

コンクリート舗装技術の解説と見通し 2

舗装の先行きを読む(3)

小 西 徹

ここに書いている主な事項

舗装用コンクリートの目地の機能、金物等による補強の解説
道路下の地下埋設物と交差点部等の設計・施工
目地等の構造・配置、施工法の改善・工夫の余地への考察

§ 1 . はじめに

「CO舗装技術の解説と見通し 2」として目地・補強等の問題を取り上げる。

CO舗装の目地の構造、配置、補強等の考え方は、舗装の構造力学等の理論と過去の現場調査データの蓄積の集大成によって、幾度か修正が加えられ今日の形になっている。従って、改善や変更の余地が少ないと思われがちであるが、そうともいえない。

CO舗装にとって、目地とその補強は設計・施工が適切であれば、耐久性を向上する大きな効果がある反面、CO舗装の採用を躊躇する大きな要因のひとつであることは間違いない。つまり、アスファルト舗装には、目地とその補強を必要としない簡単な構造で、施工も容易だから普及したといえるからである。また、目地の設計・施工、維持管理が不適切であれば逆に劣化が進みやすい構造上の弱点になりやすく、長期間供用したCO舗装を見てもこの目地部から破損していることが多い。

しかし欧米では日本よりCO舗装が普及しているが、これには目地や補強がもっと簡易に、すなわち合理的に考えられていることも一因と見られる。

わが国でCO舗装の構造設計が今日の形になったのは昭和40年以降であるが、その後の社会経済情勢などの変化から設計条件を見直す必要はないか、施工の合理化やコスト縮減の余地はないか、考えてみることにする。

ここでは原則として道路での事例を中心とする。この分野は専門的で、筆者は過去の舗装の構造力学的理論の研究プロセスや、設計上検討された経緯を十分理解できているわけでないこと、あくまでも現行の設計基準等の理解の範囲で、施工者の立場(利用者の立場を含む)から解説することを予め付記する。

§ 2 . 目地はどういう考え方に基づいて設置するのか?

目地【joint】とは “コンクリート舗装版において、膨張、収縮、そり等をおある程度自由に起こさせることによって応力を軽減し、ひび割れの発生を防止するためや、施工上の都合で作られる継目” である。
「土木学会 土木用語辞典」

CO舗装は延長方向に細長く幅や長さ比べて薄い版状の構造物で、一般に路盤上に設ける。

そして乾燥、湿潤、および気温の上下に伴い体積変化（伸縮およびそり）が生じる。コンクリート版は路盤との摩擦や周辺の構造物による拘束が働き自由に滑動できないために、特に収縮に伴って版の内部に引張り応力が発生する。コンクリートは引張り強度が圧縮強度の約1/10と小さく、引張り応力が限界を超えることにより、横方向に不規則なひび割れが入ることを問題としている。

これに予めひび割れに代わる規則的な切り欠きを入れておいて、ひび割れを誘導することで応力を緩和する。切り欠きあるいは継ぎ目がすなわち目地で、この部分是不連続になるため版の端部あるいは縁部になり、交通荷重を直接載荷する舗装の構造上の弱点になるので、補強および防水（一般に歴青材等を注入）して管理する。

さらにコンクリートの温度上昇に伴い版の膨張（伸び）が累積して、橋梁など舗装と接続する構造物が損傷することを防ぐとともに、版の継目あるいは目地でもち上がりによる版端の段差や破壊を生じること（ブローアップ：Blow Up と称される）を防ぐため、膨張を吸収する目地（一般に施工継目）を設ける。

また、施工の都合上、日々の施工の終了部分やトラブル等により施工の継目をつくることになる。複数の車線の幅を一度に施工できない場合があり、分割して施工することによって縦方向に施工継目を作る必要がある。継目部がそりによって段差を生じないように隣合う版をつなぐ処置をする必要がある。これらを総称して目地という。

そのために目地とその補強等の設置が必要なCO舗装の設計・施工はアスファルト舗装に比べて複雑になって、しかもコストが上がる大きな要因となっているが、舗装の耐久性を向上させ、維持管理コストを軽減している。反面、ひびわれ、段差や騒音が発生しないように設ける目地の設計や施工、維持管理が不適切の場合、アスファルト舗装のように補修が容易でないだけに逆に段差や騒音の原因になることもある。

目地の設計は目地構造と目地間隔に大別できる。目地構造の設計は、荷重伝達と応力緩和を中心にするので、ある程度の理論と経験に基づいて行われているが、目地間隔の設計は理論的に扱うことが困難である。目地の設計・施工はコンクリート版の機能と耐久性を大きく左右するものであり、いずれも十分注意して行わなければならない。

§ 3 . CO舗装の目地について、再認識のための解説

まず本題に入る前に予備知識としてCO舗装の目地、補強について、質疑応答の形式でもう少し詳しく解説する。

1 . CO舗装のひび割れはどのように有害なのか

目地は不規則なひび割れの発生を防止するために設ける。ではCO舗装のひび割れはどのように有害なのか。

CO舗装は、いうまでもなく路盤上にコンクリート版を設置する構造になっている。よって舗装のひび割れが進行しても、例えば橋梁の桁や床版の場合のように、終局的にコンクリート塊が橋下の空間に抜け落ちたり落橋したりするような、ただちに安全上大きな影響を及ぼす懸念はないといえる。また、連続鉄筋CO舗装を除く一般のCO舗装は目地等に補強筋を使用するものの、鉄筋コンクリート構造ではないので、ひび割れによる鉄筋の腐食への影響（中性化の進行など）は考慮しない。

ということでCO舗装のひび割れには直接の有害性は少ない。

ただ、他の構造物との違いとして、車両・人などが舗装路面に直接接地し走行して供用されるため、供用性能に関する要求事項、すなわち安全性、快適性（乗り心地）、第三者への影響（段差等による騒音、振動）などが重要になることである。

ひび割れや継目部が広がると、ここから水が入り路盤、路床の支持力を弱める。段差や角欠けを生じる。ひび割れがさらに広がる騒音や振動の原因となる。このように供用性能が落ちると、他の構造物と同じように耐久性能やサービス性能が低下して、補修や更新による費用が増大することになる。

という理由でCO舗装のひび割れの発生は、できるだけ防ぐに越したことはない。しかしすべてのひび割れを防ぐことは他の構造物と同様に、あるいはそれ以上に困難か、コストがかかる。そのためひび割れの発生をできるだけ制御することが重要となる。

ひび割れを「制御する」とは、ひび割れの発生位置、寸法（幅、長さ、深さ）、発生の時期をコントロールし、維持管理しやすくすることである。

2. 目地とその補強はなぜ必要か

前述のとおり、目地はひび割れ発生をコントロールし、維持管理しやすくするために設置する。その一方で目地を設けることで目地の部分は版の縁部あるいは端部になり、構造上弱点となるので補強しておく必要がある。

アスファルト舗装では目地を必要としないが、CO舗装で目地とその補強が必要になるのは、次の理由である。アスファルト舗装は、体積変化がコンクリートに比べて小さい上に、バインダーであるアスファルトが高分子複合体で熱可塑性とたわみ追随性があるため、ひずみに追随して変形することができ、コンクリートに比べてひび割れを生じにくい。

また損傷が生じて、切削・オーバーレイ・打ち替えなどはコンクリートに比べて容易にできる。

一方コンクリートは、水とセメントの水和反応によって、練り混ぜ直後から持続して硬化がすすむ。その際、水和によって発生する熱や周囲の温度変化、保有水分の変化（乾湿）により**体積変化（膨張、収縮、そり）**を生じる。施工後一定の養生（硬化が進む状態）をした後も、引き続き体積変化（伸縮）を繰り返すことと、その中でも温度低下や乾燥による収縮によって生じる**引張り応力に対する耐力が弱い**ため、ひび割れが生じやすいことによる。

