

スポーツ競技に合う土の運動場に関する研究

(A study of soil play ground suitable for sports events)

北海学園大学工学部土木工学科 ○学生員 佐藤和宏 (Kazuhiro Satoh)
 北海学園大学大学院工学研究科 学生員 児玉健太郎 (Kentaro Kodama)
 北海学園大学工学部土木工学科 正員 上浦正樹 (Masaki Kamiura)

1. はじめに

1.1 まえがき

現在日本には多くの運動施設があり、野球場・サッカー場・陸上競技場などの専門競技を行うグラウンドがある。このような専門グラウンドでは、行われる競技が決まっているため競技に合った地盤の硬軟や、使用条件を考慮した施工が可能であり、安全で快適に使用することができる。しかし一般的なグラウンドは、このような専門グラウンドではなく土のグラウンドが多い。土のグラウンドは多くの人が利用するため様々な目的で使用される。そのため、目的に合った硬さを定めることが難しく、硬すぎたときの骨折や・軟らかすぎたときの捻挫など、ケガを引き起こすことが多くなってしまふ。このような問題を解決するために、土のグラウンドの硬さの基準を検討することにした。

1.2 目的

- (1) H F W D と他の実験器具との相関について検証。
- (2) 土のグラウンドにおける硬さの検証。

2. 研究の概要

2.1 研究内容

力学的実験により地盤に衝撃を与えた時のたわみを測定する。また、様々な実験器具と相関性を比較することにより、H F W D の信頼性を検証する。

2.2 研究方法と過程

大きく分けて2つの実験を行うこととする。なお、土圧実験は H F W D 実験の精度を上げるための補助の実験である。

I 土圧計による実験

II H F W D による実験

- ① 土圧計を使用し、体重の何倍の荷重が地盤にかかるか測定する。これは、実際に人体から地盤に伝達する衝撃荷重を H F W D 実験で使用するにより、より厳密な基準を検討するためである。
- ② 非破壊試験装置 (H F W D : Handy Falling Weight Deflectometer) を使用し、地盤のたわみを測定する。
- ③ 測定結果をコンピューター解析によりグラフ化、数値化し硬さの割合を検討する。
- ④ H F W D での実験結果を他の実験装置 (プロクターニードル、インパクトソイルテスター) で求められた結果と比較し、相関性を考察する。
- ⑤ 地盤の含水比、湿潤密度、乾燥密度を測定し、地盤の状態と実験結果から相関性を考察する。

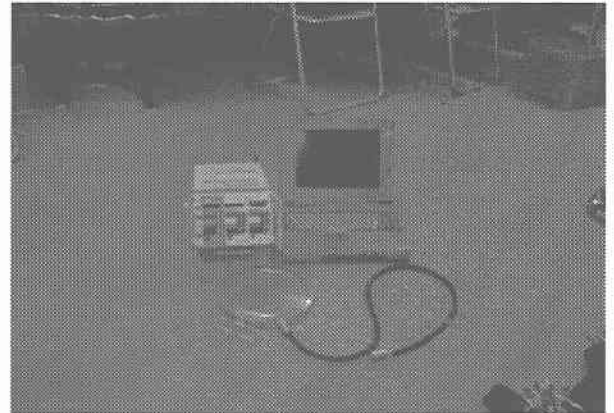


図-1 土圧測定器

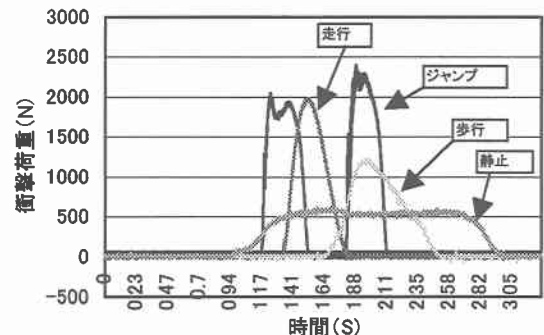


図-2 土圧計による動作別衝撃荷重の関係

3. 土圧計による実験

3.1 土圧計実験の内容

人体から地盤に伝達する衝撃荷重を測定する。

3.2 土圧計実験の方法

ジャンプ時、走行時、歩行時、静止時の4つのパターンに分け、それぞれの動作に対し5回ずつ測定を行う。測定は図1の装置を使って行う。図1の円盤状の土圧計に荷重をかけることにより土圧を求める。地盤はコンクリートで行った。

