



Title	砂利化したコンクリート構造物の表面の損傷（中編）
Author(s)	森吉, 昭博
Citation	月刊建築仕上技術, 48(575), 92-97
Issue Date	2023-06
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/89845
Type	article
File Information	kenchiku48-575_92-97.pdf



[Instructions for use](#)

砂利化したコンクリート構造物の表面の損傷 (中編)

北海道大学名誉教授 森吉 昭博

目次

(前編)

1. まえがき
2. コンクリートの砂利化の間接的な評価方法およびまだら模様の原因
3. アスファルト舗装の砂利化、プリスタリング現象および表層の剥離の原因
4. アスファルト舗装、コンクリート構造物の砂利化発生のメカニズムおよび横断亀裂、局所的な剥離・崩落の原因
5. コンクリート橋のコンクリート床版の様々な損傷とその原因

(中編)

6. コンクリートおよび砕石の脱カルシウム

7. 札幌の定山溪ダムコンクリートの表面の様々な損傷とその原因
 8. コンクリート構造物の収縮亀裂の原因
- ### (後編)
9. アスファルト舗装およびコンクリート構造物の横断亀裂
 10. アスファルト舗装の低温亀裂時の外気温低下下の温度低下の温度収縮による横断亀裂とコンクリート構造物のAE減水剤を使用したコンクリートの含水率低下に伴う収縮による横断亀裂
 11. AE減水剤を使用したコンクリートダムの表面のまだら模様
 12. まとめ

※前編は5月号に掲載。後編は7月号に掲載予定

6. コンクリートおよび砕石の脱カルシウム

ウインドウオッシャ液(SPNES：陰イオン系界面活性剤)によるコンクリートおよび砕石の脱カルシウムを調べるため、以下の実験を行った。

図3は硬化したセメントペーストを細かく砕いた粉末(0.074mm以下)の試料(0.2g, 蒸留水：400ml)を各種の水溶液中に浸漬したときのセメントペースト試料から溶出したカルシウム成分の溶出量をキレート法で求めた結果を示す。ここでセメントは市販のポルトランドセメントを使用した。

これより、陰イオン系界面活性剤(560SN、これは以下に示すSPNESと同じ物質：濃度10%)は蒸留水のほぼ2倍の速度でセメントペーストの試料の全試料中のカルシウム成分の60%を浸漬1週間で以下のように外部に溶出する(溶出量：水溶性+難溶性カルシウム塩=120mg/400cc, (120mg/0.2g=0.6(60%))。ここでセメントペースト中の界面活性剤(AE減水剤：Pozzolith No.70)の量は通常のコンクリート中の通常のAE減水剤と同じ量のセメント量の0.25%とした。図3より、早強セメントでAE減水剤を使用していないセメントペー

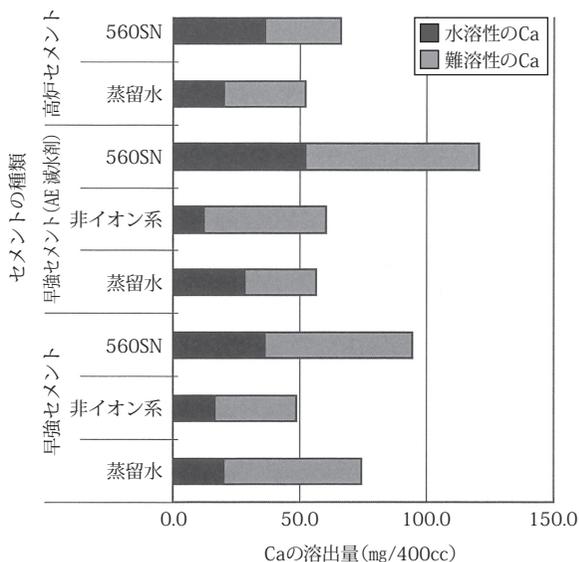


図3 硬化した粉末のセメントペースト(0.2g)を1週間常温の各種の水溶液に浸漬したとき、各種のセメントペースト試料から溶出したカルシウム成分の量

スト試料では560SNの溶剤でカルシウムが45% (90mg/0.2g=0.45(45%))溶出した。これより、AE減水剤を使ったセメントペーストはAE減水剤を使わな

