

## 中学校グラウンドの硬度に関する研究

—小学校グラウンドとの比較検討—

富田幸博\*・山田良樹\*・丸田 巖\*\*

(平成2年5月10日受付, 平成2年7月17日受理)

## A Study on the Hardness of Junior High School Grounds

—Comparative Study of Elementary School Grounds—

Yukihiro TOMITA, Yoshiki YAMADA and Iwao MARUTA

Sports establishment of good and bad had influenced on ones will to play and so on. All weather surface was used in sports establishment. The influence on human had been studies by many researchers. The results of these many researchers were sports grounds surface. There were very little researches in school ground surface. We were discussed in the hardness of the surface soil mechanics on elementary school grounds.

In this paper we would reported on two or three findings we had made by comparative study of elementary school and junior high school grounds.

We selected 9 junior high schools in NAGANO. Items of hardness test were penetration test, shearing test and elastic test. Items of physical test were mechanical analysis of surface soil, moisture test and permeability test.

The following results were obtained;

1) The significant correlation between penetration resistance ( $\phi$  6.5 mm) and shearing resistance was marked ( $P < 0.01$ ). It was the same result as elementary schools.

2) The significant correlation between penetration resistance ( $\phi$  6.5 mm, and  $\phi$  4.5 mm) and elastic settlement was marked ( $P < 0.01$ ).

3) The significant correlation between penetration resistance ( $\phi$  4.5 mm) and moisture ratio was marked ( $P < 0.05$ ). It was the same result as elementary schools.

4) The significant correlation between elastic settlement and moisture ratio was marked ( $P < 0.01$ ).

5) The hardness of the badly drained increased more than that of the well drained. It was the same result as elementary schools.

It was necessary to control moisture of surface soil in order to fixed the hardness.

### 1. 緒 言

体育・スポーツ活動を行なう施設の整備状態の善し悪しは、そこで活動する人々の意欲や成果などに大きく影響を与える。

最近、天候にあまり左右されない高分子化学合成材による全天候型舗装が、陸上競技場を始めとする様々な体育・スポーツ施設に使用されてきている。また、この舗装材が身体にどのような影響をもたらすかについての研

究も、数多く報告されている<sup>1)~4)</sup>。しかし、これらの研究は競技者中心の競技場に関する報告が多く、学校における多目的グラウンドについての報告は少ない<sup>15)~17)</sup>。

柏木<sup>15)</sup>は、ハードコートでの体育・スポーツ活動は疼痛の原因になるとし、また、日野<sup>16)</sup>はアスファルト・コンクリート舗装とクレイ舗装との比較で、前者に下肢の傷害が多発しているとしている。従って、学校での多目的グラウンドの場合、本来生徒に障害の加わらない適した

\* 体育経営管理学

\*\* 慶應義塾高等学校

硬度と弾力性をもった舗装材が要求される。

著者ら<sup>17)</sup>は、先の研究でクレイ舗装の小学校グラウンドを対象に、その土質力学構造について報告し、貫入抵抗値と剪断抵抗値及び含水比との間の相関関係を明らかにした。

そこで今回は、中学校グラウンドにおける調査を実施し、小学校グラウンドと比較検討したので報告する。

## 2. 方法

グラウンドの硬度を測定するには、グラウンドに抵抗及び衝撃を加えることにより求めることができる。

現場での測定は、貫入抵抗値(縦の抵抗)はプロクターニードルで、また剪断抵抗値(横の抵抗)はスパイクテスターによって求めることができ、それぞれ1地点5回測定し、その平均値をもってその地点の値とした。その際の貫入針は $\phi 6.5$  mmとしたが、測定不可能の時は $\phi 4.5$  mmを使用した。一方、弾力性の測定は衝撃式地耐力測定器 TS-196 により、1地点10回測定し、その平均値をもってその地点の弾力性とした。

これらの測定は、環境条件等の影響を考慮し、3試験全てを20分以内に終了させるようにした。

また、グラウンド表層土の物理的特性を明らかにするため、110°Cの恒温乾燥炉で含水量試験を実施すると共に、粒土試験機により8種類(最大粒径4.8 mm, 2.0, 0.85, 0.4, 0.25, 0.11, 0.075, 0.075 mm未満)の粒土に分類し、その分布から均等係数を求めた。

