

# 体育館での床暖房に関する研究 (第2報)

- 体育館床暖房用の基本床構造の提案 -

澤田 哲 則    大 宮 康 則  
堀 江 秀 夫    前 田 典 昭<sup>\*1</sup>  
山 岸 宏    ー<sup>\*2</sup>

Development of a Floor Heating System for Gymnasiums ( )

- A Proposal of Basic Floor Construction  
for Gymnasium Floor Heating -

Tetsunori SAWADA  
Hideo HORIE  
Koichi YAMAGISHI

Yasunori OHMIYA  
Noriaki MAEDA

In Hokkaido, floor heating has recently been considered necessary to such large public buildings as gymnasiums. The previous paper reported on the desirable elasticity of gymnasium floor and the way of measuring and evaluating it as prescribed in JIS A 6519. It also reported on the elasticity of rubber-chip panels. The present paper describes the proper form and reasonable elasticity of rubber-chip panels to be used for floor heating in a gymnasium, as well as selection of the most suitable floor constructure for that purpose. The paper also suggests that by using rubber-chip panels as heating layers used with steel furring components it should be possible to build a floor which can satisfy JIS A 6519.

近年、北海道において、体育館などの様な大規模な公共建築物の暖房方式として、床暖房が積極的に検討されている。前報<sup>1)</sup>では、体育館床の弾力性測定方法 (JIS A 6519) と、ゴムチップパネルの弾力性について述べた。本報では、体育館床暖房用ゴムチップパネルの形状および適度な弾力性を得るための基本材質の検討と、体育館床暖房用に適した床下地組の選定を行った。その結果から、ゴムチップパネルを床暖房層に用い、鋼製床下地との組み合わせで、JISに適合できる体育館床暖房用の基本床構造を提案した。

## 1. はじめに

本研究の目的は、ゴムチップパネルの用途開発研究の一環として、体育館の床暖房用床下地材としての適用の可能性を検討したものである。ゴムチップパネル

は、原料に廃タイヤと建築廃木材を粉碎、小片化したものを用いて、接着剤と混合し、熱圧でパネルとしたリサイクル製品で、環境破壊の防止に貢献する製品としても注目されている<sup>1)</sup>。

第1表 北海道の学校・教育施設および公営体育館の数

Table 1. The numbers of educational facility and public gymnasium in Hokkaido

小学校 Elementary school	中学校 Junior high school	高等学校 High school	特殊学校 School for special education	高等専門学校 High technological junior college
1,675	797	340	56	4
専修学校 Professional school	各種学校 Miscellaneous school	短期大学 Junior college	大学 University & college	公営体育館 Public gymnasium
214	186	30	24	486

北海道など寒冷な地域における体育館の暖房化は、最近そのニーズが急速に増加している。これは、冬季における体育教育の効率的な実施に対する要望に加えて、週休2日制、労働時間の短縮など、余暇が増加したことに伴い、体育館利用者の多様化、多目的利用化が進行していることが原因と考えられる<sup>2)</sup>。

北海道内の学校、体育館は、第1表に示すとおりである<sup>3,4)</sup>。公営体育館数は、全国値の52か所/100万人を上回り、北海道は67か所/100万人と、全国で13番目の保有数となっている<sup>5)</sup>。

このうち小・中学校や大学の体育館、および公営体育館などには、何らかの暖房設備(床暖房を除く)が設置されているものと考えられる。しかしながら高等学校についてみると、340校中、道立の243校は原則として暖房化されていない(市町村立から道立に移管されたものの一部、および試験的に暖房化されているものを除く)のが現状である。また、すでに暖房設備を備えた体育館においても、天井で結露が発生し水滴が多量に床に落ちる、暖房器付近の壁や床の傷みが早い、暖気が天井付近に滞留し暖かさを感じるまでに時間がかかる、足元が暖まらないなど、快適な温度環境が得られていないのが現状である<sup>6)</sup>。

温水床暖房は、近年一般住宅や各種公共建築物へ急速に普及している。普及の度合いは第2表に示す温水床暖房装置の販売実績の伸びから推察できる<sup>7)</sup>。この暖房方式の特徴は、床面から低温の輻射熱で床付近を集中的に暖房することにある。特に体育館のように大面積、大空間を有し、実際に暖房を要する部分が床付近のみに限定されるような建築物においては、燃料消費量が少なく、体感温度の快適性に優れ、競技性を損ね