特に広い面積に打設する舗装コンクリートには不規則なひびわれが入りやすく、そこから路盤・路床に水がはいり支持力を弱める、段差を生じる、さらにひび割れが広がるなどの欠陥が連鎖し進行する。つまり目地の部分やひび割れ箇所から水が浸透すると、車両の走行時に版のたわみによって版の直下に生じる圧力で、路盤中の細粒分を泥水として吹き上げ（ポンピング：pumping現象と称される）を繰り返すによりその部分が徐々に空洞となってさらに路盤の支持力を弱め、コンクリートの疲労破壊を促進する。このようにして版端部やひび割れ部からコンクリートの破損が進行していく。

CO舗装は部分的な打ち替えやオーバーレイに同じコンクリート系材料で行うには、アスファルト舗装に比べて養生期間や施工方法に制約があり、補修コストが割高になりやすい。

そこで先に舗装の断面を切り欠くなどして縮小した弱い部分（人工的なひびわれ：**ダミー目地**など：Dummy Joint）を一定の間隔で作っておき、そこにひびわれを誘導する。また施工の都合上連続施工できない場合、施工継目部に縁を切って**突き合わせ目地**（Butt Joint）構造とする。

目地箇所は版が連続している箇所に比べて構造的に弱い端部になり、そりを生じるので、走行性や耐久性を高めるため目地金物（バー：Bar、チェア：Chairなどで全体をジョイント or バー アッセンブリ：Joint or Bar Assemblyと称す）で補強しておく。

他のコンクリート構造物の目地に比べて、CO舗装の目地は補強を含め構造が複雑なのは、隣り合う版を単に結束するだけでなく、自動車等の走行に伴って発生するたわみによる応力を連続してスムーズに伝達し、コンクリート版の曲げ疲労を抑制する必要があるからである。

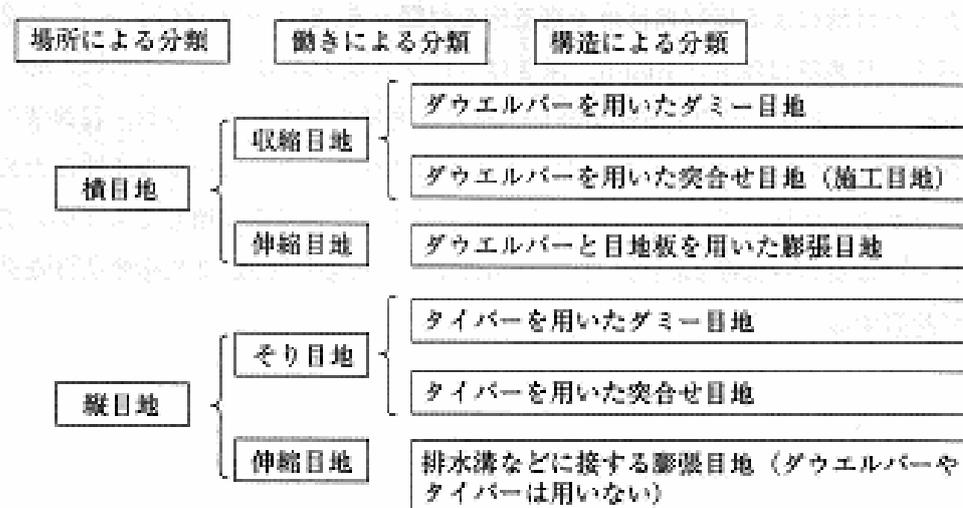
3. 目地にはどういう種類があって、どの位置に設置するか

体積変化（形状変化）には収縮と膨張（両方併せて伸縮という）の他、表面と底面の伸縮の不均一によるそりという現象がある。目地は伸縮とそりに対抗する位置と構造上から必要ということになる。つまり収縮、膨張、そりに対する目地である。

目地は、設置場所（横目地、縦目地）と働き（収縮目地、膨張目地、伸縮目地、そり目地）により、また構造（突き合わせ目地、ダミー目地）、施工方法（施工継目、打ち込み目地、カット目地）でも分類される。

施工法の細かい説明と数値の記載は、本資料の目的外なので省いているが以下、概説する。

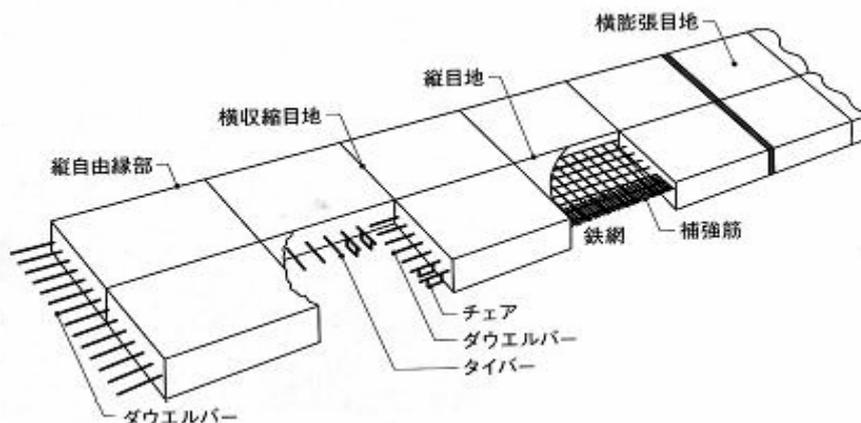
目地の分類



普通コンクリート版の目地の分類

（社）日本道路協会 舗装設計施工指針（H18年版）

普通コンクリート版の構造



コンクリート舗装の目地・補強の配置

横収縮（伸縮）目地（Expansion Joint or Contraction Joint）

コンクリートは収縮により、横方向に不規則なひびわれが入りやすいので、ひび割れが入る前に一定間隔（4～10m）で横方向に幅6～10mmの切り欠きをつくっておいて、ここにひび割れを誘導する。これを横目地（横収縮目地あるいは伸縮目地）と称している。

横収縮目地間隔

（舗装設計便覧；（社）日本道路協会 平成18年2月）

版の構造	版厚	間隔
鉄網および縁部補強鉄筋を省略	25cm未満	5m
	25cm以上	6m
鉄網および縁部補強鉄筋を使用	25cm未満	8m
	25cm以上	10m

収縮のみでなく伸びも吸収するので“収縮目地”でなく“伸縮目地”（Expansion Joint）が用語として本来は正しい。

横方向に縁を切る目地部分は、切りっぱなしではそりや隙間を生じてひび割れや角欠け、浸水により段差の原因になる。段差を生じると乗り心地が悪くなる、騒音・振動の原因になる、といった不具合が進行する。また版の端部になり、そりを生じて曲げの応力が作用する構造上の弱点になるので、目地部は単に断面を縮小（切断）するだけでなく、そりを抑える荷重伝達と補強と防水が必要になる。