かったセメントペースト試料のカルシウムに比べて溶出量が1.3倍(60%/45%=1.3)と大きい。またAE減水剤を使ったセメントペースト試料から560SNで溶出する白い難溶性のカルシウム成分(60mg)はAE減水剤を使わないコンクリートのカルシウム成分(35mg)より1.7倍(60mg/35mg=1.7)多い。この白い物質は定山溪ダムのコンクリートの表面で見られる白い遊離石灰晶出跡に対応していると思われる。

560SNとは大気中に存在するウインドウオッシュ液中の化学成分と同じ物質(Sodium Polyoxyethylene Nonylphenyl Ether Sulfate : SPNES)の陰イオン系界面活性剤である。

図3より硬化したセメントペースト試料はSPNESの水溶液中(濃度:0.5%, 車両のウインドウオッシュ液と同じ濃度)で2種類のカルシウム成分、すなわち水溶性カルシウム塩と難溶性カルシウム塩がセメントペーストの外部に大量に溶出することを示している。

このカルシウム塩の溶出量はセメントにAE減水剤(Pozzolith No.70, 陰イオン系:セメント比0.25%)を使用すると図3より、AE減水剤を使用した試料のカルシウムの溶出量は浸漬1週間でAE減水量を使用しない蒸留水だけによるカルシウム塩の溶出量のほぼ2倍近くになった。また、セメントペースト中のAE減水剤も陰イオン系界面活性剤であるため、このAE減水剤は水溶液中の陰イオン系界面活性剤(SPNES)と一緒に、このセメントペースト中のカルシウム塩の溶出量が著しく増えることを示している。これに加えて、AE減水剤は大気中の有害有機物(フタル酸エステル化合物やウインドウオッシュ)を吸収、吸着しやすいため、AE減水剤を使用したコンクリートはこれらを吸収すると、さらにカルシウム塩を溶出しやすく、コンクリート構造物は劣化(砂利化)しやすくなったと思われる。

このカルシウム塩の溶出量はセメントの種類、およびAE減水剤使用の有無に関係なく、および非イオン系界面活性剤使用時のカルシウム塩の溶出量より、陰イオン系界面活性剤によるカルシウム塩の溶出量が極めて多い。

この難溶性カルシウムの成分はピーカのガラスの側面に白く付着するか、または水溶液中に浮かんでいた。このピーカの側面に付着した難溶性のカルシウム成分は金属のスプーンでなければこの白い物質が剥がせないほど付着性が極めて高い状態であった。このため、難溶性のカルシウム成分の中には碎石に含まれている他の化学成

表1 濃度10%の陰イオン系界面活性剤(560SN)に1週間浸漬したとき骨材表面に現れた白いゲル状物質の化学分析(%)

	界面活性剤(560SN)	泥岩	蛇紋岩	玄武岩
Na	21	10.9	15.8	17.5
S	79	61.8	66.7	55.5
Mg		1.6		
Si		1.5	0.5	1.7
K		1.1	0.3	1.1
Fe		0.4	0.6	2
Ca		22.7	16.1	25.3

分、たとえばアルミニウム(Al)、硫黄(S)、シリカ(Si)や鉄(Fe)の成分も含まれていると思われる。後で述べる遊離石灰の晶出物質もこのような複数の化学成分と一緒に溶出している可能性が高いと思われた。コンクリートの外部に溶出した水溶性カルシウムは大気中の炭酸ガスを吸って、一部が白い炭酸カルシウムに変化する。このため、水溶性カルシウムおよび難溶性のカルシウム成分はコンクリートから外部に溶出すると、コンクリートの表面に白、または灰色となって付着する。しかし、水溶性のカルシウム成分はコンクリート表面に溶出しても雨で簡単に流出すると思われる。後で述べるコンクリートのダムやコンクリート床版の底部の表面に現れる白や灰色のまだら模様が発生する原因は主にこの水溶性カルシウムと難溶性のカルシウム成分の溶出が原因と思われた。

しかし、SPNES(ウインドウオッシュ液)はセメントペースト中のカルシウム成分だけでなく、以下のように骨材中のカルシウム成分も骨材の外部に溶出する。

表1は泥岩、蛇紋岩および玄武岩の3種類の骨材を濃度10%のSPNESの水溶液中に1週間浸漬したとき、各骨材からカルシウム成分等が溶出し、骨材の表面に現れた白いゲル状物質の化学成分を示す。