第2表 全国での温水床暖房装置の販売実績\*

Table 2. The numbers of hot-water floor heating selling a year in Japan

年次 Year	住居 Residence	(単位 Unit: m <sup>2</sup> )	
		施設物件 Establishment	計 Total
1984	261,976	255,503	517,479
1985	238,333	250,586	488,919
1986	231,380	315,352	546,732
1987	268,776	336,455	605,231
1988	374,051	360,436	734,487
1989	408,239	421,753	829,992
1990	559,336	499,534	1,058,870
1991	519,003	555,467	1,074,470

\*日本床暖房工業会 資料  
Data of Japanese Floor Heating Association

ないなどの床暖房の特長が最大限に発揮できるものとする。

一方、運動時の安全性、運動適性を必要とする体育館の床では、温水床暖房を採用した場合にも、体育館床を規定する JIS A 6519「体育館用鋼製床下地構成材」<sup>8)</sup>における弾力性規格に適合できるものでなければならぬ。

前報<sup>6)</sup>では、JIS A 6519「8.4床の弾力性試験」<sup>8)</sup>に準拠して試験装置の試作、およびゴムチップパネルの弾力性測定を実施し、ゴムチップパネルの弾力性をかさ比重によってコントロールできることを報告した。本報では、ゴムチップパネルを床暖房層に用いるための形状や基本材質の検討と、これを床暖房用として使用した際に、JISに適合可能な床下地構造を選定した結果について報告する。

なお本研究は、サンフロア工業(株)、サンポット(株)、および日本木材工業(株)からの受託研究として行ったもので、内容の一部は第24回日本木材学会北海道支部大会(1991年10月、旭川市)、第42回日本木材学会大会(1992年4月、名古屋市)で発表した<sup>9,10)</sup>。

## 2. 実験

### 2.1 床暖房を構成する各材料の検討

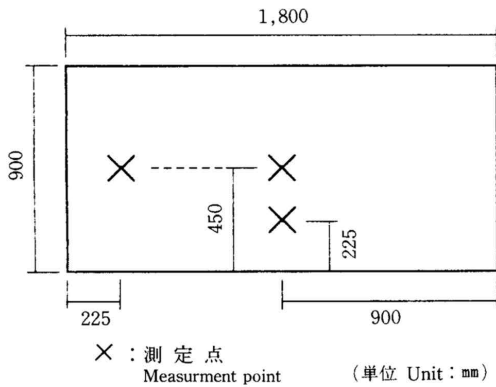
体育館では、床上で種々の運動が行われ、床面に様々な荷重が作用し振動が発生する。よってそれに対する強度や耐久性を備え、床暖房を効率的に行える温水パイプの材質、形状、配管方法、ゴムチップパネルの形状などを検討した。

### 2.2 床の弾力性の測定方法

弾力性の測定は前報<sup>6)</sup>で詳述したように、JIS A 6519「体育館用鋼製床下地構成材」の項目「8.4床の弾力性試験」の規定に準じて行った<sup>8)</sup>。装置の動作原理は5kgの重すいを80cm高さから自由落下させ、ゴムばねを介して床に衝突させて、床面に強制的に振動を発生させるものである。これは運動者が「2~3歩の助走 重直跳び 片足着地」という一連の動作を行ったとき、最後の着地の際に床に作用する力を機械的に再現したものである<sup>11~15)</sup>。この試験から、反発効果値、緩衝効果値、弾力性値、振動減衰時間を求め、その値からJISで規定される弾力性規格への適否を評価するものである。

### 2.3 ゴムチップパネルの試作と材質の検討

ゴムチップパネルを床構造中に装填すると、床の弾力性が変化することが予測される。そこで、適度な弾力性を有するパネルの基本材質を得るために、縦1,800×横900×厚さ22mm、かさ比重3水準(0.60, 0.65, 0.70)、原料混合比3水準(ゴム:木:接着剤=75:15:10, 80:10:10, 85:5:10)のパネルを試作した。この



第1図 ゴムチップパネルの弾力性測定点  
Fig.1. Measurement point of elasticity of rubber-chip panel

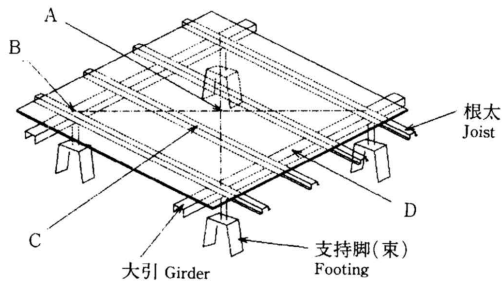
パネルをコンクリート床スラブ上に紙両面粘着テープで固定し、第1図に示す3点で弾力性を測定した。