3.3 土圧計実験の結果

図2は4つのパターンをグラフ化したものである。この図から読み取れるように、静止時、歩行時、走行時、ジャンプ時と衝撃「荷重が増加していくのがわかる。その傾向は、静止時の2倍が歩行時、3倍が走行時、4倍がジャンプ時となっている。また、図3はスプリンター(体重63kg)が9.5m/sで走った時の地面にかかる力を表しているが、土圧計の実験でも図3と近い値が出た。したがって、信頼性の高い測定結果を得たと言える。¹⁾

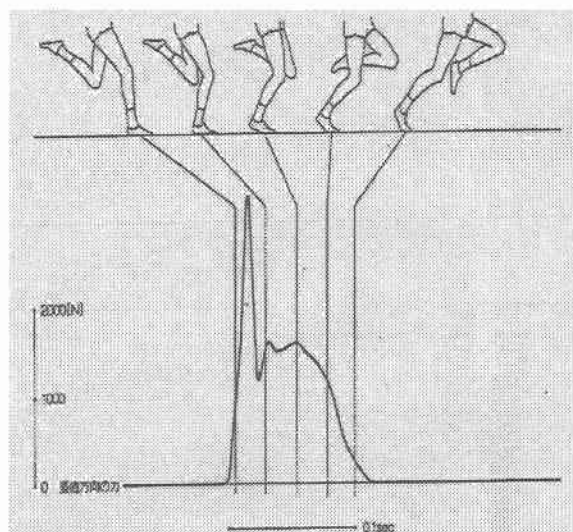


図-3 スプリンターによる衝撃荷重

表-1 HFWD実験の結果

	測定地点	HFWD
①	サッカー場 表層	0.534
	サッカー場 下層	0.714
②	テニスコート表層	0.528
③	インフィールド表層	0.4
④	野球場表層	0.289
	多目的グラウンド表層	0.239
⑤	外周走路表層	0.22

4. 3 HFWD実験の結果

実験の結果を表-1に示す。

4. 4 HFWDによる実験の考察

(1) HFWDによる各実験の考察

- ① サッカー場は、最も軟らかい施工がされていて、激しい運動を行った場合の人体の対する衝撃を緩和し、ケガの予防に備えられ、長時間の激しい運動に対する疲労回復を考慮した競技に最適な硬さだと考えられる。
- ② テニスコートは、競技を行うにあたり長時間激しい運動をするため、適度な軟らかさを持っていなければ足に負担がかかり、ケガの原因となってしまう。また、軟らかすぎることにより、捻挫などを引き起こす原因となってしまうので、上の表の結果が妥当だと考えられる。
- ③ インフィールド表層は、このグラウンドで様々な競技が行われるため、この硬さが全ての競技に適しているとは言えない。むしろ、適していない競技の方が多いと言える。表からも読み取れるようにサッカー場としては少し硬いが、野球場としては軟らかい。そこで平均的な値をとると、このようなグラウンドになったと考えられる。多目的に利用されるために1つの競技に着目できないことが、このようなグラウンドを造り出すと考えられる。
- ④ 野球場表層と多目的グラウンド表層（ソフトボール場）は、競技が似ているため数字的にも近い値となっている。この2つのグラウンドには特徴があり、2つとも同じような施工がされている。グラウンドそのものは硬いが、表面の土が横すべりしやすいように敷き詰められているため、人体に対しての衝撃が緩和されるようになっている。この施工により、ボールの弾性を損なわずにプレイをすることができ、かつ、人体に優しい施工であると考えられる。
- ⑤ 外周走路表層は、陸上のトラックを想像していただければわかるように、短距離から長距離まで全てのトラック競技を行うため、考慮しなければならない点がたくさんある。例えば、短距離では100m走のように、短い距離を短時間で走るため、硬く滑りにくい舗装でなければ反発力が弱くなるため、良いタイムが期待できない。逆に長距離走では、長時間長距離を走るため、足に負担をかけない舗装が必要とされる。その場合に考えられる舗装は、やはり軟らかい舗装である。実験の結果

