



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	砂利化したコンクリート構造物の表面の損傷（後編）
Author(s)	森吉, 昭博
Citation	月刊建築仕上技術, 48(576), 46-51
Issue Date	2023-07
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90170
Type	journal article
File Information	建築仕上技術48-576_46-51.pdf



砂利化したコンクリート構造物の 表面の損傷（後編）

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時の外気温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表面のまだら模様
12. まとめ

※前編は5月号に、中編は6月号に掲載。

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

コンクリートの「乾燥収縮による横断亀裂」はアスファルト舗装の低温時に見られる外気温の低下に伴い舗装が「熱収縮により発生する横断亀裂（低温亀裂）」現象と比較すると次のような特徴がある。北海道の高速道路のアスファルト舗装の厚さは表層（4 cm）、基層（6 cm）、アスファルト処理層（5 cm）の合計で15 cm程度である。この3層のアスファルト層の下は砕石路盤や凍上抑制層で作られている。北海道でも冬季の外気温が -25°C 以下となる特に寒い地域ではこのアスファルト舗装のアスファルト混合物層（3層系）が脆性領域（ -10°C 以下）で一緒に収縮し（アスファルト混合物の脆性領域の線膨張係数： $20 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）、大きな熱応力がアスファルト舗装に発生し、アスファルト舗装はこの熱応力により破断する。しかし、この低温時の車両走行方向の温度低下に伴う舗装の収縮量は車両と直角方向の収縮量を比べると、車両と直角方向（舗装の横方向）は舗装の幅が相対的に狭いため、車両と直角方向の舗装の収縮量が若干大きい。このため、舗装は車両走行方向の直角方向に若干動きやすいが、車両走行方向の縦方向は長手方向で舗装の底面がほぼ完全に

拘束されているため（アスファルト舗装の動きがない）、外気温が -10°C 以下になると一緒に収縮する。このため、アスファルト舗装は車両走行方向の熱応力が車両と直角方向の熱応力より相対的に大きくなる。そしてこのアスファルト舗装中の熱応力のひずみが脆性領域の破壊限度のひずみ（ 200×10^{-6} ）に達すると、3層系のアスファルト層は表面からアスファルト安定処理層までアスファルト混合物（表層、基層、アスファルト安定処理層）中の砕石も関係なく、アスファルト舗装の表面からアスファルト安定処理層までアスファルト舗装は舗装の動きが少ない車両方向と直角方向（アスファルト舗装の横断方向）にほぼ直線状に瞬時に大きな音を立てて脆性破断（横断亀裂）する。この舗装の熱収縮による脆性破壊（横断亀裂）はアスファルト混合物の低温領域の引張試験と同じ破壊現象である。

アスファルト混合物の低温領域（脆性領域）の熱応力の破壊強度は $40 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 以上で、コンクリートの熱応力の破壊強度 $20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ より大きく、アスファルトは砕石に対する付着がコンクリートの付着より優れているため、アスファルト舗装は低温の脆性領域で横断亀裂が発生するときは砕石も同時に破壊する。コンクリート試料の熱応力試験後は試料中の砕石が全く破壊していない。

アスファルト混合物の低温時の破断ひずみは0.02% (200×10^{-6})となる。アスファルト混合物は常温に近い温度(-10℃以上の流動領域)では応力緩和現象が顕著となる。このため、-10℃以上の流動領域で外気温が急激に大きく変化しても、アスファルト舗装の熱収縮による熱応力はこの領域(流動領域)ではアスファルト混合物の応力緩和現象が顕著になるため、この領域でアスファルト混合物の熱応力は一切発生しない。

