



## 運動場の改良に関する研究(第2報)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2012-11-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 滝波, 武 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.32150/00000874">https://doi.org/10.32150/00000874</a>

## 運動場の改良に関する研究 第2報

滝 波 武

北海道学芸大学札幌分校体育研究室

Takeshi TAKINAMI

A study on the improvement of Play Ground No. 2

Faculty of Physical Education, Hokkaido Gakugei Univ, Sapporo Branch

## I. 緒 言

筆者は、前報において運動場表土の安定と表土の種類構造を調査し、その実態を明らかにするとともに、運動表層の直接的硬さ試験の測定法を呈示し、試験器を作成して、野球場、陸上競技場、庭球場の硬さを測定して実際の適用に供するために、適当硬さの範囲を呈示した、しかし、一般的な適当硬さを知つたとしても、運動場表層の硬さに関係する要因や時間的変化を知らなければ実際の管理運営は難かしい。運動場の硬さは、密度、含水比などによつて異なつてくる。保湿性や透水性は、土の種類や間隙の大小、温度、湿度などに関係し、輾圧による締り具合も、含水比や粒度の均等係数や粒度分布によつて異なつてくる。

運動場の硬さを適当に保つためには、前述したような事を追求して基本問題を明らかにする事が必要であろう。それらの要因の中で、硬化速度の時間的変化、透水時間、輾圧などについて二、三の実験を行なつた事について報告する。

## II. 実験区の設定

実験区域の設定は次のような手順と方法で行なつた。

## 1. 現場実験のための区域設定の手順と方法

場 所 札幌市立円山庭球場四面

作成方法 札幌市教育委員会の御好意で配置して戴いた失業対策労務者 20 人によつて、一面 450 平方メートルのテニスコート四面の表土 5 糎を掘起し、次の日程で作業を進行させた。塩を添加したのは硬化速度と運動場表層の安定、塩分添加方法を測定するためである。

1961 年 8 月 1 日～2 日の両日で掘起し

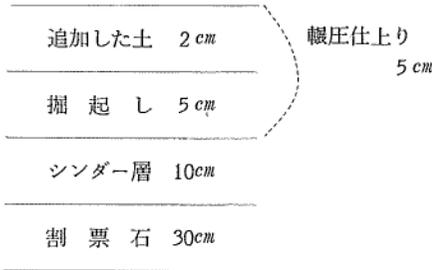
// 8 月 3 日 砕 土  
// 8 月 4 日 塩の混合  
// 8 月 5 日 輾 圧

塩の混合方法は、専売公社委託の塩分添加方法のための手順に従い、掘起した土を 1 平方メートル毎にまとめ、添加量の塩を粉状化し、単位量毎に土と塩を混合させた後に、コートに散布し、平均化して均らし、更に、追加の新土にも同割合に塩を混合させて、平均化した土の上に約 2 糎の厚さに散布した後 300kg のローラーで輾圧した。レベルは特に計測しなかつた。

実験区の構造及び塩添加量は、1 区、1 表の通りである。

D 面における  $\text{CaCl}_2$  の散布方法は、輾圧後、標準濃度、12—8% となつていたので、12% を採用して 54kg を水道水で溶解して添加した。猶、塩をこのように大量添加したわけは、前述した如

1 図 実験区域の断面図



1 表 塩の添加量と形態

コート名	添加量/m <sup>2</sup>	塩の種類	形態	総量
A	1 kg/m <sup>2</sup>	NaCl	フレーク状	450kg
B	2 kg/m <sup>2</sup>	NaCl	フレーク状	900kg
C	4.5kg/m <sup>2</sup>	NaCl	フレーク状	2025kg
D	120g/m <sup>2</sup>	CaCl <sub>2</sub>	水 溶	54kg

※ コート1面の広さ 450 m<sup>2</sup>

く、専売公社が、北国の運動場維持のために塩がどのような効果をもつか、また適正配布量はどのくらいか、塩の保持期間や保持能力はどのくらいか、などを調査するために札幌市に無償配布し、札幌市が委託を受けて実験の場所を提供し、筆者に調査依頼があつたためである。

## 2. 室内実験のための設営

各種の実験に備えるために、円山運動場の土の粒度組成を基準として、各競技場の粒度分布のうち、著しい特徴のあるものとして、日本体育大学陸上競技場、室内実験のための粒度特別構成表土の分布を採用し、その構成分類上の分岐点と考えられる粒径を 0.25mm 以下、0.25mm~1.7mm 1.7mm 以上のところにおき、円山陸上競技場の表土を篩い分けして混合し、構成して四種の面を作成した。すなわち、円山陸上競技場、混合構成した日体大陸上競技場及び室内実験のための粒度特別構成表土、円山庭球場の四種である。

骨材はシンダーを用い、その粒径は、新田氏が提案した 6mm 以下に篩分したもので円山陸上競技場のシンダーを使用した。この土と骨材を、高さ40糎、1米四方の木枠の中にシンダー15糎、表土 21 kg の順に積み重ね、輾圧後、表層を 5糎におさえ、各四面を作成して室内実験に供した。粒度混合比及び室内実験区断面図は、表 2、図 2 の如くである。

