、ハンマ等で仕上げが

必要。

- ⑥ 入念な仕上げをしたが、施工直後は目立つ。しかし、一冬経過時は全面が白華したため、さほど目立たない。
- ⑦ JOS A 1148および1435に準拠して、試験サイクル数を検証したが、30サイクルでは異常なく、100サイクルでも表面のスケーリングが認められる程度でILBと同等であった。
- ⑧ ブルーシート、養生シート+ブルーシート、ビニールシート+ブルーシートの3タイプの養生方法で検証したところ、ブルーシートのみの養生が最も白華抑制効果が期待できた。

以上の結果をふまえて、2004年8月に再試験施工を実施した。

2-3 第2回試験施工 2004年8月

試験場所 青森営業所敷地内

施工面積 60m²

目 的 セメント混入率35%混合物の施工性の確認

- ① 計量機付ミキサーの混合性確認
- ② 通常部の施工性、仕上がり性状の確認
- ③ 浮き壁下の打継ぎ、人力転圧の施工性確認

結 果

- ① 硬化が早いので、運搬時間は極力短くする必要がある。そのため、現地混合とし、前回試験施工で使用した平型ミキサよりも製造能力の高い計量機付ミキサ（モータ式6KV）を使用した。これにより1バッチ当たり350kg混合可能であった。また、混合性も問題なかった。
- ② 同日打継目はAs舗装のように端部を残して転圧し、次のレーン施工時に転圧した。このタイムラグが小さければ問題ないが、時間がたてば仕上がりも悪く、表面の硬化が十分でない。ひび割れ、ローラマークが発生。
- ③ 浮き壁下は土羽板で施工。打継目は型枠止めとする。

2-4 本施工 2005年6月～8月

2回の試験施工結果から、本施工の施工方針を決め、内装工事の進捗にあわせ、浮き壁下・その他一部を先行施工した。本格的に施工を開始したのは6月初旬である。以下に本施工の概略を説明する。

(1) 混合物製造

SCr、砂はバックホウでホッパに投入し、含水量を補正して自動計量する。セメントはサイロから、水はタンクに予め減水剤等を混合し、自動計量投入する。

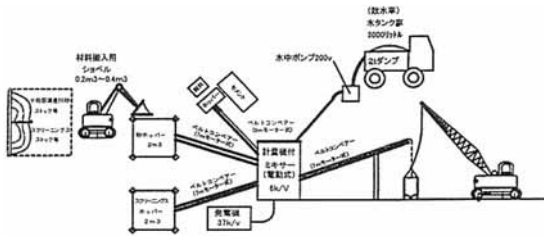


図-2 製造概略図

碎石は事前にキャリブレーションを行い、容器にマーキングして、容積計量とする。

図-2に製造の概略を示す。

混合は混合性を考慮し、骨材・セメント・顔料を2分空練りした後、加水してさらに2分混合した。

結果として、均一な混合が得られた。

(2) 混合物運搬

混合物はコンクリートホッパに投入した。

また、製造の中断を軽減する目的で、2tダンプ上に2台のコンクリートホッパを並べ回転を良くした。

施工箇所へは

- ① トラックレーンで荷下ろし
 - ② トラックレーンで荷下ろし→キャリアダンプで移動
 - ③ トラックレーンで荷下ろし→キャリアダンプで移動 → 一輪車運搬
 - ④ ダンプ運搬→トラックレーンで荷揚げ→一輪車運搬等様々な運搬方法を取り、日施工量を確保した。
- 写真-3に荷下ろし状況を示す。

このとき、コンクリートホッパの直下に作業員が入らぬよう、上下に見張り員を配置し、ハンドレスマイクでクレーンオペレータと、スピーカのサイレンで上下の合図を確実に実施した。



写真-3 荷下ろし状況

(3) 施工

2回の試験施工で十分に検討したはずであったが、施工日毎に方法を修正していった。



写真-4 摺り切り状況



写真-5 転圧状況



写真-6 版築壁養生状況

屋外は当初フィニッシュ施工を考えていたが、材料の供給量が確保できないことにより、全て人力施工とした。

敷き均しは、当初レーキワークのみであったが、人力施工では余盛りが大きく、下地も不陸が大きいため、平坦性が確保できず、ローラマークも目立つ。

そのため、レーキワーク後定規で摺り切りし、コンパネの上からビブロプレートで初期転圧とした。コンパネは30*180cmから90*180cmに大きくし、その後厚さも9mmから4mmとした。この薄くすることにより、



写真－7 壁際締め固め状況



写真－8 転圧状況

端部が反り返り、端部痕を解消することができた（写真－4、5）。

壁際の端部転圧は、立上り部に30cmのベニヤを当てて養生し、タンパで締め固めた。白壁の箇所は養生シートを貼り、汚れ付着を防止した（写真－6、7）。

施工打継目に関しては、打継目の箇所数を低減することに重点を置いた。そのため、昼食は交代で摂ることとし、連続施工に努めた。

日々の打継目は、転圧が不十分であると、角欠け等不具合が発生したので、型枠から転圧輪をはずして十分に締め固めた。（写真－8）

3. まとめ

今回工事は、施工方法を試行錯誤しながら工事を進め当初の目標を達成することができた。

表－1 日当たり施工面積

施工箇所	施工面積 (㎡)	施工実日 数(日)	日当たり施 工面積(㎡)	目標日施工 面積(㎡)
屋内	2,935	29	101.2	100
屋外	4,713	35	134.7	130

セメント量が多い混合物を扱う場合

- ① 製造から転圧まで短時間で完了する施工方法を十分に検討すること。
- ② 当日の天候、気温、風等を考慮し含水比調整をすること。

が特に重要である。

おわりに

今回の工事は、使用混合物のセメント量が極めて多いこと、施工箇所が地下および室内で施工性が極めて悪いこと、要求性状が高度で、設計担当者の感覚で判断されること、当初工程どおりに他工種が進まず、日々段取りが変わるなど、非常に困難な現場であった。

しかし、担当営業所・支店・本店の関係者、協力業者が、施工段階ごとに問題点を抽出・検討することにより、何とか要求性能を満足して納品することができた。

工事完成には、日々問題点を抽出し、関係者全員で解決していくことが不可欠である。

AML工法に関する施工方法の改善について

福本佳久*
尾崎靖宣**
堀浩明***

はじめに

本報文は、最終処分場の底盤しゃ水工（法面部）である『AML工法』に関する施工方法の改善についてまとめたものである。

1. 工事概要

工 事 名：最終処分場整備工事その2
 工事場所：福井県武生市勾当原地係
 工 期：平成16年8月1日～平成16年12月31日
 元発注者：南越清掃組合

2. 工事内容

底盤しゃ水工（法面部）

路盤工（粒調砕石セメント処理） 3, 950m²
 基層工（水密性AS：t=70mm） 3, 950m²

3. 主要資材

水密性アスファルト混合物 650 t
 粒度調整砕石（M-40） 770m³
 セメント（t袋） 27 t

4. 主要使用機械

4-1 法面路盤工

表-1 法面路盤工使用機械

機 械 名	用 途	台 数
0.7BH	セメント混合	1
1.2BH(法面バケット)	路盤整形	1
斜面振動ローラ	転圧	1
ローラ移動架台(路盤用)	ローラ牽引	1
25(50)tラフタークレーン	ローラ牽引	1
散水車	含水比調整	1

4-2 法面舗装工

表-2 法面舗装工使用機械

機 械 名	用 途	台 数
80tクローラクレーン	△F牽引	1
斜面アスファルトフィニッシャ	合材敷均し	1
△F移動用架台	△F移動	1
斜面振動ローラ	転圧	1
ローラ移動架台(ウインチ付)	ローラ牽引・移動	1
合材ホッパー	合材運搬・投入	4
10t低床トラック	合材運搬	1
7tダンプトラック	合材運搬	1
25(50)tラフタークレーン	合材供給他	12
移動用レール(5×10)	機材移動	12
ホットプレート	転圧(隅部)	12

5. 平面図および構造図

全体平面図

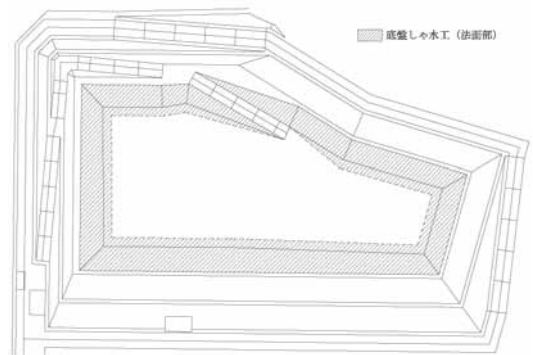


図-1 全体平面図

底盤遮水工（法面部）構成図

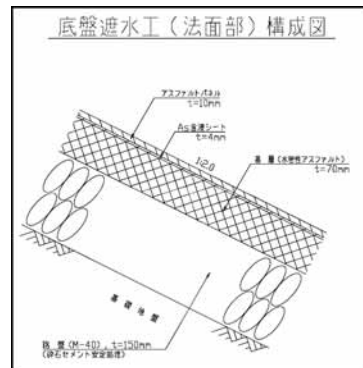


図-2 構成図

* 大阪支店兵庫東営業所工事主任 ** 大阪支店京滋営業所 *** 本店エンジニアリング部土木グループマネージャー



6. 施工方法

6-1 法面路盤工について

- ① 碎石に散水し含水比を調整しながら0.7m³BHにてセメントと混合する。
- ② 1.2m³BHにて混合した碎石を斜面に投入し所定の勾配に合わせて整正する。
- ③ 25tラフタークレーンにて斜面振動ローラを牽引し転圧する。

6-2 法面舗装工について

- ① スプレーヤーにて乳剤を散布する。
- ② 小段部に移動用レールをセットする。
- ③ 斜面AFと80tクローラクレーンを所定の位置にセットする。
- ④ 合材ホッパーにてプラントから合材を運搬する。
- ⑤ 50tラフタークレーンにてホッパーを吊り斜面AFに合材を供給する。
- ⑥ 斜面AFを牽引し合材を敷均す。
- ⑦ AFにて法肩まで敷均し、移動架台に乗せた後次レーンに移動する。
- ⑧ 次レーン移動後AFを下に下ろす。
- ⑨ 敷均し完了レーンを斜面振動ローラにて転圧する。(ウインチ付架台使用)
- ⑩ 転圧完了後、移動架台に乗せローラを次レーンに移動する。

1レーン当りの舗設時間が次レーンへの移動時間も含めて約60~90分、転圧に約20~30分かかると予想されていたので1レーン当たり平均で100分必要になり、1日当たり4~5レーンの施工量となる。また、AF移動架台が大きく、ローラ架台が1レーン分移動できなく、連続レーンの施工では1レーン全てを転圧することができないため千鳥レーン施工の検討が必要であった。

7. 試験施工後の問題点および対策

7-1 法面路盤工

路盤工の試験施工を行った結果、いくつか問題点があり、その対策を講じた。

7-2 法面舗装工

施工検討会を踏まえ、試験施工を実施したが、失敗に終わった。失敗の要因とその対策案を表-4に示す。

8. 施工方法改善後の効果

8-1 法面路盤工

- ① 転圧開始の時間が早くなったため、路盤の品質が向上した。

表-3 法面路盤工の問題点と対策案

No	問題点	対策案
①	・施工場所のすぐ近くでセメント混合するため、転圧開始までの機械セッティングに時間がかかり、混合物が乾燥し締固め不足となる。	・施工場所付近での混合作業を避け、離れた場所でセメントを混合し、タイヤショベルにて混合物の運搬を行うこととし、最初から転圧機械をセットする。
②	・最下段R部の整形がうまくいかない。	・R定規を使用する。 ・0.2BHあるいはD21Aブルドーザーによる整形を行う。
③	・法肩部の転圧がうまくできない	・プレートにて、こまめに転圧する。
④	・法肩から法尻(R部)まで整形しないと転圧できない。	・W=3.0m程度で仕上げていく。

表-4 法面舗装工の問題点と対策案

No	問題点	対策案
①	・移動用レールに3mm以上の段差があったため、移動架台がスムーズに動かない。	・移動レールの設置時に細心の注意を払い、1レーン施工時間の短縮を図る。
②	・移動に時間がかかり、混合物が温度低下し、舗装表面にツヤが全くでなかった。	・1レーン施工時間の短縮を図るとともに、できる限り混合物の保温に努める。
③	・千鳥レーンで施工したため、機械のセッティングを左右逆にする必要があり、その移動に時間がかかった。	・連続レーン施工に切り替える。
④	・真ん中のレーンを施工する際に施工完了した舗装面に足跡がつく。	・連続レーン施工に切り替え、舗装完了面にできるだけ乗らない。
⑤	・法肩部を木製型枠で舗装止めとしたが、転圧する際に壊れてしまいローラ架台にうまく乗れなかった。	・鋼製の舗装型枠を作成する。
⑥	・コーナー部まで施工した後で機械セッティングをやり直す必要がある。	・日当たり施工量の調整を行い。機械移動日を設ける。
⑦	・合材運搬がホッパーなので、合材ロスを少なくする場合、プラントに引取りに行くことができず、合材待ちの時間が発生する。	・1レーン当たりの使用数量を検測し、タイムスケジュールを作成して時間ロスのないようにする。

- ② R定規を使用することで所定のRに仕上がった。機械を変更することにより、R部の仕上げ時間が短縮された。
- ③ 法肩部の転圧が良好にできた。
- ④ 転圧開始の時間が早くなった。

以上の改善を行った結果、日当たり施工量は当初300m²から360m²と向上した。

8-2 法面舗装工

①, ② 小段部全面に仮設砕石を施工し、移動用レールを精度良く、また、すばやく設置できた。

この移動用レールの段差修正により、1レーン当たりの施工時間が連続レーン施工で約40分に短縮された。

③, ④ 転圧時間と敷均し時間がほぼ同時になったため、連続レーン施工が可能になり、舗装の出来形、品質が向上した。

⑤ 型枠が壊れることがなくなり、ローラ架台への移行がスムーズになり、法肩も十分に転圧できた。

⑥ 機械移動日を設けた。

⑦ タイムスケジュールを作成し、合材供給にロスが出ないようにした。

以上の改善を行った結果、日当たり施工量は当初4レーンであったが、最大12レーンまで向上させることができた。

9. コストダウンの検証

9-1 法面路盤工

表-5 法面路盤工の計画と実施

	計 画	実 施	増 減
施工面積 (㎡)	4,023	3,950	△73
施工日 (日)	14	11	△3
施工量 (㎡/日)	300	360	60
M-40 (t)	1,400	1,708	308
セメント (t 袋)	28	35	7

日当たり施工量アップに伴い、施工手間においてのコストダウンはできたが、材料費が予想以上にロスした。この材料費のロスが最終的に単価をアップさせた原因と考えられる。

この原因は、最下段R部の整形に伴うM-40のロスである。図-3のとおり最下段部はR=15.0mになっているが、土工事の終了時点ではR形状になっていないため、砕石にて整形しなければならない。この部分の調整砕石 (C-40) が0.99m³/mと計算され、施工延長がL=360mであることから、約800tの砕石が必要となる。最初に、平坦部の路盤材C-40を敷き均していたために、M-40のロスが24%程度で

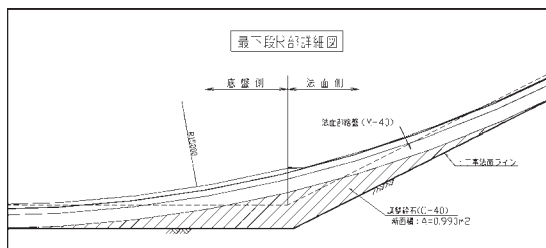


図-3 最下段R部詳細図

んだと思われる。

9-2 法面舗装工

表-6 法面舗装工の計画と実施

	計 画	実 施	増 減
総施工面積 (㎡)	4,023	3,950	△73
総施工日数 (日)	35	27	△8
機械施工 (レーン)	94	95	1
機械施工 (日)	25	13	△12
人力施工 (箇所)	10	9	△1
人力施工 (日)	10	7 併用日2	△3
設置撤去 (日)	0	2	2
機械移動 (日)	0	5	5
水密性 As (t)	695	700	5
小段部 仮設砕石 (m)	0	464	464
小段部 砕石撤去工 (m)	0	250	250

機械施工方法の改善に伴い、大幅に機械施工日数を短縮できたが、経験不足から機械の設置・撤去や機械移動日等の日数を考慮していなかったため、総施工日数は8日間の短縮にしかならなかった。

上記の表にある小段部仮設砕石工および小段部砕石撤去工は、当初から予定されていない工種であったが、図-4の小段部でどのようにして移動用レールを設置するのが1つの課題であった。

試験施工前に試行錯誤を繰り返して、コスト比較を重ねた結果、簡単でありコストがかからないと思われる方法を採用し、大幅なコストダウンを達成できた。

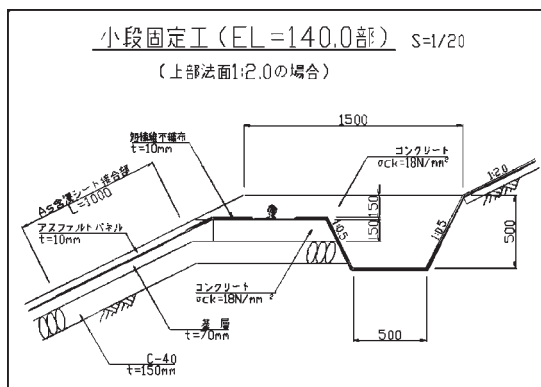


図-4 小段部構造図

10. 改善が必要な問題点と今後の課題

今回の『AML工法』施工中で、改善できなかった問題点と今後の課題を下表に示す。

表-7 課題とその対策

問題点	対策案	予想される効果
法面路盤工		
法肩部の転圧がうまくできない	路盤用ローラー架台上に振動ローラーを乗せる	転圧がきちんとできる
25t ラフタークレーンが常時必要になる	ローラー架台を自走式にする。ワイヤーをウインチ方式にする	コスト低減 残業時間の短縮 スムーズな転圧
法面基層工		
油圧ユニットで機材を移動	舗装用ローラー架台を自走式にする。	作業スペースの確保 人力施工能力UP
合材ホッパーの開閉能力が半日分しかない	電気系統の改造	スムーズな人力施工
1レーン内で転圧のタイムラグがある	A F 移動架台のコンパクト化	仕上がり舗装面が均一になる
人力施工部の表面が粗い	ホットプレートのパイプレーションを強力にする。	舗装面がきれいになる
80t クローラクレーンは荷を吊れない	荷を吊れるようにする	コストの低減
移動用レールを12枚しか製作しなかった	最低15枚欲しい	施工能力のUP
法肩より50cm下にクラックが入る 人力施工の表面が粗い	エポキシ樹脂補修	品質の向上
品質が確保できているか判断しにくい	試験施工を実施し、コアを抜く	発注者等は当然だが、施工者も安心できる

