

歩道部における自然石舗装の健全度評価法に関する検討

東京農業大学 正会員 ○竹内康, 岡澤宏, 小梁川雅
東京都 正会員 峰岸順一, 樋口三恵
ブロック・自然石舗装構造研究会 正会員 笠原篤

1. はじめに

歩道や広場, 商店街モールなどに多く施工されている自然石舗装は, コンクリート版もしくは路盤上に敷いた3cm程度のモルタル層上に自然石が配置された構造となっている¹⁾. 使用するモルタルは, セメントと砂の配合はある程度決まっているものの, 施工者個人レベルの経験に基づいて水分量に変化するため, 耐久性にバラツキが生じやすいという問題がある. 東京都湾岸部のA地区では, 車道, 歩道を問わずヨーロッパの景観を意識した自然石舗装が施工されているが, 自然石ブロックの隆起や剥離が問題となっており, 破損状況を把握するために, テストハンマーを用いた打音調査や地中レーダ探査等が行われている. 打音調査は, 自然石舗装の目視点検の際に補助的に行われる健全度調査法で, 200g程度のテストハンマーで軽く舗装表面を叩き, 打音によって発生する音の変化で異常の有無を判断するものである. この調査は, 舗装の表面部分の空洞の有無を調査するものであるため, すべての異音部に構造的破損が生じているとは考え難い. これに対し, 舗装に構造的な破損が生じた場合には支持力が低下するため, 舗装の健全度評価をFWD等で行うことは重要である.

本研究では, 図-1に示す構造を有する東京都湾岸部A地区の歩道部の自然石舗装を対象に, 打音調査と小型FWD, シュミットハンマーN型を用いた健全度調査を実施した. そして, 異音が発生した箇所から数カ所を選び開削調査を実施し, 破損状態と打音調査の精度を確認するとともに, 小型FWDとシュミットハンマーによる代替検査法について検討した.

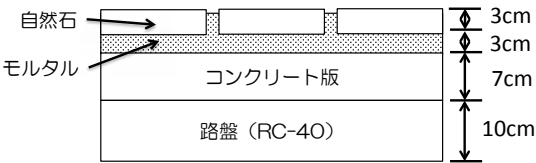


図-1 歩道部の自然石舗装の構造

2. 調査の概要

健全度調査の対象とした歩道舗装は, 平成15年に施工された区間での5箇所, 比較対象として平成22年に施工された区間で2箇所ある. また, 調査は打音調査を実施した後に小型FWD, シュミットハンマーによる調査を行い, 開削箇所ではコンクリート版上で小型FWD試験を行った. 小型FWD試験では, 載荷半径を5cm, 重錘の落下高さを20, 30, 40cmとして荷重と載荷直下のたわみを計測した. また, シュミットハンマー試験は, 小型FWD試験位置を中心に対角線上に位置する自然石上で実施し, 各自然石上で3箇所, 計9箇所でデータを取得した.

3. 調査結果

表-1に打音調査および開削調査結果を示す. 表内の○は異常なし, ×は異常ありを示している. なお, 開削調査では, モルタルの固化状態と自然石との接着状態を確認した. その結果, 地点6では, 打音調査で異常は認められたものの, 開削調査では異常は認められなかった. この原因を特定するために, モルタルと自然石の接着部を観察したところ, 図-2に示すようにモルタルと自然石との間に隙間が確認されたことから, これによって異常打音が生じたものと考えられる.

表-1 打音調査・開削調査結果

地点No.	1	2	3	4	5	6	7
施工年	平成15年					平成22年	
打音結果	×	×	○	○	×	×	×
開削結果	×	-	-	-	×	○	-



図-2 モルタルと自然石の接着部の状況

Key Words : 自然石舗装, 健全度評価, 小型FWD, シュミットハンマー

連絡先 : 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1 東京農業大学 TEL : 03-5477-2334 FAX : 03-5477-2620

