

遊具からの落下に対する舗装の安全性評価について

大成ロテック(株) 技術研究所 正会員 ○青木政樹
同上 非会員 布施達弘
東京農業大学 正会員 竹内 康
同上 正会員 川名 太

1. はじめに

公園や学校などでは遊具に関わる事故が後を絶たず、東京消防庁管内では、平成19年から平成23年までの5年間で3,281人の子どもが救急搬送されており、その半数以上が落下によるものである。特に高所からの落下事故は中等症(入院を必要とする傷病)以上のけがに至る割合が高く、落下に対する安全対策が重要視されている¹⁾。国土交通省が平成14年に発行した「都市公園における遊具の安全確保に関する指針」では、遊具周りの路面には遊具の落下高さに見合った衝撃吸収性を有する素材を選定することが望ましいと記載されており、衝撃吸収性の評価にはHIC試験(ASTM-F-1292)が紹介されている。HICとは頭部損傷基準値(Head Injury Criterion)のことで、頭部に重大な損傷を与えない落下高さ(以下、安全な高さ)の指標となる。しかし、国内で本試験が実施可能な機関が少ない、対象路面が硬い場合には適用が難しいなどの課題がある。

筆者らは歩行者系舗装の路面の硬さに着目し、利用者の安全性や快適性を考慮した理論的構造設計法を提案しており²⁾、遊具からの落下に対する安全性も考慮した構造設計の検討においては、HIC試験と比較して汎用性の高い簡易支持力試験(舗装調査・試験法便覧S043-2T)および舗装路面の硬さ試験(舗装調査・試験法便覧S026-2T、以下、路面硬さ試験)が、ある一定の条件下においてHIC試験と相関があることを確認した³⁾。

本文は、簡易支持力試験および路面硬さ試験がHIC試験の代替試験となり得る可能性を検討するために、衝撃吸収性が異なる数種類の舗装に対してHIC試験から求まる安全な高さとそれら試験より得られる評価値との相関性を確認した結果について報告するものである。

2. 研究の概要

遊具周辺の舗装に求められる衝撃吸収性の評価指標であるHIC試験による安全な高さと簡易支持力試験および路面硬さ試験より得られる評価値との相関性を確認するために、衝撃吸収性が異なる3種類の表層材の厚さや基層の条件を変えた試験舗装(1m²×14種類)上でHIC試験、簡易支持力試験、路面硬さ試験を実施した。表層材の種類および舗装構成を表-1に示す。①ゴムチップ舗装および②木質チップ舗装は、現場で製造した混合物を敷きならす現場打ちタイプのもので、③ゴムブロック舗装は、2次製品のゴムブロックをインターロッキング方式で敷設するものである。

表-1 表層材の種類および舗装構成

表層の種類		①	②	③
		ゴムチップ舗装	木質チップ舗装	ゴムブロック舗装
表層	層厚	8, 16, 24mm (3条件)	15, 30, 60mm (3条件)	60mm (1条件)
	主材料	チップ粒径: 4mm以下	チップ繊維長: 40mm以下	ブロック: 100×200×60mm
	面積	各1m ² (1m×1m)	各1m ² (1m×1m)	各1m ² (1m×1m)
	路面			
基層	層厚	30mm	30mm	30mm
	種類	・透水性As舗装(5) ・ゴム粉入り "(2条件)	・透水性As舗装(5) ・基層なし (2条件)	・透水性As舗装(5) ・基層なし (2条件)
路盤	層厚	100mm	100mm	100mm
	種類	C-30	C-30	C-30
敷砂	層厚	—	—	20mm
	種類	—	—	粒径:4.75mm以下

3. 試験結果

3-1. 各試験の方法と評価手法

(1) HIC試験

HIC試験は質量4.6kgのヘッドモデルを任意の高さから落下させ、着地時の衝撃加速度と接地時間から式(1)キーワード 遊具, 落下高さ, HIC, 簡易支持力試験, 舗装路面の硬さ試験, 衝撃吸収性

連絡先 〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷 1456 TEL 048-541-6511

により求められる HIC 値が 1000 未満、衝撃加速度のピークが 200G 未満の両方を満足する落下高さを安全な高さとする試験である。

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

t_1 : 積分開始時刻(s), t_2 : 積分終了時刻(s), a : 衝撃加速度(G), $\max$: 最大値をとることを意味する演算記号

(2) 簡易支持力試験および路面硬さ試験

簡易支持力試験および路面硬さ試験は、ある一定質量の重錘を落下させた時の衝撃加速度を求めるものである。本研究においては、安全な高さとの相関性を評価するために、試験により得られる衝撃加速度を用い、高さのファクターを含む式(2)によって舗装のバネ定数 k を求めた。

$$k = \frac{m \cdot a^2}{2g \cdot h} \cdots (2)$$

m : 落下重錘の質量 (kg), a : 衝撃加速度 (m/s²),

g : 重力加速度 (m/s²), h : 落下高さ (m)