おわりに

今回、『AML工法』を初めて施工するにあたり、着手前にさまざまな情報を収集し、理解したつもりでも、やはり実際に施工しないとわからない点が数多く、不安な気持ちで施工を開始した。

案の定、試験施工は失敗し、発注者・元請・当社職員など全ての関係者にまで不安や不信感を抱かせる結果となった。その直後に行ったミーティングでは、問題点および改善策について作業員全員で話し合い、2日後の本施工にそなえた。

そして、本施工当日において出来高は6レーンであった。時間はかかったが、品質・出来形共に良好なでき映えで、発注者・元請共に満足していただいたが、施工能力アップによる工期短縮を強く要望された。

そのため、1レーン当りの施工サイクルの作業時間ロスを施工しながら短縮・改善していき、条件付きではあるが最大12レーンまで実現することができた。さらに、施工能力アップによって品質・でき形が低下せず、逆に向上していった。

最後に、この工事を施工するにあたり、携わったすべての関係者の方々に感謝いたします。



写真-1 完成全景

コンクリート壁厚1.5mの最終処分場の築造について

中西亮輔*
柳瀬喜一郎**

はじめに

日本では、平成元年度以降毎年年間約5,000万tの一般廃棄物が排出されている。排出量はここ数年横ばいの傾向が続いているが、13年度は、総排出量は5,210万t、国民1人1日当たり1,124gとなっている。この一般廃棄物については、市町村が定める処理計画に沿って処理が行われているが、最終処分量は実に995万tにもなっている。

今回、庄原市外5か町連合衛生組合発注による、搬入される廃棄物を安全かつ安定した構造で埋め立て処分することを目的とした「一般廃棄物最終処分場」の築造に携わったので工事概要等について以下に報告する。

1. 最終処分場の種類

1-1 遮断型処分場

遮断型処分場は、厚さ15cm以上のコンクリート製の仕切で公共の水域および地下水と完全に遮断される構造となっており、一区画の面積は50㎡または埋立容積250m³を原則とし、有害物質が基準値を超えて含まれる燃えがら、ばいじん、汚泥、鉍滓などの有害な廃棄物が対象となる。

1-2 安定型処分場

安定型処分場は、廃棄物の性状が安定している廃プラスチック、ゴムくず、金属くず、ガラスくず、および陶磁器くず、建築廃材その他環境大臣が指定する分解性・腐敗性のない廃棄物を埋立処分するもので、汚水やガスの発生のないことから遮水工などは施さない構造になっている。

1-3 管理型処分場

管理型処分場は、一般廃棄物および遮断型処分場、安定型処分場で処分される産業廃棄物以外のものが対象であり、埋立地から生じる浸出液による地下水およ

び公共の水域の汚染を防止するための遮水工や浸出液の処理施設が必要である。

2. 工事概要

工事名：(仮称)一般廃棄物最終処分場建設工事
 工事場所：広島県庄原市是松町地内
 工期：平成16年2月～平成17年3月
 発注者：庄原市外5か町連合衛生組合
 請負者：玉川工務店(株)・(有)中田建設共同企業体
 当社が施工を行った貯留設備工事のうち、貯留ピット築造工の工事数量を表-1に示す。

表-1 貯留ピット工事数量

工種	規格	単位	数量
底版コンクリート工	24-8-20L	m ²	2,050
壁・柱コンクリート工	24-8-20L	m ²	1,500
シンダーコンクリート工		m ²	350
型枠工		m ²	3,154
鉄筋工	D10~D32	t	360
ガス圧接工	D32、D25	ヶ所	917
足場工		掛m ²	3,240
止水版工		m	491
吊り型枠・保護工等		式	1

なお、シンダーコンクリートとは、処理場内部の水分を含む液状物を集水枘に集めるために勾配調整と底版の保護のために施工する軽量コンクリートである。構造物の寸法を図-1に示す。

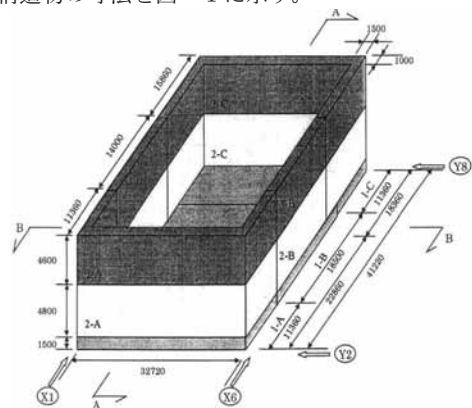


図-1 構造図

*中国支店広島営業所 **中国支店広島営業所工事長



3. ひび割れの検討

3-1 事前検討

コンクリートの硬化後に発生するひび割れのうち、コンクリート自身に起因するものは、①化学反応（アルカリ骨材、塩害等）、②乾燥収縮、③温度応力等が考えられる。そのうち、化学反応および乾燥収縮に対しては、反応性の少ない骨材を使用する、単位水量をできるだけ小さくする、水セメント比を小さくする等、配合設計上の配慮で抑制することが可能である。

コンクリート標準示方書にコンクリート供試体の引張強度（特性値）と構造物中の引張主応力（算定値）の比としてひび割れ指数が定義されており、ひび割れ発生確率は予測手法の精度や供試体の引張強度と構造物中の引張強度との差などの影響を受けるため、必ずしも、ひび割れ指数=1.0の時にひび割れ発生確率が50%にならないことに注意する必要がある。

したがって、ひび割れ発生確率を5%、25%および85%とする場合、安全係数 γ_{cr} をそれぞれ1.75、1.45および1.00とすればよいことになり、一般的な配筋の構造物における標準的な γ_{cr} は、ひび割れを防止したい場合1.75以上、ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合1.45以上、ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大にならないように制限した場合1.0以上であり、安全係数とひび割れ発生率の関係を図-2に示す。

ここでは、安全性・経済性等の検討を重ねた上で、ひび割れ発生確率60%とし、安全係数1.45以上を目標とした。

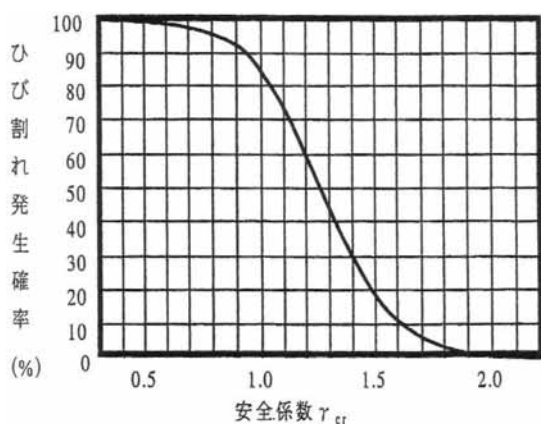


図-2 安全係数とひび割れ発生率の関係

3-2 検討結果

温度解析結果によれば、各部位とも中心部でひび割れ指数が小さいこと、コンクリート温度の低下に伴

てひび割れ指数が小さくなることから、外部拘束による温度応力が卓越していると考えられる。

実際の施工に当たっては、コンクリートの打設温度を下げるのがひび割れの抑制に一番有効であると考えられ、骨材に散水し、また練り混ぜ水を冷却し、できるだけ低い温度の水を用いた。また、型枠の在置期間を長くすることおよび型枠面にシート養生を行うなど適切な養生方法を選定し、初期養生に十分注意を払った。

4. 施工方法

施工フローを図-3に示す。



図-3 施工フロー図

4-1 底版部鉄筋組立・コンクリート打設

底版部の鉄筋は、192 t 使用した。底版部コンクリート打設は、底版厚さ1.5mであり、3日間での打設を、580m³/日～900m³/日をロングブームポンプ車2台、 ϕ 50mmの高周波パイプレータ3台（予備2台）で、1パーティを作業員6人とし、2パーティで打設を行った。また、打設順序は、事前検討した結果、1-A、1-C、1-Bで行った。

均しコンクリートとの継ぎ目の止水はキャスシーラーで行った。生コン打ち継ぎ型枠において、生コン業者2社による継ぎ目部および打設日違いによる継ぎ目は、メッシュ型枠で行った。

4-2 躯体鉄筋組立・圧接工

鉄筋のかぶり、圧接の不良および型枠の変形などが工程・品質（クラック）に影響を与えるので、細心の注意を払い施工を行った。鉄筋組立では、スパーサーを使用しないので通り、立ちには細心の注意を払い施工を行った。圧接は全箇所超音波探傷試験を行い、品質の確認を行った。

4-3 躯体型枠工

型枠は木製大型型枠を使用し、セパは9mmの止水セパを使用した。隅角部および打継ぎ部は、捨て鉄筋に溶接し補強した。

鉄筋組立および型枠組立では外部の30tラフタークレーンと内部床版上に5tラフタークレーンを吊り降ろし、常時2台で作業を行った。また、作業班が増える場合は、外部の30tラフタークレーンを1台増やした。

鉄筋組立・型枠組立状況を写真1～2に示す。



写真-1 鉄筋組立・型枠組立状況



写真-2 内部組立状況

4-4 躯体コンクリート打設

躯体コンクリートの打設は、250m³/日でロングブームポンプ車2台で行った。1パーティを作業員6人、φ50mmの高周波バイブレーター3台として、2パーティで打設を行った。なお、バイブレーターは予備として2台を確保した。また、打設順序は事前検討した2-A、2-B、2-C、3-A、3-B、3-Cで行った。

水平打設面は、従来のレイタンス除去より接着強度が大きいブリードボンド工法（トライテックス塗布）

で処理を行った。垂直打継面は、デイスパライト塗布で粗面にし、接着効果を高めた。使用したコンクリートの配合を表-2に示す。また、打設状況を写真-3に示す。

表-2 コンクリートの配合

呼び方	コンクリートの種類による記号	普通
	呼び強度	24
	スランブ	8
	粗骨材の最大寸法による記号	20
指定事項	セメントの種類による記号	L
	軽量コンクリートの単位体積質量	— Kg/m ³
	コンクリートの温度	最高・最低 — °C
	呼び強度を保証する材齢	— 日
	水セメント比の上限值	55 %
	単位水量の上限值	— Kg/m ³
	流動化後のスランブ増大量	— cm
	空気量	— %
	混和材料の種類	使用材料及び配合表欄に記
	アルカリ骨材反応抑制対策の方法	AL(1.4Kg/m ³)
	単位セメント量の下限值	270 Kg/m ³
塩化物含有量	0.30 Kg/m ³ 以下	



写真-3 コンクリート打設状況

4-5 養生工

コンクリート打設後、養生マットを敷設し、24時間散水養生を行った。養生水は、10m³タンクを3台設置し、常時スプリンクラーで自動散水を行った。昼間の直射日光が当たるときは、ハイプレッシャーで散水した。

型枠脱型時期は打設後5日とし、それまでは型枠に散水を行った。なお、型枠散水にあたり、コンクリート面に型枠の色が付くことを了解してもらった。散水養生は、型枠脱型後2日間行い、合計で7日間散水養生を行った。

写真4～5に養生状況を示す。



写真－４ 底版養生状況図



写真－５ 散水養生状況



写真－６ 完成写真



写真－７ 内部完成写真

5. まとめ

貯留ピット完成まで工程が厳しく、発注者・元請業者・当社による工程内検査をすべて行うなか、予定通り無事故で完成することができた。

非常に暑い時期でのコンクリート打設であったが、コンクリート温度をできるだけ下げ、打継ぎ目の処理を適切な工法で行い、打設後の湿潤養生を7日間に渡って行った結果、貫通クラックの発生は1本もなく、水密性も高く満足のいく仕上がりであった。

厳しい工程のなかで、協力業者の体制も非常によく不具合もなく工事を完成させることができた。

おわりに

壁厚が1.5mあるコンクリートの施工は初めての経験であったが、事前に資料を収集し、本店エンジニアリング土木グループ・中国支店との連携により無事故で無事工事を完成させることができた。

最後に、今回の工事に当たって、ご指導・ご協力いただいた関係各位に書面をかりて御礼申し上げます。

大深度・大口径推進における到達方法の改善事例

池田 巧*

はじめに

ここ数年の推進工事は、都市の過密化による道路事情や周辺環境維持の問題、またはコスト削減の方策である立坑減数等の社会的ニーズを踏まえ、長距離・急曲線の要望が多くなっている。また、比較的浅い地中空間では埋設物等の地下構造物が輻輳していることから、大深度への施設計画が増加している。これに対応する検討・技術開発が進められ、従来シールド工法で行っていた領域にまで範囲を広げて試行錯誤を繰り返しながら、少しずつ実績を伸ばしている動向にある。

こうした中、大阪府で雨水浸水対策事業として進められている増補幹線と地下河川の貯留式人孔立坑に対し、大口径推進・大深度にて施工した際の到達方法改善について報告する。

1. 工事概要

工事名：中央南増補幹線（一）（第3工区）下水道渠築造工事

工事場所：大阪府八尾市西久宝寺

元発注者：大阪府東部流域下水道事務所

発注者：大阪南部経常建設共同企業体

工期：平成16年3月1日～平成16年11月30日

推進施工概要	
工法	泥水式推進工法（マシン防爆型） マン外径φ3290mm 重量49.0t
管径	内径φ3100mm 外径φ3250mm
管種	重層鋼管II型 L=5m, W=14.8t/本
延長	L=130.5m
発進立坑	φ13.5m 立坑深26.78m 壁厚1.6m 種別 オフソナーソ式（既存）
到達立坑	φ15.0m 立坑深30.81m 壁厚1.8m+鋼管土 止杭1.3m 合計厚3.1m（既存・供用中）
元押装置	200t ジャッキ×10台 ストローク3000mm
発進防護	既存RJP+薬液注入 26.1m ³
到達防護	RJP造成φ2600×8本+薬液注入 5.3m ³

* 大阪支店大阪南営業所工事主任



図-1 施工位置図

2. 工事の特長

当該工事の特長として、以下のことがあげられた。

- ① 立坑区間内に主要幹線である大阪中央環状線および近畿自動車道が横断し（図-1 参照）、橋脚基礎杭の近傍を推進するため、24時間自動計測にて橋脚の沈下をはかり、3mm沈下すれば工事中断の条件が課せられていた。
- ② 事前の地質調査で可燃性ガス（メタンガス）が確認されたことから、防爆対応の機器と自動検知システムを装備し、管内をエアーカーテンにて危険区域と非危険区域に分け送排気方式によりガス発生時の希釈効果に努める必要があった。
- ③ 推進中芯の高さ（GL-25.1m）から地下水高（GL-2.0m）を差し引いた水頭差（23.1m）が高水圧のため、掘進機先端部の面盤φ3290mmに掛かる高水圧によって、推進管据付時に行うジャッキ後退時に、推進築造体すべてが発進立坑側へ押し戻されるバックリング現象が発生する恐れがあり、これ



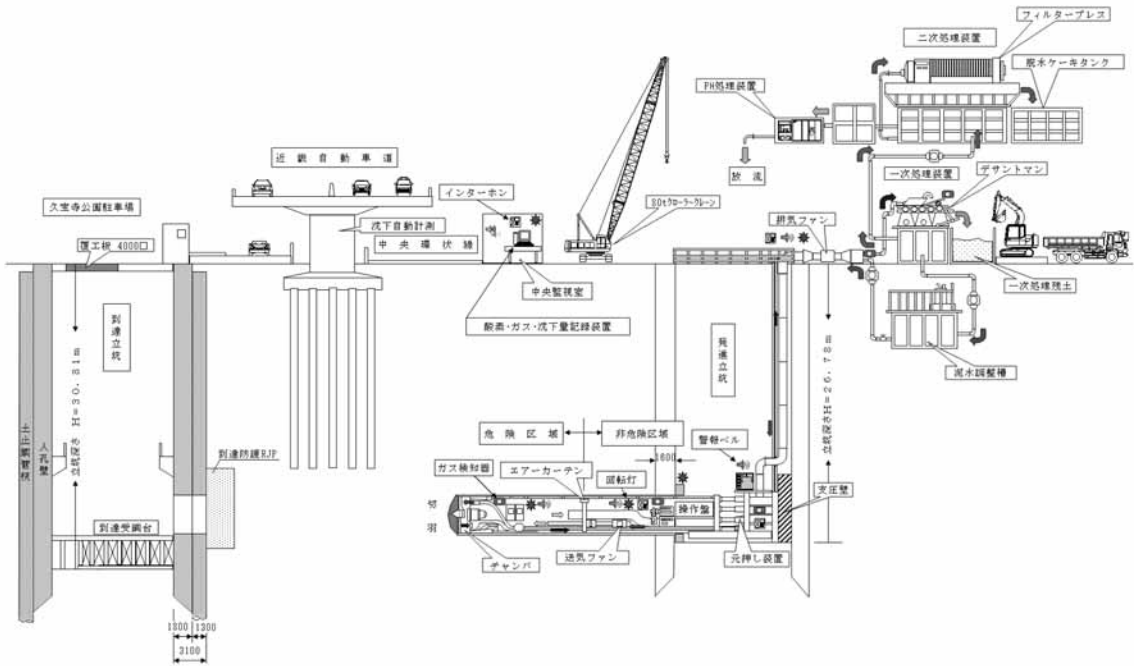


図-2 施工断面概略図

を防止するため、発進立坑躯体から数十本の樹脂アンカーにて引張る措置を施した。施工全体の概略断面図を別紙（図-2）に示す。

3. 問題点

掘進機到達から取り出し工として一般的な方法は山留め背面まで掘進した後、下記の順序で実施する方法が通例である。

- ① 掘進機位置を確認し取り出し用の坑口枠を設置
- ② 坑口部の山留めの撤去（鏡切り）
- ③ 止水用パッキンの装着
- ④ 掘進機取り出し工

しかし、矢板背面からパッキンまでの距離が長く止水が可能になるまで時間を要し、特に高水圧下での取り出し時には掘進機の背面に沿って地下水の流出等のトラブルが生じやすいのが実情である。