3. 4 土圧実験における考察

土圧実験の結果からHFWDにおける測定を行う時、衝撃荷重はおおよそ体重の3倍～4倍に定めることができる。したがって、今回の実験ではHFWDの衝撃荷重を0.3tと定めることにした。

4. HFWDにおける実験

4. 1 HFWD実験の内容

地盤のたわみを測定し、図-4のHFWDを使用し力学的観点から土のグラウンドの硬さを判断していく。

4. 2 HFWD実験の方法

地盤に载荷させる衝撃荷重は3kNと定める。実験は1つの载荷点で3回測定を行う。これは、衝撃荷重を3kNと定めても常に3kNの衝撃荷重が载荷される訳ではなく、実験器具の構造上バラツキがあるためである。そこで測定結果を3kNに換算し、表1の値とする。換算方法は測定値の平均比を採ることにより求める。



図-4 HFWD

を見ても分かるように、外周走路表層のたわみは、今回の測定結果の中で一番小さかった。したがって、長距離には向いていないと考えられる。このように同じトラック競技でも、地盤の硬さや地盤表面の状況によって、種目別に向き不向きが出てくる。したがって、これからの施工時に、このような問題点を解決していかなければならない。

(2) HFWD 実験全体の考察

HFWD 実験は、専門競技のために造られたグラウンドと、多目的のために造られたグラウンドを比較することにより、良いグラウンドと悪いグラウンドを比較する。専門グラウンドは、競技に合わせて施工されているため良いグラウンドと言える。多目的グラウンドは、様々な競技に適応させなければいけないので、必ずしもその競技に適した施工とは言えない。したがって競技によっては適さない場合もあり、良いグラウンドと言うには難しい。

今回の HFWD 実験の結果にいける信頼性の検証のため、いろいろな施工条件のグラウンドを比較することにより、どのような結果が検出されるかを測定した。そして、その結果が他の実験とどのような関係を持っているのかを検討するために、以下のようにそれぞれの実験と HFWD を比較し、相関性を考察することにした。

5. HFWD と他の実験結果との関係

5.1 実験器具

写真左の鉄の棒状の実験器具がプロクターニードルであり、写真中央の筒状の実験器具がインパクトソイルテスターである。(図-5、図-6)