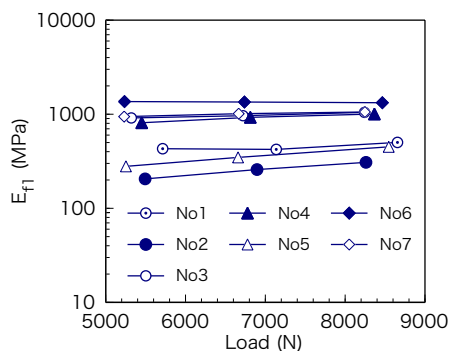
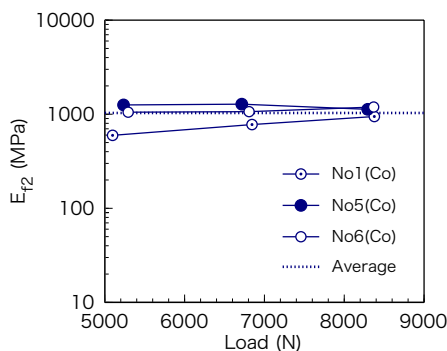
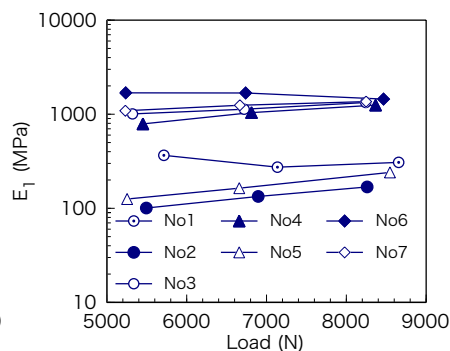
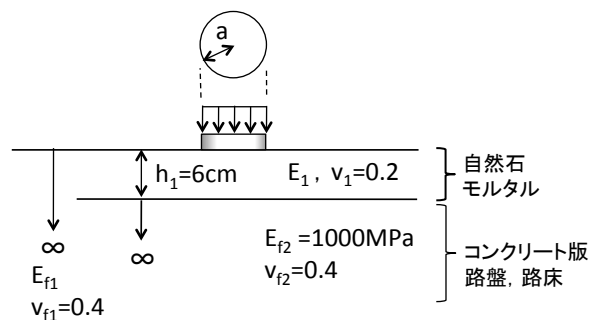
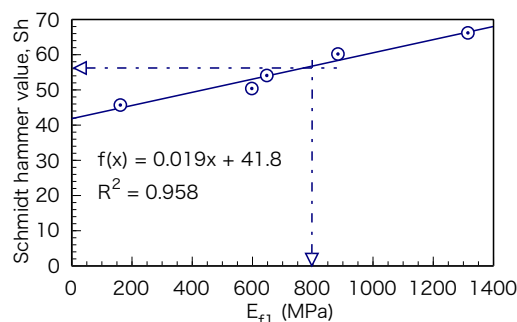
図-3 各地点の E_{f1} 図-4 開削箇所での E_{f2} 図-5 各地点の E_{f1} 

図-6 解析に用いた舗装構造

図-7 シュミットハンマー測定値と E_{f1} の関係

次に小型 FWD 試験の解析結果を図-3～5 に示す。

図-3 は式(1)より求めた路面弾性係数 E_{f1} であり、図-5 は図-6 に示すように自然石とモルタルを同一層としたときの弾性係数 E_1 である。 E_1 は式(2)に示した Burmister の 2 層系弾性理論を用いて求めた。なお、コンクリート版以下の弾性係数 E_{f2} は開削調査時にコンクリート版上で測定した結果の平均値(図-4)で、式(2)の変位係数 F は Odemark の方法²⁾により求めた。

$$E_{f1} = \frac{\pi(1-\nu^2)q \cdot a}{w} \quad (1)$$

$$\frac{1-\nu_{f1}^2}{E_{f1}} = \frac{1-\nu_{f2}^2}{E_{f2}} F \quad (2)$$

ここに、 q : 荷重強さ(MPa)、 w : たわみ(m)、 a : 載荷半径(m)である。

これらの結果より、図-3 の路面弾性係数 E_{f1} の低下は、コンクリート版以下の弾性係数 E_{f2} (図-4) に大きな差は見られないことから、図-5 の結果にあるように自然石とモルタル層の支持力低下が原因であることがわかる。また、これらの結果と表-1 の結果を比較すると、平成 15 年に施工された区間で、打音調査で異音が確認された地点 1, 2, 5 では図-5 に示したように E_1 は低い値を示しているが、平成 22 年の施工区間では異音はしたものの、 E_1 は健全部と同程度の値を示していることから、打音調査での異音発生部が必ずしも破損

部であるとは限らないことがわかる。これは、小型 FWD では 5kN 以上の衝撃荷重を作用させるのに対し、打音調査は 200g 程度のテストハンマーで軽く叩くのみであることから、打音調査ではモルタル層の欠陥を十分に感知できないためと考えられる。

シュミットハンマー N 型では、小型 FWD ほどではないにしろ、打音調査よりも大きな衝撃荷重が得られる。また、小型 FWD よりも短時間の測定が可能で、かつ廉価である。そのため、シュミットハンマーによって小型 FWD と同等の評価が可能であれば、調査効率の向上が期待できる。そこで、荷重が 5kN 程度のときの小型 FWD による E_{f1} とシュミットハンマー測定値 S_h との関係を求めることとした。その結果、図-7 に示すように E_{f1} と S_h には相関性の高い線形関係があることがわかった。また、健全部の E_{f1} の最低値が 800MPa に対応する S_h を求めたところ、 $S_h=55$ であった。したがって、今回の調査の範囲では、 $S_h=55$ が自然石舗装の健全度を判定する値であることがわかった。しかし、調査の都合上、全ての地点でデータを計測できなかったこと、自然石の種類や車道/歩道の別によって結果は異なるため、今後の追加調査が必要である。

参考文献・資料

- 1) 小林, 多田, 藤田: 修景石材と舗装, 技報堂出版, 1994.
- 2) 竹内, 青木, 國井, 佐藤, 柳沼: 利用者の快適性・安全性を考慮した歩行者系舗装の構造設計法の提案, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.37, No.3, pp.1_1~1_8, 2011.