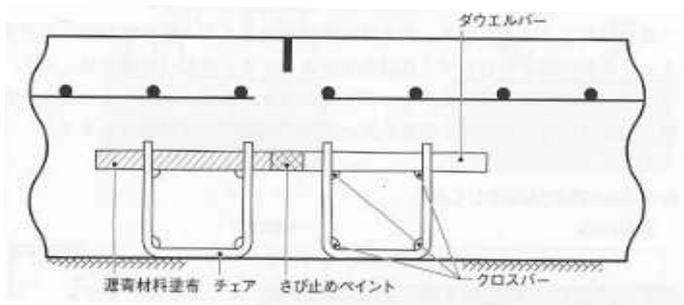
そこで隣合う版との荷重伝達のために、すなわち横伸縮目地として水平方向の版の伸縮を円滑にするため、コンクリートとの摩擦力が小さい直径25mmの丸鋼：ダウエルバーを用いて接続する。バーの片側は版に固定し、他方が自由に滑る構造として設置する。



ジョイントアセンブリ(ダウエルバー)の設置(この写真では先(右)側が可動側、手前(左)が固定側)

ここではダウエルバーを可動側と固定側を同じ向きに配列しているが、交互に向きを変える配置法もある

バーの取付台座をチェア(Chair)と称している。チェアはU字型のバー取付枠と道路軸に直角方向のクロスバーという取付棒鋼によって組み立てられている。ダウエルバーとクロスバーは実質的に目地部の補強筋の役目も果たしている。



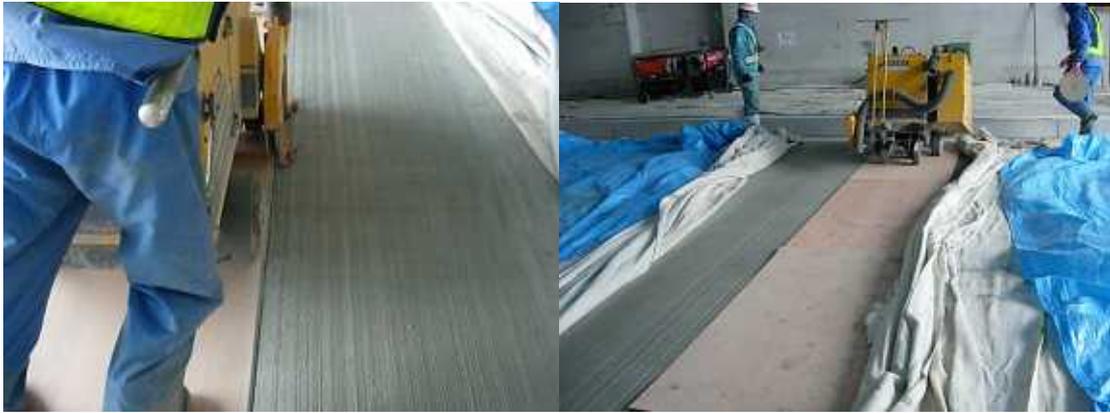
ダウエルバーとチェアの断面
(この図では左側が可動側、右側が固定側になる)

横伸縮目地は、計算上4~5m以下の間隔に配置しなければ収縮ひびわれを完全に防ぐことはできないが、乗り心地やトータルコストを配慮してわが国では鉄網を併用することで、8~10m間隔に配置することを標準としている。交通量が少ない道路では鉄網等を使用しない経済設計とし、横収縮目地間隔を4~5mを標準にすることがある。(鉄網については次項4.で解説)

目地の施工法として2種類がある。ひとつは、硬化後カッタで切断する**カッタ目地**で、もうひとつは、目地位置に板状の仮挿入物を押し込んでおき表面仕上げし、硬化後にこの挿入物を除去あるいは切断する、**打ち込み目地**である。

カッタ目地の方が表面仕上げを連続して行えるので施工性や平坦性がよいが、カッタ目地は硬化後カッタ挿入のタイミングを図ることが難しい。つまり硬化後できるだけ速やかにカッタを入れなければ、ひび割れが先にはいつてしまう。しかしカッタ切断にはある程度の硬化が進んでいないと、切断時に目地部の角欠けが生じるというジレンマがある。

それを避けるため、一般に3~5スパン(24~50m)間隔で、打ち込み目地を施工することが多い。(施工時期や施工場所等の条件により決める)打ち込み目地は確実にひびわれを誘導できる反面、施工がカッタ目地より煩雑で、平坦性を損いやすいなどの欠点がある。一定の作業中断時や終了時に設ける目地は打ち込み目地となる。



ダミー目地の切断（硬化後できるだけ速やかに1枚刃で切断する）

所定の幅に切断した部分は清掃後、瀝青系などの目地注入材を注入して水密性を保つ。

従来スリップバー（Slip Bar）と称していたが、これが和製英語であるとの理由で、現在は公式には**ダウエルバー**（Dowel Bar, Dowel; 目釘、合わせ釘の意）と呼ぶ。

膨張目地（Expansion Joint）

CO舗装版は温度上昇で膨張することによって伸び、延長方向の伸びが限界を超えると版に過大な圧縮力が作用することで、持ち上がって破壊する。（これをブローアップ（Blow Up）と呼ぶ）

これを防ぐため一定の間隔（およそ100m～400m）で、主に膨張を分担する膨張目地を設ける。横収縮目地は収縮のみを分担するのではなく、膨張も吸収できる構造であるが、経験上収縮目地だけでは、すべての膨張量を吸収できない確率が存在するとの理由からである。（実際は膨張目地も収縮目地と同じように、収縮も受け持つ“伸縮目地”である。）

膨張目地は収縮目地と同じような構造（**ダウエルバー**）にするが、目地の施工幅を収縮目地よりも幅広く25mmにする。膨張目地に用いるダウエルバーは収縮目地に使うバーより1回り大きい直径28mmまたは32mmの丸鋼を用い、同じくチェアと呼ぶ鋼材で組んだ台座に取り付けて設置する。バーの径を大きくするのは収縮目地よりも設置時の目地幅が広いことから、水の浸入によるバーの腐食の進行を考慮して耐久性を向上するためである。

膨張目地間隔は理論による計算では厳密に決定することが難しい。そこでCO舗装版厚、施工時期（冬、夏）、1日の施工延長、橋梁、トンネル、横断構造物の位置、収縮目地間隔、路線の縦横断勾配、平面曲線半径、路盤摩擦等を考慮して決める必要がある。また収縮目地に比べて膨張しろを確保するため施工時に目地幅を広く（25mm）とるので、膨張目地の箇所は乗り心地を悪くする、目地部の角欠けを生じやすい、施工が煩雑で高い施工精度が必要、目地挿入材のはみ出しや沈下などの維持管理が面倒などの問題がある。またブローアップ現象は近年発現した報告もないこともあって、技術基準の改正のたびに膨張目地間隔を延ばす、あるいは中間位置には廃止するなどの対応が取られてきた。

一例として特に夏季に施工し冬季に向かって供用する場合、夏季の施工時期にはコンクリート版の温度が高く十分伸びた状態にあり、期間が経過するにつれ乾燥や温度低下による収縮が進むので、基本的には供用開始後の膨張を考慮する必要はない。また、トンネル内の舗装の場合は、日照がないので温度変化が年間を通じて小さく、降雨の影響がないためコンクリートの乾燥がすすむことから、膨張目地はトンネル延長に関わらず、両坑口部だけに設け中間には省くことが多い。一方橋台など構造物に直接接続する場合、膨張によって橋梁の接続部材（橋台のパラペット

や伸縮ジョイント部など)を痛めたり変形させたりすることを防ぐために、両端部に膨張目地を設けることが必要である。

このように横方向の膨張目地間隔は、一応標準的に目安とする値はあるが、コンクリートの伸縮に関する知見を基礎とし、施工時期、地域の気候・温度、構造物との拘束度の関連、1日の施工延長などにより弾力的に設置する。膨張目地は収縮目地と違ってダミー目地として施工することはなく、できるだけ施工継ぎ目として施工することが望ましい。