当工区の到達立坑は、土止鋼管杭 $\phi 1300$ mmと立坑躯体厚 1800 mmを有する合計厚 3100 mmの構造体から成り立っており当初設計（図-3）に従って坑口を設置した場合、止水可能な状態までにテールボイド（余堀部）から高水圧の土砂が、到達立坑内に噴き出し、瞬時にして地表面の落盤を起こす危険があった。

現状として、既存の到達立坑内は各所から漏水し、その水の勢いからも高水圧であることを伺わせた。よって、到達の方法を改善する必要がある。

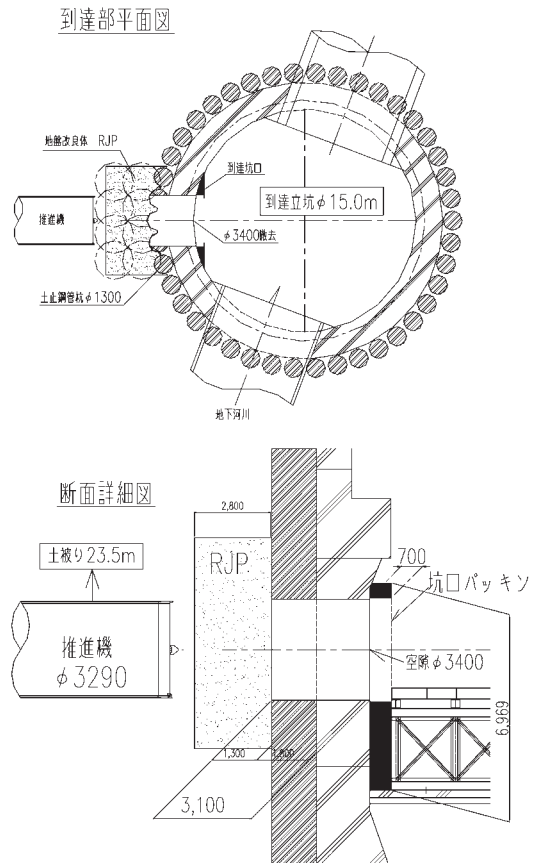


図-3 当初設計

4. 改善策

推進の到達坑口として、大深度の既設人孔の壁を利用し、人孔壁内で推進機を移動させる前例がないため、各方面に協力を依頼して検討を行った。

検討した方法の1つは大深度の坑口防護としてシールド工法で実績のある凍結工法である。凍結工法は、到達部周囲に凍土壁を造成し、その優れた遮水性と強度を併せ持つ凍土で到達作業時の止水および、土留を行い、安全確実に推進機を到達させる方法である。しかし非常に高額であることから、比較的安価で同じ効果があると思われる方法を検討した。

その結果、人孔壁内を円筒状に撤去後、人孔内壁の坑口部に鉄板を設置し、一時閉塞して内部を止水性の高い材料で充填して、推進機を移動させる工法「閉塞鋼板・空隙注入工法」を採用した。

その到達改善方法の手順を下記に示す。

① 到達受構台の設置 (当初設計)

管底高が床面から3.1m上がるので到達受構台を設置する。地下30mに4.9t吊りのキャタクレーンを下ろして作業を行った。(写真-1参照)



写真-1 到達受構台設置状況



写真-2 到達壁開口 (φ3400×L3100)

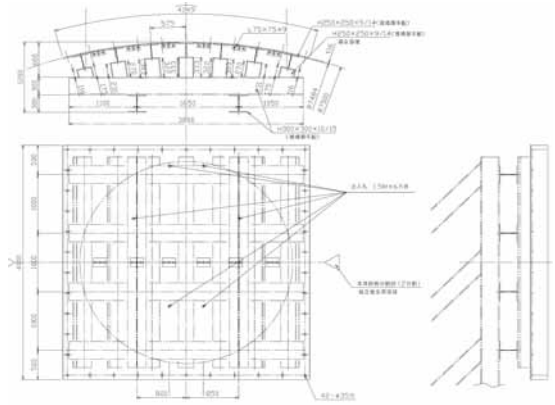


図-4 閉塞鋼板図



写真-3 閉塞鋼板設置

② 到達壁面の開口 (当初設計は人力破碎)

躯体壁をφ100mmのコアボーリングにより円周状に削孔し、壁厚1800mmの縁切りを行ってから内部をブレイカーにて破碎し、その奥の鋼管杭を切断除去した。(写真-2参照)

③ 閉塞板の設置 (設計変更)

壁面開口の空隙に蓋をする事を目的として、到達立坑の内面に密着するようR加工 (15R) を施した鋼板 (P L 16*4049*4000) を樹脂アンカー (M22) で固定しH鋼材で補強した。(図-4・写真-3参照)

④ 空隙注入 (設計変更)

鋼板に設置した注入孔より空隙を注入する。当初発案では充填材を安価なCB (セメントベントナイト) を使用する予定であったが、開口地盤からの湧水が多く見られるため、CBでは硬化するまでに、セメント分が湧水の影響を受けて硬化不良を起こす事が懸念された。よって、硬化時間の早い『LW-II』を選定した。CBとエルダブの比較を表-1に示す。

表-1 CBとLW-IIの比較

	当初戦軍タイプ	実施施工タイプ
材種	CB（セメントミルク）	LW-II
材料	セメント+ベントナイト	セメント+ベントナイト +珪酸ソーダ3号
注入形態	一液注入	二液注入
硬化時間	12H~1日	1.0分~1.5分
材令強度	6kzf/cm ² （7日）	10kzf/cm ² （1日）



写真-4 到達金物設置



写真-5 到達状況

⑤ 坑口金物設置・鏡切り・止水パッキン取付

閉塞板の1m手前から掘進機を1cm/minの遅い速度にて空押しさせ閉塞板に到達させた。探り穴を開け掘進機の位置を確認し、坑口金物を閉塞板に溶接固定した。仮の鏡切断を行った後、止水パッキンを取り付けて鏡切りを行った。（写真-4参照）

⑥ 掘進機回収



写真-6 掘進機回収状況

5. まとめ

到達改善策を行った事により、以下の成果が得られた。

- ① 土砂の流出が無く安全に掘進機が到達出来た。
- ② 中詰め充填を行った事により、坑口からの漏水が止まった。
- ③ 充填モルタルを円筒状に掘進する事で軌道を作り、掘進機の沈下防止が図られた。
- ④ 閉塞鋼板を予め樹脂アンカーを利用して設置する事で、坑口金物が容易に溶接取付けられ、しかも、安定化が図れた。

おわりに

工事全体においては、精度および近畿道橋脚変位についても満足できるものであった。

大口径・大深度推進工法がシールド工法に替って採用されていく傾向があるため、この経験が生かされることを望む。

最後に、この現場に携わった数多くの技術者並びに各関係者の方々に感謝の意を表します。

公共下水道工事第16-1・16-1-1工区カーブモール 工法による小口径（φ400mm）泥水式曲線推進工事

勝山正男*

はじめに

近年、下水道工事の管渠敷設工事は、道路交通量・沿道事情等の社会的側面から、管渠埋設計画における工事条件の多様化に伴い、曲線推進によるものが多用されている。曲線推進工法は、中口径管による泥濃式推進工法が主流であるが、市街地等における複雑な制約条件・工事費の低減などの、社会環境面を考慮し、小さな立抗により工事可能な、小口径管による曲線推進工法の需要も今後伸びてくると思われる。

本報文は、小口径管曲線推進工法のうちCCDカメラを用いた画像処理による自動測量システムを搭載したカーブモール工法の概要と施工事例についてとりまとめたものである。

1. カーブモール工法の概要

カーブモール工法は、泥水一工程式掘進機（アンク

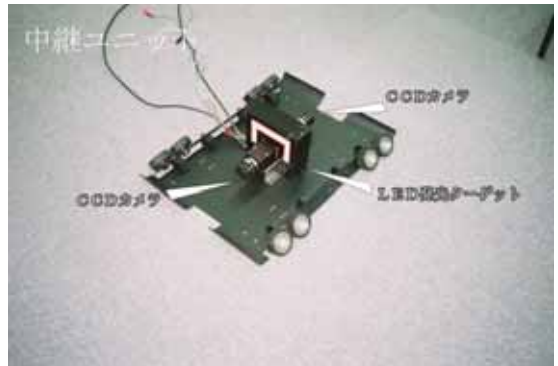


写真-1 中継ユニット

ルモール)、自動測量システム搭載の計測管、CCDカメラによる画像処理システムおよび軌跡管理を行う地上ユニットから構成されている。

画像処理を用いた自動測量管理システムは、LED発光ターゲット・CCDカメラ・傾斜計を内蔵した中

自動測量システム【画像処理方式】概念図

平面図

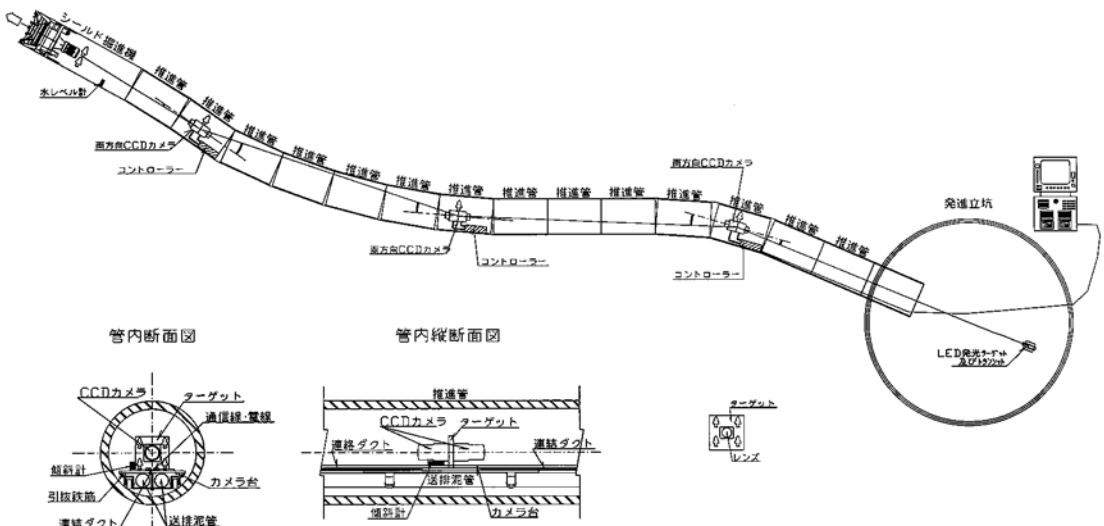


図-1 システム概念図

* 大阪支店大阪北営業所工事主任





写真-2 LED発光ターゲットおよびトランシット継ユニットにより、発進立坑内のトランシットを起点とし、掘削機内に設置したLEDターゲットの変位による中心点のズレを、画像処理（画素数）により3次元座標として測量・算出するものである。

補助工法として電磁波測量装置を到達立坑に設置し、到達直前の微調整を行う。

また、中継ポンプ搭・滑材注入機搭載複合管を使用することにより長距離推進が可能になる。

2. 工事概要

工事名：公共下水道工事第16-1工区

工事場所：四条畷市岡山5丁目他1地内

工期：平成16年7月21日～平成17年3月15日

工事内容：小口径管（φ400mm）推進工 L=308m

- (1) M1～M0 スパン L=120.1m
 (単曲線) R=130m CL=110m
 土質状況 粘土混じり砂 砂礫
- (2) M1～M2 スパン L=188.5m
 (S字曲線) R=150m CL=12.3m
 R=200m CL=26.4m
 R=150m CL=63.6m
 土質状況 砂礫 礫径50mm

3. カーブモール工法における測定方法選定の経緯

小口径曲線推進工法における測量方法は、以下の3方式があるが、各方式の欠点を示す。

① 磁力線検知方式

推進管と平行にガス・水道等が埋設されている場合、それらに反応し計測が不可能となる。

② 走行計測ロボット方式

路上交通に影響を与えることはないが、この方式は推進延長に比例し計測誤差が拡大する恐れがある。

③ レーザー中継方式

曲線の場合不向きである。

カーブモール工法における測量方法は、上記を踏まえ設計段階で提案し、採用された。

4. 施工

(1) 使用機種：TCZ400TM

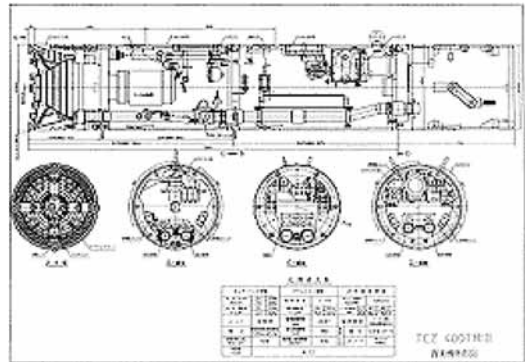


図-2 掘進機概要

(2) 使用管種

- ・小口径推進用ヒューム管 φ400 1種50～70N
SJS標準管・半管
- ・CSパイプ小口径推進用 I類1種 50N
- ・CSパイプ小口径推進用 II類1種 70N

(3) 施工方法

施工方法は、通常の泥水一工程式推進工事と同じであることから省略する。

(4) 測量管理システム

掘進機および後続する推進管内に、発光LED、CCDカメラを内蔵した中継ユニットを複数配置し、発進立坑からと中継ユニット自体から発光するLEDの位置をCCDカメラで捉え、画素数のずれにより変位角度の測定を行い、掘進機の位置を3次元座標として算出する。そのデータを地上ユニット内のコンピュータで処理し、掘進機の現在位置と姿勢を表示し、軌跡および計画路線との相違をリアルタイムに表示する。

5. 施工結果

5-1 日進量

推進管路部の土質状況は、主に砂礫（最大礫径50mm）および粘土混じり砂の互層であった。

日進量の結果を表-1に示す。

表-1 日進量

測点	HP本数(本)	所用日数(日)	日進量(本/日)	日進量(m/日)	設計日進量(m/日)
M1～M0	50	12	4.2	10.1	6.14
M1～M2	78	17	4.6	11.1	6.28

*1日8時間程度推進作業を行った。

*サイクルタイム

推進管据付40min+推進30min+測量30min=100min

5-2 推力の変位

施工計画時に、推力の検討を行った結果、両スパン共に補助工法使用の必要がなかったが、M1～M2のスパンについては、推進延長189mであり、推進距離100mを越えてからの推力の上昇を考慮し、滑材注入機搭載複合管を、推進管50本目（推進距離119m）に使用した。推力の変位については、表-2に示す。

表-2 推力の変位

M1～M0	累計推進距離 (m)	推力 (KN)	設計推力 (KN)
推進機		50	37.5
No.10	27.31	80	161.6
No.20	51.61	100	276.8
No.30	75.91	170	392.1
No.40	100.2	220	507.4
No.50	124.5	350	607.1

M1～M2	累計推進距離 (m)	推力 (KN)	設計推力 (KN)
推進機		30	73.5
No.10	28.68	110	224.8
No.20	52.98	120	421.1
No.30	77.28	180	492.7
No.40	101.6	200	636.6
No.50	125.9	240	786.7
No.60	150.2	240	937.0
No.70	174.5	280	1,058.3
No.78	192.7	280	1,182.8

5-3 精度について

掘進中の地山の変化には悩まされたが、それ以外のトラブルはなく、順調に推進工事を終え、精度も表-3に示すとおり、水平・垂直ともに良好な結果となった。

表-3 推進精度

測点	規格値 (mm)	平面変位量 (mm)	縦断変位量 (mm)
M1～M0	± 30	12～-21	11～-3
M1～M2	± 30	18～-27	12～-9

5-4 TVカメラによる管内検査

本現場では、通常行われる管渠内部の漏水・目地の食い違い・ヒューム管の破損の確認以外に、カメラ・レーダー複合型管内探査装置（株）パーナム社『ピース』を使用し、垂直・水平測量、目地間隔の測定、距離測定管渠外周の空洞調査を併せて行った。

(1) カメラ・レーダー複合型管内探査装置の概要

カメラ・レーダー複合型管内探査装置は管渠内部を自走しながら、管壁背面の空洞をレーザーセンサーにて捉えるとともに、管渠内部を高解像度魚眼カメラにより撮影し、展開画像として表示するものである。

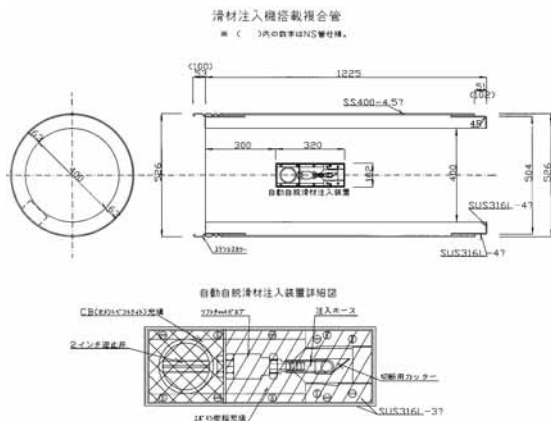


図-3 滑材注入機搭載管



写真-3 ピース外観

(2) カメラ検査の結果

1) 管渠内部カメラ調査

管渠内部の漏水・目地の食い違い・ヒューム管の破損は、確認されなかった。

2) 管渠外周の空洞確認

一部滑材注入の影響と思われる、異常箇所があったがその他は、空洞と認められる箇所は無かった。

3) 垂直・水平・距離測定

推進工でき形との比較を、表-4に示す。

縦断変位については、10mmから20mm程度の誤差があるが、ピースによる測定結果でも規格値内である。

水平方向の曲線の測定については、大きな誤差が生じている。曲線の測定については、展開画像の3時位置と9時位置の目地間隔をスケールアップにて測定し、CAD上でその線形を表示したものであり、検討の余地がある。なお、計画曲線とは一致しなかったものの、おおむね傾向を捉えることができた。