一方、山田式透水試験器により透水性の試験も実施した。この試験に用いた表層土は、全てグラウンド中央部より採取してきたものである。それぞれの測定方法については、既に本紀要(第17巻2号, 43—48)で報告しているので割愛する。

対象は、長野県北部地域における公立中学校9校で、試験期間は、1986年8月1日から8月13日までであった。

また、小学校と中学校の平均値間の有意差検定は、t検定を用いた。

尚、現場試験における気象条件は、気温は、 $32.9 \pm 3.1^\circ\text{C}$ 、湿度は  $24.0 \pm 1.5\%$ 、地表温は  $44.3 \pm 4.7^\circ\text{C}$ 、1インチ地中温は、 $40.3 \pm 3.7^\circ\text{C}$  であった。

## 3. 結果

図1は各学校ごとに測定した貫入抵抗値の平均及び標準偏差である。貫入針 $\phi 6.5$  mmを使用した学校(n=

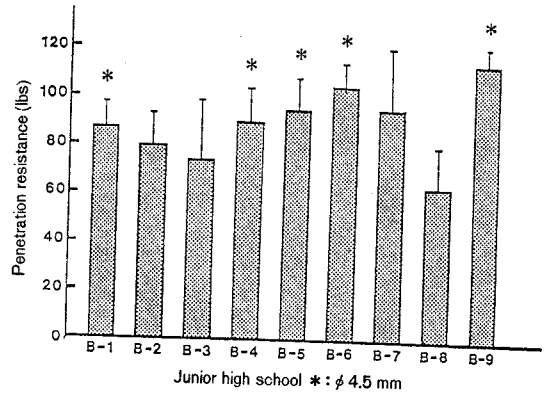


Fig. 1. The results of penetration resistance in junior high school grounds.

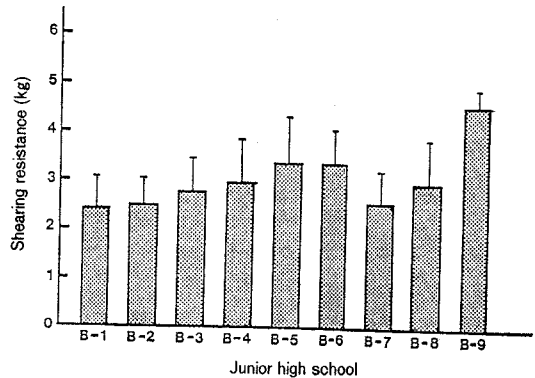


Fig. 2. The results of shearing resistance in junior high school grounds.

4) では注1) B-7が  $95.8 \pm 25.7$  Lbs で最高値を示し、平均値は  $76.6 \pm 21.5$  Lbs であった。貫入針 $\phi 6.5$  mmで測定できず $\phi 4.5$  mmで測定した学校(n=5)は、B-9が  $114.4 \pm 7.0$  Lbs で最高値を示し、平均値は  $100.0 \pm 12.2$  Lbs であった。既報<sup>17)</sup>の小学校グラウンドと比較してみると $\phi 6.5$  mm,  $\phi 4.5$  mm 共貫入抵抗値に有意差は認められなかった。

図2は剪断抵抗値の平均及び標準偏差である。最高値を示したのはB-9で、 $4.60 \pm 0.36$  kgで、全体の平均値は、 $3.05 \pm 0.81$  kg (n=9)であった。貫入抵抗試験において、 $\phi 6.5$  mmで測定した学校の剪断抵抗値は、小学校グラウンドに対し、中学校グラウンドの方が有意に高い値が得られた( $P > 0.05$ )。

図3は弾性沈下量の平均及び標準偏差である。最高値

注1) 先行研究の小学校をAとし、本研究の中学校をBとした。

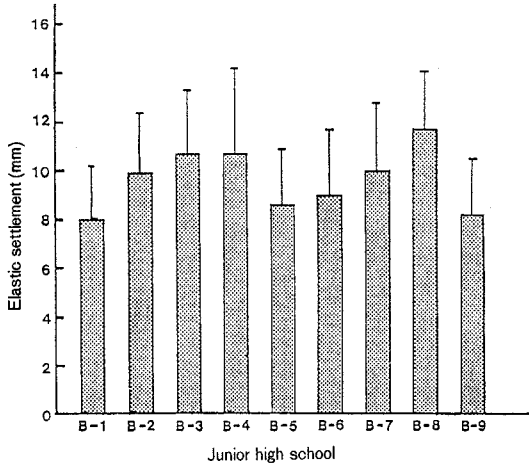


Fig. 3. The results of elastic settlement in junior high school grounds.