従って設計図面に表示されていても施工計画作成の段階で、膨張目地間隔や設置位置の変更が必要な場合が多いことを、十分認識しておかなければならない。

以下の横膨張目地間隔の目安として、セメントコンクリート舗装要綱；(社)日本道路協会昭和59年2月改訂版・現在は廃刊)にかつては標準値として記載されていたが、「舗装設計便覧」には具体的数値は記載されていない。

横膨張目地間隔の標準値

(セメントコンクリート舗装要綱；

(社)日本道路協会 昭和59年2月改訂版)

施工時期 版厚 c m	冬 (概ね 12月~3月)	夏 (概ね 4月~11月)
15, 20	60m ~ 120m	120m ~ 240m
25以上	120m ~ 240m	240m ~ 480m

なお、道路横断方向の伸縮に関しては、連続した道路の最大幅員が30m(8車線)以内で、50mを超えるケースは通常はないので道路横断方向の膨張を考慮する必要はない。従って車線の中に膨張目地は設けない。しかし排水溝(側溝)、歩道縁石など、路側の道路附属構造物が縦方向に接する道路端部の位置(境界部)は膨張・収縮の両方に対応する伸縮目地(縦目地)を設け、成型目地(目地板など)を用いて防水処置をする。道路附属構造物と舗装版は延長方向の伸縮挙動が異なるため、ここにはダウエルバーやダイバーを用いた接続をしない突き合わせ構造とする。つまりそりを拘束する効果もあるバーで接続しないため、舗装版の路側端部位置(自由縁部)にはそりが発生する可能性があることを許容している。(トンネル内や建屋内では乾燥が進みやすいため、自由縁部には負のそりが生じている=そりが上がっていることが多い)

ただし空港エプロンや貨物ヤードのように、縦横両方向に延長が長いCO舗装では、舗装版の延長方向と直角方向のいずれにも、膨張目地を設計する場合がある。

そり目地(Warping Joint)

コンクリートの温度変化や乾・湿に伴って版にそりが発生する。



そりの発生のイメージ

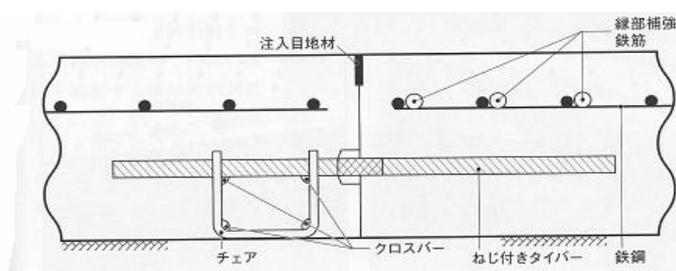
これに対抗するため、そり目地を、施工上の突き合わせ部(主に車線の境界など)に原則とし

て施工目地（継目）として設け、目地間の不陸（段差）やそり応力でひび割れが生じることを防ぐ。

しかし版の伸縮は受け持たないので、ダウエルバーのように丸鋼でなく、異型棒鋼を用いたタイバー（Tie Bar）として鋼材とコンクリートの付着力を高める。

複数車線の道路を車線毎に分割して施工する場合、縦方向に施工継目を作る。継目部がそりによって段差を生じないように延長方向（縦方向）に隣合う版を1 m間隔でつなぐ処置をする。つまり1車線ずつ施工する場合は、先に施工する側に補強鋼材であるクロスバーを取り付けたチェアに固定した、ねじを切ったソケット付きのタイバーを設置する。先に施工する側の養生終了後（セットフォーム工法では型枠を取り外した後）ねじを切ったタイバーをソケットにねじ込んだ後、コンクリートを打設する。これを突き合わせ目地（Butt Joint）と称する。縦ダミー目地の底面には、コンクリートの断面を減少させてひび割れ位置を正確に誘導するために、切り欠き有効厚さを増す三角形断面の木材またはL型のプラスチック材等を置いてひび割れを誘導する。このひび割れ誘導材を使用しない場合は版厚の30%程度のカッタを入れる。

いずれも目地の溝には清掃後、注入目地材を注入・充填する。



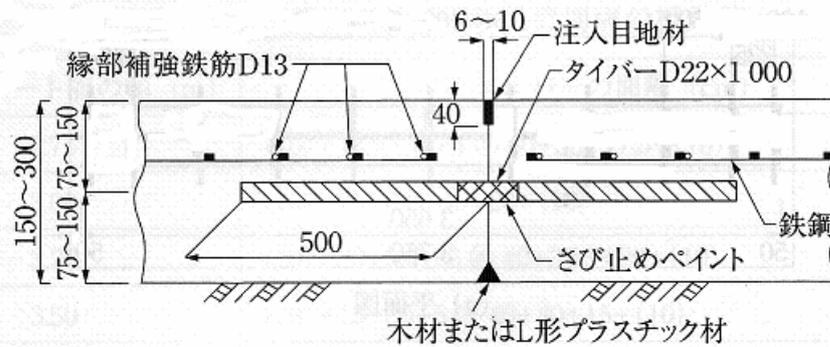
（左側が先に施工するレーンで、あとに施工する右側のレーンには、後付けでねじ付きのタイバーを取り付ける）

タイバー（ねじ付き）とチェアの断面

2車線を同時に施工する場合でも、車線境界位置にチェアなしでタイバーのみを施工時に埋め込み、硬化後カッタで切断しダミー目地としてひび割れを誘導する。



車線境界部にチェアなしでタイバー（異形棒鋼）のみを施工時に埋め込む
（縦に仮置きしている竹棒はバーの設置間隔を決める尺として使用）



ダミー目地とする縦目地の断面図

4. 目地部以外はどのように補強するか？

以上のように目地も組み立て筋（チェア）による補強を兼ねた構造である。つまり目地を組み立てるダウエルバー、タイバー、クロスバーなどが全体として補強筋の役目も果たしている。

しかし目地を設けるべき位置でなく、あるいは目地を設けてもひび割れなどの欠陥が生じる可能性がある場所がある。そこには鉄網の使用あるいは鉄筋による補強を行う。

鉄網の役目

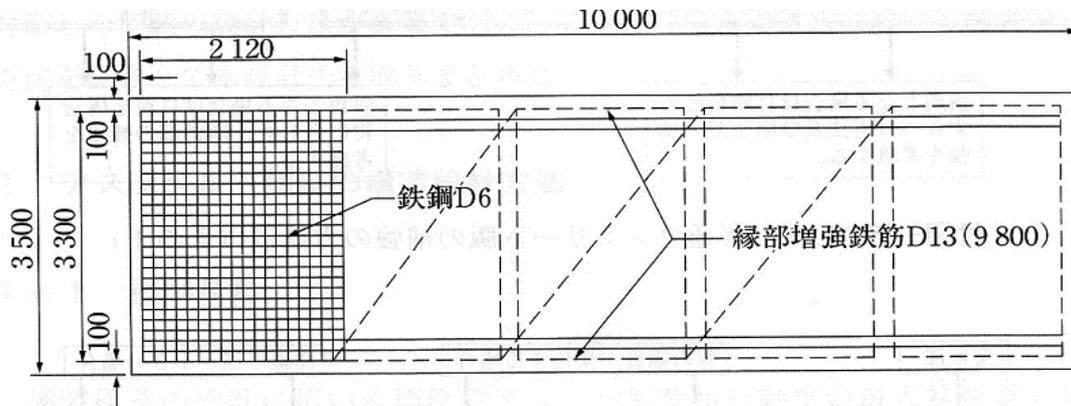
コンクリート版に目地を設けても、様々な原因でなおひび割れが発生する可能性がある。このひび割れの進行を抑えるために鉄網（メッシュ）を敷設する。