表-4 推進工でき形比較

項目	推進出来形	ピ-ピ-ス測定	差
M1~M0			
距離(m)	122.58	122.40	-0.18
縦断変位(mm)	11~-3	24~-24	13~-21
水平方向	R=130m	R=162m	+33m
目地間隔		1~9mm	
M1~M2			
距離(m)	190.98	190.81	-0.18
縦断変位(mm)	12~-9	20~-25	8~-16
水平方向	R1=150m	R=150m	±0m
	R2=200m	R=288m	+88m
	R3=150m	R=234m	+84m
目地間隔		1~11mm	



写真-4 TVカメラ検査状況

6. まとめ

施工過程・施工結果をもとにした施工上の留意点および今後の課題は以下のとおりである。

- (1) 基本測量については、長距離・曲線を考慮すると慎重かつ正確に行わなければならない。また、推進作業中においても、立抗内に設置したポイントの確認も重要である。
- (2) 測量管理は、CCDカメラ等精密な機器により行われるので、搬入時はもちろん使用する前にも点検・確認が必要である。また、電気機器が多いので日々

の水替など、水対策に十分注意を払う必要がある。

- (3) 推進機には、地上からの電磁波による測量を可能にするため発進コイルが装着されているが、当現場のような条件では、地上からの測量が不可能であるため、測量管理システムによる情報以外に現在地の確認方法が無く、測量管理については、熟練した管理者が行わなければならない。

なお、到達抗口から20m程度の距離に推進機が近づけば、到達抗口に電磁波受信装置を設置することにより現在地の確認が可能である。

- (4) カーブモール工法により施工可能な、最小の立抗は、円形2,500mmの立抗である。今後、市街地等で施工する場合、円形2,000mmの発進立抗から施工できるようになれば、有利に展開すると思われる。
- (5) 小口径管曲線推進工事検査時の、でき形確認手法として、ピービスを使用し、おおよその傾向をつかむことができたが、検査時のでき形確認としては不十分であった。今後、特に曲線半径の確認手法について、検討が必要と思われる。
- (6) 推力の変位について、M1~M0・M1~M2スパンを比較すると、滑材注入機搭載複合管を使用することにより、長距離推進における推力の上昇を押さえることができ、有効な補助工法であったが高価であるという課題がある。

おわりに

今回の施工では、推進工事中のトラブルもなく順調に進捗し、品質に関しても十分に満足いく結果が得られた。

推進工事期間中、カーブモール協会主催による市町村下水道担当者および設計事務所を対象とした現場見学会を催し、大変好評であった。今後、改良の余地があると思うが、カーブモール工法の発展を祈念する。

最後に、事前検討から現場施工時に至るまで多くの指導や助言を頂いた方々、無事故・無災害にて現場を完成させて頂いた方々に感謝いたします。

森吉山ダムにおけるハイブリッド・スリップフォーム工法の施工

阿 部 浩*

はじめに

従来の高橋脚の施工は多量の鉄筋の組立て、型枠足場の施工に多大な労力と時間を要することや作業安全性の確保が課題であった。『ハイブリッド・スリップフォーム工法』は構造を簡素化した『鋼管・コンクリート複合構造』に高機能型枠『ハイブリッド・スリップフォーム』を合理的に組み合わせて、経済的に大幅な省力化と工期短縮を可能にする工法である。『ハイブリッド・スリップフォーム工法』は、旧日本道路公団と大林組が共同開発した工法で特許を取得している。当社では4例目の施工で、積雪寒冷地での初めての施工となる。

本報告書は、当現場における施工過程と寒冷地施工対策、今後の課題について報告するものである。

1. 工法の特長

- ① 『鋼管・コンクリート複合構造』の採用により大部分の鉄筋の簡素化、先行組立を行っているため、その日のコンクリート打設リフト分のPC鋼より線(PCストランド)を帯筋として巻き付けるだけで鉄筋組立作業が完了する。これによってハイブリッド・スリップフォーム工法の施工速度を生かして、1日で約1.8m~2.4mの施工高が可能となる。
- ② フレッシュコンクリートと接する型枠を残して支保工部のみ上昇する。型枠は所定の養生期間後に下部作業床で解体し転用する。このため急速施工をしながら確実な養生ときれいな仕上げ面が得られる。
- ③ ハイブリッド・スリップフォーム装置(装置)の上昇機能は、先行建込鋼管の最上部に設置された反力架台からつり降ろしたPCストランドを介してジャッキアップする方法を採用している。この方法は、安定した引き上げ荷重を得ることができるとともに、鋼管をガイドを利用して出来形精度を得ることができるという利点がある。

*他社出身

2. 工事概要

本工事は、森吉山ダム建設に伴い付替えられる県道比内森吉線の貯水池横断橋の下部工の施工を行うものである。森吉山ダム貯水池横断橋(仮称)は、最大支間長120m、最大橋脚高さ57m、幅員10mである。



図-1 森吉山ダム平面図



写真-1 完成予想写真

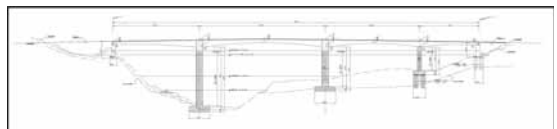


図-2 縦断面図

工事の概要を以下に示す。

- 工 事 名：森吉山ダム貯水池横断橋下部工工事
 発 注 者：国土交通省 東北地方整備局
 元請負者：日本国土開発株式会社東北支店
 工事場所：秋田県北秋田郡森吉町地内
 工 期：H16.3/25~H17.9/30(休止1/24~3/1)
 P 1 橋脚：鋼管コンクリート複合橋脚(H=52m)
 P 2 橋脚：鋼管コンクリート複合橋脚(H=33m)



3. 施工順序

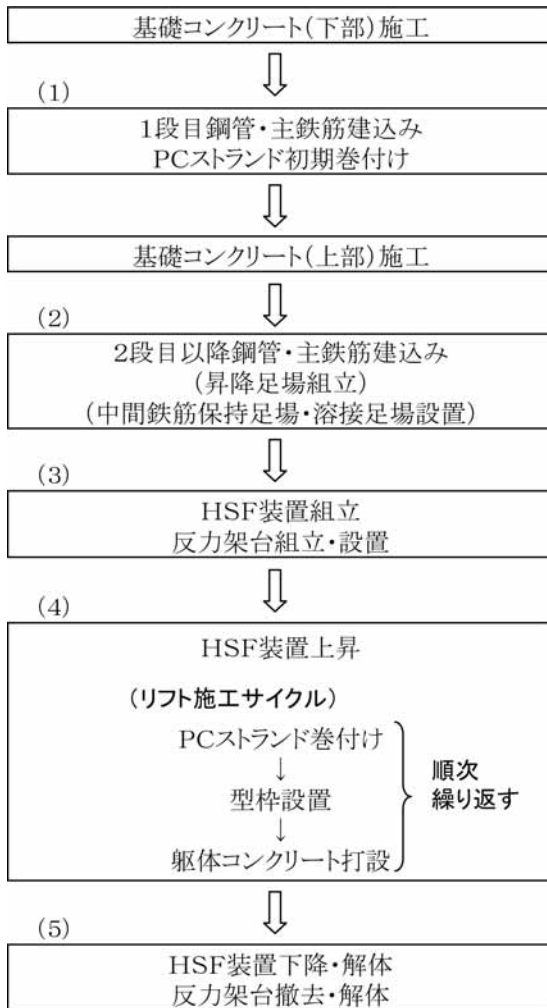


図-3 施工フロー

(1) 1段目鋼管建込み

- ① 基礎コンクリート（フーチング）内に埋込む1段目鋼管を建込む。またフーチング基礎内の鉄筋の組立て、PCストランドの初期巻付けを完了したのち、フーチングコンクリートを打設する。（写真-2）



写真-2 1段目鋼管



写真-3 鋼管建込み



写真-4 主鉄筋建込み



写真-5 鋼管建込み完了

(2) 2段目以降鋼管建込み・主鉄筋建込み

- ① 2段目以降の鋼管建込み、主鉄筋（D51）建込みを連続して施工する。（写真-3・写真-4）
- ② 鋼管、鉄筋は垂直性をトランシットで確認し建込む。
- ③ 鋼管の接続は、現場にて半自動溶接を行う。カラーチェック、X線透過試験で管理を行う。
- ④ 鉄筋は、カプラーを使った機械継手とする。

(3) HSF装置組立、反力架台組立・設置

- ① 鋼管頂部に反力架台と吊材（PCストランド）を設置する。（写真-6）
- ② HSF装置を組立てる。（写真-7）

(4) HSF装置上昇、リフト施工

- ① 1日の作業の中で、PCストランドの巻付け、型枠の組立、HSF装置の上昇、躯体コンクリート打設を繰り返す、橋脚を施工する。



写真-6 反力架台



写真-7 HSF 装置



写真-8 リフト施工 (コンクリート打設)

② 型枠の通りの確認は、垂直レーザーで確認する。

(5) HSF 装置の下降・躯体コンクリート清掃

- ① 躯体コンクリート打設完了後、HSF 装置を下降させる。
- ② その際、躯体コンクリート表面の保温材の除去およびノロなどの汚れを清掃する。
- ③ HSF 装置を解体する。
- ④ 鋼管頂部の反力架台を撤去、解体する。

4. 当現場の課題と対策

最大の問題は、P2のコンクリートを冬季間に打設しなければならないことである。当現場はハイブリッド・スリップフォーム工法を採用した現場の中では日本最北端での施工例と思われ、寒中養生が最大の課題であった。表-1に全体工程表、表-2に12月の温度管理表をしめす。

寒中養生

1) 課題

ハイブリッド・スリップフォーム工法は、躯体コンクリートを連続で打設することができ、施工スピードが長所である。しかし、寒冷地では寒中コンクリートの養生が問題となり、長所が生かされず、型枠解体時の剥離、クラック発生原因となる。

2) 対策

下記の手順により事前にコンクリート養生対策を行った。

- ① HSF 装置を防災シートで覆って、外気を遮断した。
- ② HSF 装置内FL-5およびFL-4に各1台ジェットファーンスを設置した。(写真-10)
- ③ 前項②ではHSF 装置内温度が低下したため、FL-2コンクリート打設面の東・西・南・北に各1台ジェットヒーターを追加設置した。(写真-9)
- ④ 前項②・③いずれも24時間稼働を行った。

この対策を実施した結果は、今回の保温、加温条件では外気温とHSF 装置内の温度差がほぼ6℃となり、12月後半はHSF 装置内温度がほぼ5℃となり、規格下限ぎりぎりであった。結果的にコンクリートの剥離が数箇所みられたが、その時点で施工が終了したため次の対策を講じることができなかった。

表-1 全体工程表

月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
P2躯体															
1階基礎管・鉄筋															
2階基礎管・鉄筋															
3階基礎管・鉄筋															
4階基礎管・鉄筋															
5階基礎管・鉄筋															
6階基礎管・鉄筋															
7階基礎管・鉄筋															
8階基礎管・鉄筋															
9階基礎管・鉄筋															
10階基礎管・鉄筋															
11階基礎管・鉄筋															
12階基礎管・鉄筋															
13階基礎管・鉄筋															
14階基礎管・鉄筋															
15階基礎管・鉄筋															
16階基礎管・鉄筋															
17階基礎管・鉄筋															
18階基礎管・鉄筋															
19階基礎管・鉄筋															
20階基礎管・鉄筋															
21階基礎管・鉄筋															
22階基礎管・鉄筋															
23階基礎管・鉄筋															
24階基礎管・鉄筋															
25階基礎管・鉄筋															
26階基礎管・鉄筋															
27階基礎管・鉄筋															
28階基礎管・鉄筋															
29階基礎管・鉄筋															
30階基礎管・鉄筋															
31階基礎管・鉄筋															
32階基礎管・鉄筋															
33階基礎管・鉄筋															
34階基礎管・鉄筋															
35階基礎管・鉄筋															
36階基礎管・鉄筋															
37階基礎管・鉄筋															
38階基礎管・鉄筋															
39階基礎管・鉄筋															
40階基礎管・鉄筋															
41階基礎管・鉄筋															
42階基礎管・鉄筋															
43階基礎管・鉄筋															
44階基礎管・鉄筋															
45階基礎管・鉄筋															
46階基礎管・鉄筋															
47階基礎管・鉄筋															
48階基礎管・鉄筋															
49階基礎管・鉄筋															
50階基礎管・鉄筋															
51階基礎管・鉄筋															
52階基礎管・鉄筋															
53階基礎管・鉄筋															
54階基礎管・鉄筋															
55階基礎管・鉄筋															
56階基礎管・鉄筋															
57階基礎管・鉄筋															
58階基礎管・鉄筋															
59階基礎管・鉄筋															
60階基礎管・鉄筋															
61階基礎管・鉄筋															
62階基礎管・鉄筋															
63階基礎管・鉄筋															
64階基礎管・鉄筋															
65階基礎管・鉄筋															
66階基礎管・鉄筋															
67階基礎管・鉄筋															
68階基礎管・鉄筋															
69階基礎管・鉄筋															
70階基礎管・鉄筋															
71階基礎管・鉄筋															
72階基礎管・鉄筋															
73階基礎管・鉄筋															
74階基礎管・鉄筋															
75階基礎管・鉄筋															
76階基礎管・鉄筋															
77階基礎管・鉄筋															
78階基礎管・鉄筋															
79階基礎管・鉄筋															
80階基礎管・鉄筋															
81階基礎管・鉄筋															
82階基礎管・鉄筋															
83階基礎管・鉄筋															
84階基礎管・鉄筋															
85階基礎管・鉄筋															
86階基礎管・鉄筋															
87階基礎管・鉄筋															
88階基礎管・鉄筋															
89階基礎管・鉄筋															
90階基礎管・鉄筋															
91階基礎管・鉄筋															
92階基礎管・鉄筋															
93階基礎管・鉄筋															
94階基礎管・鉄筋															
95階基礎管・鉄筋															
96階基礎管・鉄筋															
97階基礎管・鉄筋															
98階基礎管・鉄筋															
99階基礎管・鉄筋															
100階基礎管・鉄筋															

表-2 温度管理表 (12月)
12月の外気温とHSF装置内温度

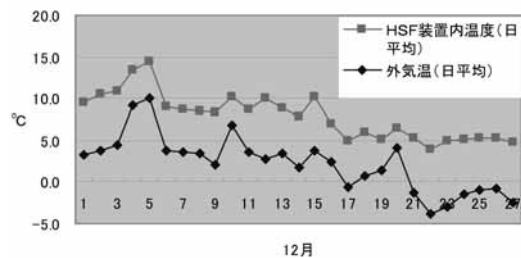




写真-9 ジェットヒーター



写真-10 ジェットファーンレス



写真-11 躯体コンクリート剥離状況

5. 問題点と今後の方策

前項で述べたように、コンクリートの剥離が数箇所みられ（写真-11）、寒中養生の方法に以下の改善すべき課題が明らかになった。

改善すべき課題

1) 厳冬期でのコンクリート打設時の装置内温度

コンクリート打設時の装置内温度をどう設定するかを、今回の工事から考えると、P2施工時、寒中

コンクリートの下限値5℃では、剥離、などの発生が懸念され、P1施工時（6・7月）の気温17℃～25℃で問題が発生していないことを考慮すると、装置内の最低温度は10℃前後とすべきであった。

ただ、この温度を社内規定値として設定するにまだデータ不足で、室内試験等での検討も必要である。

2) 型枠解体時期

今回の施工では型枠養生期間は2.5日（5 N/mm²）としており、強度確認上は問題なかったが、仕上りに若干の不良が発生した。型枠養生期間を延長することは可能だが、大きく工程に影響をあたえ、本来の本工法のメリットが損なわれる懸念があり、今後慎重に検討する必要がある。

また、今回使用した中庸熱セメントは初期強度の発現が遅いとの報告もあり、厳冬期での使用には適さない可能性もあり、今後の使用は慎重にすべきと思われる。

3) 寒中養生資機材の選定

今回は前述のとおり、防災シート、ジェットヒーター、ジェットファーンレスを使用し、加温、保温したが、結果的には12月後半はHSF装置内温度が下限値ぎりぎりまで低下した。装置内温度を上げるためには、ヒーター能力、台数アップが必要である。

保温シートとして防災シートを用いたが、シートの種類、枚数、隙間処理などを解決する必要があった。

養生用資機材の選定にあたり、施工時期の変更、型枠養生期間の延長、使用コンクリート種類と温度の選定など、他の要素との総合的な経済性の比較が必要となる。

おわりに

厳冬期の工事のため、普段考えられない機械の故障やトラブルが多々発生し、日常点検の重要性を痛感した。

また、故障のたびに東京や大阪から駆けつけてくれた協力業者の方々、何かと支援いただいた大林組特殊工法部の方に、この場をかりて厚くお礼申し上げます。

新リングネット工法の技術調査に参加して

堀 浩 明*

はじめに

リングネット落石吸収柵は、施工費に対して吸収するエネルギーが大きく、他の工法に比べて大きな落石を経済的に吸収できるという特長を持っており、平成8年7月にスイスから導入された工法である。

今回、コストダウンを目的とした新しいシステムのリングネットが開発されたことをうけ、日本導入のための情報収集として、スイス調査に同行する機会を得たので、ここに報告する。