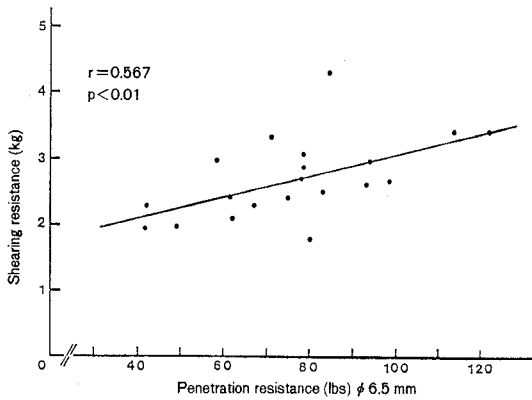


Fig. 4. The relationship between penetration resistance and shearing resistance in junior high school grounds.

は、B-8 の  $11.67 \pm 2.37$  mm で、全体の平均値は、 $9.52 \pm 2.11$  mm であった。同様に小学校グラウンドの弾性沈下量との間には有意差は認められなかった。

図4は貫入針  $\phi 6.5$  mm を使用した貫入抵抗値と剪断抵抗値の関係を示したものである。相関係数  $r=0.567$  ( $P<0.01$ ) で、正の有意な相関関係が認められたのに対し、 $\phi 4.5$  mm では有意な相関関係は認められなかった ( $r=0.367$ ,  $n=21$ )。

図5は貫入抵抗値と弾性沈下量との関係を示したものである。 $\phi 6.5$  mm 使用の場合では相関係数  $r=-0.601$  ( $P<0.01$ )、 $\phi 4.5$  mm では、 $r=-0.643$  ( $P<0.01$ ) で

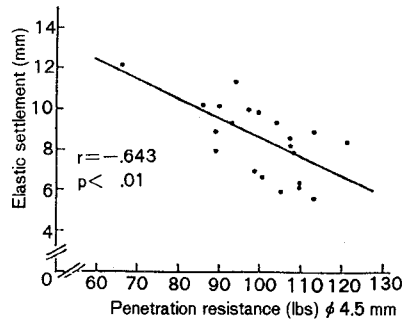
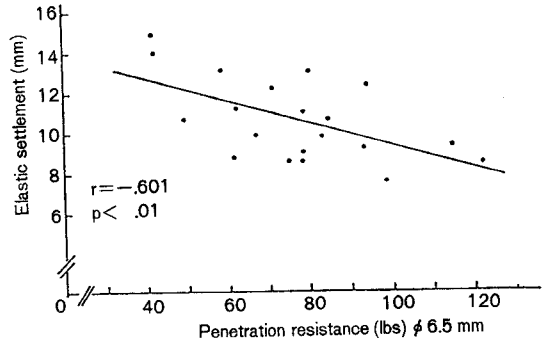


Fig. 5. The relationship between penetration resistance and Elastic settlement in junior high school grounds.

Table 1. Moisture ratio

Junior high school	Moisture ratio (%)
B-1	5.1
B-2	8.5
B-3	8.6
B-4	8.0
B-5	3.6
B-6	2.8
B-7	2.4
B-8	8.5
B-9	2.6

それぞれ負の有意な相関関係が認められた。

また、剪断抵抗値と弾性沈下量との間には、有意な相関関係は認められなかった ( $r=-0.287$ ,  $n=45$ )。

表1は含水比を示したものである。B-3が8.6%で最高値を示し、9校全体の平均値は  $5.57 \pm 2.8\%$  であった。また、小学校グラウンドの間には有意差が認められなかった。

表2は粒子分析の結果を示したものである。分析を行

Table 2. Mechanical analysis of the surface soil

Junior high school	Grain size								Uniformity Coefficient
	4.8	2.0	0.85	0.4	0.25	0.11	0.075	Under 0.075 mm	
B-1	0.6	10.5	38.6	60.2	72.8	92.1	96.2	100	6.31
B-2	0.6	16.4	43.9	60.4	69.3	92.1	93.5	100	7.54
B-3	0.6	12.7	36.7	56.1	68.7	91.1	93.1	100	6.17
B-4	5.6	16.8	42.1	63.0	75.7	95.1	97.7	100	6.43
B-5	1.1	8.3	26.9	53.3	71.0	92.7	95.0	100	4.46
B-6	0.8	10.6	33.8	56.3	73.2	96.0	97.7	100	4.80
B-7	0.8	11.4	34.6	57.8	73.6	92.4	94.5	100	6.00
B-8	0.3	8.8	34.0	56.5	72.8	92.5	93.8	100	5.54
B-9	0.1	11.6	35.4	62.2	79.0	95.7	97.4	100	4.35

Table 3. The results of permeability test in junior high school.