鉄網はコンクリート版に働く走行荷重やそり等による応力を直接分担する補強筋ではない。前述のとおり横伸縮目地は、コンクリートの収縮特性から計算上は4~5m以下の間隔に配置しなければ、収縮ひびわれを完全に防ぐことはできない。それでは乗り心地が悪くなり、施工費もかさむので収縮目地間隔を8~10mに伸ばし、その結果生じる可能性があるひび割れ（経験上は100mに1~2本）を開きにくくするために鉄網を設ける。従って目地幅を4~5mにする場合は鉄網を使用しない。



鉄網の設置（下層コンクリートを敷均した上に、鉄網のつなぎ目を鉄線で結束して設置する）

鉄網は、版の全面に直径6mmの異形棒鋼（または丸鋼）を溶接で格子状に3Kg/m²の鉄筋量に組んで、表面から1/3の深さに敷設する。コンクリート版の表面側の方が乾湿変化、温度変化が大きいので設置を表面側とし、かぶりを5~7cmとるといふ考えによる。



鉄網及び縁部補強鉄筋の配置例（単位 mm）

縁部等への補強

版端部の縦方向（車線方向両端）縁部にはそりによる応力に対抗するため、直径 13mm の異型棒鋼を 3 本、鉄網に取り付けて端部補強筋とする。ただし縦そり目地で、チェアを設置する側はクロスバーが端部補強筋の役割を果たすと考え、この位置には設置しない。鉄網を使用しない簡易な構造とする場合は、補強筋も使用しない。



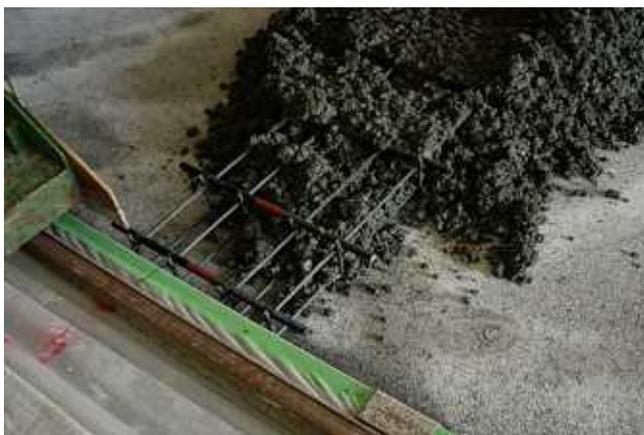
端部補強筋の設置

その他、橋台、マンホール、地下埋設物、ボックスカルバートなど構造物との接続部、断面急変部（拡幅部）などは鉄筋等で補強するか、コンクリート版厚を増す。鉄筋を使用しない場合は鉄網を重ねて補強することもある。

5. 目地の施工が不適切な場合生じる問題は何か？

予め目地を設けることによって、目地を設けない場合に不規則に発生するひびわれを、計画的に補強したり補修したりしやすくなる効用がある。

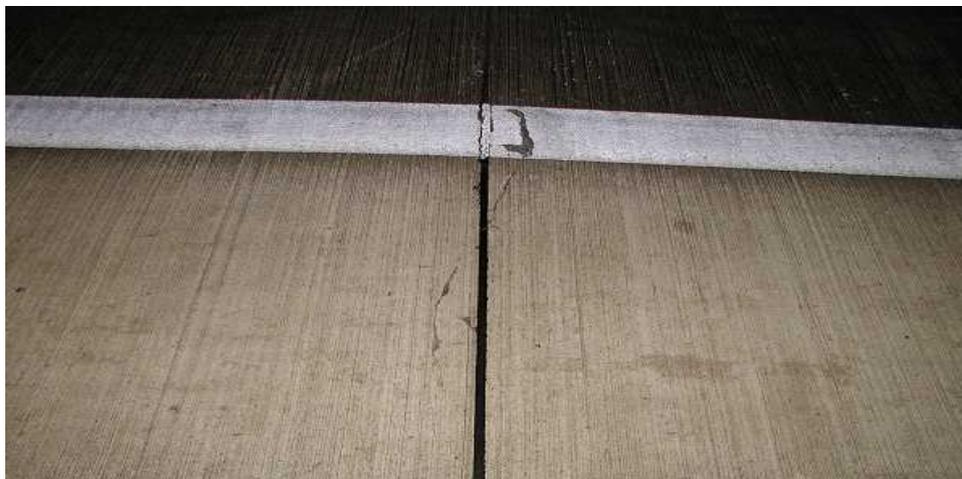
しかしその反面、設計時での目地位置の不適切や目地の施工に伴い目地金物・仮挿入物の設置位置のずれ、コンクリートの締め固め不足、施工が連続して行えないために平坦性の不良、カット目地の挿入タイミングのずれなどが生じやすい。これらの施工不良が生じると意図しない位置へのひび割れの発生や目地部の角欠け等の品質不良、ひいては走行性や耐久性を逆に損なう原因になる。



ダウエルバー（ジョイントアセンブリ）が施工中に動いてしまうことがある
設置後、コンクリートで埋めてしまうとずれが生じていないかを確認もできないし、ずれを修正することもできない

ダ

またそれぞれの目地の施工（小運搬、設置）はすべて人力作業になるため、人手を多く必要とし施工の生産性が低下し、コストが増加する大きな要因にもなっている。コストを削減するために熟練者を配置しなかったり要員を減らしたりすると品質不良が最も起きやすい箇所である。さらに供用開始後、道路管理者による目地の維持管理が悪いと、水が浸入しポンピング現象注)でのエロージョンにより、損傷の原因になりやすい。（注 ポンピング現象：路盤に水が入り、交通荷重の繰り返しによって泥水として目地から細粒分が噴出して浸食され、版の下が空洞化する現象）



ダウエルバー（ジョイントアッセンブリ）の設置の不適切によると見られる目地部のひび割れ（前後2枚の版にまたがってS字状に生じている） これから角欠けに進展していく



非常駐車帯の目地割り不適切（設計時）によるひび割れ



目地部のひび割れが進展 (上、下の写真とも)

§ 4 . 道路下の地下埋設物と交差点部等の施工

1 . 道路地下に埋設するライフラインに関する設計・施工

道路地下に埋設する構造物のうち、比較的浅い部分に埋設される道路占用物として、上下水道、雨水排水等、ガス、電力、電話等情報ケーブル類の管渠類があり、ライフラインと総称される。この他道路下を横断する地下道や水路等のボックスカルバート類がある。

それぞれのライフラインには分岐や接続部等に点検・維持管理のため一定の間隔でマンホールあるいはハンドホールが設けられている。

埋設物およびマンホール等は設計・施工の方法が適切でないと、その上の舗装路面に重大な影響を及ぼすだけでなく、埋設構造物が車両重量の影響を受けたり、路面の不同沈下を起こしたりして損傷するおそれがある。

特に、維持管理を行うため舗装後に路面の掘削やマンホールを設置することは、極力避けなければならない。コンクリート舗装はひとたび施工した後に、路面を切断および掘削すること、特に舗装後にマンホール類を設置することは、その構造特性から周辺の舗装版に悪影響を及ぼし、復旧はアスファルト舗装の場合のように容易ではない。またアスファルト舗装による部分的な復旧は、一時的な仮復旧以外極力避けるべきである