1. リングネット工法の概要

リングネットは、スイスではワイヤーロープ生産で有名なファッツァ（FATZER）社のグループ会社であるジオブルク（GEOBRUGG）社が生産している。

リングネットは、φ3mmの高張力鋼素線を5～19回リング状に巻いたものをネット状に編んだものである。当社の施工現場を写真-1に示す（愛知県稲武町）。



写真-1 リングネット施工現場

ここで簡単に、新旧の工法の違いについて説明しておく。まず、従来工法の概要を図-1に示す。

従来の工法は、支柱間のリングネットが、それぞれ

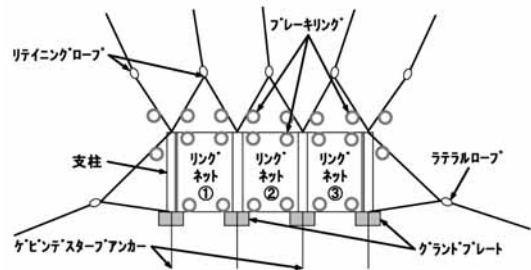


図-1 従来のリングネットの概要

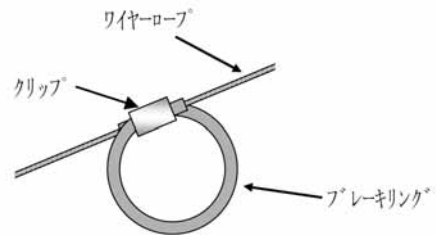


図-2 ブレーキリングの概要

単独で落石エネルギーを吸収するものであった。吸収システムは、①リングネットがエネルギーを吸収、②ブレーキリングがエネルギーを吸収、③ゲビンデスターフアンカーエネルギーを吸収、の三段階で落石エネルギーを吸収するシステムである。

このシステムの心臓ともいべきブレーキリングを図-2に示す。

ブレーキリングは、鋼管をリング状にしてクリップ止めをし、鋼管中にワイヤーを通したもので、鋼管とクリップの変形抵抗によりエネルギーを吸収する機構となっている。

次に、今回視察をした新しいリングネット工法の概要を図-3に示す。

新しいリングネット（以下 RXI という）は、従来に比べてブレーキリングが少なくなっている。その代わりとして支柱の位置に、ラントップロープをもう

*本店エンジニアリング部土木グループマネージャー





写真-2 落石実験場



写真-3 常設のタワークレーン



写真-4 落石実験連続写真（落石の軌跡）



写真-5 落石捕獲状況



写真-6 ブレーキリング作動状況

のタワークレーンがあり、準備は整っていた。

エネルギーレベル250kJに合わせ、今回は800kgのおもりを32m上空から落下させた。落下の様子を写真-4に示す。

実験は成功し、RXI-025も本年度中には認証取得

製品の仲間入りすることができることであった。

落石の捕獲状況を写真-5に、ブレーキリングの状況を写真-6に示す。

写真-5に示すように、リングネットが集まるようにして落石を捕らえていることがわかる。これは、1章で述べたカーテン効果であり、リングネットによりエネルギーが吸収されていることがわかる。

写真-6に示したのは、ブレーキリングの作動状況である。上のロープに設置されているブレーキリングは、下のロープに設置されているものに比べて、径が



写真-7 現場へ運んでくれたクレーン

小さくなっており、ブレーキリングによってもエネルギーが吸収されていることがわかる。

今回の実験には、我々の他、ブラジルやチリなど国内外から170名が参加していた。この内70名は、ジオブルク社の地元であるロマンスホルンから、企業PRの一環として招待された人達であった。また、地元新聞にも実験の様子を伝えた記事が載せられていた。

5. RXIの現場視察

ベルン郊外の街ビールの、高速道路インターチェンジ付近にあるRXI設置現場で、設置状況視察を行った。

現場に直接入ることができないため、高速道路を車線規制してクレーンで吊られた作業床により現場に入った。

現場には4種類のリングネットが施工されていた。現場の概略の配置図を、図-5に示す。

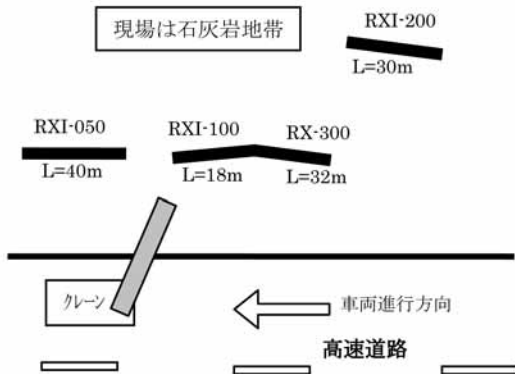


図-5 リングネット概略配置図

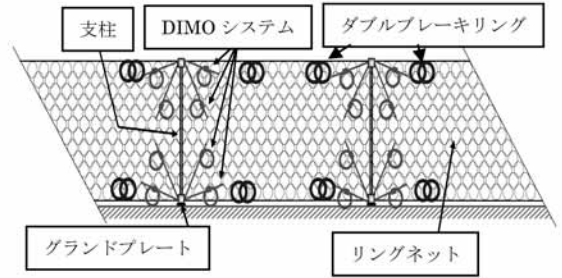


図-6 DIMOシステム (RX-300)



写真-8 RXI-050設置状況



写真-9 RXI-100とRX-300の連結

落石事故の復旧工事として施工されたもので、当時は車線規制ができない状況であったことより、資材はヘリコプターにて運搬したとのことであった。

各リングネットの設置状況を、写真-8、9に示す。

RX-300は、日本国内での実績はまだなく、従来工法であるRXシリーズとは少し異なるシステムを導入している。

そこで、ここでRX-300に導入されているシステムについて少し説明しておく。

図-6に示したように、RX-300にはDIMOシステムと呼ばれるエネルギー吸収のための補強システムが追加されている。3000kJ (約10tonの石が30m上空



写真-10 DIMOシステム設置状況



写真-11 ダブルブレーキリング

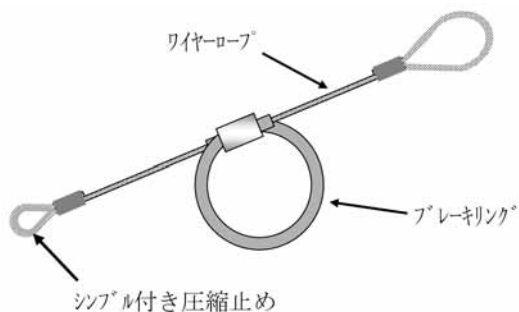


図-7 DIMOシステム用ブレーキリング

から落下したときのエネルギー) ともなると、1章で示したシステムだけでは対応できない。

そこで、ブレーキリングをダブルにし、図-7に示す両端にシングルの付いたブレーキリングを設置し、大きなエネルギーに対応させていた。

設置状況を写真-10、11に示す。

現場に入るためにクレーンを使用し、3000kJという日本国内ではまだ実績のない防護柵を見学し、その大きさに少し圧倒されて現場見学を終えた。

6. ユングフラウ

この調査のメインである、落石実験の視察も終えた7月1日、しばし下界のことを忘れ、スイスの雄大な自然を感じる機会を得た。

アルプスというと、三大北壁を女性で初めて踏破した登山家、今井通子さんのことがすぐに思い浮かぶ。



写真-12 ユングフラウバーン鉄道



写真-13 アイガー北壁からの眺望



写真-14 氷のトンネルにて(筆者)

その北壁の1つ、アイガーの岩盤の中をゆくユングフラウバーン鉄道で、標高3,454mのユングフラウヨッホ駅に向かった。

車両の窓は大きく、アルプスの景色を楽しむことができた。

電車は、アイガー北壁の駅アイスメア駅にも停車し、登山家しか見ることのできなかつた景色を眺めることができた。今井通子さんはきっとがっかりしてい



写真-15 雲間から覗くアイガー

ることだろう、などと思いながらユングフラウヨッホ駅を目指した。

当日は、氷点下20℃、瞬間最大風速57m、吹雪というあいにくの天候で、眺望を楽しむという訳にはいかなかったが、氷河をくり抜いて作られた氷のトンネルがあり、退屈することはなかった。

下山の途中、乗り換えのために立ち寄ったブランデック駅で、少し切れた雲の合間から、アイガーの雄姿を仰ぎ見ることができた。



写真-16 調査団の皆さん（ジオブルク社前にて）

おわりに

現在、この工法については、土石流に対しても適応できるよう、研究開発が行われているとのことであった。

今回、新しいリングネット工法の技術調査として、調査団に参加できたことは、非常に有意義であった。今後は、この情報を有効活用できるように努力してゆきたいと思っている。

最後に、今回の技術調査に参加するにあたり、ご尽力頂いた方々に、この紙面をお借りして感謝の意を表し、報告を終わりにする。

プラント再生方式による排水性舗装の再生

大林道路株式会社 技術研究所 小澤 光一
大林道路株式会社 技術研究所 石川 洋
大林道路株式会社 技術研究所 木谷 貴宏

1. はじめに

我が国では、1980年代後半から車両の走行安全性と沿道環境改善を目的に排水性舗装が導入されて以来、急速に施工実績を伸ばしており、近年の排水性舗装用アスファルト混合物の製造量は年間約300万トンに達していると推定される¹⁾。しかしながら、排水性舗装の発生材は、含まれるアスファルトと骨材粒度分布に特殊性があること、再生アスファルト混合物の材料として還元する技術が確立されていないことから、舗装用混合物の再生骨材として使用された実績はあまりない。このため、排水性舗装の発生材は、路盤材の材料として利用されるか、あるいは最終処分場へ廃棄されているのが実情である。したがって、排水性舗装の発生材の有効利用方法を検討することが望まれるところである。

本報告は、プラント再生方式により排水性舗装の発生材を再生排水性舗装の材料に使用する技術を確立する目的で行った検討について述べるものであり、主に再生排水性舗装用改質アスファルトの検討、同アスファルトを用いた再生排水性アスファルト混合物の室内評価および実路における試験施工による評価について述べるものである。

2. 検討方法

2.1 再生用アスファルトの評価

(1) 使用材料

使用材料は、表-2.1に示す高粘度改質アスファルトと再生排水性舗装用アスファルトの2種類とした。高粘度改質アスファルトは、新規排水性舗装用のアスファルトとして一般的に用いられているもので、本検討のための標準品として用いたものである。また、再生排水性舗装用アスファルトは、再生排水性舗装アスファルト混合物用のアスファルトとして当社が開発したものであり、劣化した旧アスファルトの物理性状を回復させる機能を有するプレミックスタイプのものである。

(2) 評価項目

実験項目および規準を表-2.2に、試料の種類を表-2.3に示す。本実験では、一部の試料に劣化アスファルトを用いるが、一般的にアブソン法を用いて改質アスファルトを含む再生骨材から物理性状を変化させずに旧アスファルトを回収することは困難と予想される。このため、ここで用いる劣化アスファルトは、薄膜加熱試験 (TFOT) と加圧劣化容器による促進劣化試験 (PAV) によって、新アスファルトを劣化させたものとした。



表-2.1 使用材料

項目	高粘度改質アスファルト	再生排水性舗装用アスファルト
針入度 (1/10mm)	55	91
軟化点 (°C)	93	95.5
伸度 (15°C,cm)	100+	100+
60°C粘度 (poise)	1,000,000+	1,000,000+
密度 (15°C,g/cm)	1.029	1.025

表-2.2 実験項目および基準

項目	基準
薄膜加熱試験 (アスファルトの劣化促進,TFOT)	JIS K 2207
加圧劣化容器を用いた舗装用バインダの促進劣化試験 (アスファルトの劣化促進,PAV)	舗装用試験法便覧別冊
針入度試験	JIS K 2207
伸度試験	

表-2.3 試料の種類

呼び名	条件
1 新規As	新規排水性舗装用アスファルト
2 新規As劣化	1をTFOT+PAVで劣化させたもの
3 再生20%	2と再生排水性舗装用アスファルトを再生骨材混入率20%に相当する割合で混合
4 再生40%	2と再生排水性舗装用アスファルトを再生骨材混入率40%に相当する割合で混合
5 再生60%	2と再生排水性舗装用アスファルトを再生骨材混入率60%に相当する割合で混合

表-2.4 新規骨材とフィラー

名称	生産地	材質
6号砕石	東京都西多摩	硬質砂岩
粗目砂		
細目砂	千葉県佐原市	山砂
フィラー	栃木市	石灰岩

表-2.5 再生骨材の性状

項目	再生骨材	新規製造時	備考	
最大比重(理論密度)	2.536	2.482	再生骨材の性状は抽出試験および最大比重試験による	
アスファルト量(%)	4.18	5.00		
通過質量百分率(%)	13.2mm	100		97.3
	4.75	35.5		23.6
	2.36	23.4		17.2
	0.6	17.2		10.5
	0.3	14.3		7.7
	0.15	10.4		5.7
	0.075	6.9		4.4

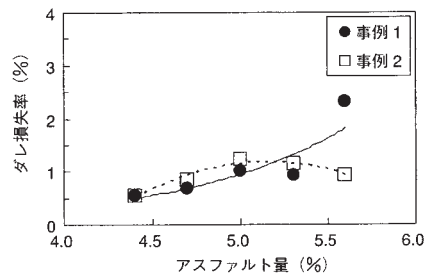


図-2.1 ダレ試験の例

2.2 再生混合物性状の評価

(1) 使用材料と混合物の配合

1) 使用材料

実験に用いた新規骨材とフィラーを表-2.4に、再生骨材を表-2.5に示す。この再生骨材は、平成5年10月に中央自動車道で施工された排水性舗装を平成11年11月に切削し得たもので、再生アスファルトプラントの分級設備を用いて13. 2-4.75mmの寸法に調整したものである。アスファルトは、前述の表-2.1に示すものと同一である。

2) 配合

予備実験を行った結果、再生排水性舗装用混合物の配合設計にダレ試験を適用した場合、試験結果のばらつきが大きいこと、明確な変曲点が現れない場合があることが明らかになった。ダレ試験の結果の一例を図-2.1に示す。このため、本実験では空隙率とカンタブロ試験による質量損失率を指標として配合を導いた。配合設計のフローを図-2.2に示す。このとき、骨材の合成粒度は2.36mmにおける通過質量百分率を中央値±3%程度に、アスファルト量を4.0から6.0%の範囲で0.5%刻みに変化させた。骨材配合と設計アスファルト量は、供試体の空隙率が20%となること、ダレ試験から求められる最大アスファルト量と

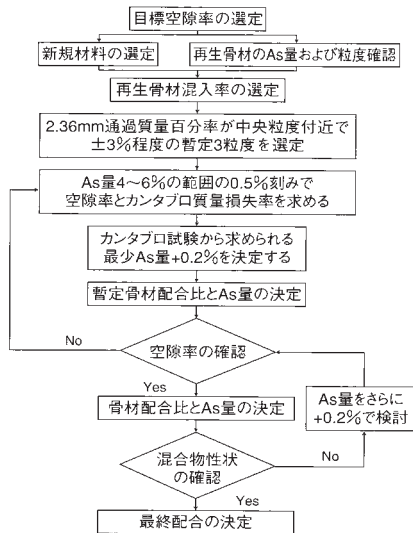


図-2.2 配合設計のフロー

カンタプロ試験から求められる最小アスファルト量の差が経験上0.2%であることから、カンタプロ試験によって求められた最小アスファルト量に0.2%を加えた量とすることを条件とした。再生骨材混入率は、排水性舗装用混合物として粒度調整が可能である上限の60%と、それより再生骨材混入率を低下させた40%の2水準とした。アスファルト量は設計アスファルト量の他に+0.2%と+0.4%を設定した。実験に供した供試体の配合を表-2.6に示す。また、この他に新規排水性混合物についても評価を行い、その性状を標準とした。

(2) 評価項目

供試体の耐久性の評価を中心とした2項目の評価を行った。評価項目と規準を表-2.7に示す。

2.3 試験施工

(1) 施工概要

施工場所は中央自動車道の本線上であり、再生排水性舗装、比較区間の新規排水性舗装を近接する同一車線上に施工した。

(2) 使用材料と配合

使用材料を表-2.8に、混合物の配合を表-2.9に示す。再生排水性混合物に使用した再生骨材は、室内における混合物性状の評価で使用したものと同一の現場から採取したもので、排水性舗装の切削材を13.2-4.75mmの寸法に分級して得たものであるが、4.75mm以下の寸法の骨材をさらに除去する目的で、湿潤した切削材を日光に曝し乾燥させた後、再生アスファルトプラントの設備で入念に分級したものである。再生骨材混入率は、常温骨材の合成粒度の計算上60%程度まで使用することが可能であったが、この配合は新規細骨材の配合率が著しく少なく、加熱骨材配合を検討する段階で合成粒度を調整することが困難になることが予測されたため50%とした。また、再生排水性混合物に使用したアスファルトは、前述の表-2.1に示すものと同一とした。

表-2.6 供試体の配合

再生骨材混入率(%)	アスファルト増加量(%)	骨材配合					アスファルト量(%)
		6号砕石	粗目砂	細目砂	石粉	再生骨材	
40	0	53.5	1.5	3.5	1.5	40.0	5.1
	+0.2	54.0	1.0	3.5	1.5	40.0	5.3
	+0.4	55.0	0.0	3.5	1.5	40.0	5.5
60	0	38.5	0.0	1.5	0.0	60.0	5.2
	+0.2	39.0	0.0	1.0	0.0	60.0	5.4
	+0.4	40.0	0.0	0.0	0.0	60.0	5.6

表-2.7 評価項目と基準

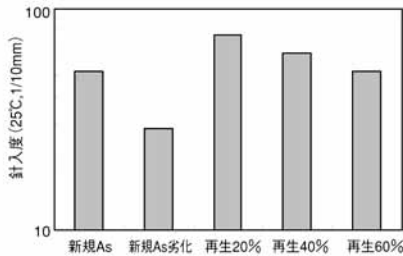
項目	基準	備考
カンタプロ試験	JHS 231	20℃
ホイールトラッキング試験	JHS 230	

表一2.8 使用材料

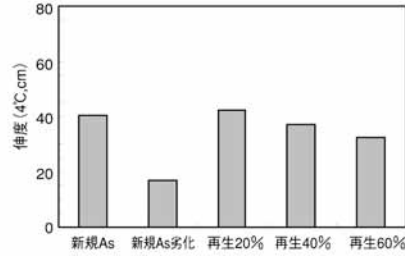
名称	材質	備考
再生骨材	13.2~4.75mm	切削材を分級
6号碎石	閃緑岩	
粗砂	川砂	
フィラー	石灰岩	
再生用アスファルト	再生用高粘度改質	