### 2.4 床下地構造の選定

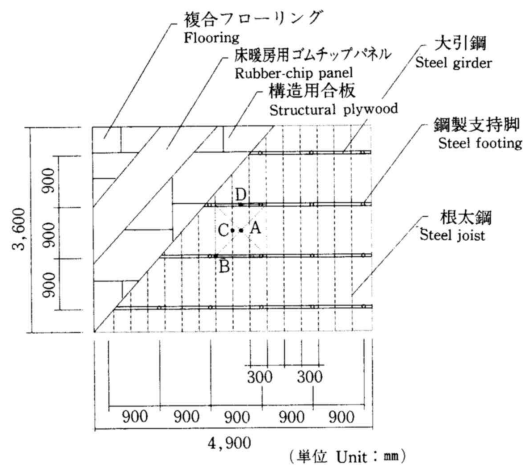
既存体育館の床構造の実態調査と、床の弾力性測定を実施し、ゴムチップパネルの装填に最も適すると想定される床下地構造を選定することとした。床の弾力性測定方法は2.2で述べたもので、測定箇所は体育館床の一般部で、第2図に示すA~Dの4点について行った。

### 2.5 開発床構造のJIS認可申請用試験

縦1.9×横3.6×高さ0.6mの体育館温水床暖房用床構造の実大床モデルを試作した。床モデルの概要を第3図に示す。この床モデルは東京工業大学・床性能研究会においてJIS A 6519による床の弾力性試験、およ



第2図 既存体育館での床の弾力性測定点  
Fig.2. Measurement point of elasticity of actual gymnasium

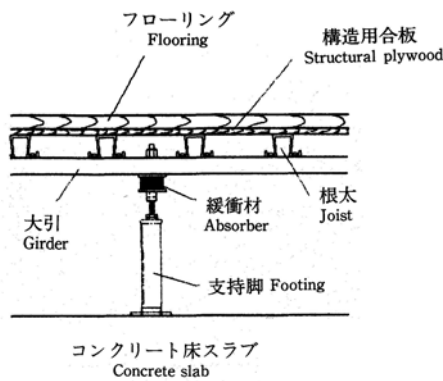


第3図 JIS認可申請用試験体  
Fig.3. Floor construction of JIS testing

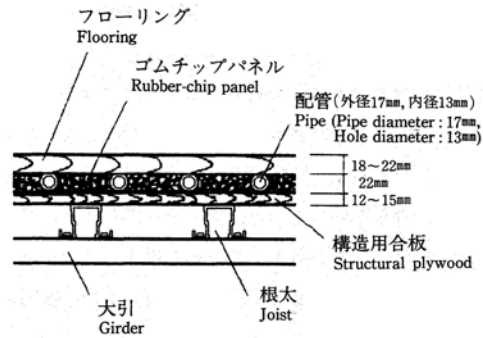
び床の硬さ試験によって、性能評価を確認した。弾力性の測定箇所は第3図中のA~D点である。

2.6 床の硬さの測定方法

床の硬さの測定方法は、JIS A 6519の「8.6床の硬さ試験」に規定されるもので、質量3.85kgのヘッドモデル重すいを20cm高さから自由落下させ、ゴム板(厚さ8mm, ショアA硬度37)を介して床に衝突させた際、重すいに生じた加速度を測定し、床の硬さを評価するものである。この床の硬さは、転倒衝突時の床の安全性と相関がある<sup>16)</sup>。規格では、加速度が100G以下のものがJIS適合となっている。なお硬さの測定箇所は第3図中のB点で行った。



第4図 体育館の標準床構造  
Fig. 4. Standard construction of gymnasium floor



第5図 床暖房層の構成  
Fig. 5. Longitudinal section of floor heating layer

3. 結果および考察

3.1 床暖房を構成する各材料の検討結果

第4図は体育館の標準的な床構造を示したものである<sup>17)</sup>。ゴムチップパネルを体育館の床暖房用に用いるに当たり、その暖房効率から、第4図に示す体育館用床構造の、フローリングと構造用合板の間に熱媒体として装填するのが合理的であると考えた。

ゴムチップパネルの厚さを決める要因となる温水用配管の材質・寸法を検討した結果、架橋ポリエチレン製のパイプが、運動時に発生する床の振動に対する長期耐久性に優れ、コスト的にも実用可能なものであることが分かった。パイプの配管はパネル表面に溝を付け、パイプをその溝に落とし込んで継ぎ目なしに施工する方法が最も障害発生の可能性を低く抑えられると

