瀝靑滲透ブロックのラトラー試驗に就て

內務技師　三木榮三

鋪裝用ブロック類に就ては、其の摩耗、衝擊等に對して抵抗力を比較考量する爲に、ラトラー試驗の行はれる事が屢々ある。殊に鋪裝用煉瓦に關しては、此試驗は常に使用せられ、其の方法簡略にして要を得たるものである。而して瀝靑滲透ブロックは、練瓦を原料こし、之に瀝靑質材料を配したるものなるを以つて其の性質の一面は、鋪裝用練瓦に類似するものがあるので、其の强度を比較するに當りラトラー試驗に依る事は、最も自然にして當を得たるものと思ふ。然るにラトラー試驗は元來、形狀、寸法の定まれる鋪裝用煉瓦に就いて、其の强度を比較するを目的こしたるが爲、其の試驗の結果を表すにも、最も簡單なる方法を用ひ、單に練瓦一〇個につき其の摩耗減量の重量に對する百分立を以つてし、何等練瓦の大小、形狀に對する考慮が費されて居ない憾がある。

即ち、ラトラー試驗を、大小形狀等を異にするブロック類に適用せんこするに、たこひ試料の品質が一定せるものにありても、當然其の結果を異にするの不都合を生じ、其の品質の比較こしては、甚正皓を缺く事こなる。例へば、等質、等容積、等幅にして、厚薄二種のブロックを本試驗を以て比較すれば、ブロックが破折せざる以上、厚きものは、薄きものに比し、ラトラー減率は少なかるべく、又等質類形にしてその大さを異にする二種のブロックを比較すれば、當然大形のものは、小形のものに比し、ラトラー減率小なるべきここが豫想せられる。

一九二六年七月北米合衆國道路局試驗技師ジヤックソン氏は(F.H.gackson)略等質、同長、(八吋)同幅(四吋)に、

して厚さを異にする(2, $2\frac{1}{2}$, 3, $3\frac{1}{2}$吋)五種の鋪裝煉瓦各々一〇組、合計五〇組について試驗し、厚さの相違によるラトラーの減率の相異を比較し、煉瓦一〇個の重量一〇〇封度(四五粁)の場合を標準とし、煉瓦一〇個重量の相違によるラトラー減率の相異を標準の場合に換算する爲に、次の如き表を作製して居る。

煉瓦十個の最初重量 封度	補正	煉瓦十個の最初重量 封度	補正
一〇五—一一五	(+)〇・五	七五—七九	(−)二・〇
九五—一〇四	〇・〇	七〇—七四	(−)二・五
九〇—九四	(−)〇・五	六五—六九	(−)三・〇
八五—八九	(−)一・〇	六〇—六四	(−)三・五
八〇—八四	(−)一・五	五五—五九	(−)四・〇

同氏の實驗は等の質鋪裝煉瓦についてのみ行はれ、其の形狀、大小も、厚さを異にするのみで、其の他の點は皆同樣であるので、上記の補正を直ちに質を異にし、形狀、大小を異にする種々なるブロックに適用することはやゝ早計に失する嫌がある。前記の如く、ラトラー試驗の結果は、ブロックの大小、形狀に依りて異るを以て、ラトラー減率を比較したるのみにては、異形のブロックの比較としては、極めて大小の觀念を得るに止り、正皓を得たる比較を行ふ事を得ない。仍ち余は、ブロックの大小形狀に關係なく、試驗の結果を比較し得んが爲に、次の如き方法を用ひ、ラトラー試驗の結果を表はしてはどうかと思ふ。

通常のラトラー試驗の各條件の下に於て一八〇〇回轉試驗の場合、ブロックA_1, A_2……A_{10}の重量減を夫々W_1, W_2……W_{10}とし、先づブロックA_1を取りて考ふるに、其の重量減W_1はブロックの各面、各稜、各角に於て起るものにして、この中各面に於て起る現象は極めて少きを以つて之を各稜に於て起るものと合せ考へ、暫く、W_1は各稜、各面に於て起るものと假定する。かく假定するも重量の減少極めて甚だしくて、ブロックの原形を著しく失ふが如き場合を除きては、實用上差支なきものと考慮する。

今十二の各稜の長さの總和を(e)米とし、各稜一米について起る減少を l gr とすれば各稜に於て起る減少の總和は el gr である。この中各角に屬する稜の部分の總和を(e')米とすれば、角に屬する部分を除きたる各稜に於て起る減少の總和は$(e-e')l_1$ grである。

