

各種試験による屋外歩行施設の舗装硬さの評価

木更津工業高等専門学校 正 会 員 ○鬼塚信弘

東亜道路工業(株) 技術研究所 正 会 員 多田悟士, 三上晃寛, 鳴島佳佑

1. はじめに

近年日本では高齢化が進んでおり、病院で行う回復期のリハビリはもちろんのこと、自宅や地域施設で行う維持期リハビリも重要となっている。維持期リハビリには、筋力改善を目的として行う歩行訓練などの運動療法がある。筆者らは自宅や地域施設の屋外敷地で行う歩行訓練施設を想定し、平成26年度は木更津高専内に屋外歩行施設の試験施工、平成27年度には一部の土舗装区画の修繕を行った。本研究は木更津高専内の屋外歩行施設の舗装および既存舗装路において、人に対する安全性の評価項目の一つである舗装硬さを各種試験により測定し、これらの試験の妥当性を検討した。

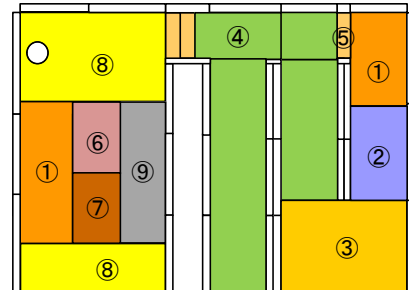
2. 屋外歩行施設の概要

平成26年度に木更津高専内で試験施工した場所は、もともと平成19年度に試験施工した屋外歩行施設と同様の場所である。平成19年度に施工した屋外歩行施設の老朽化や維持管理のしにくさなどがあり、舗装を含む施設設計から施工まで全面的に見直すことが必要となった。平成26年度の屋外歩行施設の設計コンセプトとして、歩行施設としての機能を持つこと、維持管理が容易であること、資源の有効利用を図ることとした。本研究と大きく関わりがあるが、高齢者やリハビリが必要な人の歩行訓練においてインターバルトレーニングのような効果を舗装に持たせるために、土舗装を主体とした異なる舗装を交互に配置する工夫を凝らした(図-1)。なお、土舗装材の物理的性質、手摺と支柱などの詳細については、参考文献¹⁾を参照していただきたい。

3. 舗装の硬さ試験

3.1 測定方法

本研究の屋外歩行施設の舗装とこれと比較するための木更津高専構内の既存舗装路において、床の硬さ試験(JIS A 6519)、GB反発試験(舗装調査・試験法便覧 S026-1)、SB反発試験(舗装調査・試験法便覧 S026-1)、



- ① 焼黒土
- ② 山砂+（脱水ケーキ+発泡ビーズ）
- ③ 山砂
- ④ 人工芝+再利用EPS（8%・12%勾配）
- ⑤ ゴムチップ+再利用EPS
- ⑥ おが粉（ヒノキ）+山砂+脱水ケーキ
- ⑦ おが粉（ベイツガ）+山砂+脱水ケーキ
- ⑧ 山砂+EPS板
- ⑨ 6号碎石

図-1 屋外歩行施設の舗装平面図

HIC試験(ASTM F 1292-04)の4種類の路面の硬さ試験を行い、各測定した値を舗装硬さとして評価した。床の硬さ試験は、人が頭から転倒した時を想定し、舗装の転倒時安全性試験に用いられ、路面に衝突した時の衝撃加速度(G)の最大値を測定する。一方、この試験と対比するHIC試験(Head Injury Criterion)は、センサーが搭載されている金属頭部モデルを落下させた時に着地点の床材の上の衝撃値を測定し、主に公園の遊具や自動車の安全基準に用いられる(写真-1)。本研究では頭部衝突時の人の死亡確率がほぼ0%、致命的な頭部損傷が約5%発生するとされるHIC値が1000の場合のHIC高さ(cm)を(1)式より算出した²⁾。

$$HIC = \left\{ \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \right\}_{\max} \quad (1)$$

ここに、 t_1 ：積分開始時間、 t_2 ：積分終了時間、 a ：頭部モデルに生じる加速度である。

3.2 試験結果と考察

各舗装の試験結果を表-1に示す。GB反発試験やSB反発試験では屋外歩行施設の(人工芝+再利用+EPS)舗装、陸上トラックのクレイ系舗装、構内周回道路の密粒アスファルト舗装を除いて、舗装硬さの違いが見られな

キーワード：屋外歩行施設、舗装硬さ、HIC試験

連絡先：〒292-0041 木更津市清見台東2-11-1 木更津高専 TEL0438-30-4161 E-mail: onizuka@kisarazu.ac.jp