2 表 室内実験区の粒度混合比

試験面の名称	略号	0.25mm 以下	0.25~ 1.7mm	1.7mm 以上
円山陸上競技場	M	3	5	2
円山テニスコート	T	17	26	7
日本体育大学陸上競技場	A	6	13	1
室内実験のための粒度特別構成	B	15	18	1

2 図

室内実験区断面図

表層仕上より 5cm(21kg)

シンダー 15cm

※ 1. A. B. は円山陸上競技場の土を篩分けして構成したもの。

※ 2. M. A. B. T. を各四面作成した。

## III. 結果と考察

運動場は、自然環境の影響をうけて、コンディションが変化するから、運動場の地表や地下温度や、含水比、硬さなどの季節的变化や、1日の時間的变化などの基礎的資料を整えなければならぬが、ここでは主として、掘起し後、塩添加をし、その後、使用可能になるまでの日数や硬さの変化や、室内実験による硬化速度などについて実験した結果について述べる。

### 1. 庭球場掘起し後、使用可能になるまでの日数について

期 日 1961年 8 月 5 日~8 月 31 日

運動場の改良に関する研究 (第2報)

場 所 札幌市立円山庭球場四面

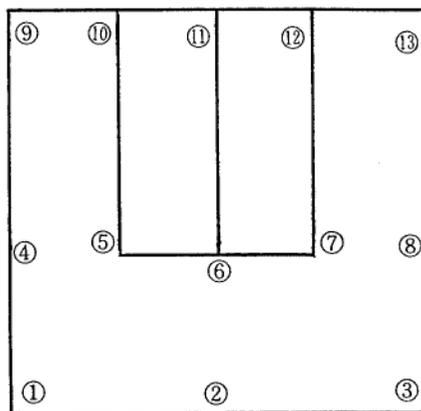
測定器具 プロクターニードル貫入抵抗試験器, 球体落下試験器, スパイク引倒し試験器

1 図, 1 表にしめしたような手順で作成した試験コートにおいて, 3 図のように測定場所を定め 3 種の硬さ試験によつて, 1 個所, 各試験 5 回あて測定し, その平均値をとり, それをまとめたものが 3 表である。

表3 硬さ試験日時の変化  
円山庭球場 1961年8月午後3時

種類	コート名	8月8日	8月12日	8月14日	8月18日	8月24日	8月28日	※
球体落下 (cm)	A	7.6	6.7	6.7	7.1	6.3	5.6	一九六一年八月五日 観圧完了
	B	7.9	6.9	6.6	6.9	6.1	5.6	
	C	8.1	7.6	6.8	6.8	6.3	6.0	
	D	7.6	7.2	6.5	7.1	6.2	5.5	
プロクター (kg)	A	23.62	46.26	51.26	22.17	87.22	137.38	
	B	11.76	28.66	59.28	23.64	102.58	135.02	
	C	8.17	14.25	54.87	35.82	98.62	118.86	
	D	15.28	16.28	66.28	18.73	101.52	150.02	
スパイク (kg)	A	0.86	1.52	1.58	1.31	2.28	3.77	
	B	0.72	1.36	1.81	1.49	2.75	3.50	
	C	0.42	0.90	1.47	1.72	2.31	3.25	
	D	1.12	1.35	1.85	1.27	2.61	3.95	

3 図  
テニスコート硬さ試験の場所



4 表 1961年8月午後3時の気象状況

日時	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
気温(°C)	28.4	24.1	20.9	23.3	24.5	23.4	24.9	26.9	26.8	32.4	30.3	24.1	23.3	24.5	24.6
湿度(%)	50	74	76	75	76	77	69	73	71	65	65	90	94	83	70
雨量(mm)			0.4/0.3	1.3	14.3	4.4	0.3					19.4	16.6	9.6	15.3

日時	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
気温(°C)	26.1	24.6	22.9	23.8	21.7	26.0	23.4	23.7	23.5	22.7	23.3	23.4
湿度(%)	59	73	77	66	70	76	78	71	68	89	52	74
雨量(mm)		3.2	0.4			1.0	1.0			12.4		1.2

クレーの運動場は、最適含水比で締固めると、降雨さえなければ、他の表層材よりも早く硬化するとみて差支えない。例えば、奥アンツーカー商會が円山庭球場を作成した場合に1日で使用可能程度にまで締固めた事がある。勿論、このような例は日本で始めての事例であるが、円山庭球場の土の粒度や性質が締め固め易い性質である事は前報の通りであり間違ひはない。本実験においてもそのように感じている。但し本実験では基礎工事作成の日数を除いている事、表層5糎だけを掘起している事、塩を混合添加している事などで奥アンツーカー商會の工事日程と差があるので直接の比較にはならない。