Junior high school	1st drop	Surface drainage	Last drop
B-1	19'23''	48'42''	60'10''
B-2	8'18''	9'58''	17'35''
B-3	11'55''	18'36''	27'05''
B-4	21'16''	44'30''	53'30''
B-5	10'56''	19'19''	32'50''
B-6	10'13''	31'55''	46'40''
B-7	5'33''	16'10''	21'18''
B-8	7'36''	8'30''	16'30''
B-9	7'49''	22'00''	34'30''

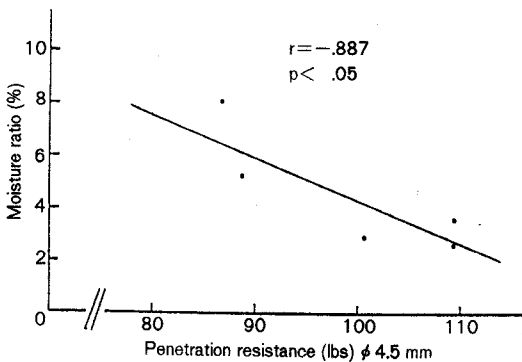


Fig. 6. The relationship between penetration resistance and moisture ratio in junior high school grounds.

なった9校全てが砂粒土（粒径 0.074~2.0 mm の粒土が全土の 50% 以上）で、均等粒度<sup>注2)</sup>の範囲であった。これは、小学校グラウンドと同様の傾向であった。

注2) 土質工学会による日本統一土質分類法では、均等係数<10の場合を均等粒度という。

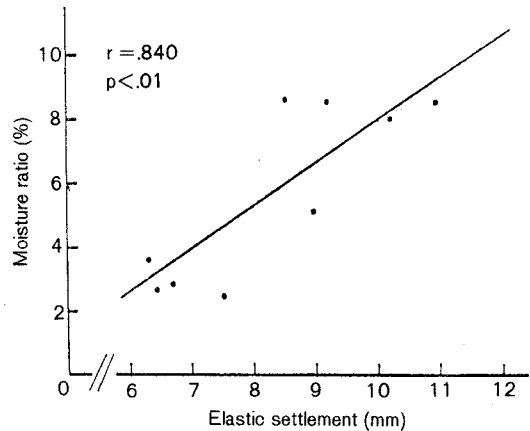


Fig. 7. The relationship between Elastic settlement and moisture ratio in junior high school grounds.

表3は透水時間を示したものである。表面排水完了時間は、B-8が8分30秒で最も早く、排水量は毎分2.35 mmであった。

図6は貫入抵抗値（φ4.5 mm）と含水比との関係を示したものである。相関係数  $r = -0.887$  ( $P < 0.05$ ) で負の有意な相関関係が認められた。φ6.5 mm 使用では、有意な相関関係は認められなかった。

図7は弾性沈下量と含水比の関係を示したものである。相関係数  $r = 0.840$  ( $P < 0.01$ ) で正の有意な相関関係が認められた。

また、剪断抵抗値と含水比との間には有意な相関関係は認められなかった。

#### 4. 考 察

グラウンドの舗装条件は、その場を使用する人々に適し

た硬度及び弾力性が必要である。日本体育施設協会では、学校グラウンドの場合、貫入抵抗値 ( $\phi 6.5$  mm 使用) は 35~80 Lbs が適当値<sup>21)</sup>としているが、この値に該当する学校は3校で、他校はこの基準値よりも高値を示した。著者ら<sup>17)</sup>が既に報告した小学校グラウンドでは、5校(全体の50%)が、基準値の範囲内であり、比較してみると中学校グラウンドの方が貫入抵抗値において高値を示す傾向にあった。新田<sup>7)</sup>によれば、硬度が要求される陸上競技場では、90~110 Lbs ( $\phi 6.5$  mm 使用) が適値と報告しているが、これよりも高値を示した学校は5校あり、学校基準値の範囲内であった学校(3校)と比較して、下肢部への負担の増大が予測され、疼痛が多発するものと推察される。