従ってコンクリート舗装を実施する区間では、道路下に設置するライフラインは、共同溝や電線類共同溝、情報ボックス等の全体計画・設計に合わせて埋設位置や設計・工法の検討を行う必要がある。

また管路自体の耐久性確保のみならず、矢板等仮設物の撤去や埋設物の保護、設置後の埋め戻し、及び路盤等の施工については長期にわたる舗装の供用を考慮して、アスファルト舗装の場合以上に、沈下・圧密への対策を十分行わなければならない。

具体的にはそれぞれ異なる検討を行うが、橋台の取付部などに施工する場合の踏掛版、擦りつけ版、枕版、構造物側のおご出し、鉄筋・二重鉄網による補強、さらに沈下した後の空洞の充填方法などを考慮した設計とする。

2. 交差点部等の設計・施工

交差点部のコンクリート版は、一般部とは形状や車両の走行条件が異なるため、目地割りとその補強には特に留意しなければならない。版厚や幅員、平面線形が異なることが多く、版厚や幅員が変化する箇所に目地を設け、段差防止や耐久性に配慮した補強をすることが原則である。

交差点部の目地割りの原則

- (1) 交差する道路側の車線の幅員を考慮して、運転者の視線に滑らかな印象を与える。
コンクリート版の延長方向の目地割りは車線間の視線誘導に重要な役割を果たしているからである。
- (2) 排水を容易にする。一方で勾配の急変部を避ける。
路面排水延長が長くなるので、排水計画を適切に行う。
- (3) 隅角部をできるだけ作らない。一方で長い曲線になる目地は作らない。
隅角部は構造上の弱点となる。長い曲線は伸縮に対し複雑な応力が発生する。
- (4) 個々のコンクリート版の面積はおおむね 20m² 以下にすること。
過去の実績から、交差点部は交通の動きが複雑であり、版に作用する応力も複雑になるので版を大きくするとひび割れが生じやすい。
- (5) 版の1辺を短い長さにしないこと。1辺の長さは1 m以上とすること
短い辺には梁状に応力が作用し、版端部が面積比で多くなってひび割れが発生しやすい。
- (6) 隣り合う版相互の伸縮挙動や荷重伝達等による応力を理解しつつ、また施工順序を考慮して目地割と目地の接続・補強を設計すること。

交差点部は、交差点内に地下埋設物およびマンホール等を設けなければならない場合などや交通量や交通特性など個々のケースにより、道路交差する両方の道路をすべてCO舗装にすることが有利なのか、十分に検討するべきである。

場合によってはアスファルト舗装ではわだち掘れなど変形が生じやすい停車位置のみをCO舗装とし、交差点内は例えば半たわみ性舗装、プレキャスト版、レアケースであるがインターロッキングブロック舗装にするなど柔軟に計画・設計することも必要である。

§ 5 . 最近の動向から、目地等の構造・配置、施工法の改善・工夫の余地の検討

1. 目地等の補強構造・配置(間隔)、施工法の改善・工夫の余地

まず、目地の補強構造には改善・工夫の余地はないか?を考えてみる。

目地・補強の考え方の経緯

目地部をダウエルバーなどの金物で補強しないし、鉄網も使用しない構造を採用する国が、世界では主流である。ただしダウエルバー補強なしと、貧配合コンクリート路盤＋ダウエルバー型と両者併用型のいずれかに分極化しているといわれている。

わが国でこの設計基準が確立した当時（昭和40年代）は過積載車が横行していた時代で、また路盤は碎石路盤で、アスファルト中間層（4cm）も標準的には採用されていなかった。そのため目地を補強しない場合は目地段差が発生するおそれがあると考えられていた。

また高速道路では目地補強以外に路盤の強化として、貧配合コンクリート路盤やセメント安定処理路盤が使用されはじめたが、一般道では採用されることは少なかった。そのため、最も安全策であると考えられる目地および補強の今の設計法が採用され、その後も踏襲されてきたものと考えられる。

目地等の構造設計の見直し

そこで、今日社会経済情勢の変化を含めて、見直しができないのか。

まず過積載はその後の法改正や取り締まり強化によって、当時に比べると大幅に改善されている。また、交通量が多い幹線道路でCO舗装が採用される場合は、路盤とCO版の中間にアスファルト中間層（厚さ4cm）を設けることが標準設計になり、目地部のポンピング現象による損傷の抑制効果が顕著に現れている。貧配合コンクリート（均しコンクリート）あるいはセメント安定処理路盤の採用も視野に入れ、目地のダウエルバーによる補強を省くことも現時点で検討する必要があると考える。

一方チェアのクロスバーには目地の端部補強として一定の効果があると考えられる。クロスバーに代えて鉄網に補強筋を横方向に取り付けて補強する案もある。（ただし鉄網の設置も世界では少数派である）

チェアに固定したダウエルバーは前述のように施工が適切でないと、目地部附近にひび割れが発生しやすく、角欠けや目地部の劣化に至る両刃の剣である。また今後スリップフォームペーパーによる施工が標準となる場合は、ダウエルバーの設置が施工速度（生産性）の向上や品質確保上ボトルネックになる。ダウエルバーを省くかまたは改善することで省力化のみならず、施工品質の向上につながることも視野に入れる必要がある。

目地部の設計についての改善方法としては以下の案がある。

目地部の改善案の例

目地部の補強 目地部を施工性が悪い現行のバーでなく、多少の施工不具合もカバーできる、施工性を改善する方法である。

路盤の補強 端部補強筋（鉄網への設置）の強化 ファイバー入りコンクリート
目地部のコンクリートを補強するのではなく、エロージョンによる損傷を受けやすい路盤を補強する考えである。

セメント安定処理路盤または貧配合コンクリートによる複合版構造
アスファルト中間層 枕版（プレキャスト） 防水シート

目地充填材の改善

施工と維持管理が容易で、防水性・耐久性に優れ、メンテナンスが軽減さ

れる充填材を開発する。 目地注入材でなく成型目地材

目地部の事後保全

目地部を事前に補強しておくのではなく、目地部に段差やひび割れが生じたらそのつど補修するという事後保全の考えである。

薄層段差補修材（ポリマー、アスファルト系）+ 施工機械の開発

目地補強、鉄網を使用しない場合の考え方である。

これらの中から、現場ごとの特性に応じて組み合わせることが必要である。

膨張目地構造も基本的には収縮目地と同じである。ただし設置箇所も少ないので、収縮目地と同じくバーによる補強ではなく目地部に設ける枕版設置などの方法もある。目地部の改善策については、次回詳述する。

収縮目地間隔と角度

横目地間隔は走行性に大きく影響する。カット目地のみで、目地部を補強せず目地の設置間隔を縮める案もあるが、走行性や供用後の維持管理を考慮すれば、現行の8~10mが妥当と考える。目地間隔をこれより長くして、鉄網の鉄筋量を5~8Kg/m²としている英国の例（日本は3Kg/m²）もある。

日本では目地角度を走行方向に90°（直角）にしているが、±約10°（およそ1:6）傾けて、斜めにダミー目地を設置する米国カリフォルニア州のような国（州）もある。米国では目地補強せず鉄網も使用しない、施工性を優先した合理的な設計が多い。目地の段差はある範囲まで許容し、段差による衝撃を車両の両輪に同時に受けまいよう考慮した設計である。許容量を超える段差の発生には、ポリマー系やスラリー系の補修材でまとめて段差すりつけを実施する、メンテナンスでカバーするという対応である。