図-5 実験器具

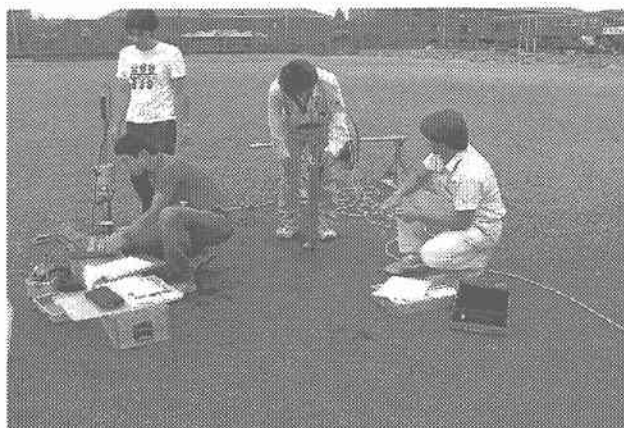


図-6 グラウンドでの実験風景

5.2 HFWD と他の実験結果との相関性

HFWD と他の実験結果との関係(表-2)を以下に相関を用いて検討する。

(1) HFWD と含水比の相関

含水比は土の性質によって異なり、最適含水比の時に一番締め固まる。一般に、粒径が大きいと最適含水比は小さく、最大乾燥密度は大きくなる。また、同じ土でも突き固め回数や締め固めエネルギーを増すと、最適含水比は小さく最大乾燥密度は大きくなる。今回の実験では、含水比が大きい時に硬い地盤もあれば、軟らかい地盤もあった。したがって、HFWD と含水比の相関係数は図-7より $R=0.387$ であり、相関性はかなり薄いと考えられる。

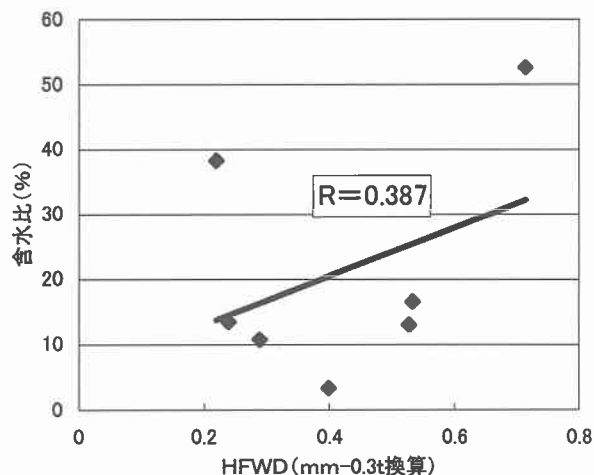


図-7 HFWD と含水比の相関図

(2) HFWD と湿潤密度の相関

湿潤密度は、通常、粘性土で $1.5 \sim 1.7 \text{ t/m}^3$ 程度、砂質土で $1.8 \sim 2.0 \text{ t/m}^3$ 程度。実験の結果もだいたい通常の範囲に収まった。これは、地盤が混合土で施工されている所があるため、粘性土が含まれていても、湿潤密度は砂質土の範囲に収まることが考えられる。しかし、図-8 から判断すると相関係数は $R=0.602$ であり、悪い値ではないと考えられる。

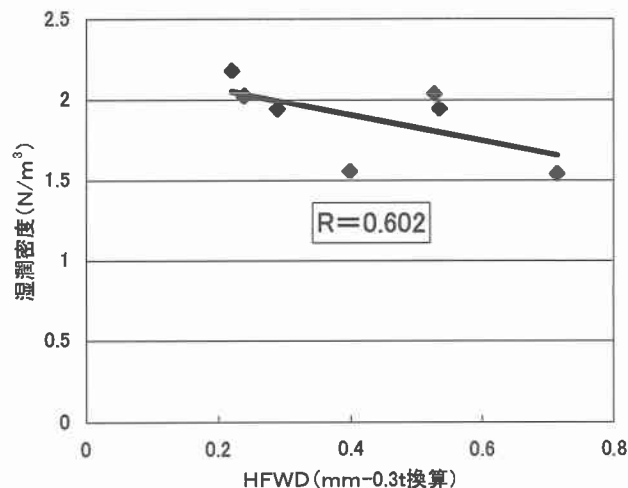


図-8 HFWD と湿潤密度の相関図

表-2 各グラウンドでの実験による結果

測定箇所	測定地点	含水比(%)	現場密度 g/cm^3		プロクター ニードル (Lb)	HFWD (mm-0.3t換 算)	インパクト ソイルテス ター (CIV-0.1g)	備 考
			湿潤密度	乾燥密度				
			(ρ_t)	(ρ_d)				
仙台商業 高等学校	インフィー ルド表層	3.3	1.555	1.124	50	0.4	32	混合土
	外周走路表 層	38.3	2.174	2.105	39	0.22	42	スクリー ングス
仙台育英 高校	多目的グラ ンド表層	13.5	2.019	1.779	29	0.239	29	CC クレイ混 合土
	野球場表層	10.8	1.939	1.75	37	0.289	37	
	テニスコ ート表層	13	2.035	1.801	33	0.528	30	砂質土
	サッカー場 表層	16.5	1.94	1.665	31	0.534	31	CC クレイ混 合土
	サッカー場 下層	52.5	1.539	1.009	23	0.714	23	プレ ス 土 50mm 使用