表1より、どの骨材も陰イオン系界面活性剤(SPNES)により、骨材中のカルシウム成分等が溶出し、骨材の表面に白いゲル状物質が発生した。この白いゲルの中には硫黄(S)、鉄(Fe)、ナトリウム(Na)およびカルシウム(Ca)成分が含まれていた。これらの物質は乾燥すると白またはうすい黄土色の粉末状の物質に変化すると思われる。この結果から陰イオン系界面活性剤(SPNES)はコンクリート中のカルシウム成分だけでなく、骨材中のナトリウム、硫黄、鉄等も外部と一緒に溶出する。

7. 札幌の定山溪ダムのコンクリートの表面の様々な損傷とその原因

AE減水剤を使用した定山溪ダムでは施工後30年で図4に示すように、コンクリートの表面に白い遊離石灰(実際のコンクリート表面の白または灰色のまだら模様の遊離石灰晶出跡は図4ではすべて水色(薄い線)で表示されている)がコンクリートの横断亀裂部からコンクリートおよび骨材中のカルシウム成分と一緒に外部に呼吸作用により溶出したため、コンクリートの表面にまだら模様となった箇所が数多く見られた。

図4では後で示す図8と同じ定山溪のコンクリートダム(定山溪ダム)の施工30年後のコンクリートの表面には様々な損傷(まだら模様やコンクリートの横断亀裂、局所的なコンクリートの剥離や剥落)が無数に存在する。図4に示す細い(薄い)緑や紫の「線や小さな矩形」はコンクリートの表面で局所的にコンクリートが剥離や剥落した箇所を示し、水色(薄い線)で示した遊離石灰晶出跡、この図で青い(薄い縦線)遊離石灰晶出跡は実際のコンクリートの表面には図8に示すようにすべて白または灰色の遊離石灰晶出跡(まだら模様)を示している。

このまだら模様はこの定山溪ダムのコンクリートにAE減水剤を使用したため、コンクリートに有害な大気中のフタル酸エステル化合物やウインドウオッシュ液を吸収し、これらによって、コンクリートや砕石中のカルシウム成分が大量に溶出したためと考えられる。

図8で示す白い筋状の物質は大気中のウインドウオッシュ液で溶解したコンクリートの難溶性カルシウム塩(炭酸カルシウム)で、灰色の筋はウインドウオッシュ液により砕石から溶解し、鉄を含むカルシウム塩と思われる。図4で赤(濃い)の横線はコンクリートの横断亀裂、細い(薄い)緑の小さな矩形や線は局所的なコンクリートの剥離箇所、細い(薄い)紫の小さな矩形や線は局所的なコンクリートの剥落箇所を示している。赤(濃い横線)で示したコンクリートの横方向の亀裂(横断亀裂)はこのコンクリートにAE減水剤を使用したため、後で述べるように経年変化と共にコンクリートの乾燥によりコンクリートの含水率(AE減水剤中の水分)が減少するため、コンクリートの収縮により発生した収縮亀裂(横断亀裂)と思われる。AE減水剤を使ったコンクリートの収縮現象は後で述べる。

定山溪ダムのコンクリートに使用した骨材の表面およびコンクリートの破断面の損傷状況を調べるため、この

ダムの横断亀裂が発生した図4の2カ所(D1-1, D2-1)で、コンクリートの横断亀裂を跨いで直径10cmのコアを採取し、この試料の横断亀裂部のコアの側面のコンクリートの損傷状況を調べた。

図5は図4の図面のD1-1の箇所から採取した横断亀裂部のコンクリートのコアの試料の側面の断面を示す。図5から、採取したコアのすべての側面で白い粉が一様に見られた。この白い粉は砕石およびコンクリート中のカルシウム成分の物質と思われる。このようなコンクリートの表面にまだら現象が現れるのはコンクリートが劣化し、砂利化をしている証拠と思われる。また図5でのコンクリートの砕石の局所的な剥離箇所でも、また図5の黒い砕石(蛇紋岩:定山溪ダムの砕石には内部に亀裂が多い蛇紋岩が約5%使われている)でも破断した砕石の周りで白い粉状物質が見られた。