しかし、-10℃以下でアスファルト混合物が脆性領域に入ると、アスファルト混合物は弾性体になるため、この領域では温度差に比例してアスファルト層に熱応力が発生する。通常のストレートアスファルト(針入度級: 80/100)を使用したアスファルト混合物の熱収縮による熱応力の破壊温度は約-30℃となる。しかし、改質アスファルトを使用したアスファルト混合物の破壊温度はこれより若干低くなる。アスファルト混合物は外気温が-10℃以下となると、アスファルト混合物はコンクリートと同じ弾性体(脆性体)となり、碎石とアスファルトの付着が良いため、この低温の脆性領域で、熱収縮によりアスファルト混合物の破断時に(横断亀裂)は碎石も破壊する。この破壊現象はアスファルト混合物の脆性領域の引張試験による破壊と同じ現象である。外気温が急激に-25℃以下まで下がった時、アスファルト混合物は大きな音を立てて3層のアスファルト舗装は表層からアスファルト処理層まで横断方向で瞬時に破断する(森吉、月刊建築仕上技術、Vol.47, No.564, 24-32, 7月号, 2022年)。アスファルト単体の低温領域での破壊強度(フラース破壊温度)及び破壊ひずみ(フラース破壊温度より-10℃低い温度)で5MPa, 3000×10^{-6} である。この破断がアスファルト舗装の低温時に発生する熱応力による横断亀裂現象となる。このときのアスファルト混合物の破断ひずみは低温領域(脆性領域)の引張試験の破断ひずみ量と同じとなる。しかし、コンクリート橋や鋼橋の上に施工されたアスファルト舗装は寒冷地でこの熱収縮による横断亀裂はほとんど発生しない。この原因は通常の土工上に施工されたアスファルト舗装と橋の上のアスファルト舗装と比較すると、これらの橋の上のアスファルト舗装はすべて横方向だけでなく、走行方向も「橋の構造と一緒にアスファルト舗装」も温度変化と共に収縮(移動)する。このとき、橋の上のアスファルト舗装は車両走行方向のアスファルト舗装の動きも橋の熱収縮の動きと連動するため、アスファルト舗装の底面の拘束は極めて小さくなる。このため、アスファルト舗装の熱収縮

による熱応力は-25℃の低温の脆性領域でも外気温が低下しても底面の拘束が小さく、熱収縮量が少ないためアスファルト舗装には熱応力が発生しない。このアスファルト舗装の横断亀裂現象は冬季の外気温がほぼ同じと思われる寒冷地で、通常の土工上のアスファルト舗装ではアスファルト舗装の底面の拘束力が大きいと横断亀裂が多数発生するが、その横断亀裂が多発したと同じ地域の「橋の上のアスファルト舗装」は橋の長さに関係なく、アスファルト舗装の横断亀裂はほとんど発生しない。このことから、アスファルト舗装やコンクリート構造物の熱応力による横断亀裂現象は冬季の寒さだけでなく、アスファルト舗装やコンクリート構造物の底面の拘束状態と密接に関係していることが分かる。

アスファルト舗装の脆性領域の低温で発生する横断亀裂現象(熱応力破壊)かどうかはアスファルト舗装の破断面を見れば、一目瞭然である。脆性破壊における熱応力によるアスファルト舗装の破壊はアスファルト混合物中のモルタル層と碎石がアスファルト混合物中で同時に破断し、この横断亀裂の破断面は3層のアスファルト舗装が刃物で切り取ったように破断面の形状が「たいら」であることから判断できる。1978年6月12日に発生した宮城沖の大地震(マグニチュード: 7.4、仙台: 震度5.0)で仙台の高速道路のアスファルト舗装の1部に横断亀裂が多数発生した。この破壊の原因を調べるため、高速道路のアスファルト舗装の横断亀裂部を跨いで直径10cmのコアを採取し、そのコアの断面の側面を観察した。このコアの破断面の断面ではアスファルト混合物中の碎石が全く破断しておらず、モルタル層の部分で破壊し、破断面は平ではなく、凸凹していた。仙台ではこの宮城沖の大地震のとき(6月12日)アスファルト舗装は外気温が以下のように-25℃以下になる脆性領域になることはなかった。6月12日の宮城沖大地震が発生したとき、仙台のこの日の平均気温は+20.3℃であり、この温度はアスファルト舗装では流動領域であった。

アスファルト舗装の熱応力による破断温度は脆性領域ではアスファルト舗装の冷却速度(気温変化による冷却速度や突然の降雨、風による冷却速度)が早くなれば、破壊温度が通常の破壊温度の-30℃より最大で2-3℃高くなる。しかし、仙台のこの地震時の温度は流動領域であったため、アスファルト舗装には熱応力がほとんど発生しなかったと思われる。