3表をみるに、使用可能な日数に至っているのは、硬さ試験の値からみて、掘起し後19日を経過した8月24日前後である。これは、1961年8月の気象状況に関係がある。すなわち、輾圧後、適当硬さに至るまで、毎日晴天の場合、散水してローラー輾圧をした事、塩添加している事、相当量の降雨があつた事などからして、3表だけで使用可能に至る日数を定めるわけにはいかないのである。

輾圧終了後、表層が硬化する場合に、土自身の重量による沈下によつて固まる事も考えられる。すなわち、一定含水比で同条件の儘、2ヵ月放置しておいても、その後硬化した事実(北大四方氏の説明)からみても、長期間を経ると、同一含水比でも硬化すると考えて差支えない。しかし、本実験では経過日数からみて土自身の重量による硬化条件は考慮外において差支えないとおもわれるので除く事にする。

本実験の硬化速度や、使用可能にいたるまでの日数は、明らかに輾圧と含水比によるものであり、含水比は塩添加と降雨、輾圧は、ローラー輾圧との関係にあるとみられよう。降雨については8月7日以降、11日まで降雨が続き、水分増加のために硬化速度が遅れたとみる事ができるし、塩添加による潮解によつて更に硬化を遅らしたものとみられよう。それにもかかわらず、8月12日には当初より相当に硬化している。8月13日の市民テニス大会終了後測定し輾圧を行なつたが、含水比が多く、あまり効果がなく、庭球場が軟弱であるという批判を受けたが、測定値からみて、その批判は当然であるといえよう。8月14日には、午前中輾圧した事、降雨がなかつた事からみて全般的に硬化が進み、8月18日～19日頃には良コンディションになるとみたのであるが、降雨のために期待がはずれた。8月20日以降は輾圧をくり返した事(1日1面4回)と降雨量がすくない事も関係して硬化が進み、8月26日の国体庭球道予選会では、色彩、硬さともに全国に稀な庭球場コンディションであるとの批評をうけた。

以上の事からして、8月14日の測定値を基礎として考えるならば、降雨を除外してみても、300kgローラー輾圧を1日4回、温度25°C以上ならば、掘起し後10日あれば、塩添加使用して十分に使用可能に硬化する事ができるという見とおしが立つ。

## 2. 庭球場塩添加量毎の硬化速度の比較

塩の添加については、1表のような量と形態で散布し、その後の硬化速度を、3表についてみると、室内実験結果と比較的似ている。すなわち、塩の添加量が多ければ初期硬化が遅く、中間において硬化が進み、以後大きく硬化しない。少量であれば、初期硬化が大きい傾向がある。A・B・C・D各コートの輾圧回数と同じであるから、特にCコートでは初期硬化が遅い。Cコートでは、やや雨に強い傾向もあるが、表層硬化や維持については、塩の残留維持を除けば、特に他コートより秀いでいるとは考えられないので塩の量が多いから特に効果があるとはいへそうにもない。また1kg～2kg塩添加のA・Bコートについていえば、Bコートの方がAコートよりも硬化速度については秀れていると考えられる。特に8月20日～8月24日においてその事はいへそうである。Dコートにおいては、硬化速度が一番秀でており、経費、量、速効性からいつてNaClよりはるかにま

さつており、やや雨に弱いような点もあるが、雨後の立直りのはやい事などからみて  $\text{CaCl}_2$  の 8—12% 液の方が、試合のための管理には有効なのではないかと考えられる。

また、1961年8月25日に庭球場内に、1区の手順と断面が同じような1米四方の試験区四面を作成し、 $\text{NaCl}$  と  $\text{CaCl}_2$  の値段を同じ位にした分量、1平方米当り  $\text{NaCl}$  350g、 $\text{CaCl}_2$  300g、また工事者によつて  $\text{CaCl}_2$  100g、200gを散布する事があるので、これらを比較するべく、それぞれ水1000ccの中で溶解し、 $\text{NaCl}$  は飽和させた後、水溶液で添加した。この場合、試験区掘起し後7回輾圧(300kgローラー)プロクター3/4で90~100LB/口''の硬さに輾圧した後、上記の量を水溶添加して24時間の硬化速度の変化を実験した結果が5表である。

5表 塩添加後の硬化速度24時間内変化  
(1961年8月25日輾圧完了12時 プロクター $\frac{3}{4}$ 90—100LB/口'')

測定時間	NaCl (350g)	CaCl <sub>2</sub> (300g)	CaCl <sub>2</sub> (200g)	CaCl <sub>2</sub> (100g)	気 温 (C)	湿 度 (%)	円山庭球場 (第一試験区)
14 時	46	52	86	64	26	73	
16 時	72	80	98	90	27	74	
18 時	76	92	94	74	25	81	
20 時	74	84	90	52	23	90	
22 時	78	82	90	82	21	89	
24 時	80	82	90	72	19	89	
2 時	60	76	82	76	17	96	
4 時	78	80	90	88	17	88	
6 時	80	88	94	82	18	88	
8 時	88	90	106	96	22	89	
10 時	94	102	112	104	24	90	
12 時	106	116	128	112	25	81	