表一2.9 混合物の種類と配合

混合物の種類	骨材配合率(%)				アスファルト量(%)
	6号碎石	粗砂	フィラー	再生骨材	
再生排水性混合物	40.0	6.5	3.5	50.0	4.8
新規排水性混合物	83.5	11.5	5.0		4.8



図一3.1 針入度



図一3.2 伸度

(3) 評価項目

路面形状、浸透水量、すべり抵抗性の評価を行った。

3. 評価結果と考察

3.1 再生用アスファルトの評価

各試料の針入度を図-3.1に、伸度を図-3.2に示す。これらの図から、新規アスファルトは劣化促進することによって針入度と伸度が著しく低下するが、再生排水性舗装用アスファルトを混合することによって回復すること、劣化した高粘度改質アスファルトと再生排水性舗装用アスファルトの混合比率が変化した場合も新規アスファルトと同一程度の性状まで回復することが明らかである。これらの結果から、本再生排水性舗装用アスファルトは劣化した高粘度改質アスファルトの物理性状を十分に回復させる能力を有していることが明らかになった。

3.2 アスファルト混合物の性状

(1) 飛散抵抗性

カンタプロ試験による供試体の質量損失率を図-3.3に示す。この図によると、再生骨材を用いた排水性混合物の質量損失率は新規混合物のものより大きいですが、一般地域の基準値である20%以下を十分に満たしていることが明らかである。また、アスファルト量が増加すると質量損失率は小さくなること、再生骨材混入率が40%と60%の場合では損失率はあまり変化しないことが明らかである。

この結果から、再生排水性舗装用アスファルト混合物の飛散抵抗性は、新規混合物と比較すればやや劣るが、一般地域における基準を十分に満足することが明らかになった。

(2) 耐流動性

ホイールトラッキング試験による動的安定度（以下DS）を図-3.4に示す。この図によれば、再生排水性舗装用アスファルト混合物のDSは、再生骨材混入率が60%の場合にや

や大きくなる傾向にあるが、再生骨材の混入率やアスファルト量の変化によらず何れも5,000pass/mm以上と大きく、新規混合物と同等であることがわかる。

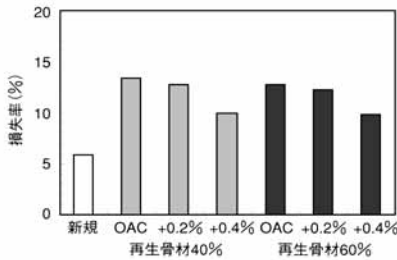


図-3.3 質量損失率 (+20°C)

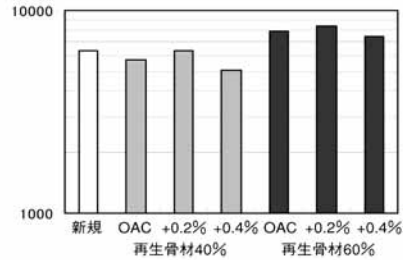


図-3.4 動的安定度

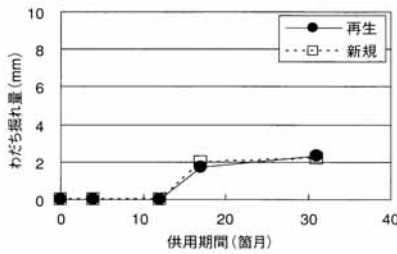


図-3.5 横断形状

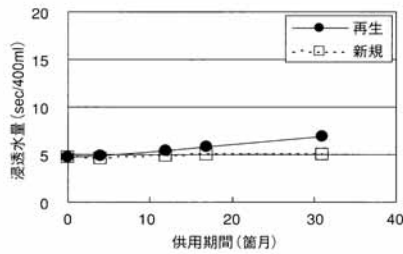


図-3.6 浸透水量

この結果から、再生排水性舗装用アスファルト混合物のDSは新規混合物と同等であり、耐流動性に優れていることが明らかになった。

3.3 試験施工

(1) 路面形状

横断プロファイルメータの測定による路面の横断形状の経時変化を図-3.5に示す。この図によると、再生排水性舗装のわだち掘れ量は、供用期間の増加にしたがって大きくなるが、その増加傾向は著しく小さいこと、その変化傾向は新規排水性舗装とあまり変わらないことが明らかである。また、供用31箇月経過した再生排水性舗装の路面を目視観察した結果、舗装表面の粗骨材が飛散した形跡はほとんどない。

したがって、再生排水性舗装は、走行車両の荷重による流動およびタイヤチェーンの打撃などによる摩耗や骨材飛散の影響を受け難く、耐流動性、耐摩耗性、飛散抵抗性は新規排水性舗装と同等であることが明らかになった。

(2) 透水性

現場透水試験による浸透水量を図-3.6に示す。この図によると、再生排水性舗装の供用開始直後の流下時間は4.5秒/400ml程度と良好であることが明らかである。その後、流下時間は供用期間の増加にしたがって徐々に大きくなるが、供用31箇月後においても7秒/400ml程度を確保していることが明らかである。

供用12箇月以降、再生排水性舗装の流下時間は新規排水性舗装よりやや大きいが、これは混合物の抽出試験結果から、再生排水性舗装の材料として用いた再生骨材の粒度の変動

に起因するものと考えられ、混合物の粒度がやや上限側に変動したことにより空隙詰まりが生じやすくなったためと考えられる。

この結果から、再生排水性舗装の透水性は十分に大きく、供用後も持続することが明らかになった。

(3) すべり抵抗性

DFテストによるすべり抵抗値（RSN）を図-3.7に示す。この図によると、再生排水性舗装と新規排水性舗装のRSNの変化傾向はあまり変わらず、共に供用期間の増加にしたがって徐々に大きくなることが明らかである。また、施工直後における再生排水性舗装のRSNは新規排水性舗装よりやや小さいが、供用期間の増加にしたがってその差は小さくなり、供用4箇月後にはほぼ同一の値になることが明らかである。

RSNが供用期間の増加にしたがって大きくなるのは、走行車両の影響により舗装表面のアスファルトが失われ粗骨材が露出するためと考えられる。また、施工直後の再生排水性舗装のRSNが小さいのは、RSNの測定が再生排水性舗装は施工終了直後に、新規排水性舗装は施工終了数日後に行われたため、再生排水性舗装の表面に油分が残留していたためと考えられる。

この結果から、再生排水性舗装のすべり抵抗性は新規排水性舗装と同等であることが明らかになった。

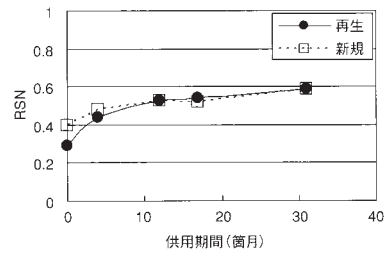


図-3.7 すべり抵抗値

4. まとめ

以下に、室内実験および試験施工から得られた再生排水性舗装の検討結果を総括する。

- ①開発した再生排水性舗装用アスファルトは、劣化した高粘度改質アスファルトの物理性状を十分に回復させる能力を有している。
- ②開発した再生排水性舗装用アスファルトを用いた再生排水性舗装用混合物は、一般地域における飛散抵抗性の基準を十分に満足すること、耐流動性に優れていることが明らかになった。また、実路における試験施工の結果、本混合物の耐流動性、耐摩耗性、飛散抵抗性、すべり抵抗性は新規排水性舗装と同等であること、透水性は十分に大きく供用後も持続することが明らかになった。

5. おわりに

プラント再生方式によって、排水性舗装の発生材を再生排水性舗装の材料に使用する技術を確認する目的で行った検討について述べた。今後も再生排水性舗装の更なる検討を継続していきたい。

【参考文献】

- 1) (社)日本改質アスファルト協会：改質アスファルトの地域別出荷量（2003年度）、改質アスファルト、No.23, pp.24-25, 2004.8.

特殊アスファルト乳剤による常温混合物の開発

大林道路株式会社 技術研究所 鈴木 徹

大林道路株式会社 技術研究所 杉本 浩一

大林道路株式会社 技術研究所 原田 博志

大林道路株式会社 技術研究所 石川 洋

1. はじめに

地球温暖化など地球規模の環境問題に配慮した建設事業を推進する機運の高まりなどを背景に、種々の舗装技術が研究され、実用化されている。舗装の構造に関する技術基準・同解説1)の中にも「省エネルギーの観点から、また二酸化炭素排出を抑制するためにアスファルト混合物の加熱温度を下げるかあるいは全く加熱しない等の技術…においてはこれらの施工方法の導入に努める。」と明記されている。また、14年度の我が国の温室効果ガス総排出量は、京都議定書による基準年（1990年）の総排出量と比べて、7.6%増加しており、京都議定書に示された目標（2008年～2012年の間に6%削減）を大きく上回っている²⁾。このようなことから、省エネルギーおよびCO₂排出量削減への対応としての材料、製造方法、工法が求められている中、中温化技術、常温舗装が取りあげられる。特に常温舗装については環境にやさしい舗装という位置づけ以外にも火を使用することが好ましくない火気厳禁箇所（例えば精油所構内舗装、林道舗装、ガソリンスタンド内補修等）や近くに加熱合材プラントを持たない場所などでの施工に適することなどの長所があげられる。また、補修用材料として様々な補修工法に適用可能である。

筆者らは骨材の選定を必要とせず、かつ、密粒度混合物、開粒度混合物、表面処理混合物、ひびわれ充填材等の混合物種類、用途が異なるものに対して1種類で対応できる特殊アスファルト乳剤およびこれを用いた各種混合物の開発を試みた。

以下にこれらの概要を紹介する。

2. 特殊アスファルト乳剤

特殊アスファルト乳剤はアスファルトを主成分とした乳剤と熱硬化性樹脂からなる。特殊アスファルト乳剤自体の可使時間、硬化時間は20℃ 気中養生でそれぞれ30分、120分程度を有するものである。

写真-1は容量200ccのプラスチックコップに特殊アスファルト乳剤を入れて室温20℃で約2時間養生させて、プラスチックコップを取り外した状況である。2時間で硬化形成する。ただし、低温になるほど、硬化時間が長くなる。硬化後は写真-2に示すように非常に柔軟性、弾力性に富み、ゴムのようであるが、



写真-1 養生120分後の状況



その硬さはセメント量で調整することができる。セメントを入れることによって脆弱になることが懸念されるが、高いたわみ追従性を有する。

図-1にセメント添加量とひずみの関係を示す。セメント添加量が増加するとひずみは減少するものの高いひずみを示しており、たわみ追従性に優れているものといえる。

以上の特性を有する特殊アスファルト乳剤を使用して各種混合物の検討を行った。



写真-2 柔軟性、弾力性

3. 各混合物の基本性状

(1) 密粒度、開粒度混合物タイプ

密粒度、開粒度混合物タイプについて加熱混合物と同骨材粒度について加熱バインダー量を特殊アスファルト乳剤の固形分に置き換え、基本性状試験を行った。使用骨材は前述したとおり、骨材の選定は必要としないため、今回は合材プラントで使用している骨材、配合と同条件とした。なお、加熱混合物の場合はフィラーに石粉を使用するが、当該常温タイプは石粉を使用せず、セメントを使用している。表-1に一例として使用材料を、表-2に骨材粒度を、表-3に基本性状試験結果を示す。

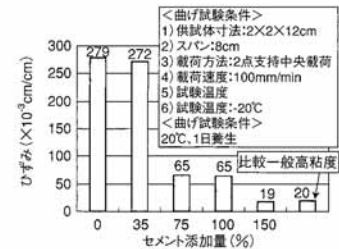


図-1 セメント量とひずみの関係

表-1 使用材料

混合物種類	使用材料					
密粒度混合物	6号碎石	7号碎石	粗目砂	細目砂	Scr	セメント
開粒度混合物	6号碎石	細目砂	石粉	セメント		

表-2 骨材粒度

		ふるい目の開き (mm)							
		19.0	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
通過質量百分率 (%)	密粒度混合物	100	99.2	69.3	43.1	34.0	16.3	9.5	6.2
	開粒度混合物	100	98.2	27.4	15.4	11.9	8.7	5.2	4.0

表-3 基本性状

項目	密粒度タイプ	開粒度タイプ
標準ホイール試験: DS (回/mm)	6000以上	6000以上
常温ホイール試験: DS (回/mm) **	6000以上	6000以上
ラベリング磨耗量 (cm ²) **	0.15程度	0.4程度
カンタブロ損失率 (%) **	—	16
透水係数 (cm/sec)	—	1×10 ⁻¹ 以上
曲げ強度 (N/mm ²) **	8~9	—
曲げる破断ひずみ (cm/cm) **	1×10 ² 程度	—

*1 混合物作製後、3時間自然養生した後、室温20℃で実施
 *2 クロスチェンを使用
 *3 標準カンタブロ (20℃) で実施
 *4 舗装試験法便覧に準拠。試験温度-10℃、載荷速度50mm/min

密粒度、開粒度とも、DSは6000回/mm以上であり、耐流動性に優れているといえる。なお、常温ホイールトラッキング試験は硬化時間（交通開放時間）を推定するために行ったものであり、DSの値から舗設後、3時間後は実用強度に達していると判断できる。また、ラベリング試験結果から、耐摩耗性に関しても優れた混合物と判断される。密粒度混合物については、曲げ強度試験による破断ひずみ測定結果から、たわみ追従性に優れたものであり、たわみ性が要求される箇所への適用も考えられる。比較のため、同一材料、配合、アスファルト量で作製した加熱型密粒度混合物（ストアス60/80使用）と比較した結果、加熱型の曲げ強度は9N/mm²、曲げ破断ひずみ 5×10^{-3} cm/cmであり、このことから、常温型混合物の場合、曲げ強度は加熱型と同等で、且つ、ひずみは大きい混合物といえる。

開粒度混合物の場合、透水係数は十分であり、また、カンタブロ損失率から骨材飛散抵抗性についても問題ないものと判断される。

図-2、写真-3にねじれ抵抗性を評価した結果を示す。

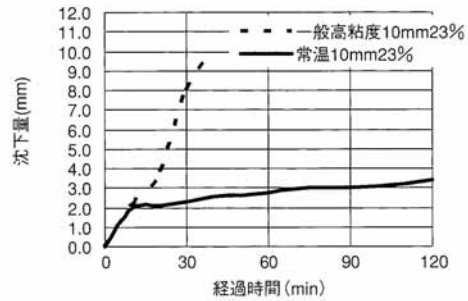


図-2 試験時間と沈下量の関係

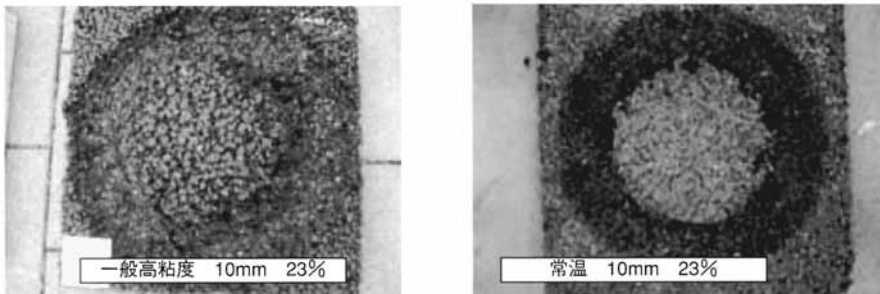


写真-3 ねじれ抵抗性試験後

図-2に示すとおり、一般高粘度で最大粒径10mm骨材、空隙率23%の排水性混合物は試験開始後40分程で沈下量が10mmに対して、特殊アスファルト乳剤を使用した同配合（セメント量5.5%）は120分試験しても沈下量は4mm以下であった。これは、乳剤セメント複合体および熱硬化性樹脂により、ねじれ抵抗性が向上したものと考えられる。

(2) 表面処理タイプ

(1)と同じ特殊アスファルト乳剤と細骨材（粗目砂、細目砂、スクリーニングス、珪砂等）の組み合わせで、表面処理材を検討した。荒れた路面や老朽化した路面および軽微なひびわれに薄く敷均し、既設路面のアスファルトの劣化やひびわれの抑制と、補修した路面の化粧直としての用途を目的に開発した。予防的維持工法の一つである常温表面処理工法ではマイクロサーフェシングがあり、同様なスラリー材であるが、使用している乳剤がマイクロサーフェシングに使用されているカチオン系乳剤と異なるため、骨材選定を必

要としない。弊社では表面性状（緻密さ、粗さ）と施工厚（1～5mm）によって細骨材種類を変えている。また、ケースにより、セメント量、セメント種類等の配合を調整している。

表-4に表面処理材の配合例と表-5に基本性状を示す。

表-4 表面処理剤の配合例

Scr (kg)	セメント (kg)	水 (kg)	特殊乳剤 (kg)
500	50	75	125

表-5 表面処理剤の基本性状

No.	項目	試験値	備考
1	曲げ強度 (MPa) *1	6～10	-20℃で試験
2	曲げ破断ひずみ (×10-3mm/mm) *1	30～70	
3	ホイールトラッキング試験：DS (回/mm) ①*2	沈下なし	母体コンクリート 母体アスコン 試験温度60℃
4	ホイールトラッキング試験：DS (回/mm) ②*2	母体アスコンに追従	
5	常温ホイールトラッキング試験*3	沈下なし	試験温度20℃
6	ラベリング磨耗量 (cm ²) *4	0.05程度	試験温度-10℃ 平チェーン使用
7	一面せん断強度 (MPa) *5	1以上	試験温度-5℃、載荷速度10mm/min
8	マーシャル安定度 (kN) *6	5～20	60℃30分浸後
9	フロー値 (1/100cm) *6	30～50	◇