これより、地震時に発生した横断亀裂は仙台の高速道路のアスファルト舗装が外気温の低温に晒されて、熱収

縮で発生する通常の脆性領域で発生する横断亀裂でなく、地震の揺れによるアスファルト舗装の流動領域の引張破壊が原因であると思われる。アスファルト舗装中のアスファルト混合物は流動領域(-10°C 以上)で「流動領域の限界ひずみ」の7%(-10°C 以上の流動領域)を超えると破断する。(Yoshida T. Sekiyu Gakkaisi, 44(5), 312-316(2001)。このため、仙台の高速道路の地震によるアスファルト舗装の横断亀裂は流動領域の限界の破壊ひずみ(7%)が脆性領域の破壊ひずみ(200×10^{-6} : 0.02%)の約350倍($7\% / 0.02\% = 350$)と大きい、アスファルト混合物はこの流動領域の亀裂発生限界ひずみ(7%)を超えたため、破断したと思われる。仙台の高速道路のこの流動領域(10°C 以上)で生じた横断亀裂現象はアスファルト舗装が地震で極めて大きく動き、アスファルト舗装中のアスファルト混合物の流動領域の限界の破壊ひずみ(7%)が、この値を局部的に超えたため横断亀裂が発生した大変珍しいケースであることを示している。大きな地震ではアスファルト舗装の表面は海の表面の波と同じように大きくゆっくり波打ってアスファルト舗装の表面の波が移動する。アスファルト舗装の地震時に発生する舗装の表面の大きな波が車両の走行方向に次第にゆっくり移動するため、アスファルト舗装にこの波による大きなひずみが局部的に発生し、アスファルト舗装のアスファルト混合物の常温の流動領域でアスファルト混合物の限界の破壊ひずみ(7%)を超えた箇所では横断亀裂が発生したと思われる。このときのアスファルト舗装の横断亀裂の間隔は100m以上離れていたが、この横断亀裂の間隔は仙台で発生した地震の震度5の揺れでアスファルト舗装の表面に現れたアスファルト舗装の波の周期や波高と密接に関係していると思われる。

10. アスファルト舗装の低温時の外気温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

アスファルト舗装は夏季に轍ができる流動領域と寒い冬季に熱収縮により脆性破壊(横断亀裂)する弾性領域がある。

アスファルト舗装はこの脆性領域で熱収縮により発生する横断亀裂現象の破壊温度はアスファルト舗装に使用したアスファルト単体の熱応力による森吉脆化点温

度(Moriyoshi Breaking Point : MBP)に関係している。通常のストレートアスファルト(針入度級80/100)の森吉脆化点温度(直径14cm、深さ1cmの特殊なステンレス製の皿にアスファルトを50g入れて、このアスファルトが熱応力で破壊する温度)は -30°C (破壊温度精度: $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$)である。従って、アスファルト舗装は外気温がこの温度以下になるとアスファルト舗装の横断亀裂現象が瞬時に発生する。このときのアスファルト混合物の破断ひずみは0.02%(200×10^{-6})で、この値はアスファルト混合物の弾性体となる低温領域の -25°C の引張試験時の破壊ひずみと同じ値となる。

しかし、コンクリート構造物は弾性体のため、コンクリート構造物の熱応力の大きさは温度領域に関係なく、外気温の温度差に比例して発生する。コンクリートの熱応力の破壊温度はコンクリートが硬化後、コンクリートは温度差 5°C で小さな音を立てて、細い亀裂が発生し、温度差 10°C で破断する。しかし、ダムやコンクリート橋にAE減水剤が使用されるとAE減水剤中の含水量は経年変化と共に次第に減少するため、コンクリート構造物は経年とともに次第に乾燥し、コンクリートは収縮する(Moriyoshi A. PLOS ONE, 16(5) 2021)。このとき、コンクリート構造物は走行方向および走行方向と直角方向も一様に収縮するが、コンクリート床版の底面の拘束状態が異なるため、コンクリートにも以下のような乾燥収縮により横断亀裂が発生する。

コンクリート舗装ではコンクリートの収縮時に舗装の縦(拘束力が大きいためほとんどコンクリートの動きがない)と舗装の横(拘束力が若干小さいため、コンクリートの動きがある)の舗装のコンクリート舗装の底部の拘束状態が異なるため、底部の拘束の強い方向(コンクリート橋では走行方向)に収縮破壊(横断亀裂)が発生する。

コンクリート舗装は横目地の部分から破損することが多いため、できるだけ横断方向の横目地の数が少ないことが好まれている。このため、連続鉄筋をコンクリート中にいれるとこの横目地が少なくできると思われる。このため、日本海に面し、冬季には外気温が -20°C となり、風の強い箇所に築造した北海道の国道231号線の送毛トンネル(延長: 1,901m)のコンクリート舗装の1部の区間の280mに連続鉄筋コンクリート舗装を試験的に施工した。このコンクリートの舗装厚は20cmであり、連続鉄筋は直径16mmの異形鉄筋を使った。この連続鉄筋の挿入間隔は舗装の車両走行方向の横方向に35cm間隔(舗装幅: 6.5m)とし、鉄筋の挿入位置はコンクリートの表面