※ プロクター $\frac{1}{2}$ LB/口''の値

この場合、気温、湿度、地下温度などの関係や、実験回数不足から一概に断定できないが、気温上昇によつて各面とも含水比低下とともに一様に硬化してきているが、その値からみて  $\text{CaCl}_2$  100~200g/m<sup>2</sup>の方が硬化に効果があるとみられ、多量に添加しても、24時間後の効果を狙う場合には  $\text{NaCl}$  よりも  $\text{CaCl}_2$  の方が適しており、経費の点でも、水溶性の場合には、この実験に関する限り  $\text{NaCl}$  は劣つているといえよう。

### 3. 室内実験による硬化速度について

運動場表層の硬化速度を知るための基礎資料を得るには、室内における基礎実験をする必要がある。このため2表にしめしたような手順と粒度調整によつて室内実験区域を設営して以下の実験を行なった。

#### (1) 無塩自然放置における硬化速度

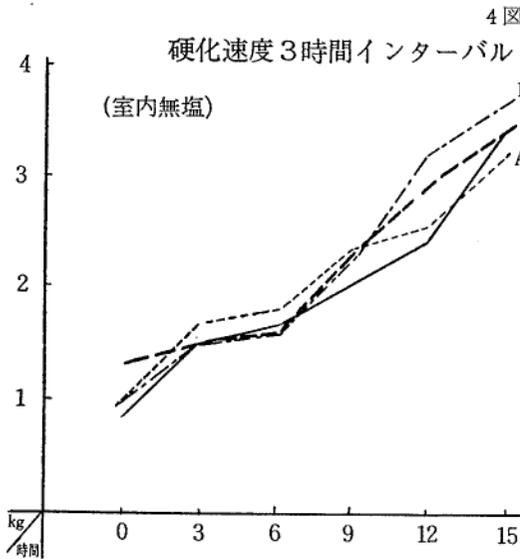
塩添加をしない自然の状況において、含水比の変化による硬化の時間的速さを室内で実験した。

期 日 1962年1月25日~2月23日まで 7回

測定用具 スパイク引倒し試験器, プロクターニードル貫入抵抗試験器

場 所 北海道学芸大学札幌分校体育管理室

2表の手順と粒度調整により, 実験面を, M.A.B.T. の四面に分け, 含水比が一定になるように木枠をビニールで覆い, その中に 300W の電熱器を挿入して, 温度を 22°C まで上昇させ, 湿度



4図 を 90% に保ち, 4 時間放置させて含水比を一定にし, その後ビニール覆いを取り去り, 当初の含水比と硬度を測定し, 以後, 3 時間毎に硬さと含水比の変化を調べた。硬さは主としてスパイク引倒しによつて行ない, 含水比は JISA 1203 によつて測定した。この結果は 6 表, 4 図の通りである。

この図表からみて, 約 15 時間放置すると, 含水比約 3% の減少と, 硬さが約 2.5kg 変化する事がわかる。全体的にみて, 3 時間までの初期硬化が高く, 6~9 時間が停滞気味で, 12 時間以降急激に硬くなる傾向がある。これは, 水分蒸発による含水比の低下とコロイド粒子の移動に伴う空隙のふさぎ方に原因があるとみてよ

6表 硬化速度3時間インターバル (室内無塩)

コート名	時間	0	3	6	9	12	15	硬さと含水比	温度	湿度
M	硬さ(kg)	0.85	1.50	1.65	2.00	2.40	3.35	硬さと含水比	15°C	78%
	含水比(%)	21.06	20.06	19.72	19.33	19.24	18.31			
A	硬さ(kg)	1.00	1.65	1.80	2.35	2.50	3.15	〃	78%	
	含水比(%)	20.81	20.05	20.11	19.97	18.99	18.18	〃		
B	硬さ(kg)	1.00	1.50	1.60	2.25	3.15	3.60	〃	78%	
	含水比(%)	21.10	20.82	20.13	19.37	18.47	17.80	〃		
T	硬さ(kg)	1.30	1.50	1.55	2.30	2.90	3.35	〃	78%	
	含水比(%)	21.18	20.71	19.09	19.59	18.74	17.82	〃		

い。また予備実験の軟化時間測定でも少量の水分添加では一定時間後は当初より硬くなるのもこの理由によると考えられる。また 20% 台から 19% 台への含水比の低下よりも, 19% 台から 18% 台への低下時間速度が早く, 且硬化速度も同様に大きく速くなる。この事は, 気温上昇や, 気温の高い夏ではもつと劇しい事は 1961 年 8 月 20 日の北海道陸上競技選手権や, 1962 年 6 月のプロ野球, 大毎一東映戦当日のコンディション変化にはつきりみる事ができる。