第3表 ゴムチップパネル(厚さ22mm)の弾力性  
Table 3. The elasticity of rubber-chip panel (Thickness=22mm)

ゴムチップパネルの構成 Component of panel		弾力性 Measurement item of elasticity			
かさ比重 Specific gravity	原料混合比 ゴム:木:接着剤 Rubber: Wood: Binder	弾力性値 (Y) Evaluation of the elasticity	緩衝効果値 (U) Effect of absorbing action	反発効果値 (Ra) Effect of resilient action (cm/sec.)	振動減衰時間 (Tvd) Time of vibration decline (sec.)
0.60	75:15:10	-1.237	52.38	9.41	0.11
	80:10:10	-1.148	53.14	11.54	0.16
	85:5:10	-1.418	56.55	14.07	0.16
0.65	75:15:10	-0.178	31.69	3.65	0.08
	80:10:10	-0.591	45.43	9.05	0.10
	85:5:10	-0.797	50.23	12.26	0.12
0.70	75:15:10	-0.216	35.20	4.85	0.09
	80:10:10	-0.215	39.42	7.31	0.09
	85:5:10	-0.614	46.27	9.98	0.11

考える。また、本道のような寒冷地で暖房に必要な熱量を得るには、温水の流量を確保するため、パイプの内径を13mmとする必要がある。このためには架橋ポリエチレンパイプの外径は強度を考慮し17mmとなる。ゴムチップパネルは、強度面から最小材厚5mmを確保しなければならない。このためゴムチップパネルの厚さを22mmに設定した。以上のことから温水パイプおよびゴムチップパネルは第5図のような施工方法が適当と考えた。

### 3.2 ゴムチップパネルの材質の検討

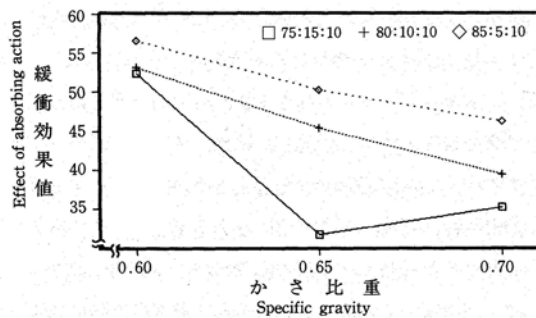
3.1で検討した結果、ゴムチップパネルの材厚を22mmに設定することとした。2.3においてパネルの材質9水準を設定し、試作した22mm厚ゴムチップパネルの弾力性測定結果を第3表に示す。

この結果から、第6図および第7図に示すとおり、パネルのかさ比重が大きくなるにつれて緩衝効果値、および反発効果値は小さくなる傾向が認められた。

また、原料混合比と緩衝効果値、反発効果値との関係を第8図および第9図に示す。原料混合比=ゴム:木:接着剤=75:15:10(絶乾重量比)における緩衝効果値ならびに反発効果値が、かさ比重0.65で若干低下しているのは、試験用ゴムチップパネルの成形を手作業で行ったためにパネル内に比重むらが生じ、測定点付近でかさ比重が低下したか、あるいは木小片が部分的に集中したことが原因であると考えられる。これは同じかさ比重においては、木小片の混入比率が大きくなるにつれて緩衝効果値、および反発効果値が小さくなる傾向を示すことから推察される。

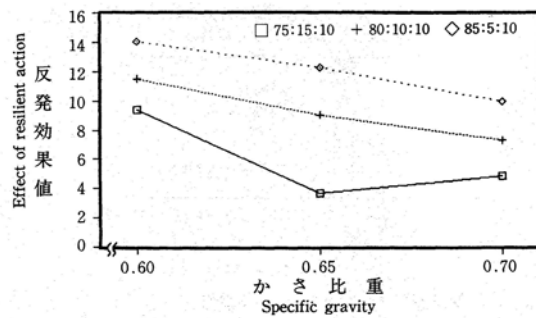
よって、ゴムチップパネルの弾力性のコントロールは、かさ比重のみならず原料混合比を変化させることによっても可能であることが分かった。

