

# 水 と 道 路

西 川 榮 三

前月號に於て天然に存する湖海、冷温泉等の水の化學的成分を一瞥した所によると、其の中にはコンクリート、セメント、セメント等に對して相當有害作用を呈するものが含有せられて居ることもあるのが分るが、かゝる積極的有害作用を示す物質を含まざる水と雖も、鋪裝コンクリートに對して種々の影響を及ぼすものであることは多くの實例が示して居る。水ことに比較的清い水のコンクリートに對する作用を考察して見るのも無益の業でもあるまい。

コンクリート打込の時混合水の多少が、其の硬化の遲速、強度、滲透性等に關係あること、コンクリート打込後、大體の硬化が終了するまでは適度の水分を之に保持せしめておく必要があること等は既に一般に知悉せられて居る所で、今更之を繰り返す必要もないが、鋪裝用コンクリートに於て、屢々見らるゝ所の路面のスクレーピング、膨脹收縮龜裂、崩壞等が、また水に關係あることであるのも既に認められて居る所である。

これ等の現象は、もとより設計、施工の良否、湿度の昇降等にも關係のあることは勿論であるが、そこに水の存在或は水の増減といふ事が大きな關係を持つことも否定すことが出来ない。水の増減は、コンクリート中の硬化セメントの膨脹收縮にも關係あるのみならず、其の中の骨材、就中細粒骨材粒子の膨脹收縮に對しても關係あるものの如く、之がたぬ

に、コンクリート中のモルタルに異状を來し、延いてはコンクリート自身の破損にまで導くものと考へられて居る。

従來セメントの膨脹性龜裂、耐久性に關しては、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム等の溶液による浸漬試験により、硬化セメントの耐久性が判断せられて居るが、近頃、骨材に對しても、やゝ異なる意味から、硫酸ナトリウム溶液試験なるものが提案せられて居り、骨材の安定度を暗示するものと考へられて居る。之に相對して硫酸マグネシウム溶液試験を提唱する學者も現れ、漸く、コンクリート骨材に對して其の安定度を比較的簡單なる化學試験によつて豫知しやうとする試みが認めらるゝに至つた。硫酸ナトリウム溶液試験の方法としては *A. S. T. M* 暫定試験法中にも其の詳細が見受けられる。其要領とする所は、 $21.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  の硫酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  或は  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) の飽和溶液中に、豫め篩分せる骨材を、18時間浸漬し、次に之を取り出して  $105 \sim 110^{\circ}\text{C}$  にて乾燥し、更に溶液浸漬乾燥の操作を繰返し、反覆5回の後、充分に骨材を洗滌し、鹽化バリウムにて硫酸根の檢出し得ざるに至りて之を乾燥し、試験前後の状態を比較し、この操作によりて骨材が破壊して消失せらるゝ分量を篩分により知らんとするものである。

然るにこの方法については、硫酸ナトリウムの水に對する溶解度が温度によりて著しく變化するものなるを以つて、温度の少許の變化が溶液の濃度に大なる相違を來さしめるから、試験溶液の變化による試験結果の不同を避くる爲には試験温度を極めて正確に保たねばならない不便がある。又この試験の結果と實際道路との關係が少しく不確定であつて、この試験の結果を理解するに當つてやゝ疑問の點がある。

ニューヨーク州の *Ira Paul* 氏はこの試験法の缺點を補ふために硫酸ナトリウムに代ふるに硫酸マグネシウムを用ゐるをよしとすると説いて居る。ことに同氏は硫酸マグネシウムによる細粒骨材試験を同州多種の試料について行ひ、其の意

義について詳細に研究して居る。

同氏の述ぶる所によれば、温度に對する溶解度の變化の上よりすれば、硫酸マグネシウムは、其の變化少くして、試験温度を極端に嚴にする必要を認めない。今通常の實驗室温度に於ける硫酸ナトリウム及硫酸マグネシウム兩者の溶解度を比較すれば次の如くである。

温度	溶解度	
	硫酸ナトリウム	硫酸マグネシウム
20°C (68°F)	19.4%	26.2%
30°C (86°F)	40.8	29.0
差	21.4	2.8

而して硫酸マグネシウムによる細粒骨材安定度試験の結果は比較的鋪裝の實情に適するものの如く、同氏は本試験の結果を、細粒骨材の成分、其の吸水率、モルタル凍結試験（凍結融解反覆 60 回）及實鋪裝コンクリートの實成績等と比較し、鋪裝用コンクリートの設計、施工等が完全であり、使用セメントが優良なる場合には、コンクリートの耐久性に關し材料の關係する範圍に於ては、粗骨材の影響は比較的少く、其の中のモルタルの良否が最も重要な關係にあるもので、結局に於て細粒骨材の良否が、其の耐久性を支配する鍵となるのである。即ち不良細粒骨材は吸水の爲に粒子の膨脹を起し、其の爲、コンクリート中最も風化に對する抵抗力少きモルタルの耐久性を害し、延いてスケーリングを起し、龜裂崩壞等に導くものとなして居る。従つて同氏の硫酸マグネシウム溶液による細粒骨材安定度試験は、水の鋪裝コンクリートに對する作用の一端を理解する上に一好参考となるものであるから、其の要領を下に記すこととする。

同氏はニューヨーク州内に多方面より細粒骨材を得て上記各種の試験を行つて居るが、其中には極めて安定度の高いものから、極めて安定度の低いものまでの多くの材料を含み、先づ試料の岩石學的物質と之に對する硫酸マグネシウム ( $MgSO_4$ ) 試験の結果と、硫酸ナトリウム ( $Na_2SO_4$ ) 試験の結果とを比較して見ると次の例に如くである。