また, 硬さ変化や含水比低下の大きいのは, この実験では, B と T であり, とともに均等係数の小さい粘土性の粒度組成であつた事や, 0.25mm 以下の粒度の多い事, 特に粘土性のもの (粒度分布からみて) にこの傾向がみられた事に着目する必要がある。また, B と T は共に初期, 中期において硬化速度が, M.A. に比してやや遅い事, 後期において硬化が著しい事からみて, 乾きが遅く乾き始めると硬化が著しい傾向がやや強い事がうかがわれる。猶, 同時に, ネオ H, アンツーカーの

実験も行なつたが、クレイの他の面とは異なり、ほとんど硬化が認められなかつた。これは輾圧に特殊のローラ輾圧が必要である事、一応クレイに比して固りにくいのではないかと考え、今回の実験資料から省いた。

(ロ) 塩添加後の硬化速度について

運動場表層の硬化は、自然状況で硬化を期待するばかりでなく、仕上げにあつて、輾圧前後に NaCl や CaCl<sub>2</sub> を散布添加するのが普通である。これは表層が乾燥すると水分の滲透を妨げたり、粒土の団粒を妨げて粘着力をなくしたりして適当硬さの保持を不可能にしたり、運動場、表層土を飛散させてほこりを立てさせたりする事を防ぐためである。この効果を期待するために、コロイド粒子に吸着されやすく、団粒化を促進し、潮解性で土の中で保水性がある事などからして、運動場表土の締固めと、コンディション維持のために、安価な NaCl や CaCl<sub>2</sub> の添加が行なわれるのである。

自然放置における硬化速度と同じ手順と条件で実験区を作成し、フレーク状で添加して塩処理後の硬化速度を実験してみた。それぞれの結果は、7, 8表, 5, 6図のとおりである。

期 日 1962年2月25日—3月8日

場 所 北海道学芸大学札幌分校体育管理室

測定用具 スパイク引倒し試験器、プロクターニードル貫入抵抗試験器

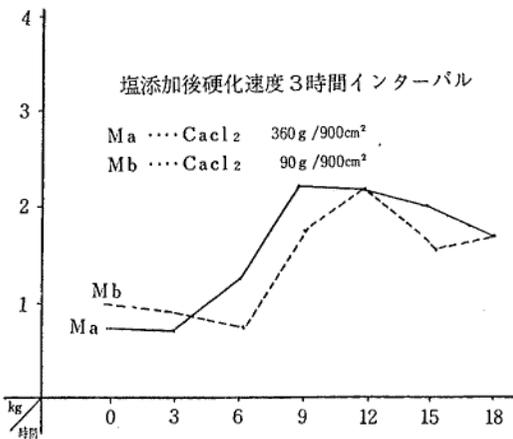
実験面の土 円山陸上競技場 Ma……CaCl<sub>2</sub> 360g/900cm<sup>2</sup>

Mb……CaCl<sub>2</sub> 90g/900cm<sup>2</sup>

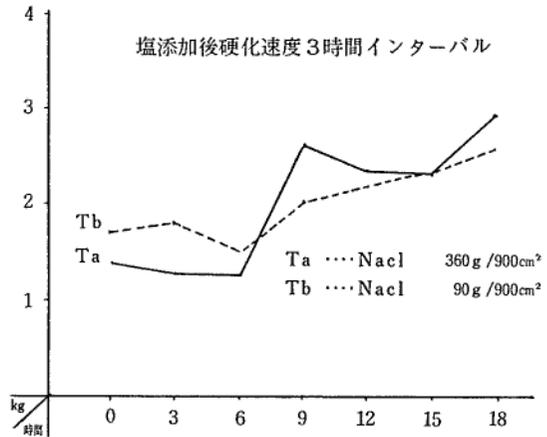
円山庭球場 Ta……NaCl 360g/900cm<sup>2</sup>

Tb……NaCl 90g/900cm<sup>2</sup>

5 図



6 図



これをみるに、塩処理後の18時間の硬化速度は一般に初期において硬化速度が認められないが、6時間を経過すると下降線をえがく事も考えられ、その後、急激に硬化速度が上昇するが、一定の硬度に達した場合、平衡状態を保つか、あるいは下降する事が考えられる。この事はコロイド粒子を吸着し、団粒化させる作用によつて粘着力を増して硬化速度を速める作用としてあらわれてくるが、同時に一定の硬度に達した後は、潮解性であるから水分を吸収し、保水力を有するためであるとみられ、明らかに無塩状態と差がみられた。

7表 円山競技場土  
(塩添加後3時間インターバル)

コ ト	時間	0時	3時間	6時間	9時間	12時間	15時間	18時間
		1回	2	3	4	5	6	7
Ma		0.7	0.7	1.2	2.2	2.2	2.0	1.7
Mb		1.0	0.9	0.8	1.7	2.2	1.6	1.7

Ma……CaCl<sub>2</sub> 360g/900cm<sup>3</sup>

Mb……CaCl<sub>2</sub> 90g/900cm<sup>3</sup>

8表 円山テニスコート土  
(塩添加後3時間インターバル)