図5に示すこの横断亀裂部のコアの側面の断面のコンクリートの損傷状況から、大気中のウインドウオッシュ液が骨材中にも浸透し、骨材およびコンクリートの表面に白および灰色の粉状物質が発生していた。図5の画像より、コンクリート中のカルシウム成分も骨材中のカルシウム成分もウインドウオッシュ液で溶出するため、この2種類(コンクリートおよび砕石)の物質から溶出した白および灰色のカルシウム成分がコンクリートの表面に存在する。このとき、一部の砕石がコンクリートの乾燥収縮時に図5に示すようにこの白い物質の面から剥離して、図1のようにコンクリートの床版の底部から砕石の一部が地上に落下したと思われる。このため、図5の砕石で見られた骨材側面のモルタル部の剥離は図4に示すコンクリートの表面の砕石の剥離やコンクリートの局所的な崩落、および図1に示すコンクリート床版の底面の砕石の一部の崩落に繋がっていると思われる。表1に示す蛇紋岩は特に骨材の内部から大気中のウインドウオッシュ液の成分により、蛇紋岩中のカルシウム成分等が陰イオン界面活性剤で大量に溶出することを示している。AE減水剤を使用し、砕石の一部に蛇紋岩を使用した定山溪ダムでは大気中のウインドウオッシュ液でカルシウム成分が溶出しやすい蛇紋岩の砕石がコンクリートの砕石の5%程度含まれていたため、特にこの骨材のカルシウム成分の溶出が激しくなり、図8に示す白い遊離石灰の晶出が多くなったと思われる。しかし、ほとんどの砕石中にはカルシウム成分が含まれているため、セメントコンクリート中のカルシウム成分だけでなく、骨材中のカルシウムや硫黄、鉄等の成分もウインドウオッシュ

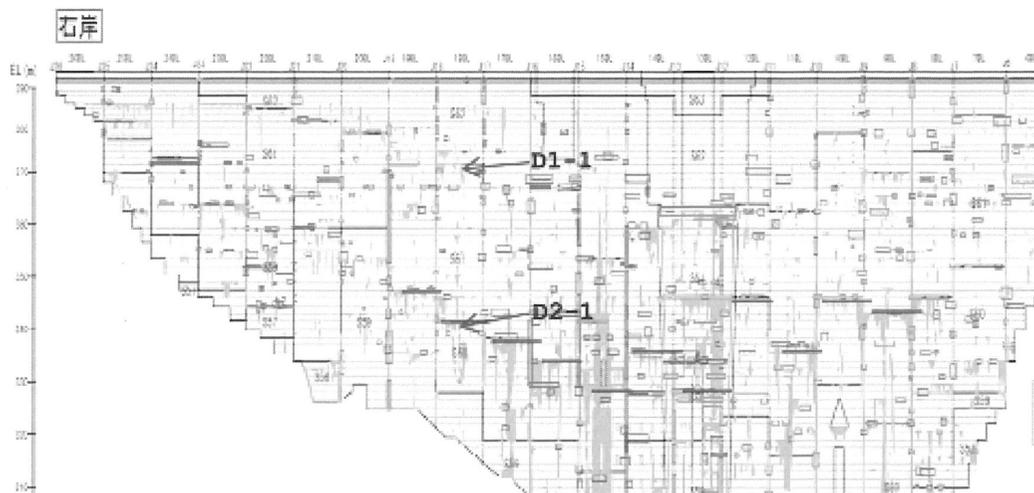


図4 定山溪のコンクリートダムのみだら模様(水色(薄い線)の縦線と横線)と横断亀裂および剥離や剥落(AE減水剤使用、施工後30年)

液により外部に溶出する。図5に示す黒い碎石が破断しているのは蛇紋岩と思われる。蛇紋岩は内部に通常細かい亀裂があるため、コンクリートが乾燥収縮すると、図5のように蛇紋岩の碎石がコンクリートの収縮時の引張によって破断したと考えられる。