また、貫入抵抗値 ( $\phi 6.5$  mm 使用) と剪断抵抗値間に有意な相関関係が認められたが、貫入抵抗値基準を 35~80 Lbs とすると、剪断抵抗値は 2.0~2.8 kg になり、著者ら<sup>17)</sup>が測定を行なった小学校グラウンドでは、1.0~2.0 kg という値が得られている。この値と比較すると中学校グラウンドが 0.8~1.0 kg 高値を示している。これは、小学生と中学生の体格・体力のちがいやグラウンド使用頻度等の影響が関与しているものと思われる。また、 $\phi 4.5$  mm 使用の場合、有意な相関関係は認められなかったが、正の相関傾向を示した。

著者ら<sup>17)</sup>が既に報告した小学校グラウンドでは、貫入抵抗値と弾性沈下量との間に相関関係は認められなかったが、中学校グラウンドでは負の有意な相関関係が認められた。

このことは、土粒子間の間隙の多少が土の突き固め、すなわち硬度に影響すると共に、これがクッションの役割を果たしているものと思われる。貫入抵抗値基準からの弾性沈下量は、13.0~10.4 mm であった。

また、剪断抵抗値と弾性沈下量との間には、有意な相関関係は認められなかったが、負の相関傾向で、小学校グラウンドと同様な傾向であった。

一方、弾性沈下量と含水比との間には、有意な相関関係が認められているが、これは、土粒子間隙の重力水の多少が、弾力性に影響を与えているものと思われる。貫入抵抗値基準から求めた弾性沈下量よりの含水比は、12.2~8.5% の値が得られたが、小学校グラウンドとはほぼ同じ値であった。また、貫入抵抗値 ( $\phi 4.5$  mm 使用) と含水比との間に有意な相関関係が認められた (図 6)。

剪断抵抗値と含水比との間には有意な相関関係は認められなかったが、負の傾向にあった。

これからして、グラウンドの硬度は土に含まれる水分量

(重力水、吸着水) に影響を受けることが示唆された。

中学校グラウンド表層土の均等係数は、4.35 (B-9) ~ 7.54 (B-2) で、全て均等粒度<sup>20)</sup>の範囲内であり、中学校グラウンドと小学校グラウンドの間には有意差は認められなかった。このことは、小・中学校共に同じ粒度土によりグラウンド整備が行なわれているものと考えられる。

久松ら<sup>15), 16)</sup>は、学校グラウンドの粒子配合は粒土含有量 15~25% が適当であるとしているが、中学校グラウンドでは、全てこの値よりも低値を示し、また、既報<sup>17)</sup>の小学校グラウンドも同様な結果であった。

これは、この地域の小・中学校グラウンドは、久松ら<sup>15), 16)</sup>の研究と比較すると粗粒土の比率が高いことを意味していることになる。グラウンドの透水排水を考えた場合、粗粒土の比率が高い方が、降雨後、もとの状態に回復する時間が早く、適していると思われるが、保水性等の問題が生じるため、今後は粒土と保水性の関係を明らかにする必要があるものと思われる。

また、剪断抵抗値では高値、弾性沈下量では低値を示す傾向にあったが (図 3, 4)、小学校グラウンドも同様な傾向であった。透水性では、小学校グラウンドと比較してみると各段階において透水時間 (表 3) が遅くなっているが、このことは粒土分布及び含水比において差が認められないことから、中学校グラウンドはラインに用いる石灰やニガリなどの化学物質が多く含まれているものと推察される。

## 5. ま と め

本研究は、中学校グラウンドを対象にその土質力学的な試験を行ない、小学校グラウンドとの比較を試み、以下のような知見が得られた。

1. 貫入抵抗値 ( $\phi 6.5$  mm 使用) と剪断抵抗値との間に、正の有意な相関関係が認められ ( $r=0.567$ ,  $P<0.01$ ) 小学校グラウンドと同様であった。