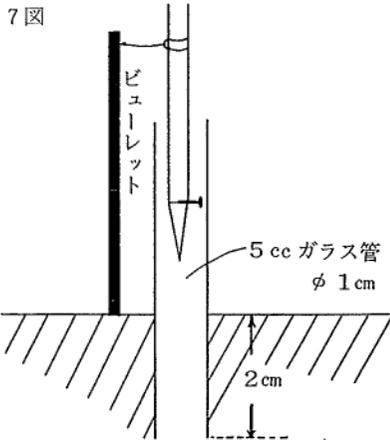
コ ト	時間	0時	3時間	6時間	9時間	12時間	15時間	18時間
		1回	2	3	4	5	6	7
Ta		1.4	1.3	1.3	2.0	2.2	2.3	2.9
Tb		1.7	1.8	1.5	2.6	2.3	2.3	2.5

Ta……NaCl 360g/900cm<sup>3</sup>

Tb……NaCl 90g/900cm<sup>3</sup>

(ハ) 透水時間について

相当量の降雨があつて、グラウンドが水浸しになつた場合、できるだけ早く排水して立直りを早くしなければならぬ。この実験では粒度組成によつて、排水の時間がどのように異なるか、雨量によつて排水時間はどのように異なるかなどの基礎実験の意味を含めたものであるが、透水の実験は本格的装置は現状として備える事は無理なので即物的方法を用いた。



期 日 1962年3月6日—3月20日

場 所 北海道学芸大学体育管理室

測定の方法

2表の手順で作成した実験区域を、含水比20%、硬さを、それぞれ1.0kg—2.0kgに固め、7図の如く内径1cmのガラス管をφ1cmのポーラで開いた2cmの深さの穴の中にそう入し、蒸留水をビューレットで約5cc注入し、その水の浸透速度をガラス管の目盛で2ccまで読みとつたものである。その結果は9表の通りである。

9表からみられる事は、2cc目の透水時間は、例えば、Mの硬さ1.0kgのとき1cc、3分35秒に

対して次の1ccは、9分33秒となつており、2倍半～3倍の時間を要し、2kgに硬化した場合には

9表 透 水 時 間

試 験 面	1 cc 透 水 時 間	2 cc 透 水 時 間	セ ン 断 抵 抗 (スパイク試験)
M (円山陸上競技場)	3分35秒	9分33秒	1.0kg
	10分55秒	27分35秒	2.0kg
A (日体大陸上競技場 粒 度 構 成)	18分09秒	43分26秒	1.0kg
	52分16秒	128分40秒	2.0kg
B (実内実験のための 粒 度 特 別 構 成)	8分51秒	25分05秒	1.0kg
	21分14秒	57分53秒	2.0kg
T (円山庭球場)	3分29秒6	10分42秒	1.0kg

同じ量でも同様に2倍半～3倍の時間を要しており、2cc目も同様である。

この事からみて、硬度が同じであれば降雨量によつて排水時間に、また、硬度が倍になれば同様に排水時間に2倍半～3倍の時間を要する透水の法則めいたものが存在する事がうかがわれる。また粒度組成で、その分布が小さい粒子に傾けば締固めが一定になれば密度が増して透水が悪くなる事が考えられる。また、組成の似ている円山陸上競技場、庭球場は硬度が等しいならば、透水においても似ている事が理解される。

#### IV. ローラー輾圧による層の厚さと硬さの変化について

運動場表層の硬化速度や硬さ試験において、三種の試験を行なつた場合に、場所によつて硬さに著しい違いがある。また、運動場のコンディション維持のためにローラー輾圧をした場合にも硬さに違いがでてくる。この原因は、表層の厚さや、間隙、密度や含水比の差にある事が考えられる。

その要因の一つとして、ローラー輾圧による地表の変動にあると考え、次のような手順で実状を調査した。

8図 輾圧試験場の断面図

表土 5cm	各層の間に石灰を1cm敷いてある。
表土 5cm	
炭殻 5cm	
炭殻 5cm	

期日 1961年8月22日 予備実験

1961年8月29日 本実験

場所 札幌市立円山陸上競技場走路外旧助走路  
試験区の構造及び手順

旧助走路を巾2m、長さ10mを、深さ40cmに掘起し第八図の如く下層に割り栗石を整配置した後、1米四方、深さ30cmの木枠をつくり、この枠の中に炭ガラ15cm、表土10cm積み重ねる。各層を5cm毎に

割栗・目つぶし石

Aは圧をかけずに5cm水平、Bはスコップで圧して5cm、Cは足で圧して5cm毎に各層を踏み固め水平にして、各層間に石灰を1cmの厚さに敷いて後に木枠を抜いて各A・B・Cの間に土を入れ500kgの水入りローラーで輾圧した。輾圧10回後切断し、各層の厚さを測定し、それを埋め、さらに後10回輾圧して各層の厚さを測定した結果は10表の通りである。