試料	$MgSO_4$ 試験	$Na_2SO_4$ 試験
	1. 石英に富む砂	1.2~6.2%
2. 花崗岩其の他の深成岩、安定性長石等を含む砂	4.5~17.0	2.3~7.4
3. 土質の砂岩、石灰、質砂岩、頁岩等を含む砂	20.0~30.0	2.9~7.6
4. 陶土、頁岩性砂岩等を含む砂	37.5~63.0	3.4~15.0
5. 總括	1.0~63.0	1.0~1.50

上記の表で見ると、(1) (2) 等に屬する比較的安定度の高い砂に對しては、 $MgSO_4$  試験は 17.0% 以下の低い數字を示して居り、(3) (4) 等に屬する比較的安定度の不良なる砂に對しては 20 以上 63% 迄の高い數値を示し、大體に於て  $MgSO_4$  試験は砂質の安定度を表示して居る。之に反して  $Na_2SO_4$  試験は、安定性の砂に對しても時として比較的高い數値を示し、又比較的不安定の砂に對して時として低い數値を示す等、試験成績と砂質とが並行して居ない、且つ兩試験成績の數値を比較して見ると  $MgSO_4$  試験は 1~63% の廣い範圍にあり、 $Na_2SO_4$  試験は 0.7~15% の狭い範圍におつて、品位判定の方法としては、 $MgSO_4$  試験の方が、品位の差を明確に示し得る利點がある。

$MgSO_4$  試験成績を砂の粒子の吸水率 (砂の保水性……砂粒間に水を保持する性質……とはことなる) に對して比較すると次の例の如く一般に  $MgSO_4$  試験成績の低いものは吸水率が少い。

吸水率		MgSO <sub>4</sub> 試験	
%		%	
0.9		7.9	
1.8		20.7	
2.3		44.1	

而して吸水率の多い砂は凍結試験に對して損失の多いもので、風化 上に曝さるゝコンクリート用の細粒骨材としてはことに重大なる缺點となるものである。

一般にコンクリート中に含まるゝモルタルの中に存する砂の粒子が吸水する時は、砂の粒子の容積膨脹を起し、モルタルに龜裂を生じ、延いてコンクリート内に不規則なる容積膨脹を惹き起し、スケーリングを生じ、龜裂を起し、遂に破壊に導かれるものと推察せられる。事實に於ても鈍裝用コンクリートの失敗は、材料の關係する範圍では、セメントが完全なるものなる場合は、粗骨材の質によるよりも細粒骨材の品質による場合が多いのである。尚砂中のカオリンの量と吸水率、MgSO<sub>4</sub> 試験、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 試験等を比較した例を見るに

試料	カオリン %	吸水率 %	MgSO <sub>4</sub> 試験 %	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 試験
A	8.06	1.6	15.6	4.0
B	12.98	1.7	24.6	3.3
C	13.63	2.0	29.1	4.2

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 試験に於ては、何等なりたる傾向が見られないが、MgSO<sub>4</sub> 試験はカオリンの量を暗示して居る。

尙同氏が MgSO<sub>4</sub> 試験と實績裝コンクリートの成績とを比較せる所によれば、1921~1931 年間にニューヨーク州内に築造せるコンクリート舗裝中、不良なる成績を與へしものを使用せる砂は MgSO<sub>4</sub> 試験に於て 20%以上のものであつた。

この中 1923 年に築造されたもので、甚しく衰退したものは、1928 年に路面處理を行ふの止むなきに至り、1924 年に築造せられたものは 1929 年に路面處理を施す必要に迫られた。又其の外  $MgSO_4$  試験 20.2% の砂を使用したものも同様に甚しい悪結果に到達した。ニューヨーク州では砂質不良 ( $MgSO_4$  試験 20% 以上) の砂を用いた舗装の壽命は概ね 5~6 年にすぎず、施工の特に良好な場合に於ても其の壽命を 1~2 年延ぶるに過ぎないが、之に反して砂質良好な砂 ( $MgSO_4$  試験 17% 以下) を用いたコンクリート舗装は成績良好であつたと言ふ。

$MgSO_4$  試験に於て良質なるものより不良なるものまで順を追ふて砂の質に順位を附すれば次の如くなると言ふ。

1. Quartz sand
2. Feldspar
3. Sandstone containing dolomitic limestone
4. Quartz sand containing some argillaceous mater als
5. Sand containing argillaceous sand stone
6. Sand containing shale and shaly sandstone

同氏は砂質の標準として、 $Mg O_4$  試験 17% 以下吸水率 1.5% 以下を提唱して居る。

上記の事例は、水が如何に鋪装用コンクリートに對して作用するものか、水の作用をうけて衰退するコンクリートの弱點とする所が、セメント以外にも存在し、骨材中に於て砂の質に對しては等閑に附すべきではなく、而して砂に對する水の作用を豫防せんとすれば、良質の砂を選ばべきで、其の判定法として  $MgSO_4$  試験が相當に意義あるものであることを示したものである。同氏の標準とせる數値を直ちにこのまゝ本邦に應用することの良否は不明であるが、砂の品質については一顧に値する事例であり、ことに近年コンクリート舗装が増加する傾向あるに鑑み、セメントのみならず細粒骨材についても同様其の品質の吟味を必要とすることを示して居るのである。