(3) HFWDと乾燥密度の相関

HFWDと湿潤密度の相関係数 $R=0.602$ よりも、図-9のHFWDと乾燥密度の相関係数 $R=0.666$ は高い。したがって、相関性は良いと考えられる。

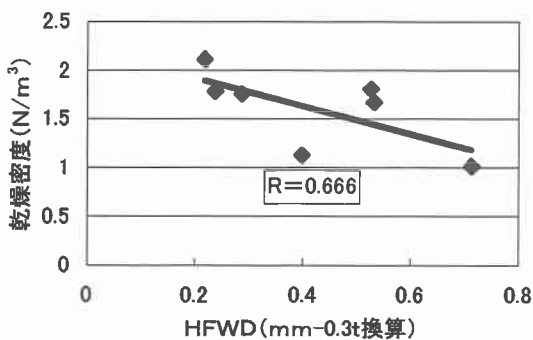


図-9 HFWDと乾燥密度の相関図

(4) HFWDとインパクトソイルテスターの相関

実験方法も似ているため、相関係数は図-10より $R=0.764$ であり相関性が良いと言える。プロクターニードルに比べバラツキも小さい。

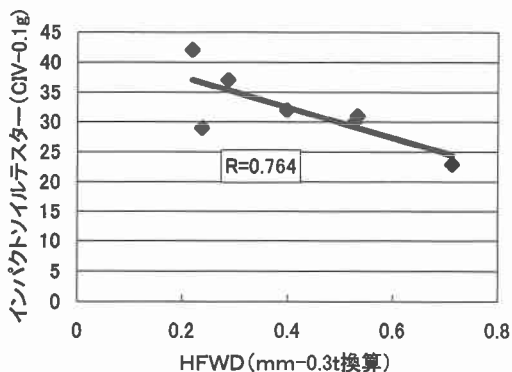


図-10 HFWDとインパクトソイルテスターの相関図

(5) HFWDとプロクターニードルの相関

図-11から、バラツキのある点が2点読み取れる。この2点は、インフィールド表層と外周走路表層であり、他のグラウンドでは、バラツキのある点は見られない。結果的に相関係数も $R=0.474$ と小さく、この2つの実験器具に関して相関性はないと判断される。

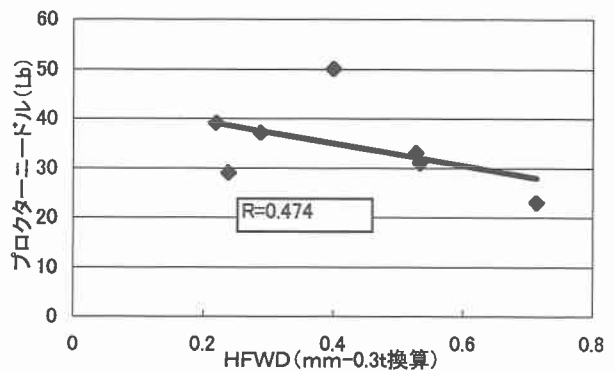


図-11 HFWDとプロクターニードルの相関図

6. 結論

- (1) HFWDとの相関性は、湿潤密度・乾燥密度・インパクトソイルテスターとは高く、含水比・プロクターニードルとは低いと考えられる。
- (2) 様々なグラウンドを比較した結果、多目的グラウンドは専門的グラウンドの平均的な硬さで施工されていると考えられる。

〈参考文献〉

- 1) 小林寛道・鈴木荘夫：走る科学 大修館書店 1990