図4のAE減水剤を使用した定山溪ダムのコンクリートの表面に見られる横方向および垂直方向の水色の筋(実際のダムのコンクリートの表面の色は白または灰色)の物質はコンクリートおよび骨材のカルシウム成分と思われる。この灰色の物質は大気中のウインドウオッシュ液を吸って、コンクリートおよび碎石から溶出したカルシウム成分である。白い物質は大気中のフタル酸エステル化合物を吸って、この物質がコンクリート中のカルシウム成分と化学反応してフタル酸カルシウムに変化し、この物質が炭酸ガスを吸ってフタル酸と炭酸カルシウム(CaCO_3)を生成し、この炭酸カルシウムがダムのコンクリートの表面に現れた白い物質と思われる。一方、図8の灰色の筋の物質はウインドウオッシュ液によって溶出した碎石またはコンクリートから溶出したカルシウム塩の物質と思われる。

図4の定山溪ダムでこの白または灰色のみだら模様がこのダムの中心の洪水吐付近に多く発生するのは、ダムの洪水吐の構造部分でコンクリートの表面の厚さが相対的に薄くなっているため、相対的に外気温の変化に敏感となり、コンクリートの温度変化が大きくなって、この部分のコンクリートが大気中の有害有機物(フタル酸エステル化合物やウインドウオッシュ液)や大気中の湿気を多く吸収し、また排出するためである。この洪水吐の



図5 定山溪ダムの図4の横断亀裂部(D1-1)を跨いで採取した直径10cmの亀裂部のコンクリートのコアの側面(図5は図面の上部がコンクリートの表面)

部分のコンクリートは脱カルシウムが進み、砂利化が進行しやすく、コンクリートの表面にみだら模様が発生しやすいことを示している。このため、この洪水吐付近のコンクリートは白または灰色の遊離石灰の晶出跡(みだら模様)が大量に発生したと思われる。

以上より、AE減水剤を使用した定山溪ダムのコンクリートおよび碎石は大気中のウインドウオッシュ液とフタル酸エステル化合物により、脱カルシウムが生じ、白いカルシウム塩(CaCO_3)または灰色のカルシウム塩がコンクリートの外部に溶出し、これが図8に示すコンクリートの表面のみだら模様に繋がったと思われる。

定山溪ダムのコンクリートのAE減水剤による砂利化現象の確認は以下のように行った。市販の普通ポルトランドセメント中に劣化を促す極微量のフタル酸エステル化合物とリン酸化合物がセメント製造時に混入している。このためAE減水剤をコンクリートに使用してもこの2つの物質のためにAE減水剤だけの砂利化への影響が不明である。このため、市販の日鉄セメント(株)の普通ポルトランドセメント中のこのフタル酸エステル化合物

を除去するため、クロロフォルムとソックスレ抽出機を使って、このフタル酸エステル化合物をセメント中から除去した。しかし、リン酸化合物はクロロフォルム溶液には溶けないため、この方法では除去できなかった(Moriyoshi A. PLOS ONE, 16(5) 2021)。このフタル酸エステル化合物を除去したセメント(抽出セメント)にAE減水剤(Pozzolith No. 70, セメント比: 0.25%)を使って、室内の以下の条件でモルタル試料を作成し、AE減水剤の砂利化への影響について検討した。室内の作成モルタルの試料(2×2×2cm)は、砂:抽出セメント=2:1, 水/セメント比:50%である。このモルタル試料は打設後30日にCTスキャナ(Shimadzu Corporation, InspeXio, SMX-22CT)の1024 Pixelで撮影すると、球形のAE減水剤の直径:0.18mmの中に細かく白い粒子(直径:0.02mm)がバラバラになった物質(砂利化物質)が見られた。このモルタル試料中のAE減水剤の中に白く細かい粒子が見られたのはAE減水剤によってモルタル試料が砂利化(小麦粉化)したことを示している。この白く細かい粒子はセメント製造時の細かいシリカ(珪石)と思われる。

AE減水剤は細かいセメント粒子の水中での分散を因するため、帯電層と吸着層を持っている。このため、AE減水剤はセメント粒子を水中で分散させると、セメント粒子を吸着する。このAE減水剤は水中でセメント粒子を分散させると、AE減水剤(マイナスチャージ)は吸着作用でセメントに付着し、セメント中のカルシウム成分と化学反応するため、AE減水剤のこの反応はセメントを劣化させていることを意味している。このため、AE減水剤はモルタルまたはコンクリートの混合の直後からコンクリートの砂利化を急速に促していることになる(Moriyoshi A. PLOS ONE, 16(5) 2021)。