又八つの各角に於て起る減少の總和を c gr. とすれば、ブロックA'の減少は次の式を以つて表す事を得べし。

$$W_1=(e-e^1)l_1+c=el_1+(e-e'l_1)\cdots\cdots\cdots(1)$$

今 $\frac{e-e'l_1}{l_1}=k$ とすれば e, e', l_1, はブロックの大小形狀に無關係なるを以て k はブロックの大小形狀には無關係なる定數と見做し得べし。これを前式中に置換すれば

$$w_1 = e\,l_1 + k\,l_1$$

$$\therefore l_1 = \frac{w_1}{e+k}$$

同樣にして、

$$l_2 = \frac{w_2}{e+k}$$

$$l_3 = \frac{w_3}{e+k}$$

$$\vdots$$

$$l_{10} = \frac{w_{10}}{e+k}$$

而して、ラトラー試驗の結果 l は次式を以つて表す事を得べし。

$$l = \frac{1}{10}(l_1 + l_2 + l_3 + \cdots\cdots + l_{10})$$

$$= \frac{1}{10} \times \left\{ \frac{w_1}{e+k} + \frac{w_2}{e+k} + \frac{w_3}{e+k} + \cdots + \frac{w_{10}}{e+k} \right\}$$

$$= \frac{1}{(e+k)} \quad \frac{w_1 + w_2 + w_3 + \cdots\cdots w_{10}}{10}$$

又．$\frac{1}{10}(w_1 + w_2 + w_3 + \cdots\cdots + w_{10}) = w$ とすれば

$$l = \frac{w}{e+k} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

前式中Wは實驗の結果より知る事を得べく、eは數個のブロックにつき實例の結果の平均數を取りて定むる事を得べし。故にkを定めて置けば、ラトラー試驗の結果を、其の大小形狀に無關係なる e を以て表す事を得べし。茲に l は、假想的に考へたる、稜の長さ1米に對する、ラトラー一八〇〇回轉後の重量減を示すものとす。

Kを定むるには、同質にして、大小形狀を異にする甲乙二組のブロックを取り W を秤量算出し、e を實測すれば次の如くにして之を算出するを得べし。

今甲乙各一〇個の重量減平均を夫々 W_a W_b とし、甲乙各の e の價を夫々 e_a, e_b とすれば、

甲組につき　$l = \frac{w_a}{e+k}$

乙組につき　$l = \frac{w_b}{e_b+k}$

$$\therefore l = \frac{w_a}{e_a+k} = \frac{w_b}{e_b+k} = \frac{w_a - w_b}{e_a - e_b} \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

又　$w_a e_b + w_a k = w_b e_a + w_b k$

$$\therefore k = \frac{w_b e_a - w_a e_b}{w_a - w_b} \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

かゝる實驗を數回繰り返し、kの價を求め、其の平均を以つてkを定むるものとす。

附言　以上記載せる所は試驗後に於て、ブロックが大體原形を保てる場合について論じたるものにして、減少甚しくして、殆ご原形をとゞめざる場合、又は一個のブロックが二個以上に破折せられたる場合には、直ちに適用し難きものである。但し一個のブロックが二個以上の比較的規則正しき形狀に折斷せられたる場合には、折斷の作用が試驗の初期に行はれたるものと見做し（實際とはやゝ異るべきも）次の如く考ふる事を得べし。一個のブロックが横に一個に折斷せられたる場合、この場合には、角の數は最初八個のものが一六個、卽二倍となりたるものを考ふる事を得べく、稜の長さは、次の如く考ふる事を得べし。