- *1 改質アスファルト協会 バインダーの曲げ試験に準拠。
 - *2 舗装試験法便覧に準拠。
 - *3 常温で試験。試験方法は舗装試験法便覧に準拠。
 - *4 舗装試験法便覧に準拠。
 - *5 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料試験方法2.3に準拠。
 - *6 舗装試験法便覧に準拠。
- なお、No.3～6については、母体供試体 (t=5cm) の上に表面処理剤を5mm被せたもので行った。

以上、各種混合物の基本性状を示したが、この他に密粒、開粒度タイプは少量を現地で混合し、ポットホールや切取供試体の穴埋めにも適用している。また、表面処理材は特殊乳剤と細骨材のバランスを調整して、比較的幅、深さが大きいひびわれ箇所に応急復旧処置として適用した事例もある。このように状況に応じて容易に配合を調整できること、現地産骨材をその場で使用できるなど、利便性がある。

さらに特殊アスファルト乳剤を使用した各種混合物は共通して耐油性に優れている。写真-4に特殊アスファルト乳剤を使用した排水性混合物と表面処理混合物を軽油に24時間浸した後の状況を示す。比較混合物は、同配合でバインダーに改質Ⅱ型を使用したものである。

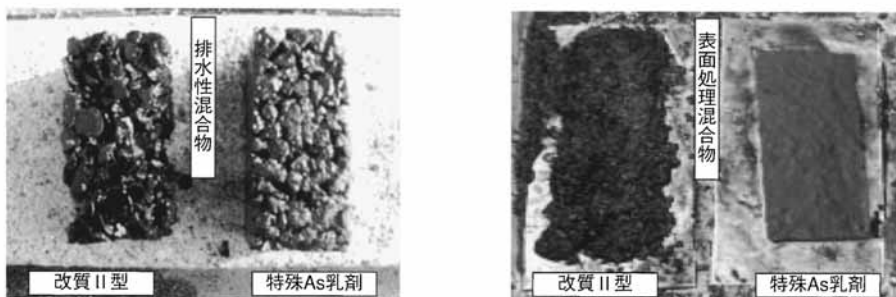


写真-4 耐油性試験後状況

排水性混合物、表面処理混合物とも改質Ⅱ型バインダーで作製したものは、バインダーがカットバックし、骨材間の結合力が失われ、手で容易に崩れる状態となったが、特殊アスファルト乳剤を使用したものは、試験前の形を保持した状態であった。このことから、特殊アスファルト乳剤を使用した混合物は非常に耐油性に優れており、耐油性が要求される箇所にも適用できる。

4. 施 工

4-1 常温透水性舗装

新築マンションの駐車マスの一部（24m²、t=5cm）に常温透水性舗装（空隙率20%）を施工し、混合性、施工性を確認した。

(1) 混合性

0.1m²の強制練りミキサを用いて1バッチ当たり100kgの混合物を製造し、60秒間程度混合し、均一な混合物を製造できた。混合性は良好であった。

(2) 施工性

製造した混合物は一輪車で施工箇所まで運搬し、人力により敷均しを行い、プレートのみで締固めを行った。プレート面への顕著な付着もみられず、特別な養生を行わなくても転圧できることを確認できた。

混合時および施工時の特殊アスファルト乳剤のダレも見られず、施工後に確認した透水量は1300ml/15secであった。写真-5、写真-6に施工後の状況を示す。

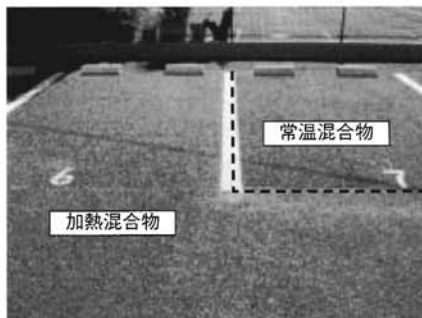


写真-5 施工状況

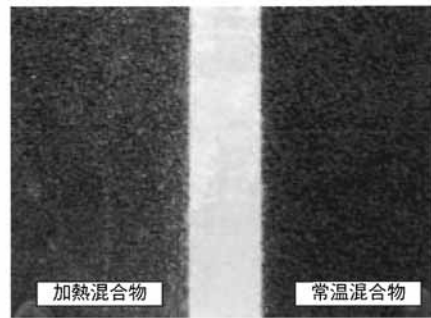


写真-6 施工後状況

4-2 表面処理混合物

表面にクラックが入った荒れた路面の化粧直しに表面処理材を施工し、混合性、施工性を確認した。

(1) 混合性

表面処理混合物は大型容器（40～100ℓ）に所定の材料（約30kg）を投入して高速ハンドミキサーを使用して混合した（写真-7参照）。

ダマ、材料分離もみられず良好な混合性であった。



写真-7 混合状況

(2) 施工性

ゴムレーキにて敷均しを行った。施工厚さが1mm程度の薄いときはガムテープで施工箇所を養生し、厚みが2mm以上の場合は薄ベニヤ等で養生を行って施工した。写真-8は施工継目ひびわれに表面処理材を充填しながら周辺も同時に敷均した状況を、写真-9は表面荒れが目立つ箇所の施工状況を、写真-10は施工前後の一例を示す。



写真-8 施工状況①



写真-9 施工状況②

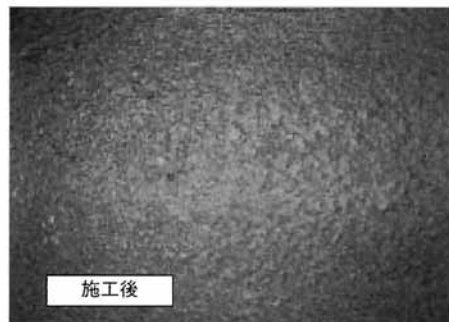
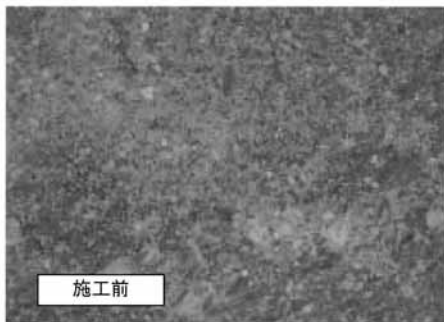


写真-10 施工前・後表面形状

5. 今後の課題

骨材の選定を必要としないことから、本特殊アスファルト乳剤を使用し、各種混合物を製造できること、加熱混合物と同等以上の性能を有することを確認し、各所に適用を図っている。また、アスファルト再生骨材を使用することも可能であり、現在詳細な検討を行っている。また、加熱合材プラントで製造できることは確認済みであるものの、如何に効率よく生産できるかを、材料面、混合物製造方法、リサイクル等を含めて、検討すべき課題として考えている。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：舗装の構造に関する技術基準・同解説、平成13年7月
- 2) 松本洋忠：地球環境と美しい景観の保全と創造、道路、Vol.765、pp35～38、2004.11

小型車用駐車場におけるポーラスコンクリートの適用に関する一検討

大林道路 技術研究所 正会員 ○小関 裕二
 日本道路公団 試験研究所 正会員 本松 資朗
 日本道路公団 試験研究所 正会員 松本大二郎
 日本道路公団 試験研究所 正会員 神谷 恵三
 大林道路 技術研究所 石川 洋

1. はじめに

高速道路のサービスエリア等休憩施設の駐車場の舗装構造は、設計要領（第一集 舗装編 平成16年1月日本道路公団）で、「アスファルト舗装を基本とし、TA=15~20cmの間で定める」と規定し、表層に高機能舗装用混合物の適用を試みている。しかし、静荷重による塑性変形や油漏れによるカットバックおよびタイヤによる据え切りなどの損傷が発生する場合がある。これらの損傷に対し、表層をセメント系舗装にすることで対応可能であると考えられる。したがって、駐車場（小型駐車場）の表層にポーラスコンクリートを適用した場合の舗装構造およびポーラスコンクリートの必要強度を検討した。

2. 舗装構造

既設アスファルト舗装（TA=19.3cm）の上部5cmをポーラスコンクリートに置き換えるものとし、その断面は図-1に示すとおり、ホワイトトッピング構造となる。また、アスファルト混合物層とアスファルト安定処理層はアスコン層一層として考えた。

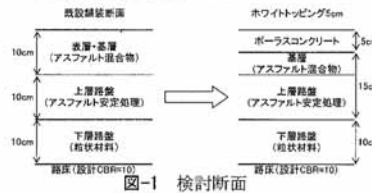


図-1 検討断面

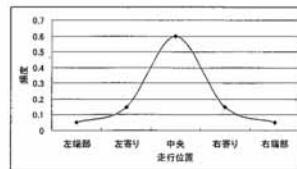


図-2 走行位置分布

3. 解析条件

舗装構造は3次元有限要素プログラムで解析した。解析条件は文献^{2),3)}を参考に表-1に示す値とした。ポーラスコンクリートとアスコン層の境界面は付着をばね係数で表している。

荷重条件は、代表的な乗用車タイヤの接地圧⁴⁾と合わせるため、15cm×15cmの接地面積に4.9kNの荷重が載荷するものとした。解析は小型車の1軸（2輪）が載荷するものとして行い、車両走行位置と走行頻度は、図-2に示すような正規分布となるようにした。

温度条件は、文献⁵⁾より表-2に示す温度差と時間割合を用いた。

交通量は、常に駐車場に駐車車両が入り出していると仮定し、文献⁶⁾の時刻別の1台当たりの平均駐車時間から推定した。その結果、平均すると駐車時間は約30分となり、24時間では48台の交通量となる。したがって、1台あたり2軸（2輪）として設計期間を10年とし、N=48台/日×2輪/台×365日×10年=350,400輪を設計交通量とした。

また、温度差が正または負の時に走行する比率は、50:50とした。

4. 解析結果

解析モデルは、図-3に示すように駐車場1台分とし、目地を設けない構造とした。ここでは最大の応力が発生する位置を疲労設計の解析位置とするために以下に示す検討を行った。

キーワード 駐車場舗装, ホワイトトッピング, ポーラスコンクリート, 3次元FEM

連絡先 〒336-0027 埼玉県さいたま市南区沼影 2-12-36 大林道路(株) 技術研究所 TEL048-863-7787

表-1 解析条件

項目	入力値
ポーラスコンクリート	
弾性係数(GPa)	25.5
ポアソン比	0.2
厚さ(cm)	5
温度膨張係数(×10 ⁻⁶ /°C)	8.5
Co-As境界面	
ばね係数(GN/m ²)	1.0×10 ⁴
アスコン層(アスファルト安定処理層含む)	
弾性係数(MPa)	490
ポアソン比	0.35
厚さ(cm)	15
下層路盤	
弾性係数(MPa)	245
ポアソン比	0.35
厚さ(cm)	10
路床	
弾性係数(MPa)	98
ポアソン比	0.35
厚さ(cm)	270

表-2 温度差と時間割合

温度差(°C)	時間割合
7	0.014
5	0.105
3	0.254
1	0.627
-1	0.604
-3	0.386
-5	0.010



図-3 解析モデル



(1) 輪荷重応力の検討

輪荷重応力は図-4 に示す 3 箇所の走行位置で解析した。解析は進行方向を x 軸、横断方向を y 軸として駐車ます中心を原点とした座標で行った。

輪荷重によりコンクリート下面に発生する応力として、x 軸方向の応力 σ_x 、y 軸方向応力 σ_y が最大となる位置の結果を図-5、図-6 に示す。いずれの場合も 0.6MPa 以上の応力は発生しない。

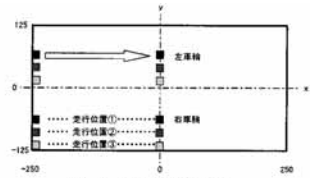


図-4 車輪荷重位置

(2) 温度応力の検討

温度応力は厚さ 5cm のホワイトトッピングで最大の温度差である 7℃ で解析した。解析の結果を図-7、図-8 に示すとおり、 σ_x は最大値 1.74MPa となり、 σ_y は最大値 1.52MPa となった。

以上の結果から、最も大きな温度応力が発生する $x=0\text{cm}$ 、 $y=60\text{cm}$ の位置における x 軸方向の応力 σ_x を疲労解析の対象とした。

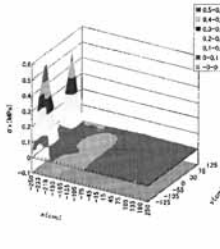


図-5 荷重応力 σ_x

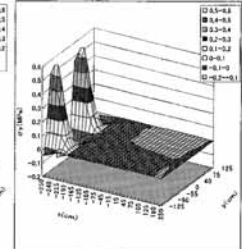


図-6 荷重応力 σ_y

5. 疲労解析

前述した走行位置分布で、中央は走行位置①、右寄りには走行位置②、右端部は走行位置③なので、左寄りには走行位置②、左端部は走行位置③の軸対称となり、 $y=-60\text{cm}$ が解析位置となる。したがって、左右の輪荷重応力が同様な走行位置②、③の頻度を 2 倍した。輪荷重応力とその頻度を表-3 に示す。

温度応力及び合成応力を表-4 に示す。合成応力が負(圧縮側)は疲労抵抗の計算には用いない。表-4 の合成応力の大きさと度数を整理し直して、ポーラスコンクリートの設計曲げ強度を 2.7MPa として疲労抵抗値を算出した結果は表-5 に示すとおり、疲労抵抗値の合計が 1 未満となり設計を満足した。

なお、さらに条件を厳しくして、走行位置①だけに車両が走行し、交通量を 2 倍にした場合、ポーラスコンクリートの設計曲げ強度は 2.9MPa で設計を満足した。

6. おわりに

小型駐車ますの表層にポーラスコンクリート 5cm を適用した場合の舗装構造およびポーラスコンクリートの強度を検討した結果、ホワイトトッピング構造が適用でき、そのコンクリートの設計曲げ強度は 3MPa 程度で設計期間を満足する。

ただし、荷重条件は、小型車だけの荷重であり、大型車が走行しないことが前提になっているので注意が必要である。また、既設アスファルト舗装の TA や設計 CBR が変わればポーラスコンクリートの設計曲げ強度も変わってくるので、対象とする舗装に見合った解析が必要である。

参考文献

- 1) 西澤:3次元 FEM に基づいたコンクリート舗装構造解析パッケージの開発, 舗装工学論文集, 第 5 巻, pp.112-121, 2000.12.
- 2) 東本ほか: ホワイトトッピングの空港舗装への適用について, 舗装工学論文集, 第 8 巻, pp.153-162, 2003.12.
- 3) 野田ほか: ポーラスコンクリートの車道舗装への適用に関する検討, 舗装, pp.10-15, 2001.4.
- 4) 渡辺: タイヤのおおなし, pp.88, 日本規格協会, 1994.
- 5) 東本ほか: ホワイトトッピングの温度特性とそり応力, 第 25 回日本道路会議論文集, CD-ROM, 09006, 2003.11.
- 6) 井上: 高速道路の休憩施設, 道路, pp.29-33, 1980.10.

表-3 輪荷重応力

走行位置	(1)	(2)	(3)
頻度 (%)	0.6%	0.3%	0.1%
σ_x	250.240	100.120	35.040

表-4 合成応力

温度応力	0.55	0.32	0.32
頻度 (%)	2.0240	105.702	35.040
0.6%	105.120	35.040	11.520
0.3%	105.120	35.040	11.520
合成応力	1.74	1.52	1.36
頻度 (%)	2.28	1.37	0.45
1	1.25	0.100	0.37
頻度 (%)	1.000	0.37	1.82
2	0.75	0.204	0.37
頻度 (%)	0.750	0.37	4.55
1	0.25	0.627	0.37
頻度 (%)	0.250	0.37	0.37
-1	-0.25	0.604	0.37
頻度 (%)	0.250	0.37	0.37
-1	-0.75	0.388	0.37
頻度 (%)	0.375	0.37	0.37
-1	-1.25	0.010	0.37
頻度 (%)	0.375	0.37	0.37

表-5 疲労抵抗の計算

合成応力	度数	応力	疲労抵抗値 (疲労抵抗係数)
2.8 (2.31 ~ 2.30)	0	0.98	271
2.4 (2.31 ~ 2.30)	0	0.89	271
2.2 (2.11 ~ 2.10)	1.472	0.81	2,541
2.0 (1.91 ~ 1.90)	0	0.74	22,451
1.8 (1.71 ~ 1.80)	12,019	0.67	52,864
1.6 (1.51 ~ 1.50)	0	0.59	22,451
1.4 (1.31 ~ 1.30)	5,519	0.52	952,041
1.2 (1.11 ~ 1.20)	29,540	0.44	4,540,201
1.0 (0.91 ~ 1.00)	0	0.37	17,445,052
0.8 (0.71 ~ 0.80)	63,710	0.30	72,780,320
0.6 (0.51 ~ 0.60)	0	0.22	368,753,536
0.4 (0.31 ~ 0.40)	32,965	0.15	1,316,353,898
0.2 (0.11 ~ 0.20)	74,471	0.07	5,560,770,422
0.0	111,706	-	-
0.0	352,600	-	-
合計			0.82

●一般論文（舗装部門）●

既設排水性舗装用セメント系充填材の開発

○安久 憲一（住友大阪セメント株式会社）
 安藤 豊（同）
 藤林 省吾（大林道路株式会社）

バリアフリー対策のための既設舗装の嵩上げ工事においては、既設舗装が排水性アスファルト舗装の場合、雨水等の浸透・滞留による破損が懸念されるため、既設舗装を切削し、新たに基層、中間層、表層を構築していくのが一般的である。しかし、既設の排水性舗装が構造的には健全であり、そのまま基層として使用することができれば、地域環境への負荷低減、工期の短縮に繋がる。

本報文は、空隙つぶれや空隙詰まりにより、透水機能が低下しているの既設排水性アスファルト舗装においても浸透用セメントミルクの充填性が低下しないセ

メント系充填材の開発について述べたものである。

ここでは①空隙の下部まで確実に充填されること②既設舗装の強度が低下しないこと③作業後交通開放に支障がないこと④交通開放後、舗装機能を維持すること（透水機能、騒音低減効果を除く）の4項目および概算価格を検討項目とし、4種類の材料を用いた工法について評価している。その結果、開発した新規充填材の充填性が良好なこと、強度的にも目標を満足していることから、既設排水性舗装用充填材として十分な性能を発揮すると報告している。