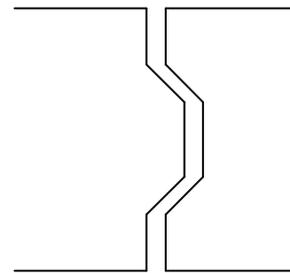
縦そり目地

縦方向の施工継ぎ目に設ける場合、たとえば車線毎に施工する場合はその継ぎ目は突き合わせ目地になる。この場合そりによる段差の発生を防ぐためにそり目地の設置はやむを得ないが、セットフォームでもスリップフォームでもこれが施工上のネックであることには違いがない。

過去にもいろいろ検討されたが、今のところ

これという妙案がない。

諸外国やわが国でも空港舗装に、突き合わせ目地の鉛直部に凸部と凹部を作ってかみ合わせる、「キーウェイジョイント」を用いた例があるが、道路では問題もあって一般化していない。



キーウェイジョイント（断面）のイメージ

一方、2車線同時施工の場合、車線境界に現行の縦ダミー目地（そり目地）は必要なのか。つまり現在トンネル内も含め、2車線幅は同時施工（両勾配による）が標準工法になりつつある。一体で打設したコンクリートは横方向の収縮目地間隔より短く最大幅で8m以下（7.5mが多い）であるが、これに補強筋とカット目地を挿入してひび割れリスクを軽減する考えは、果たして経済的、効率的なのか疑問である。

つまり横目地間隔（8~10m）より短く（7.5m）一体で打設したコンクリートに、わざわざダ

ミー目地を設けるのは不自然であり、目地が必要なのか疑問である。

目地間隔が4 m以下でないと、理論的に収縮ひび割れ（この場合縦ひび割れ）が発生するおそれがあることを予防するためであるが、目地を切らなくてもひび割れの発生確率は横目地間隔（8～10m）から見て横方向と同程度以下ではないかとも考えられる。そうであればこのひび割れの進行を抑えるための鉄網（メッシュ）だけでよいのではないか。

特にトンネル内は車両走行に車線のはみ出し制限、あるいは追い越し制限がある場合が多く、舗装体の温度差が小さい。つまり版の中央部に作用する温度変化のそりと荷重応力の繰り返しが一般部に比べてはるかに小さい条件下であるので、縦方向のダミー目地は（タイバーによる補強も）省いてもよいと考える。同じ理由で車線境界部の端部補強筋（鉄網に設置）も不要とすべきである。なお空港コンクリートの場合は、縦方向目地間隔を7.5m以内（当時の施工機械の最大幅）としていたが、2004年3月の空港舗装構造設計要領の一部改訂で、最大目地間隔が8.5mに変更された。

トンネル以外の一般部（明かり部）では、それぞれの箇所の条件が異なると考えられるので、個別に検討する必要がある。

問題なのは、トンネル内も一般部も地域の違いもなく、一律に標準設計が採用され、場所や地域によっては過大であったり、不効率であったりするにも関わらず、「問題意識」がなく技術の改善・向上がないことである。

鉄網

鉄網の設置の理由は、先に述べた。しかし諸外国では目地補強も鉄網も使用しない国が主流であるというが、なぜか。施工の生産性と性能確保、維持管理コストを含めたトータルコストが明確に比較された上での選択であると考えられる。わが国では過去に過積載が横行した状況や、目地補強と目地間隔との関係などから、国際的には最も無難な（言い換えれば過大な）設計となっているかに見える。

鉄網の要否は施工性や施工コスト、性能保証、維持管理など比較して、目地補強や目地間隔の設計と一体として併せて再考する必要がある。

縁部補強筋

鉄網とセットで端部のみに取り付けるため、鉄網が設計されている場合縁部補強筋は特に作業上の大きなネックになるという程ではない。しかし補強筋の設置作業は、現場で鉄網の敷設と同時に行うので、一工程作業が増えその分の作業時間、作業員を増やす必要から、同じく生産性の低下要因である。

路肩側の自由縁部には車両が版端に通常は寄らない、つまり走行しない区間であれば端部補強は不要である。縦縁鉄筋はコンクリート版の耐久性を向上させるものであるが、構造的耐久性についての問題が少ないので、省力化をより優先して廃止するのが妥当であると考えられる。

ただし道路によって車両が走行する路側帯であったり、拡幅した左折レーンに接続したり、沿道から車両が進入したりするなど、それぞれ個別に設計条件を検討する必要がある。

特にトンネル内は、車両が路肩部に寄って走行することはなく、通行位置（わだち部）が正確に車線内側に分布すると考えられる。また舗装体の温度差が小さいので、つまり版の端部に作用するそりと荷重応力がはるかに小さい条件下であるので、端部を補強する必要性は薄い。

トンネル内は作業空間が狭く、縦ダミー目地の場合と同じく鉄筋の事前配置や設置が作業上のボトルネックである。作業効率からそしてコスト削減の観点からもできるだけシンプルにできないか、見直すことが重要である。

施工効率の改善

わが国の従来のCO舗装は、セッフォーム工法に目地補強+鉄網設置という、国際的に見て最も手間とコストがかかる設計・施工を長年行ってきた。当然これだけのコストをかけるのであるから、耐久性は高く設計耐用年数が20年のところを平均で30年以上の供用に耐えてきている。しかしそのために、施工コストによる初期コストがかかりトータルコストでは有利であるとしても採用を渋る原因の一つになった。

一方でCO舗装の破損は、調査結果から版の中央部のひび割れは少なく、**大部分が目地部からの破損となっている**。これは目地部が構造上の弱点になること、構造・施工が煩雑で不具合になりやすいこと、供用後に目地注入などの**維持管理が十分行われていない**ことを示しているともいえる。また、破損した状態で最低限の維持管理で供用している区間あるいは、アスファルト舗装でパッチングあるいはオーバーレイされ、ホワイトベースとして供用されている区間も少なくない。

施工の効率化には、それぞれの施工業者が工夫してきたが、現行の設計内容では限度がある。今後スリップフォーム工法が標準化するにあたって、また生コンクリートの供給能力向上が施工効率のアップに最も寄与すると見られることから、さらに施工速度を向上するため、省力化と効率化を設計段階から見直さなければならないと考える。

今後CO舗装を経験したことがない技術者と技能者が増えていくこともあって、設計・施工の効率化への見直しは猶予できない時期にきている。

2. その他、舗装版以外の改善と工夫の余地

コンクリート舗装の耐久性を高めるためには、コンクリート版を支持する層（路盤等）を強化するべきという考え方も有力である。以下にその代表的な構造を解説する。

アスファルト中間層

路盤とCO版の間にアスファルト中間層（厚さ4cm）を設けることにより、目地部のポンピング現象による路盤損傷の抑制効果が顕著に現れている。また施工時に路盤面の荒れを防ぐため舗装の平坦性が格段に改善される、さらにコンクリート版の伸縮時に生じる摩擦を軽減して引張り応力を軽減するなどの効果もあると考えられている。

元々構造的な補強効果は期待していないので、施工可能な範囲でもっと薄層の（例えば2～3cm）たわみ追従性のよい舗装、あるいは瀝青系表面処理の施工でもよい。

セメント安定処理路盤または貧配合コンクリートによる複合版構造

近年、欧米の諸国では、通常の強度をもつコンクリートと、セメント安定処理の中間的な力学特性をもつ貧配合のコンクリート（エコノクリートとも呼ばれる）を、コンクリート舗装の路盤等に適用する事例が増えている。このコンクリート系路盤には、大きな荷重分散効果と水の侵入に対して良好な耐浸食性が期待でき、舗装の耐久性を向上させることが可能と考えられている。