(<https://www.lion-specialty-chem.co.jp/ja/technology/civil/01.php>)

この結果を踏まえて、定山溪ダムのコンクリートの内部の砂利化現象は以下のように確認した。

図4に示したD1-1, D2-1の2つのコアから小さな試料(2.5×2.5×6cm)を深さ方向に切り出し、この試料に対してマイクロフォーカスCTスキャナ(512 Pixel, Shimadzu Corporation, InspeXio, SMX-22CT)を使ってコンクリートの内部の損傷状況(砂利化現象)を測定した。その結果、この2つのコンクリートは表面から深さ6cmまでのコンクリートの砂の1部(直径:0.7mm)がすでに砂利化し、この砂の周りがCT画像では劣化して黒

く写り、砂の周りのモルタルが劣化(砂利化)していた。このため、砂利化現象(小麦粉化)をさらに詳しく見るため、同じモルタル試料をCTスキャナの1024Pixel(512 Pixelの4倍精度)で再度詳細に撮影した。この結果、定山溪ダムのコンクリートも室内作成のモルタル試料と同じような細かく白い物質(砂利化:0.02mm)が大きな球形のAE減水剤(Pozzolith No.8)と小さなAE減水剤(Pozzolith 202)の中で観測された(森吉、月刊建築仕上技術、Vol.48, No.565, 2022-8, 40-52, 8月号)。これより、定山溪ダムのコンクリートはAE減水剤(Pozzolith No.8, Pozzolith No.202, セメント比:0.81%)によって、コンクリートが砂利化していることは明らかである。以上の結果から、定山溪ダムのコンクリートは砂利化していると認定した(Moriyoshi A. PLOS ONE, 16(5) 2021)。

今までこのようなコンクリートの「まだら模様および様々な損傷」と砂利化との関係は不明であり、またコンクリート内部の砂利化現象を見つける方法やまだら模様等の損傷の原因やコンクリートの砂利化とまだら模様等の損傷との関係も不明であった。しかし、この結果から、AE減水剤はコンクリート打設直後からコンクリートの砂利化を促していると思われる。

図1に示したベルギーの砂利化したコンクリート床版の底面で20-40mmの碎石の一部が崩落していた。このベルギーのコンクリート床版は碎石の一部に千枚岩(Phyllite)が用いられていた。このPhyllite(泥岩の一種)は表1の泥岩のカルシウム溶出量が示すように、この骨材は陰イオン系界面活性剤(SPNES)で碎石中のカルシウム成分が大量に溶解し、溶出し、骨材の表面にカルシウムの白いゲル状物質が骨材の表面に発生する。このゲル状物質の部分からその千枚岩(碎石)はコンクリートの乾燥収縮に伴い剥離し、碎石の一部が床版の下に地上に落下したと思われる。

図1のベルギーの砂利化したコンクリート床版のコンクリートに対して化学分析を以下のように実施した。すると、この床版のコンクリートの中からこのベルギーで冬季の「融雪剤」として使われた「岩塩」中の塩化ナトリウム(NaCl)に起因するChloridesが岩塩の主成分の融雪剤では見られないSO₄⁻イオン(Sulfateイオン)がコンクリートの床版で大量に検出された(Sulfateイオン:床版の表面:0.45%、底部:0.60%、Chloridesイオン:床版の表面:0.13%、底部:0.003%)。このSO₄⁻はウインドウオシヤ液にのみに含まれており、これ以外