●一般論文（舗装部門）●

性能規定（わだち掘れ）対応舗装の供用性

○小熊 誠（大林道路株式会社）
 吉田 行範（同）
 稲葉 行則（同）

近年、国土交通省等により公共工事の品質確保ならびにコスト削減を目的とした、性能規定発注方式での舗装工事が行われている。本発注方式は、要求する性能のみを規定するもので、材料・工法等の選択プロセスは、受注者の自由裁量に委ねられているものである。これまで取り上げられた性能指標としては、騒音値・浸透水量・塑性変形輪数・平坦性等、様々なものがあるが、平成14年に関東地方整備局で初めて「施工完了2年後のわだち掘れ量」の性能指標を規定した試行

工事が実施された。

本報文は、上記性能指標により発注された大磯町（6）舗装修繕工事における、供用2年後のわだち掘れ量等の供用性について述べたものである。本報文では、供用2年後のわだち掘れ量は1.6mmと非常に良好なこと、リフレクションクラックの発生もほとんど認められないこと、目標動的安定度の算定式によるわだち掘れ量の推定が妥当であったことを報告している。

●一般論文（舗装部門）●

表面処理型凍結抑制舗装の施工事例

○黒澤 昌史（大林道路株式会社）
 大橋 紀（同）
 鈴木 昇（札幌市役所）

冬道の車両走行の安全性と除雪作業の容易性から、凍結抑制舗装の技術開発が進められている。最近では、ゴムやウレタンなどを利用した物理系凍結抑制舗装が注目されている。大林道路でも、従来からゴム粒子混合型凍結抑制舗装（ルビット舗装・オークサイレント）の施工実績を数多く有しており、その効果も実証されてきたが、さらに大きな凍結抑制効果が求められている。このことから、表面に存在するゴム粒子を増

やすことで、さらに大きな凍結抑制効果が期待できる工法として、舗装路面に再生利用品のゴム粒子を大量に含んだアスファルトマスチックを、超薄層（厚さ5mm程度）で敷きならす表面処理型凍結抑制舗装（以下、RAペーパーと称す）の開発を行なった。

本報文は、RAペーパーの施工（札幌市：市道南19条宮の沢線、宮丘トンネル内）に関する施工方法、室内試験、現場試験の結果についてとりまとめたものである。



●一般論文（舗装部門）●

ロードヒーティング用遮熱コートについて

○光谷 修平（大林道路株式会社）
石田 宰（同）
三坂 正和（及川建設株式会社）

舗装路面は、常に安全・円滑な交通を確保できる状態に維持される必要があるが、積雪寒冷地の積雪や凍結は、この舗装路面の状態を悪化させる代表的な外的要因の1つである。舗装路面の積雪や凍結を防止する設備の1つに電熱線を用いたロードヒーティングシステムがあるが、このシステムは適用可能温度領域が広く、消・融雪施設として広く用いられている。しかし、消費電力の節減が課題となっている。

本論文は、夏季の路面温度の上昇を抑制する遮熱性舗装用に開発した遮熱塗料を、ロードヒーティングに

適用することで、その熱効率を高め、消費電力の節減に結びつけようとする試みについて述べたものである。ここでは、発熱線の下層部分への熱伝導率を下げる方法として発熱線を置く基盤舗装面に遮熱コートを塗布した試験ヤードを作製し評価試験を実施している。その結果、遮熱コートにより下層への熱伝達が明確に低下することが判明し、また、熱効率が向上することで路面温度は高くなる傾向を示すことが分かった。今後も節電効果の調査を実施する予定。

●一般論文（舗装部門）●

駅前通りに適用した保水性舗装の一事例

○高山 昌大（フォレストコンサルタント株式会社）
峯 映博（同）
鍋梨 貴史（大林道路株式会社）

近年、地球の温暖化や都市部におけるヒートアイランド現象等、気温の上昇が環境問題として取り上げられている。気温が上昇している原因には、二酸化炭素等の温室効果ガスの増加、産業・生活に伴う排出熱の増加、地面を舗装やコンクリート構造物で覆うことによる地表面の熱収支の変化等が影響していると言われている。

本論文は、こうした熱環境の改善を目的として、市街地の駅前通りに施工した保水性舗装の追跡調査結果

について述べたものである。追跡調査では、保水性舗装と比較舗装の密粒タイプの舗装に対して、路面温度低減性能の確認、体感温度の測定、冬期における路面温度の確認を行った。その結果、保水性舗装は、夏期の路面温度を10℃以上低減する効果があること、周辺環境の体感温度を改善する効果があること、冬期の低温下においては、比較舗装の密粒タイプの舗装と大差なく、凍結による舗装の耐久性低下は認められないことが判明した。

●一般論文（土木部門）●

非開削工法による排水管の更正

○勝俣 健二（大林道路株式会社）
松島 良和（同）

近年、排水管の老朽化の進行に伴い、漏水による土壌汚染・地下水汚染の増大、道路の陥没等多くの問題が発生しており、この対策として老朽管の改築が急がれている。また社会的要請として建設工事が周辺環境に影響しないように環境に配慮した工法を選定することが求められている。

本論文は、排水管の改築工事における開削工法と非開削工法を比較するとともに、非開削工法の環境に優しい特長等について述べたものである。

報文では、改築工法の分類を紹介し、開削工法、非開削工法の概要・特長を述べるとともに、非開削の更正工法の事例として、光硬化タイプと熱硬化タイプを取り上げている。光硬化タイプは、ライニング材の硬化に際して、外気温の影響を受けないこと、浸入水の影響を受けないこと、施工時間が短くてすむことを述べるとともに、硬化後の伸縮量が小さいことを紹介している。

●一般論文：(道路管理・修繕・更新グループ)●

特殊アスファルト乳剤を用いた各種補修材料の検討

○杉本 浩一 (大林道路株式会社)
原田 博志 (同)
鈴木 徹 (同)

舗装の補修材料は、破損の程度や状況（ポットホール・ひび割れ・段差修正等）に応じて、様々な種類があり、加熱アスファルト混合物タイプから常温混合物タイプまで豊富にある。常温混合物タイプは、貯蔵性があり緊急の補修に対応可能であり、施工時の取り扱いや作業性が優れていること、小規模にも柔軟に対応できることから補修材料として用いられる機会が多い。しかし、これらの内、バインダに乳剤系を使用したものは、骨材の選定や前処理が必要であることが多く、

予定以上の数量が必要になった場合など、緊急に対応することが困難であるという課題がある。

本報文は、骨材の選定や前処理を必要としない特殊アスファルト乳剤を用い、合材タイプと表面処理タイプの常温型補修材料を開発し、その評価について室内試験結果を中心に述べたものである。報文では、開発した常温型補修材料は、十分な耐久性を要しているとしている。

●一般論文（ポスターセッション）●

排水性舗装用ゴムチップ導水管の開発

○藤田 義憲 (大林道路株式会社)
藤原 栄吾 (同)
石川 健 (フォレストコンサルタント株式会社)

近年、排水性舗装の滞水を防ぐために種々の導水管が採用されてきている。路肩部の導水管は滞水発生に対して多大な効果を発揮するものの、その施工性や排水性舗装の修繕時における撤去方法等に問題点が残されている。

本報文は、上記の問題点を解決するため、開発目標を①雨水を導くための排水性混合物を必要としない、②導水管を単独に取り出せる、③雨水が舗装の端部から下層に浸透しない、④リサイクル品を100%使用する、とした新型排水性舗装用のゴムチップ導水管につ

いて紹介したものである。

新型導水管では、基層厚と同じ高さの矩形にし、円形の中空を有する形状を選定した。また、製品化しやすいことと資源の有効活用に貢献できることを理由に、廃タイヤ等の再生ゴムチップを素材として選定した。

さらに、導水管の底部層を不透水とすることで、雨水の下層への浸透を防ぐこともできるようにした。この新型導水管によって、従来の導水管の問題点を解消するとともに、今まで事例のない表層への適用も可能とした。

●一般論文（ポスターセッション）●

下面給水型揚水性舗装の施工事例

○藤原 栄吾 (大林道路株式会社)
藤田 義憲 (同)
小宮 英孝 (株式会社大林組)

近年、ヒートアイランド現象など、熱環境の悪化が問題視されている。その中で、地面を舗装することによる熱収支の変化がその一因となっているとの指摘がある。本報文で紹介している下面給水型揚水性舗装は、雨水を吸収して蒸発散させるとともに、舗装下面より舗装に水を効率的に給水させ、晴天が続いても路面温度の上昇を抑制する技術である。

本工法の基本構造は、高粘度バインダを用いた開粒度アスコンを母体とし、その空隙に揚水材を充填した

もので、舗装下面に設置した給水管から供給される水を毛细管現象を利用して上昇させ舗装体を湿潤状態に保つというものである。給水管はリサイクルゴムチップを使用した半割ドレーンで保護されており、給水管のメンテナンスも可能となっている。

本報文では、試験施工の性能評価結果を示し、これに基づき民間工事で初めて適用された施工例について紹介している。その施工例では、5月時点でも路面温度の低減効果が発揮されると報告している。

●一般論文（ポスターセッション）●

積雪寒冷地におけるゴム粒子を用いた多機能舗装

○小澤 光一（大林道路株式会社）
 久保田孝一（同）
 山田 知正（クレハエラストマー）

排水性舗装は、排水機能による走行車両の安全性向上や、騒音低減機能による沿道環境への負担軽減に寄与するなどの特長を有する。その反面、積雪寒冷地における凍結や圧雪状態の長時間残留や、すべり止め用チェーンを装着した車両の走行に起因する骨材飛散や空隙づまりが課題となっている。この課題に対応した舗装にゴム粒子混入型排水性舗装（以下オークサイレントと称する）がある。本報文は、オークサイレントの凍結抑制性能と騒音抑制性能について述べたものである。

検討の結果、オークサイレントの凍結抑制性能は、

混入用ゴム粒子のみならず散布用ゴム粒子にも大きく依存していること、散布用ゴム粒子が供用時にタイヤチェーンなどの打撃を受け、施工直後の60%程度まで減少した場合でも供用初期の凍結抑制性能を維持できることが明らかになった。また、オークサイレントの騒音低減性能は、密粒舗装より優れ一般地域の排水性舗装と同等であること、その供用後の低下傾向は一般地域の排水性舗装とあまり変わらないことから積雪寒冷地仕様騒音低減舗装として優れていることが明らかになった。

●一般論文（ポスターセッション）●

生活道路に適用した薄層排水性舗装

○鈴木 徹（大林道路株式会社）
 小関 裕二（同）
 池田 朗（同）

維持修繕工法としてオーバーレイ工法がある。単純オーバーレイ工法は、切削工程が省略できることから、工期短縮につながることで、切削によるアス殻が発生しないため廃材処分費が抑えられること、切削時に伴う騒音、粉塵、振動がない等の経済性、環境保全の面で利点がある。使用する混合物を小粒径骨材を用いた薄層排水性混合物にすることにより、すりつけやすく、肌理改善および雨水浸透による水溜まり解消、騒音低減効果の機能を付加することができる。このような小

粒径薄層排水性混合物のオーバーレイ工法を、経済性、環境保全および補修後に機能を付加した舗装として、主に生活道路の維持修繕工法として展開を図っている。

本報文は、小粒径薄層排水性舗装の有効性と、施工の一例を報告するものであり、当初設計と比較して約3割のコストを削減できたこと、廃材・粉塵が発生しないこと、舗設時に発生する通常の騒音・振動以外は生じなかったこと、全体をとおして工期短縮につながったことを示している。

多機能揚水性舗装の開発

大林道路(株) 正会員 光谷修平
 同 堀 隆雄
 同 藤原栄吾
 (株)大林組 小宮英孝

1. はじめに

近年、我が国では「地球温暖化」「都市のヒートアイランド現象」といういわゆる双子の温暖化の影響を受け、特に都市部において夏季の熱環境の悪化が指摘されるようになった。揚水性舗装は舗装体内部に給水した水を、舗装体が有する微細な空隙による毛細管現象により舗装路面に導き、蒸発散による潜熱輸送で路面温度を低減させる技術で、基本的に夏季にその機能を発揮するものである。北陸地方など日本海側の地方都市においても、夏はフェーン現象などにより高温となり、揚水性舗装の機能を利用できる。一方、同地域の冬季は降雪が多く、積雪や凍結を抑制する機能を有する舗装の適用が望まれる。

今回、夏季と冬季に要求される異なる機能を揚水性舗装に付加する試みを実施しているので以下に紹介する。

2. 基本的な考え方

アスファルト舗装は、未舗装の地面に比べて色が黒く密度が大きいため、太陽光線によりもたらされる熱エネルギーの蓄積量が大きくなる。また、水分を含みにくいため、潜熱輸送による冷却作用が小さく、温度上昇が大きくなる。

揚水性舗装は開粒度アスコンの空隙に珪砂などの細粒材を充填し、その端部に給水用の点滴パイプを組み込んだものであり(図-1参照)、夏季の温度低減機能は確認済み(図-2参照)の技術である。

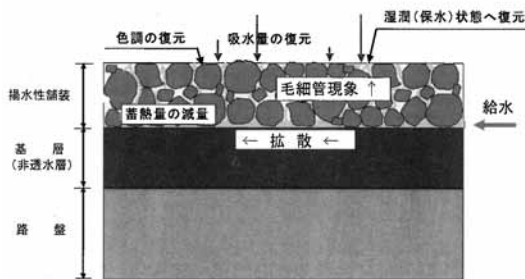


図-1 揚水性舗装の基本概念

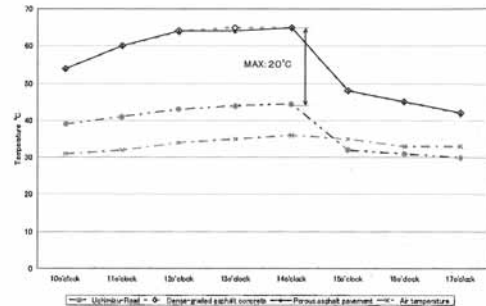


図-2 揚水性舗装と一般舗装の路面温度比較事例

例えば、揚水性舗装の内部に電熱線や通水パイプを配置したロードヒーティング構造を採用すれば、冬季に求められる機能は比較的容易にもたらされるはずである。ただし、適用箇所の規模によって、経済性など必ずしも合理的でない場合が考えられる。そこで今回は、ロードヒーティング以外で積雪や凍結を抑制する機能を付加できる材料の適用を以下のごとく検討した。

① 遠赤外線素子

遠赤外線素子は日光などの遠赤外線線の吸収・熱交換性に優れた砂状の物質である。遠赤外線素子を揚水性舗装の上部に充填し、上部から遠赤外線ランプを照射すれば、舗装路面は確実に加熱され、エネルギー効率も良好な積雪・凍結抑制舗装となると考えられる。ただし、遠赤外線素子を用いると夏場の加熱も促進される。加熱を潜熱輸送で抑制できる範囲に止めるられるか否か、遠赤外線素子の添加量を調整して見極める必要がある。

② ゴムチップ

ゴムチップは、低温下でも弾性を保ち、路面の凍結膜を破砕する効果を発現することから各種凍結抑制舗装に



利用されている。揚水性舗装の上部にゴムチップを充填すれば、同様のメカニズムで凍結抑制機能を発現すると予測される。ただし、ゴムチップの密度の低さから揚水により早期に流出飛散して機能を失効する懸念もある。そこで、セラミックで割るんだ特殊ゴムチップを透水性レジンモルタル状にして揚水性舗装の上部に使用する技術を検討する。

③ 顆粒状塩化物

塩化物は氷点を下げることで凍結抑制に有効に作用する。

顆粒状塩化物を揚水性舗装の上部に充填する技術を検討する。

3. 試験ヤードの構築

図-3に示す試験ヤードを新潟市内に構築した。

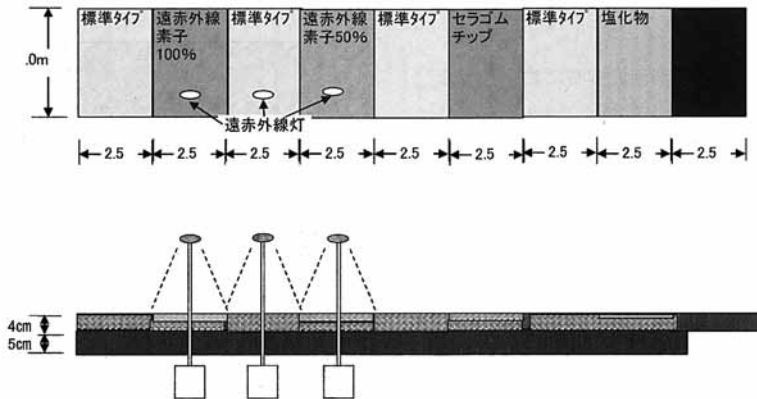


図-3 試験ヤード概要

4. これまでの成果

①本試験ヤードは今年3月末に構築し、直後に遠赤外線灯を照射した際の遠赤外線素子による加熱効果を確認した。照射路面の温度は、照射直後から徐々に上昇し、1時間後には非照射路面と比較して5℃以上上昇した。また遠赤外線素子を使用した路面は非使用の路面と比較して、一様に温度が上昇する様子が確認された。

②7月、給水システムを稼働させ揚水性舗装の冷却機能を確認した。一般の舗装と比較して、最大18℃の温度差が観測された。またこの温度差は赤外線素子やゴムチップ、塩化物を使用した箇所も同様であり、潜熱輸送が大きく寄与する結果となった。

5. まとめ

本件は、舗装に自動車の通行に必要とされる性能とは別の性能を求め、環境保全に寄与させようとする研究の一環として実施している。

今後、前述夏季の機能の分析を進めるとともに、冬季に積雪・凍結抑制機能を比較検証する予定である。また、これらの機能の持続性や舗装としての耐久性を確認する予定である。

また、これらの研究により、舗装と熱の関係をより明確にできる可能性がある。成果を逐次ご紹介できるよう、研究調査を継続していく所存である。

以上