

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：33901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11430

研究課題名（和文）可搬型2次元衝撃試験機による各種スポーツサーフェスの動特性評価法の開発

研究課題名（英文）Development of evaluation method for dynamic characteristics of sports surfaces by using two-dimensional portable impact tester

研究代表者

湯川 治敏（YUKAWA, Harutoshi）

愛知大学・地域政策学部・教授

研究者番号：40278221

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：今回開発した可搬型試験機では落下重錘からの鉛直方向衝撃力をセンサユニットとダミーセンサユニットにより鉛直・水平の2方向に分解する。従って、鉛直方向衝撃力は従来のセンサユニットのみで測定した値の1/2となる一方、水平方向衝撃力に関してはセンサユニットで受けた衝撃力をダミーセンサユニットで打ち消し合うため衝撃力は変わらないことが予想された。従来の試験機による試験と本研究で開発した可搬型2方向衝撃試験機においてほぼ同一の条件による鉛直・水平衝撃力を比較したところ鉛直方向は1/2、水平方向はほぼ等しい衝撃力となったため、従来の試験機の特性を保ったまま、可搬型2方向衝撃試験機の開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツ・サーフェスの中でもロングパイル人工芝は天然芝と比較してメンテナンスが容易であるためサッカーなどで利用頻度が高くなっている。しかしながら人工芝の利用による障がいの報告も多く、その緩衝性に関する規定が必要であるが現在の規定はどれも鉛直方向の緩衝性しか検討されておらず、障がいの原因と考えられる水平方向の緩衝性を検討できていない。そこで本研究では鉛直だけでなく水平方向の衝撃に対する緩衝性を検討できる衝撃試験機を開発し、2方向における緩衝性の検討を可能とした。

研究成果の概要（英文）：Synthetic turf has become a popular sports surface for various sports activities because it is easy to keep in good condition for play. On the other hand, sports injuries are often reported to be associated with synthetic turf. For player safety, FIFA regulates the shock attenuation properties of surfaces, but the regulation only treats vertical shock attenuation, although sports activities always include horizontal impacts. It means the horizontal force should be considered for safety in activities.

研究分野：スポーツ工学，スポーツ・バイオメカニクス

キーワード：スポーツ・サーフェス 可搬型2次元衝撃試験機 水平方向緩衝性 鉛直方向緩衝性

1. 研究開始当初の背景

天然芝と比較して天候に左右されにくく、かつ維持管理コストが抑えられるという特性からさまざま競技において人工芝、特にロングパイル人工芝の普及が顕著である。特にサッカーはロングパイル人工芝利用競技種目としては第1位であり、2015年カナダで開催されたFIFA(国際サッカー連盟)女子ワールドカップでは全会場が人工芝で開催された。しかしながら普及が広がる一方で、特にサッカー選手において人工芝の利用が原因と考えられる「Jones骨折」と呼ばれる第5中足骨疲労骨折の報告例が多い。高校生サッカー選手を対象に行った斎田らの調査では1年間の調査期間中に発生した「Jones骨折」と呼ばれる第5中足骨疲労骨折の全てが人工芝で見られたことを報告している(斎田ら, 2009)。また、藤高らは大学生男子サッカー選手において練習環境が土グラウンドから人工芝に変更した後にJones骨折の発生率が年々高くなる傾向にあることを報告している(藤高他, 2020)。また、他の報告では使用年数が経過した人工芝でのJones骨折発生率が有意に高いことを示している(藤高他, 2023)。さらにJones骨折に特化した整形外科医らの研究グループは使用年数の経過した堅い人工芝でのプレーや、止まりすぎるシューズ・スパイクの利用がJones骨折を誘発する為避けるべきであると発信しているもの、定量的な分析が行われているわけではない。つまり、天然芝と比較すると維持管理コストと利便性が優位である人工芝であるがプレイヤーの安全性に関しては十分な調査研究とその対策が講じられているとは言い難い。これに対し、FIFA(国際サッカー連盟)は人工芝の特性として耐久性、耐候性、選手に対する特性、ボールに対する特性等を規定しており、特に選手に対する特性としては鉛直方向緩衝特性、衝撃に対する鉛直方向変位やトラクション、摩擦特性の値を規定している(FIFA, 2015)。その中の選手に対する特性として緩衝性に関して規定しており、鉛直方向における落錘試験が行われ、その際の最大衝撃力の減衰率(Force Reduction)を評価値として用いているが水平方向の衝撃に関する規定はない。しかしながら、サッカーはじめ、その他のスポーツ場面において鉛直方向のみの運動はほとんど無く、少なからず水平方向の運動を伴っていることは明らかである。また、整形外科医らの研究グループの示唆はまさしく水平方向の重要性を示している。従って、本来は鉛直方向と共に水平方向に関しての緩衝性も検討されるべきであるが試験方法や評価法が複雑になることから鉛直方向のみの緩衝性を規定していると考えられる。そこでこれまでの研究においてサーフェスに対する2次元衝撃試験を行うために平行四辺形リンク機構を用いた2次元衝撃試験機を開発してきた。しかしながら開発した衝撃試験機は落下重錘によって発生する衝撃力を平行四辺形リンク機構により鉛直・水平の衝撃力に分ける為、水平方向の衝撃力を受け止める必要がある。そのため平行四辺形リンク機構を受け止めるフレームに十分な質量があるか、あるいは床に固定されている必要があるため、これまでの衝撃試験機ではフレームを床に固定し水平方向衝撃力を打ち消していた。つまり、この衝撃試験機を実際に施工されたフィールドで実施するには実験室内同様の床固定では施工された人工芝を損傷してしまうために現実的ではなく、施工済みのフィールドで試験可能な試験機の開発が必要である。