この表を見ていえる事は、先ずローラー輾圧によつて各層毎にも、総体的にも厚さに凸凹ができて決して一様に固まるものでない事、時には当初に作成した層より厚くなつてさえている部分がある

10表 ローラー輾圧による各層の厚さの変化

	left	30	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	30	right	最大	最小
表土 第1層目	A	4.3	4.5	4.7	4.0	4.5	4.4	4.7	4.5	4.8	4.5	4.5	4.2	4.7		1.0	0.2
	B	4.4	4.6	4.5	4.7	4.5	4.7	4.5	4.7	4.5	4.6	4.4	4.5	4.5		0.6	0.3
	C	5.4	5.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.3	5.2	5.0	5.3	5.2	5.0	5.2		0	+0.4
表土 第2層目	A	4.0	4.5	5.3	5.3	5.0	5.1	4.0	5.0	4.8	5.5	5.5	5.6	5.2		1.0	+0.6
	B	5.0	4.6	4.7	4.5	4.4	4.5	4.5	3.8	4.4	4.2	4.0	4.0	4.2		1.2	0
	C	3.6	4.0	4.7	5.0	5.1	5.1	5.1	5.3	5.4	5.0	5.0	5.2	5.0		1.4	+0.4
炭ガラ 第3層目	A	3.1	3.2	2.5	2.5	2.0	2.5	2.5	3.0	2.9	2.4	2.4	3.5	2.5		3.0	1.5
	B	3.9	3.9	4.0	4.0	4.3	4.5	4.2	4.6	4.7	4.7	4.4	4.6	4.4		1.1	0.3
	C	4.2	5.0	4.8	4.6	4.4	4.8	4.8	4.7	4.4	4.7	4.8	4.7	4.3		0.8	0

滝 波 武

炭ガラ 第4層目	A	5.0	4.5	4.2	4.5	4.7	4.0	3.5	3.0	3.4	3.6	3.7	3.2	3.9		2.0	0	
	B	3.3	4.1	4.0	4.1	4.4	4.2	4.2	4.3	4.3	4.0	4.2	4.2	4.5		1.7	0.5	
	C	5.1	5.5	5.1	5.0	4.8	4.8	4.5	4.4	5.2	5.1	5.1	4.9	4.8		0.6	+ 0.5	
炭ガラ 第5層目	A	3.0	3.1	3.0	3.7	3.3	4.0	3.6	4.1	4.6	4.1	4.3	4.3	4.4		2.0	0.4	
	B	4.5	4.0	4.4	4.1	4.1	4.0	3.5	4.0	3.5	3.2	3.7	4.3	3.4		1.8	0.5	
	C	3.2	3.0	2.7	3.3	3.5	3.1	3.4	3.5	3.3	3.5	3.4	3.3	3.4		2.3	1.5	
10 回 輾 圧	A	輾 圧 差	5.6	5.2	5.3	5.1	5.5	5.0	6.7	5.4	4.5	4.9	4.6	4.2	4.3		6.7	4.2
		輾圧後の層の厚さ	19.4	19.8	19.7	19.9	19.5	20.0	18.3	19.6	20.5	20.1	20.4	20.8	20.7			
	B	輾 圧 差	3.9	3.8	3.4	3.6	3.3	3.1	4.1	3.6	3.6	4.3	4.3	3.4	4.0		4.3	3.1
		輾圧後の層の厚さ	21.1	21.2	21.6	21.4	21.7	21.9	20.9	21.4	21.4	20.7	20.7	21.6	21.0			
	C	輾 圧 差	3.5	2.3	2.7	2.1	2.2	2.2	1.9	1.9	1.7	1.4	1.5	1.9	2.4		3.5	1.4
		輾圧後の層の厚さ	21.5	22.7	22.3	22.9	22.8	22.8	23.1	23.1	23.3	23.6	23.6	23.1	22.6			
20 回 輾 圧	A	輾 圧 差	3.8	3.7	4.1	5.1	5.0	4.6	3.9	4.2	4.0	4.9	4.7	5.0	4.7		5.1	3.7
		輾圧後の層の厚さ	21.2	21.3	20.9	19.9	20.0	20.4	21.1	20.8	21.0	20.1	20.3	20.0	20.3			
	B	輾 圧 差	4.5	3.5	3.6	3.8	4.7	4.0	3.8	3.6	3.6	4.3	4.4	4.8	4.3		4.8	3.5
		輾圧後の層の厚さ	20.5	21.5	21.4	21.2	20.3	21.0	21.2	21.4	21.4	20.7	20.6	20.2	20.7			
	C	輾 圧 差		1.9	3.1	2.7	2.2	2.3	2.4	1.9	2.2	1.9	1.7	2.4	2.4		3.1	1.7
		輾圧後の層の厚さ		23.1	21.9	22.3	22.8	22.7	22.6	23.1	22.8	23.1	23.3	22.6	22.6			