最も長き稜の長　$=p$ meter

中位の長さの稜の長　$=g$ meter

最も短き稜の長　$=r$ meter

折斷場所の端よりの長さ$=mp$ meter　とすれば

折斷前の稜の全長　$e=4(p+q+r)$

折斷後の稜の全長$ne=4(mp+q+r)+4(\overline{1-mp}+q+r)$

$$=4p+8(q+r)$$

$$\therefore\quad n_2=\frac{4p+8(q+r)}{4(p+q+r)}$$

$$=2-\frac{p}{e}\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

全重量減及破折片の各重量減を夫々w, w_I, w_{II}とし、稜の全長を夫々e, e_1 e_2とすれば

$$1+\frac{w_I}{e_1+k}=\frac{w_{II}}{e_2+k}$$

$$=\frac{w_I+w_{II}}{e_1+e_2+2k}=\frac{w}{ne+2k}=\frac{w}{2(e+k)-p}$$

$$1=\frac{w}{2(e+k)-p}\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

同様にして三個に折斷せられたる場合は

$$1=\frac{w_I}{e+k}=\frac{w_{II}}{e_2+k}=\frac{w_{II}}{e_3+k}$$

$$=\frac{w}{(e_1+e_2+e_3)+3k}$$

$$e_1+e_2+e_3=\therefore=4\{(p+3(q+r)\}$$

$$n=\frac{4(p+\overline{3q+r})}{4(p+q+r)}$$

$$=3-\frac{2p}{e}\cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

$$\therefore\ l=\frac{w}{3e-2p+3k}$$

$$=\frac{w}{3(e+k)-2p}\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

尚前式(2) $l=\frac{w}{e+k}$ 中の k は大小、形狀には無關係なるも、摩耗の程度に依りて異り得べき性質のものである。

今、ブロックの比重を s とし、稜に於ける摩耗後の形狀を、半徑 r の四分の一圓弧形と假定し、角に於ける摩耗の容積を $k^{I}r^{2}$ とし、$e^{I}=k^{II}r$ と假定すれば

$$k=\frac{e-e'l}{l}=\frac{k^{I}r^{3}-k^{II}r_{1}s\frac{1}{4}\pi r^{2}s}{\frac{1}{4}PT_{1}^{2}r}\left(=\frac{4k^{I}}{\pi}-k^{II}\right)$$

今 $k^{III}=\frac{4k^{I}}{\pi}-k^{II}$ とすれば

$$k=k^{III}r=k^{III}\sqrt{\frac{4e}{\pi s}}=k^{III}\sqrt{\frac{4}{\pi}}\sqrt{\frac{1}{s}}\sqrt{e}$$

$$k=k^{III}\sqrt{\frac{4}{\pi}}\qquad k^{II}=K\sqrt{\frac{1}{s}}$$

$$k=K\sqrt{\frac{1}{s}}\sqrt{e}=k^{IV}\sqrt{e}$$

故に　$l=\frac{w}{e+k^{IV}\sqrt{e}}$ or $\frac{w}{e+k\sqrt{\frac{1}{s}}\sqrt{e}}$

茲に k^{IV} 及 K はブロックの大小形狀に無關係にして、且摩耗の程度にも無關係なる定數と見做し得べし。

式(4)より $k^{IV}\sqrt{l}=k=\frac{w_{b}e_{a}-w_{a}e_{b}}{w_{a}-w_{b}}$

又式(3)より $l=\frac{w_{a}-w_{b}}{e_{a}-e_{b}}$

$$\therefore\ k^{IV}=\frac{w_{b}e_{a}-w_{a}e_{b}}{w_{a}-w_{b}}\sqrt{\frac{e_{a}-e_{b}}{w_{a}-w_{b}}}$$

$$=\frac{(w_{b}e_{a}-w_{a}e_{b})(e_{a}-e_{b})^{\frac{1}{2}}}{(w_{a}-w_{b})^{\frac{3}{2}}}\cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

$$K=\frac{(w_{b}e_{a}-w_{a}e_{b})(e_{a}-e_{b})^{\frac{1}{2}}}{(w_{a}-w_{b})^{\frac{3}{2}}s^{\frac{1}{2}}}\cdots\cdots\cdots\cdots(11)$$

式(9)より　$k^{IV}l^{\frac{3}{2}}+el-w=0\cdots\cdots\cdots\cdots(12)$

式(12)中 k^{IV} は定數にして、e,W は測定により知り得べき數値前式を滿足し得べき l の實數根中適當のものを取れば、求むる所のラトラー試驗の結果を、其の大小形狀に無關係

に表はし得べし。こゝにはブロックの比重によりて異なるを以て、k^{IV}は定數K及Sより算出するものとす。

卽ち同種にして大小形狀を異にする甲、乙、二組のブロックにつき、其の比重S、及各の稜の全長、e_a e_bを測定しラトラー一八〇〇回轉後の摩耗、減重量w_a、w_bを秤量すれば、定數Kを定め得べし。從つて質を異にする他種のブロックに對しては、其の比重を測定すればk^{VI}を知り得べく、其の摩耗減重量Wを秤量し、稜の全長eを測定すれば、式(12)によりて、ブロックの大小、形狀に關係なく、摩耗の程度を表はす數値eを算出する事が出來る。

上記の表示方法は、ブロックの質、ブロックの大小形狀に無關係に、ラトラー試驗の結果を比較し得べき便利があるが、eを求むるに當り、三次方程式を解くの煩が伴ふのを不便とする。かゝる不便なくして、上記の目的を達し得べき方法を案出發表せられん事を斯道の諸賢に切望する。

尙本稿を草するに當りては、充分なる時間を得られなかつた爲、甚だ不完全なるを免れず、從つて誤謬粗漏なきを保し難い、それらの點は、更に研究の上、訂正補足したいと思ふ。」

シリケート・オブ・ソーダ
透入石灰岩碎石道路（一）

內務技師　高田昭