以上の結果を総合して、緩衝効果値がJISに適合し、反発効果値および弾力性値からみて性能的に最もバランスがとれ、また生産工程やコスト的に無理のない、



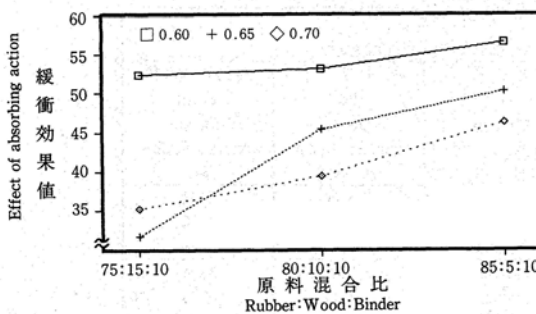
第6図 ゴムチップパネルのかさ比重と緩衝効果値の関係

Fig. 6. Relation between specific gravity of rubber - chip panel and effect of absorbing action



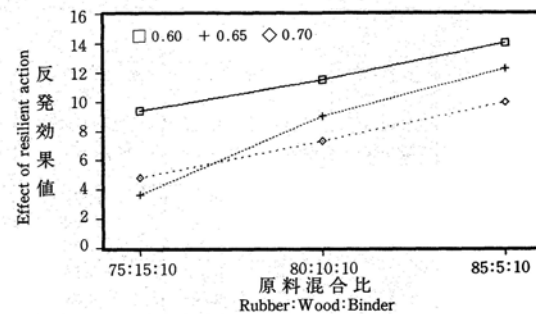
第7図 ゴムチップパネルのかさ比重と反発効果値の関係

Fig. 7. Relation between specific gravity of rubber - chip panel and effect of resilient action



第8図 ゴムチップパネルの原料混合比と緩衝効果値の関係

Fig. 8. Relation between the ratio of material of rubber - chip panel and effect of absorbing action



第9図 ゴムチップパネルの原料混合比と反発効果値の関係

Fig. 9. Relation between the ratio of material of rubber - chip panel and effect of resilient action

第4表 旭川市内の体育館2例の弾力性測定結果  
Table 4. The elasticity of actual gymnasium in Asahikawa

建物の概要 Establishment Completion Scale	床構成 Component of floor  (単位 Unit : mm, $\phi$ : 直径 Diameter, t : 材厚 Thickness)	弾力性 Measurement item of floor elasticity				
		測定点 Measurement point	弾力性値 (Y) Evaluation of the elasticity	緩衝効果値 (U) Effect of absorbing action	反発効果値 (Ra) Effect of resilient action ( $\text{cm}^2/\text{sec.}$ )	振動減衰時間 (Tvd) Time of vibration decline (sec.)
公営体育館 昭和54年竣工 バスケットボールコート×2 Public gymnasium Completion in 1979 Basketball court × 2	基礎 : コンクリート床スラブ 下地組 : 鋼製支持脚 ( $\phi = 16$ ) クッションゴム (t = 23) 大引鋼 (50×50×1.6, Pitch=900) 根太鋼 (50×50×1.6, Pitch=300) 面仕上 : 構造用合板 (t = 15) 単層フローリング (t = 22)	A	0.04	21.48	2.66	0.10
		B	-0.11	15.49	1.24	0.09
		C	-0.03	18.14	1.87	0.10
		D	-0.07	17.49	1.54	0.08
大学・体育館 昭和56年竣工 バスケットボールコート×2 University Gymnasium Completion in 1981 Basketball court × 2	基礎 : コンクリート床スラブ 下地組 : 鋼製支持脚 ( $\phi = 16$ ) クッションゴム (t = 25) 大引鋼 (50×50×1.6, Pitch=900) 根太鋼 (35×30×1.2, Pitch=300) 面仕上 : 構造用合板 (t = 12) 単層フローリング (t = 18)	A	0.37	25.37	6.29	0.20
		B	-0.06	16.58	1.65	0.13
		C	0.31	24.44	5.48	0.18
		D	0.04	20.02	2.25	0.15

かさ比重0.70，原料混合比＝ゴム：木：接着剤＝80：10：10（絶乾重量比）のパネルを体育館床暖房用にとすることとした。

### 3.3 床下地構造の選定

現在，JIS<sup>8)</sup>に適合する体育館用鋼製床下地構成材の生産メーカー数は11社・15工場で，年間約230万<sup>2</sup>の生産実績をあげており，各社が十数種の製品を生産している<sup>18)</sup>。また，JISによらず，独自に設計された床構造も多くあることが実態調査からも明らかで，体育館床下地構造の種類は非常に多種多様なものとなっている。そこで既存体育館での弾力性の測定結果をもとに，ゴムチップパネルを床暖房層とした際に，JISの弾力性規格に適合できると予想される床下地構造を選び出すこととした。

