

日本大学生産工学部 正会員 金井 昌邦
 日本大学生産工学部 正会員 堺 毅
 同 正会員 奈良 松範
 ○遠藤 義夫

〈 序 〉

道路構造令(道路法第30条)によれば、歩道の定義は「もっぱら歩行者の通行の用に供するために、縁石線又はさく、その他これに類する工作物により区画して設けられる道路の部分」をいう。且とあり、その位置づけは、明らかに自動車優先であり、その発想からは歩行者のための道路は存在しない。この人間疎外の問題も環境問題のひとつである。

では人間にとって最適な道路性能とはどのようなものであろうか。人類が直立二足歩行を開始したのが、今から約4~5×10⁶年前のアウストラロピテクスであり、歩行システムの原点は裸足と土の関係であった。そして人類は、土の道路に対して長い年月をかけて進化適応してきている。したがって人体にとっての歩行システムの最適状態は、裸足-土システムであるといえる。これに対して現在のように、舗装道路-靴-人体システムの歩行性が一般化したのは3~4×10³年程度前のことであるから、人体はこの新しい歩行システムに適応していると考えよりも、自動車用の舗装道路は人体に対して悪影響を及ぼしていると考えの方が正しいであろう。以上のことから人間-歩道システムは、裸足-土道路システムの歩行応答性能に近づけるべきであることが確認される。この目的に対して、本研究では新しい歩道表層材として、弗素電気分解処理によるスラッジ固化物の有効利用を提案し、いくつかの知見が得られたので報告する。

〈 方法 〉

人体の骨組みは、機械的にみれば一種のリンク機構であり関節部は軸受けと同じ作用を行なっている。歩行時の道路からの衝撃力は、この関節液および軟骨によって弾性的に吸収される。関節液は、その粘性による剪断抵抗により弾性流体潤滑液として関節の保護作用を行なっている。しかし流体の剪断抵抗についてのニュートンの方式；

$$F = \eta \cdot \frac{AU}{h}$$

F：摩擦力，A：面積，U：速度，h：膜厚
 より、関節の適応衝撃力以上の反力を道路から受ける場合には、膜厚が圧縮されるので結果として関節部に過大の摩擦力が発生し関節に負荷がかかる。このような観点から、歩道の歩行性能のひとつとして、表層材の衝撃力吸収性を設定した。実験は弾性体が歩道供用材に衝撃を与える前のエネルギーをE₀、与えた後のエネルギーをE_pとして、エネルギー吸収率をE_p/E₀で求めた。実験装置は図1に示す。

また歩行時には、身体の前進運動が中足趾関節を屈曲させ、親指と第Ⅱ・Ⅲ足指で足の蹴り出しによって行なわれるが、この場合足と道路との間に適当な摩擦が存しないと滑って前進不能となる。したがって歩行性能の第2番目として、道路の摩擦係数を評価パラメータとして設定した。実験装置は図2に示されており、静摩擦係数を測定した。

さらに、道路表層材として要求される性能のひとつとして耐摩耗性を選定し、第3番目の評価パラメータとした。摩耗量の測定は、図3の装置を用いて行なった。

〈 結果 〉

各歩道供用材の衝撃エネルギー吸収率(γ)を表1に示す。実験に用いた弾性体はゴム製であるために、各材のエネルギー吸収率は低い値を得ているが、これはデータの絶対値ではなく、相対値を比較することによって弾性体の材質の影響をなくし、各材料間の特性の差を明確にできる。ここで土とは歩行に供されている状態の現場測定値であるから、土の値を歩行性能の目標値として他材料との相対比較を行ない、この結果も表1に示す。これらのデータから、スラッジ固化物の衝撃エネルギー吸収率は土よりも高いことが確認された。ただし、E_p=0で砂のエネルギー吸収率は100%

であるので表中に斜線を記入した。

歩行時における摩擦力は膝関節に対してモーメントとして作用するので、歩道供用材の人体への影響を考える場合、裸足-土システムの静摩擦係数の測定が要求されるわけであるが、この測定には不確定要素が多くあるために、信頼できるデータが得られなかった。したがって現実の歩道の歩行において、不都合を生じていない靴底と舗装材料の間の静摩擦係数について実験を行なった。表面乾燥状態における測定データを表2に示す。スラッジ固化物の値は剛性舗装と同等の値を得ており、たわみ性舗装よりも若干高い数値となった。したがって摩擦性能については従来の歩道材料と同等であることがわかった。そこで雨天時の摩擦については、流体潤滑の問題が発生し複雑であるので省略した。

摩擦量の測定結果を表3に示す。材料の耐摩擦性は人体-歩道システムの評価には直接関係しないが、スラッジ固化物を歩道供用材として利用する場合に重要なデータである。実験結果から、スラッジ固化物は剛性舗装材のコンクリートと同程度の耐摩擦性を所有していることが確認され、歩道供用材として十分な耐久性を所有していることが判明した。

く 考 察

歩道供用材は、たゞ衝撃吸収性が良いだけでは不十分である。これは締め固められていない砂の衝撃吸収率は100%であるが、歩行性は極めて不良であることから明らかである。スラッジ固化物の吸収率が土よりも50%高いことによる危惧は、固化物の圧縮強度が100~200 kg/cm²もあり、人体による荷重程度では変形による影響は全く無いことから解消される。また固化物は従来の道路表装材よりも軟かく（弾性がある）歩きやすいことが表4のヤング係数の値から判断できる。

歩行離地時に、人間の関節に対して最も無理のないモーメントが作用するのは、裸足と土の摩擦係数が存在する時である。したがって、摩擦に関してはこの値に最も近い値を再現する歩道表層材が最も良い材料である。しかしこの問題は、未解決のままであるので今後の研究の成果を待ちたい。

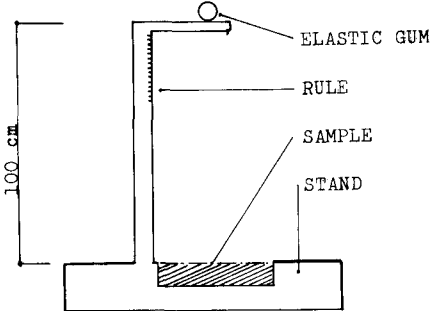


図 1 衝撃吸収測定装置

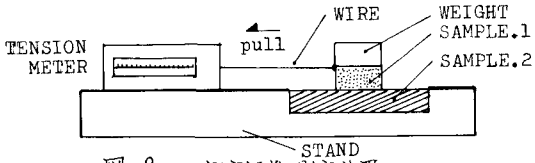


図 2 摩擦係数測定装置

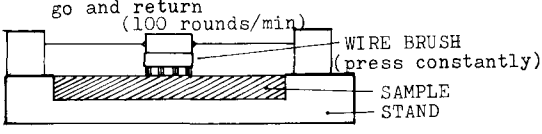


図 3 摩擦量測定装置

表 1 エネルギー吸収率

	土	砂	アスファルト	コンクリート	スラッジ
エネルギー吸収率	0.25	$E_p=0$	0.15	0.15	0.39 0.35
相対吸収率	100	-	60	60	156 140

表 2 摩擦係数

	土	アスファルト	コンクリート	スラッジ
靴底	0.55	0.43	0.49	0.49

表 3 摩擦量 (cm³)

	土	アスファルト	コンクリート	スラッジ
摩擦量	23.0	0.00	0.02	0.06

表 4 ヤング係数 (dyn/cm²)

	土	ゴム	アスファルト	コンクリート	スラッジ
ヤング係数	200	46,000	1,000	300,000	150