2. 研究の目的

前述したように、これまでに開発した2次元衝撃試験機はスポーツ・サーフェスのサンプルに対して実験室内で実施することは可能であった。これは衝撃試験機の平行四辺形リンク機構により鉛直方向からの荷重を水平・鉛直成分に分解する際、水平方向成分をフレームで受け止めるためにフレームを床面に固定することが可能であったためである。しかしながら施工済みのサーフェスの緩衝性を検討する場合、これまでの試験機ではフレームを施工されたサーフェス面に固定することはサーフェスを損傷することになるため現実的ではない。そこで施工されたサーフェスにおいても2次元衝撃試験を可能とするための2次元衝撃試験機を製作することが目的である。

3. 研究の方法

図1に従来の2次元衝撃試験機を示す。図に示すようにこの衝撃試験機では3次元ロードセル、平行リンク機構、角度センサから構成されるセンサユニットの平行四辺形リンク機構上部にばねを介して重錘を落下させ、リンク機構が鉛直方向から傾くことで鉛直方向衝撃力を水平方向・鉛直方向に分配する構造となっている。センサユニット下部にはサッカーのスパイクスタッドを装着できるスタッドプレートがセンサ下部に装着できる。重錘落下の際、スポーツサーフェスのサンプルには鉛直方向及び水平方向の衝撃力が加えられるがこの構造では水平方向の衝撃力は構造上フレームで受け止める必要がある。従って、従来の2次元衝撃試験機では実験室内のサンプルに対する衝撃試験は実施可能であるが、既に施工されたフィールドにおいては水平方向衝撃力を受け止める為にフレームをフィールド等に固定するあるいは十分に大きな質量を

持つフレームとすることが求められる。しかしながら両者とも施工されたフィールドを損傷する可能性がある。このため、センサユニット部の構造を変更し、水平方向衝撃力をフレームで受け止める必要をなくした。ただし、詳細については現時点での記載は行わず、後日公表する。

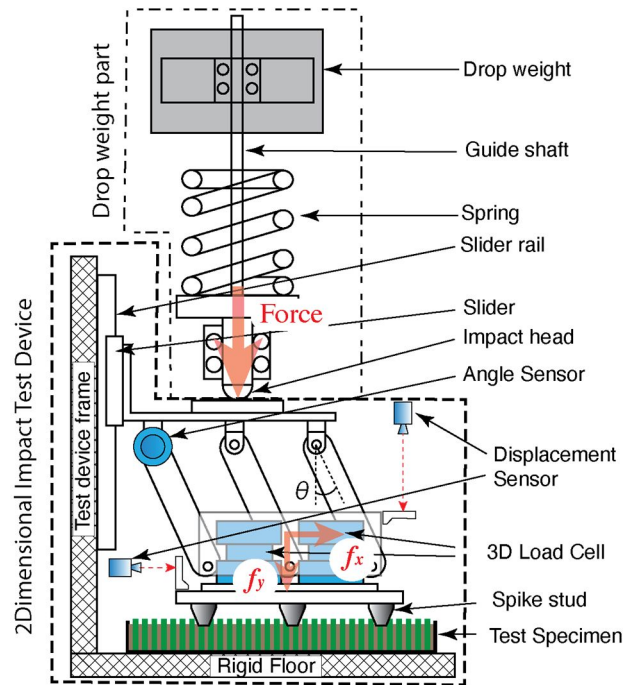


図1 従来の2次元衝撃試験機

4. 研究成果

新たに製作した可搬型2次元衝撃試験機による衝撃試験と従来の2次元衝撃試験による結果を比較すると、平行四辺形リンク機構上部からほぼ同じ衝撃力を加えると両試験機で鉛直方向衝撃力はほぼ1/2となり、水平方向衝撃力はほぼ等しい値が得られたことから製作意図を反映した衝撃試験機を製作することができた。詳細については現時点での記載は行わず後日公表する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 湯川治敏, Batbayar SHAGJ, 河村庄造	4. 巻 22-31
2. 論文標題 ロングパイル人工芝における水平方向衝撃力の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本機械学会 シンポジウム:スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2022講演論文集 [No.22-31 B-1-2]	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 湯川治敏, 阿部弥那斗, 河村庄造	4. 巻 22-31
2. 論文標題 スパイクピンを用いた 2 方向衝撃試験によるスポーツサーフェスに関する実験的評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本機械学会 シンポジウム:スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2022講演論文集 [No.22-31 B-9-4]	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 湯川治敏	4. 巻 23-572023
2. 論文標題 スポーツサーフェスのための可搬型2方向衝撃試験機の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本機械学会 シンポジウム:スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2023講演論文集 [No.23-57 U00042]	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Harutoshi Yukawa
2. 発表標題 Development of independent type two-dimensional impact test device for sports surfaces
3. 学会等名 ISEA2024 The Engineering of Sport 15 (国際学会)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

(特許申請準備中であり産業財産権に関する記述はできない)

--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------