から10cmの位置に入れ、温度変化による熱応力の亀裂対策とした。連続鉄筋のコンクリートの施工は極寒期の季節を避けて、11月30日までに工事は終了した。

このコンクリート舗装(舗装幅:6.5m)はスランブ25±1.2cm, セメント/水比は44%, AE減水剤はセメント量の0.25%とした。コンクリートは打設後1週間散水養生をした。その後、この舗装のコンクリートの表面に発生した横断亀裂の数を調べた。2, 4, および8週間後に幅0.5mmの横断亀裂がコンクリート舗装の車両走行方向にほぼ等間隔に入り、亀裂本数はそれぞれ順に8本、11本、59本となった。また施工後2年で連続鉄筋の舗装の全区間(280m)に3mのほぼ等間隔に横断亀裂が発生した。このように同じ亀裂幅でかつ等間隔の横断亀裂の本数が時間経過と共に増えることから、このAE減水剤を使用したコンクリート舗装は時間経過と共にコンクリートが乾燥し(AE減水剤中の水分の消失)、コンクリートの収縮量が次第に大きくなることを示している(宮口克一、広島大学修士論文、2000年、多機能型高性能減水剤の作用機構)。このように横断亀裂の数が多くなったのは、連続鉄筋のコンクリートの底部の拘束状態が極めて良かったことと、コンクリートのAE減水剤を使用したコンクリートの収縮量が大きく、収縮量が時間変化と共に増加したためと思われる。このため、この送毛トンネルの連続鉄筋のコンクリート舗装に発生した横断亀裂は温度変化に伴う熱応力による横断亀裂ではなく、コンクリートが時間と共にコンクリートが乾燥し、コンクリートが収縮したために発生した収縮亀裂と思われる。この収縮亀裂(横断亀裂)は以下で示すように、亀裂発生時には細かい亀裂が小さな音を立てて破壊していると考えられる。

コンクリートの熱応力破壊試験の破断時の破壊ひずみは引張試験時の破断の破壊ひずみと同じである。コンクリートの乾燥収縮時の破断時の破壊ひずみも引張試験の破断時の破壊ひずみと同じと思われる。しかし、コンクリートは引張試験を実施する引張試験直前の試料(長さ10cm、幅:2.5cm、奥行き:2.5cm)を使って試料の両端部を拘束した状態で、コンクリートに温度変化を与えると、コンクリートに熱応力が発生し、5℃の温度差(ひずみ: 50×10^{-6})では目には見えないが、小さな音を立てて内部に細い亀裂が発生し、温度差10℃でコンクリートの試料は破断(ひずみ: 100×10^{-6})した。しかし、コンクリートの引張試験の試料では 100×10^{-6} のひずみで細かい亀裂が入り、約 400×10^{-6} のひずみでコンクリート試

料は引張で破断し、碎石は一切破断しなかった(Tomoto T, Construction and Building Materials, 25(2011), 267-281)。宮口氏の先の論文ではAE減水剤が0.3%入ったコンクリートの収縮量は経過日数とともに次第に大きくなり、90日後の乾燥収縮ひずみは 400×10^{-6} とされ、90日以降も経過時間と共にこのコンクリートの乾燥収縮ひずみはさらに大きくなる傾向にあるとされている。

アスファルト舗装の脆性領域の低温時に瞬時に発生する横断亀裂は-30℃以下となる、北海道の特に寒冷な地域の陸別(冬季の最低温度:-30℃)では車両走行方向でこのアスファルト舗装の横断亀裂の車両走行方向の間隔は狭く2-3mの等間隔となっている。ここの横断亀裂の間隔は施工当初は100m間隔であったが、次の年にその半分の間隔、またその次の年はその半分と次々にその寒さのために間隔が次第に狭くなったと考えられる。しかし、冬季の最低の外気温が-15℃程度の苫小牧(植苗)ではアスファルト舗装の横断亀裂の間隔は10m以上と広く、以後苫小牧(植苗)ではこの等間隔の横断亀裂間隔は経年と共に変化しなかった。この原因は苫小牧のアスファルト舗装の横断亀裂は-15℃程度で発生する熱応力でアスファルト舗装の内部の1部に細かい亀裂が発生し、この亀裂幅が時間変化と共に次第に大きく進展して、横断亀裂に繋がっていると考えられる。アスファルト混合物の室内で実施した熱応力試験(冷却速度:-10℃/h)では-15℃以下の脆性領域になると、亀裂は見えないものの、この領域では小さな亀裂の音(パチパチという音)が聴診器を通じて聞こえる。これはこの温度領域で熱応力試験中にアスファルト混合物の内部で細かい亀裂が発生していることを示している。