3-2. HIC 試験と簡易支持力・路面硬さ試験との相関性

HIC 試験により求めた上記 14 種類の試験舗装の安全な高さを図-1 に示す。図より、本試験舗装の安全な高さは、30cm から 170cm 程度の範囲にある。この高さは、平均台からすべり台程度の高さの遊具に相当する。

次に各試験から得られた衝撃加速度と試験高さから算出したバネ定数を図-2 に示す。図より、HIC 試験と簡易支持力試験および路面硬さ試験の間には高い相関が認められた。図-3 には、HIC 試験により求まる安全な高さと、各試験から算出したバネ定数を示す。こちらも高い相関が得られた。

以上の結果より、HIC 試験と簡易支持力試験および路面硬さ試験による評価値には高い相関性があり、図-3 に示すように簡易支持力試験および路面硬さ試験の両試験結果から求まるバネ定数から安全な高さを推定することによって、HIC 試験の代替試験として使用できる可能性が高いものと考えられる。

4. おわりに

遊具周辺舗装の落下に対する安全な高さを評価する方法として、簡易支持力試験や路面硬さ試験が HIC 試験の代替試験として適用できる可能性が見出せた。今後は、さらに衝撃吸収性の異なる条件下での評価を進め、評価試験の適用範囲を明確にするなど、実用化への検討を進めるとともに、利用者の安全性や快適性を考慮した歩行者系舗装の理論的構造設計法の枠組みへ、遊具周辺舗装の安全性評価を適用していく予定である。

参考文献

- 1) 東京消防庁 HP : <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201203/yugu.html>
- 2) 竹内ら : 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, Vol.67, No.3, pp. I 1-8, 2011
- 3) 青木ら : 重錘落下式簡易試験による特殊舗装の硬さ評価に関する研究, 第 68 回年次学術講演会講演概要集 pp.897-898

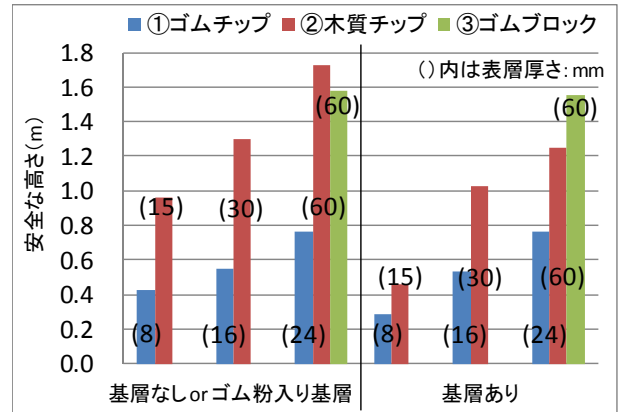


図-1 HIC 試験による安全な高さ

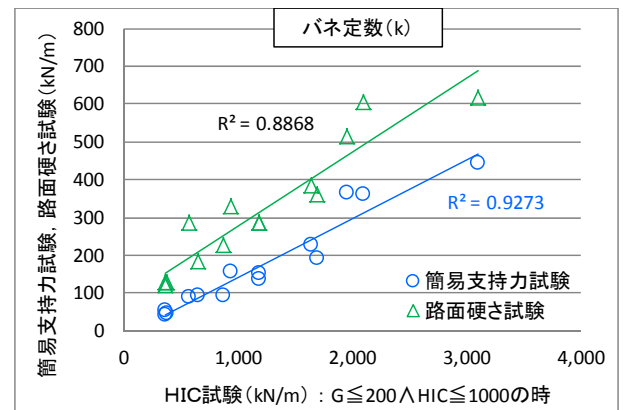


図-2 HIC 試験と他の試験との関係

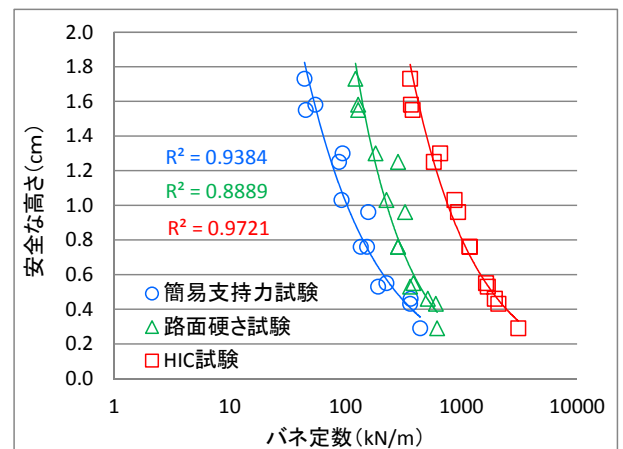


図-3 安全な高さと各試験との関係