事がわかる。また、3層、即ちシンダー第一層が薄くなり、Aに於いては、4層まで薄くなっているが2層を通して3層に強く作用している事がわかる。積みあげの際にしつかり踏み固めたC層の場合、途中層の変化よりも、最下層に圧を強く受けて薄くなっている。Bに於いては、第2層が案外大きい比率で多く輾圧され、最下層では、予想よりもすくなかった。総体的な輾圧量は、予想通りAが一番大きく約5 cm、Bが3.5 cm、Cが2 cm位のものである事がわかった。

また、ローラー輾圧では前後だけでなく左右にも極めて不均一に成る事も実測された。削堀後、約1ヵ月放置した後の測定では、Cの方が全体的に沈下し、Bでは同じ位、Aではいく分浮き上ってくる事が実測された。

以上のことから、硬さ試験において測定値にバラツキが出てくるのは当然であり、少なくとも5～6回の測定値を平均化しなければならない事が理解されると同時にグラウンドの基礎工事には各層毎に軽く輾圧をする事が特に重要な技術であろう。アンツーカーのような物質ではさらに締固めに特殊な工夫が必要である事が推測された。

V. 要 約

運動場表層の硬化に関する問題の中で、硬化速度、透水時間、輾圧による硬さの変化の原因等について実験した結果について述べたが、一定の硬さに於ける塩添加と無添加の場合の含水比比較や透水時間等は、自然環境に於ける諸因子が直接、間接的に硬さを助長し、あるいは抑制している。これらの問題は、未だ一部解明されているに過ぎず、また、本実験に於いても限られた条件の中でのみ行なつたのであるが多くの問題点が見い出されてきたので、この解明のために今後の詳細な実

験を行なわなければならないだろう。ここに今迄の実験で得たものを要約すると、

1. フレーク状塩添加をする場合には、単位量毎の混合が極めて大事である。
2. 表層5 cm 掘起した後塩添加した場合、円山庭球場では三種試験後の結果から、降雨がなく、25°C前後の温度ならば、10~15日位で良好なコンディションに整調する事ができる。
3. 掘起した後、フレーク状塩添加した場合、塩の添加量が多ければ初期硬化が遅く、中間に於いて硬化が進み、以後大きく硬化しない。少量であれば初期硬化が大きい傾向がみられることは室内実験と現場実験の共通の結果であつた。
4. フレーク状塩添加の場合に2 kg/m<sup>2</sup>が最も硬化に効果があるようである。
5. 塩化カルシュームの水溶添加120g/m<sup>2</sup>でも残留効果を除外すれば、硬化速度に一番効果があつた。
6. 現場実験における第2試験面において、値段が等しければ、塩よりも塩化カルシュームの方がはるかに硬さ効果が大きく、また、100~200 g/m<sup>2</sup>が一番効果があるようである。
7. 室内での硬さの時間的变化では、無塩の場合、含水比21%から18%台に至るまでには12時間以上を要し、その間21 kgの土から900平方cm当り500 cc以上の水分が蒸発し、セン断抵抗1.0~3.0 kg以上に達した。（気温15°C湿度78%）
7. この場合、20%から19%台よりも、19%~18%台えの下降時間が早く、含水比の低下速度と硬化速度が一致している。特に12時間以後において著るしい。
9. 粘土性の粒度の小さい（均等係数の小さい）土では初期硬化が遅く、後期になつて急激に硬化する。一般に均等係数の大きいものは固り易い。
10. 塩処理後の室内硬化速度は、7表、8表にみられる如く、初期硬化速度は認められない。かえつて6時間後軟かくなり、その後、急激に硬化するが、一定の硬度に達した場合、平衡状態か、あるいは下降する事が多い。
11. 粘土性の土の室内に於ける透水時間は、硬さ1.0 kgの場合、始めの1 ccに対して後の1 ccは2.5~3倍の時間を要し、硬さが2 kgになれば1.0 kgの2 cc目位の時間になり、2 cc目はその2.5~3倍になるような法則めいたものが存在する。
12. ローラー輾圧によつて、土が移動して一定の硬さにならないから、1箇所5~6回の硬さ試験が必要である。
13. グランドの基礎工事は、始めは軽いローラーで各層毎に固めなければならない。
14. 輾圧の際シンダラーの上層と基底部が特に沈下し薄くなる傾向がある

謝辞 本研究をすすめるにあたり、終始、激励と御指導を賜つた北海道学芸大学原崎正教授、北海道大学工学部四方哲夫教官、本研究のために、体育管理教室を提供して下さつた北海道学芸大学札幌分校体育教官の各位、および実験に協力を載いた円山総合グラウンドの関係者、札幌分校化学学生安藤長人、体育科学生、佐藤光義、羽根忠男、沢田義盛の諸氏に心から謝意を表します。

## 文 献

- 新田新三 運動場走路の構造に関する研究 京都大学農学部演習林報告 32号 昭36.7  
滝波 武 運動場の改良に関する研究（第1報） 北海道学芸大学紀要 第1報 昭37.9