2. 貫入抵抗値と弾性沈下量との間に、負の有意な相関関係が認められ ( $\phi 6.5$  mm 使用の場合、 $r=-0.601$ ,  $P<0.01$ ,  $\phi 4.5$  mm 使用の場合、 $r=-0.643$ ,  $P<0.01$ )、新たに、中学校グラウンドでは硬度と弾力性の関係が認められた。

3. 貫入抵抗値 ( $\phi 4.5$  mm 使用) と含水比との間に、負の有意な相関関係が認められたが ( $r=-0.887$ ,  $P<0.05$ )、小学校グラウンドと同様の結果であった。

4. 弾性沈下量と含水比との間に、正の有意な相関関係が認められ ( $r=0.840$ ,  $P<0.01$ )、新たに中学校グラウンドで弾力性と含水量との関係が明らかになった。

5. 透水時間の遅いグラウンドほど、各硬度試験では高値（弾性沈下量は低値）を示し、小学校グラウンドと同様であった。

また、グラウンド硬度をある一定範囲に保つためには、その粒度よりも含水量のコントロールが必要であることが示唆された。

### 文 献

- 1) 深谷 茂：大衆ランナーの障害に関するアンケート調査集計結果，大衆ランナーの整形外科的研究，昭和59年度日本体育協会スポーツ科学研究報告，3-22，1979.
- 2) 山下文治，榊田喜三郎：膝関節のスポーツ障害とサーフェイス，*J. J. Sports sci.*, **6**, **9**: 580-585, 1986.
- 3) 辻 貴史，大久保衛，吉田 文，上野憲司，島津晃，市川宣恭：高校生陸上競技選手のスポート外傷・障害に関する調査，臨床スポーツ医学，**6**, **9**: 1029-1034, 1989.
- 4) 石井清一：ランニング障害とサーフェイス・靴との関連，*J. J. sports. sci.*, **6**, **9**: 554-561, 1986.
- 5) Peter R. Caunagh, Mario A. Lafortune: Ground reaction forces in distance running, *J. Biomechanics* **13**: 397-406, 1980.
- 6) I. L. Paul and Michael B. Munro, P. J. Abernethy, S. R. Simon and E. L. Radin, R. M. Rose: Musculo Skeletal shock absorption, *J. Biomechanics*. **11**: 237-239, 1978.
- 7) 新田伸三：運動場走路の構造に関する研究，京都大学農学部付属演習林報告，**32**: 98-168, 1961.
- 8) 栗本義彦，新田伸三，岡崎太郎，山田良樹：オリンピック東京大会陸上競技場試験走路報告書，1962.
- 9) 田淵 潔：運動場の舗装，同志社大学紀要，44-58, 1966.
- 10) 久内 武，小林一敏：タータントラックおよび競技シューズの力学的考察，順天堂大学保健体育紀要，**12**: 1-6, 1969.
- 11) 小濱正典：全天候型プラスチック表層のトラックおよびフィールド素材の物理的特性と施工されたトラックの弾性について～，鹿児島経大論集，51～70, 1973.
- 12) 小林一敏，菅原秀二：身体に与える合成樹脂系舗装材の力学的特性，順天堂大学保健体育紀要，24-35, 1975.
- 13) 小林一敏，前田 寛，宮地 力，浅井 武，中田了：全天候型テニスコートの力学的特性に関する一考察，筑波大学体育科学系紀要，**5**: 95-103, 1982.
- 14) 菅原秀二，小林一敏：陸陸上競技用スパイクシューズの衝撃緩和効果，順天堂大学保健体育紀要，**26**: 17-24, 1983.
- 15) 久松貫海，水谷四郎：運動管理の一考察～降雨との関係～，三重大学研究紀要，**23**: 20-37, 1961.
- 16) 久松貫海：グラウンドの凍害に関する研究～異なる土壌を利用して～，三重大学研究紀要，**29**: 32-49, 1963.
- 17) 丸田 巖，山田良樹，冨田幸博：小学校グラウンドの硬度に関する研究，日本体育大学紀要，**17**, **2**: 43-48, 1988.
- 18) 柏木大治：テニス，臨床スポーツ医学，**1**, **5**: 475-476, 1984.
- 19) 日野一男：責任問われる施設用具の安全性，体育施設，**189**: 14-20, 1986.
- 20) 土木学会：土木工学ハンドブック，技報堂，263-279, 1975.
- 21) 日本体育施設協会：学校屋外運動場の整備指針，プレスゴムナスチカ，74, 1982.