表-1 各舗装の試験結果一覧

工区番号	工区名	衝撃加速度(G)	GB係数(%)	SB係数(%)	HIC高さ(cm)
					HIC1000
①	焼黒土	41	0	0	210
②	山砂+(脱水ケーキ+発泡ビーズ)	32	0	0	394
③	山砂	45	0	0	276
④	人工芝+再利用EPS	42	40	40	272
⑤	ゴムチップ+再利用EPS	—	—	—	314
⑥	おが粉(ヒノキ)+山砂+脱水ケーキ	32	0	1	254
⑦	おが粉(ベイツガ)+山砂+脱水ケーキ	28	1	2	243
⑧	山砂+EPS板	38	0	0	577
⑨	6号碎石	38	0	0	—
既存舗装路	クレイ系陸上トラック	74	7	2	125
	密粒アスファルト道路	119	73	9	28



写真-1 HIC試験機

かった。路面の衝撃加速度は屋外歩行施設の(ゴムチップ+再利用 EPS)舗装では測定対象とする面積が狭かったため測定できなかったものの、最も軟らかいおが粉(ベイツガ+山砂+脱水ケーキ)舗装の 28 (G) から最も硬い密粒アスファルト舗装の 119 (G) までの値を示した。HIC1000 では硬い舗装ほど数値が小さく出ることを意味し、最も軟らかい(山砂+EPS 板)舗装の 577 (cm) から最も硬い密粒アスファルト舗装の 28 (cm) までの値を示した。路面の衝撃加速度の上限値と HIC1000 の下限値は密粒アスファルト舗装で一致したが、路面の衝撃加速度の下限値のおが粉(ベイツガ+山砂+脱水ケーキ)舗装と HIC1000 の上限値の(山砂+EPS 板)舗装が一致しなかった。下限値の舗装が異なったのは(山砂+EPS 板)舗装は、地表から山砂 5 cm, EPS 板 5 cm の分離した舗装構造となっており、HIC 試験の方が弾性力を有する EPS 板を適切に評価できたが、床の硬さ試験は舗装表面の硬さだけしか数値に反映されなかったためと考えられる。

HIC1000 と路面の衝撃加速度において、ほとんどの舗装で 0 以外の数値データが得られたことから、両者の関係を確認することにした。HIC 試験と床の硬さ試験の関係を図-2 に示す。HIC1000 と路面の衝撃加速度には負の累乗の相関関係が得られることがわかった。特に

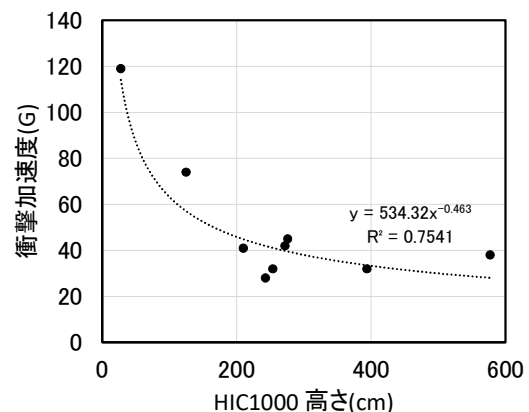


図-2 HIC試験と床の硬さ試験の関係

屋外歩行施設の舗装では、HIC1000 において明瞭な数値の差が出ており、野尻ら³⁾が行った HIC 試験についても同様な結果が得られたことから、本研究の 4 種類の路面の硬さ試験の中で、HIC 試験が適切に舗装硬さを評価できる試験であるといえる。

4. まとめ

本研究は木更津高専内の屋外歩行施設の舗装および既存舗装路において、舗装硬さを各種試験により測定し、試験の妥当性を検討した。その結果、HIC 試験は明瞭な数値の差が出ており、当該試験が 4 種類の路面の硬さ試験の中で適切に評価できるということがわかった。しかし、路面の衝撃加速度の下限値の舗装と HIC1000 の上限値の舗装が一致しなかったため、この理由を深く追求し、再度検討する必要がある。

【参考文献】1) 早川真未, 鬼塚信弘, 小山実納, 多田悟士, 中野誠, 青嶋義行: 土舗装材を主体とした屋外歩行施設の試験施工, 地盤工学会第 50 回地盤工学研究発表会, pp.1215-1216, 2015. 2) 中野正博, 松浦弘幸, 玉川雅章, 山中真, 行正徹: 頭部損傷基準値 (HIC) の理論的分析: バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌 2010 Vol.12, No.2, pp 57-63, 2010. 3) 野尻大祐, 多田悟士, 鬼塚信弘: HIC 試験を用いた歩行者系舗装の安全な硬さに関する一検討, 日本道路会議第 31 回日本道路会議, 3098, 2015. 【謝辞】本研究は一部 JSPS 科研費 JP16K06498 の助成を受けたものである。