これは先に述べた連続鉄筋のコンクリート舗装のように外気温の低下に伴うアスファルト舗装の熱収縮量が両地区(陸別、植苗)で異なり、陸別のように冬季で特に寒い箇所のアスファルト舗装の熱収縮量が極めて大きいと考えられる。これより、「アスファルト舗装の横断亀裂」の間隔は熱収縮量(寒さ)に依存しているが、「コンクリート構造物の横断亀裂」はAE減水剤を使ったコンクリートの乾燥収縮量と底部の拘束状態に依存していると思われる。

図1(「前編」に掲載)に示したベルギーの橋の床版の1部が砂利化したコンクリート床版の底面の表面および桁の横断亀裂の亀裂幅は遠くから目で確認できるほどの幅の広い亀裂幅となっている。このため、このコンクリー

トの乾燥収縮による横断亀裂の破断ひずみはコンクリートの引張試験の破断ひずみ(400×10^{-6})と同じぐらいの大きなひずみであり、ベルギーのコンクリートの床版の底面や桁の横断亀裂はコンクリートのこの時間経過とともに大きくなった乾燥収縮のひずみによって発生したと思われる。

このため、AE減水剤を使用したコンクリートの橋では車両走行に対して直角の方向に図1に示すようにコンクリート床版の底面やその下のコンクリートの桁にも横断亀裂が発生した。また図4(「中編」に掲載)の定山溪ダムのコンクリートの表面では構造物の縦方向のコンクリートの底部の拘束が強いため、以下で示すようにコンクリートにも横断亀裂が収縮亀裂によって水平方向に発生したと思われる。

このほか、AE減水剤を使用し、砂利化したコンクリートの橋のコンクリート床版やコンクリートのダムのコンクリートの表面でも図4に示す定山溪ダムのように多数の横断亀裂が見られる。この横断亀裂以外に見られる、遊離石灰晶出跡、骨材の剥離、黒いシミは、すべてのコンクリート構造物の砂利化現象に付随するコンクリートの損傷現象と思われる。

以上より、コンクリート橋のコンクリート床版上のアスファルト舗装中のアスファルトは大気中や路面上のウインドウオシヤ液の界面活性剤で次第に溶解し、浸透性の良い、水溶性のアスファルト乳剤となり、これが大気中の湿気と共にコンクリートの本体や亀裂部からコンクリートの内部の底面まで浸透する。この細かい物質(水溶性カルシウムおよび難溶性カルシウム)はフタル酸カルシウムおよびウインドウオシヤ液と共にコンクリート構造物の脱カルシウム化を促しながら、コンクリート構造物の床版の底面に黒く溶出する。これらのコンクリートの砂利化現象を示すコンクリートの様々な損傷は世界中で使用されているAE減水剤を使ったすべてのコンクリート構造物に発生していると思われる。

また、AE減水剤を使ったコンクリート橋のコンクリート床版の寿命は脱カルシウム化(砂利化)が異常に早いいため、コンクリート橋の寿命は30年以下と極端に短くなっている(森吉、月刊建築仕上技術、後編、Vol.48, No.565, 40-52, 2022-8, 8月号)。このコンクリート構造物およびアスファルト舗装の短寿命の原因は大気中の汚染状況(フタル酸エステルおよびウインドウオシヤ液の濃度)やセメント製造時の極微量の有害物質の量と密接に関係していると思われる。

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

AE減水剤が使用されなかったと思われる日本の古いコンクリート製のダム(黒部ダム：竣工1963年、奥只見ダム：竣工1961年)のコンクリートの表面ではこのようなまだら模様は発生していない。奥只見ダムのコンクリートの表面の画像は図7に示す。

しかし、札幌の定山溪ダム(竣工1989年)のように比較的新しく、かつAE減水剤(Pozzolith No.8, Pozzolith No.202：2種類のAE剤の合計でセメント量の0.81%)を使用したこの定山溪ダムのコンクリートの表面ではまだら模様が図8のように顕著にみられた。図4と図8は同じ定山溪ダムのコンクリートの表面の状況を示す。図8で、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は白または灰色のまだら模様が明確に現れている。