の物質にはこのイオンは全く含まれていない。また、岩塩のChloridesイオンはコンクリート床版の底部には極めて少量しか含まれていない。このため図1に示したベルギーのコンクリート床版もアスファルト舗装上に走行車両から散布された、ウインドウオシヤ液(SPNES)がこの橋の付近の大気中に大量に存在し、これがコンクリート床版に吸収されて床版の底部まで浸透していたことを示している。これにより、ベルギーの砂利化した橋(図1)のコンクリート床版の底面では以下の破損現象が生じたと思われる。世界中の大気は世界規格(1985年)となっている走行車両のウインドウオシヤ液や様々なフタル酸エステル化合物によって地球規模の広範囲に汚染されている。このため、この陰イオン系のウインドウオシヤ液(SPNES)はベルギーのコンクリート橋の表面に施工されたアスファルト舗装中のアスファルト成分を溶出しながら、吸収された湿気とともにこの下部のコンクリート床版の底面の表面まで浸透する。この陰イオン系界面活性剤(SPNES)は浸透力が大きいので、アスファルト舗装中の黒い有機物であるアスファルト成分を溶解し、これと大気中のフタル酸エステル化合物がコンクリート中のカルシウム成分と化学反応で生成された、水溶性のフタル酸カルシウムとともにコンクリート床版の底面の表面に集まる。このうちウインドウオシヤ液がコンクリートと化学反応した水溶性および難溶性のカルシウム成分はコンクリートの外部に溶出するが、溶出した難溶性のカルシウム成分はコンクリートにも付着しやすいので、乾燥すると床版の底面の表面で白または灰色の物質となる。しかし、図1ではウインドウオシヤ液でコンクリート中のカルシウム成分が溶解し、この溶解した物質とアスファルト乳剤の黒い物質が混ざり合っており、うすい灰色の模様になったと思われる。このため、図1に示すように、コンクリート中のカルシウム成分がコンクリート床版の底面の表面に「うすい灰色」のまだら模様として現れたと思われる。

八王子市のJR高尾駅の近くにある陵南大橋はAE減水剤を使ったコンクリート製の高架橋でこの橋は1998年に竣工した。この高架橋はこの橋のコンクリート床版底部の両端の2つの排水孔から晴れた日でも水が地上に滴り落ちていた。この床版の両端の底部の排水孔の出口の2箇所には多数の小さな「つらら」が、またコンクリートの排水孔から水が落ちた地上の箇所には「石旬」(コンクリートの筍のような物質)が形成されていた。この地上に落ちた2カ所の石旬は直径30cm、高さ3cm程度の大

きさで、色はくすんだ灰色とくすんだ黄土色だった。この2つの石旬中よりフタル酸エステル化合物(DEHP: 4.3, 7.5, 7.7ppm)およびウインドウオシヤ液のエトキシ基(-O-CH₂CH₂)_n-, 3.5-4.4ppm)の成分が¹H NMR試験で検出された。このため、この石旬はこの橋の両端のコンクリート床版底部の排水孔から落ちた水溶液中にコンクリート中のカルシウム成分や砕石中のカルシウム成分中に少量の鉄(Fe)も含まれていて、それらの化学成分が2種類の石旬(くすんだ灰色とくすんだ黄土色)に含まれていたと思われる。このため、この石旬の物質は定山溪ダムの白や灰色の遊離石灰晶出跡で見られる物質と似た物質と思われた。これらの地上に見られた2つの大きな石旬や「小さなつらら」は陵南大橋の完成後約2年後に発見した。

8. コンクリート構造物の収縮亀裂の原因

AE減水剤を使用したと思われるコンクリート床版では乾燥収縮により、以下のようにコンクリート構造物に横断亀裂が発生する。

図1のコンクリート橋の底部の上部の径間で見られる床版や桁のコンクリートに発生した横断亀裂や図4で見られるコンクリートの横断亀裂(図4では赤の横線で示す横断亀裂)は以下の原因で発生したと思われる。

コンクリートの床版や桁ではコンクリートの小さいAE減水剤中に含まれる初期の含水率(CTスキャナで撮影した画像はAE減水剤中の水分のため、このAE減水剤の内部のCTスキャナの画像は黒く写る)は経年変化とともにコンクリートの含水量が減少する。コンクリート中のAE減水剤はコンクリートの混合直後、相対的に水分を多く含んでいるためにCTスキャナでコンクリート試料を撮影すると球体となったすべての小さいAE減水剤(Pozzolite No.8: 直径: 0.18mmの球形)の画像が相対的に黒く写る。これより、このAE減水剤中には水分が多く含まれていることを示している。このため、AE減水剤を使用したコンクリートは経年変化でこの小さいAE減水剤中の水分がコンクリートの乾燥のため、水分が減少し、次第にコンクリートの体積が減少し、コンクリート全体が一様に収縮する。このため、コンクリート構造物に横断亀裂現象が図1や図4に見られるように発生する。図4に示すこれらの多数の横断亀裂はコンクリートの乾燥収縮により発生したと思われる。