わが国でも、道路分野では高速道路において、また空港舗装では連続鉄筋コンクリート舗装が

採用されている成田国際空港のエプロン舗装に採用されている。

構造的にはコンクリート舗装版との付着によって複合版としてコンクリート版厚が合成されるとする考え方もあるが、コンクリート版と路盤の付着の度合いと、路盤としての強度によって構造の評価が異なることや施工実績がまだ少ないことから、一般的な評価に至っていない。

今後は長大トンネル内舗装やエプロン舗装などで採用される可能性があるが、コストを抑えるためには一定の施工規模が必要である。また理論的な解析に加えて試験舗装などによって長期供用性、耐久性を確認することが必要である。

§ 6 . 従来型の普通CO舗装（鉄網入り目地補強型）以外の工法

すでに実績がある以下の工法があるが、いずれも一長一短あって、一般化するに至っていない。ここでは簡単に説明するのみとする。

なお、プレキャストコンクリート版（RC、PC）、インターロッキングブロック舗装もCO舗装の範疇でそれぞれ特性を持つが、二次製品であるのでここでは省く。

連続鉄筋コンクリート舗装（CRCP）

一般のCO舗装は、ダミー目地という構造上の弱点をわざわざ作って、それを予め補強するというのは不自然な考え方であり、横方向に発生する収縮ひび割れを許容し、縦方向の鉄筋（主筋）を連続設置することでひび割れを狭い状態に閉じたままにしておく方が合理的である。このような考え方に基づく、連続鉄筋コンクリート舗装を推奨する声も多い。

連続鉄筋コンクリート舗装は、CO舗装のひび割れを許容するものの、その幅が広くなると角欠けや鉄筋腐食や路盤浸水等の問題を起こすので、連続鉄筋を配置してひび割れ幅を0.5mm以下にコントロールするとし（極限状態設計法の考え方に準じる）、鉄筋量（横方向筋＝配力筋を含む）は断面積比で0.6～0.7%に設計することが多い。また舗装厚も通常の目地・鉄網CO舗装厚の80～90%程度でよいとする考えが多い。

横目地を設けないため、たしかに平坦性や走行性がよく目地部の損傷もないので目地の維持管理コストも少ない。昭和40年代に一般国道や高速道路（常磐自動車道）でも採用された。

しかし、施工時の配筋の施工方法や経済性（初期投資コストが大きい）の問題がある。配筋作業の効率化が施工上の最大ネックである。効率化のため鉄筋をリボン型の帯鉄筋（縦方向のみ設置）とし、これをコイル状に巻いて専用の機械でコンクリートの打設と同時に設置する工法がフランスにある。わが国内では一回試験施工された（東関東自動車道）きりで、その後の施工はない。

またCRCPの供用後、コンクリートの**パンチアウト**（Punch out:連続鉄筋の上側のコンクリートが横方向のひび割れと縦ひび割れの発生によりブロック状になって飛散する現象）が発生する問題があり、必ずしもトータルコストで経済的という評価に至っていない。

さらに耐久性が高いとはいえ、構造物にはすべて寿命があるわけだが、打ち替えが必要となった場合、無筋構造に比べて解体・撤去に時間とコストがかかることも考慮しておかなければならない。

壊れにくい構造物は、逆の視点で見ると寿命が来た時点で壊しにくい構造物にもなる。

コンポジット舗装としてアスファルト舗装による表層を設ける場合を別にして、特別な箇所以

外で、全国的に普及するには至っていないのが現状である。



常磐自動車道における連続鉄筋コンクリート舗装の施工

転圧コンクリート舗装 (RCCP)

コンクリート舗装を復活させる、ある種の救世主的な期待の元にわが国では昭和 60 年頃から注目され、各地で施工された。原理的にはアスファルト舗装と同じ方法、つまりスランプゼロの超硬練りにしたコンクリートを、アスファルトフィニッシャーで舗設し、ローラで転圧する。配合設計の原理はコンクリートの配合設計の考えでなく、締め固め時の最適含水比を求めるといふ、セメント安定処理（高強度）に近いので、配合設計時の供試体作成方法は煩雑になっている。

施工上のネックである金物による目地補強、鉄網などを一切設けないので施工性がよい。ただしダミー目地や突き合わせ目地は、切削目地とするので反面弱点でもある。

目地を設けても、目地の位置にひび割れをコントロールすることがむずかしい。表面の荒れなど舗装表面の出来映え・品質等にバラツキがあり、早期に交通開放できる特性が、必ずしも生かされず、評価が分かれる。貨物ヤードなどでの特定の場所での施工を除いて、一般道路での施工は減っている。

プレストレストコンクリート (PC) 舗装

連続鉄筋コンクリート舗装と同じく目地なしで、連続鉄筋コンクリート舗装のようなひび割れの発生もない、プレストレスを導入することで舗装厚も薄く（一般に 15cm）することができる特長がある。わが国では、空港舗装に一部採用されたが、道路では急速打ち替えを要する区間でプレキャスト版として使用される以外、施工実績は少ない。

鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 舗装

鋼繊維をコンクリートに体積比で 1~2% 混入して引張り、曲げ、せん断の各強度を向上させて補強する。道路橋床版の上面増厚工に多く使用されるが、舗装の分野での実施例は試験舗装程度に留まっている。

§ 7 . おわりに

目地と補強はC O舗装の設計・施工上また維持管理上の大きな問題であるが、研究、技術開発、発注、設計、施工さらに調査・維持管理に携わる技術者が、十分な情報や意見交換に基づいて問題解決・改善に取り組んできたか、という反省がある。最近では施工事例が少ないこともあり、継続して専門的に取り組む技術者がほとんどいなくなった。

発注機関や設計・施工に関わる企業においては、不具合事例を調査し分析した結果を公表してフィードバックする姿勢に乏しかったことも原因であった。また机上だけで研究や検討できるほど、簡単な問題でもなかった。これらは一部の組織や研究者、技術者だけではなかなか問題は解決しない。

わが国では施工は遅ればせながら欧米ではすでに標準工法となっているスリップフォーム工法に移行しはじめたが、セットフォーム工法がまだ併存している。今が生産性と品質を向上させる少ない機会であるが、目地と補強の問題を見直すことができなければその効果は薄い。

筆者はこれらを批評できるほど設計・施工全般にわたる見識を持ち合わせているわけではないが、今から約30年以上前から飛行場の滑走路・誘導路等の大規模なC O舗装工事に従事した。またその後、トンネル内の舗装新設工事や空港工事にも従事したが、今日道路や空港で施工している設計内容や作業方法は、基本的には当時と全く同じで、生産性も品質もほとんど向上していない。施工品質についていえば、以前より低下していることが懸念される。

30年～40年以上前に施工されたC O舗装（その多くはオーバーレイされている）の調査にもたびたび携わってきたが、当時施工されたコンクリート舗装の品質は、今より優れているものが多い。

C O舗装の経験・知識をもつ技術者の絶対数が減り、特に本格的にC O舗装が施工された昭和40年代から50年代に施工現場を経験してきた技術者・技能者が退職していく現在、このままでは現場で得られたさまざまなノウハウが散逸、消滅していくことを危惧している。

そのためにコンクリート舗装の先行きについて今後どのような取組が必要なのか、これまでの2回分の所見も加えて総括する。特に現在、道路で唯一採用され続けているといえる、トンネル内舗装を中心に考察を試みる。

次回は

C O舗装に要求される性能と、設計・施工全体の技術の現状と課題