このまだら模様はコンクリートがすでに内部で一部砂利化していることを示している。

以上よりコンクリート構造物の砂利化現象はコンクリートの表面および底部の表面でまだら模様やコンクリートの横断亀裂および碎石やコンクリートの剥離、崩落がみられるときには、このコンクリート構造物の内部はすでにコンクリートが砂利化していることを示している。これよりコンクリートの砂利化現象にはAE減水剤を使ったコンクリートの表面やコンクリート床版の底面ではこのような様々な損傷が付随する。また、コンクリートの内部の砂利化が発生すると、鉄筋の周りのコンクリートは有害有機物を含む湿気により、溶解、溶出し、鉄筋の周りは空洞化し、これが鉄筋の腐食による鉄筋の痩せや砂利化によりコンクリートの耐荷重が次第に小さくなるため、これらがコンクリートの短寿命にも繋がっている。

12. まとめ

以上より、コンクリート構造物およびアスファルト舗装の砂利化現象は大気中のコンクリートに有害なフタル酸エステル化合物およびウインドウオシヤ液によって発生していると思われる。しかし、幸いなことにこの砂利化が発生するとコンクリート構造物では様々な損傷(横断亀裂、まだら模様、碎石および小さなコンクリートの崩落、および剥離)がコンクリートの表面や底部の

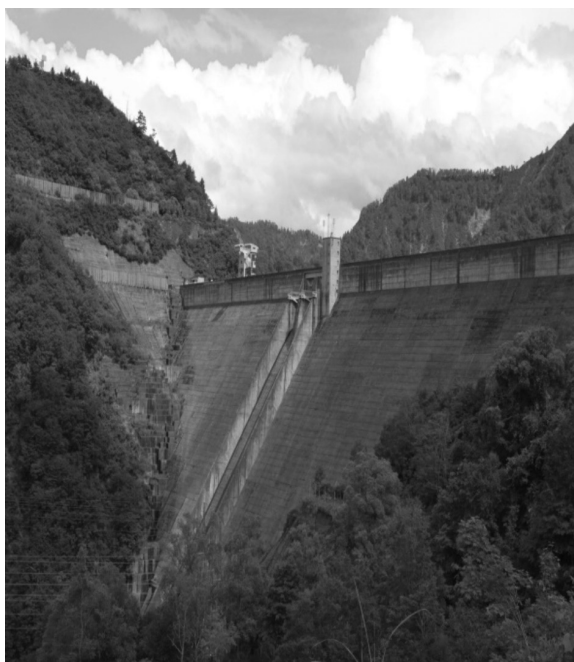


図7 奥只見ダム (Wikipedia: 1961 年)

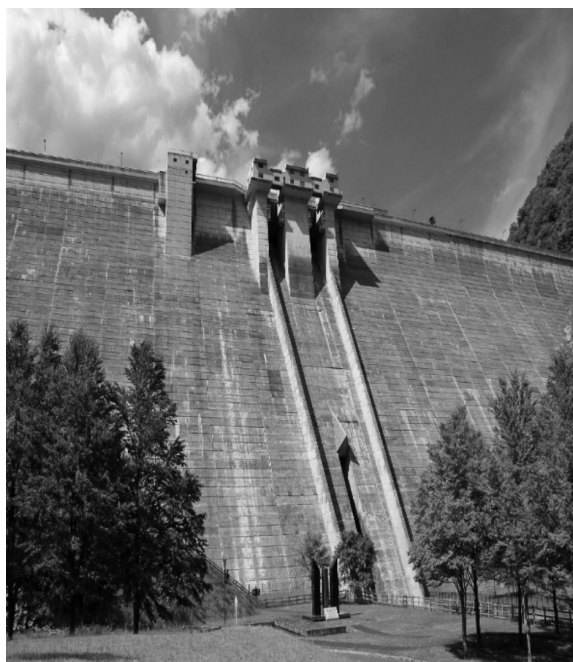


図8 定山溪ダム (Wikipedia: 1989 年)

表面に現れる。このコンクリートの損傷現象がいつ発生し、どの程度発生しているかを調べると、コンクリートの内部の砂利化現象の存在の有無やその損傷の程度が分かると思われる。また、コンクリート構造物の内部で発

生する砂利化現象の発生の有無から、コンクリート構造物の表面またはコンクリート床版の底部の表面の様々な損傷を推定することができると思われる。