道内の代表的な体育館6例の実態調査結果については既報<sup>9)</sup>において報告した。その概要は，札幌市の体育館三か所，ウォーミングアップルーム一か所，旭川市の体育館一か所，寿都町の体育館一か所について建築年次，床下地構造の調査，および床の弾力性の測定を行ったものである。その後，同様の測定を旭川市内の体育館2例について行ったので，その結果を第4表に示す。

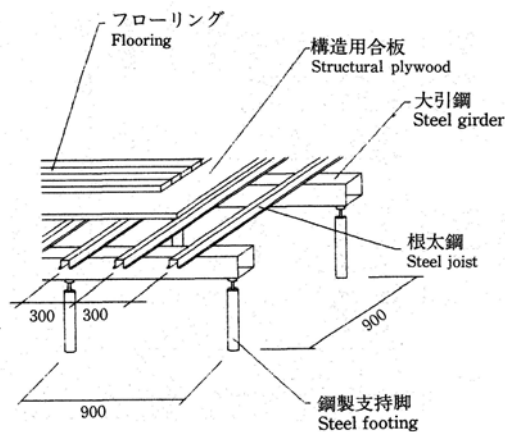
これらの結果から，第10図に示したような鋼製床下地以外の床構造では，弾力性の評価値が必ずしもJISに

適合できるものではないことが判明した。また，これまでの調査対象の中で第10図のような鋼製床構造においては，JIS制定以前（昭和60年3月制定）のものでも，弾力性においてはJISに適合することが分かっており，この床構造の弾力性は安定しているものと判断された。よって，本研究においては，ゴムチップパネル温水床暖房に適するものとしてJIS適合品の鋼製床下地を選定した。

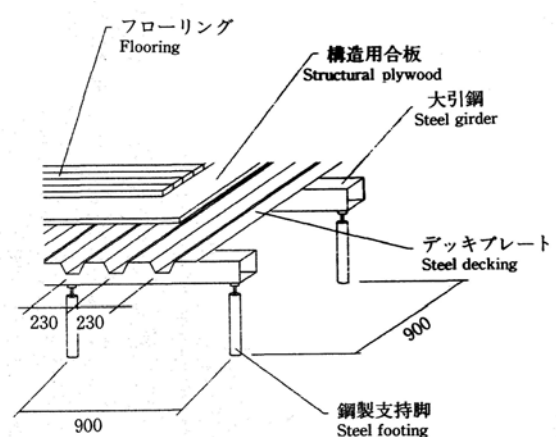
JIS適合の鋼製床下地には，第10図aに示す大引と根太による下地組を緩衝材を介して支持脚で支えるものと，第10図bに示す根太の代わりにデッキプレートを使用するものが製品の主流で，各部材の寸法や形状は若干異なるものの，支持脚や大引，根太のピッチはほぼ同じである。

実態調査の結果<sup>9)</sup>から，大引とデッキプレートを用いたものは，弾力性の各値の分布域が小さく，より均質な弾力性を得られる反面，データ分布域がJISの許容範囲下限付近に集中する。大引と根太による下地組では，若干各値のバラツキが大きいものの，全体のデータ分布域がデッキプレートによるものに比べて許容範囲のより安全側にあり，床構造を変更するにはより有利であることが分かった。

以上の検討から，JIS適合品の榊染野製作所製の大型大引，根太による鋼製床下地構造900-2タイプを体育館



第10図 a 鋼製大引・根太組床構造  
Fig. 10a. Floor construction with steel joist



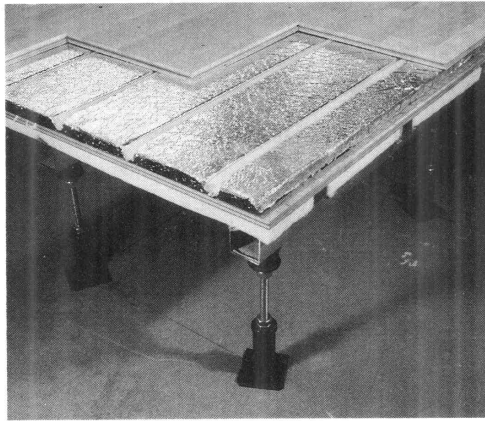
第10図 b 鋼製大引・デッキプレート床構造  
Fig. 10b. Floor construction with steel decking

(単位 Unit : mm)

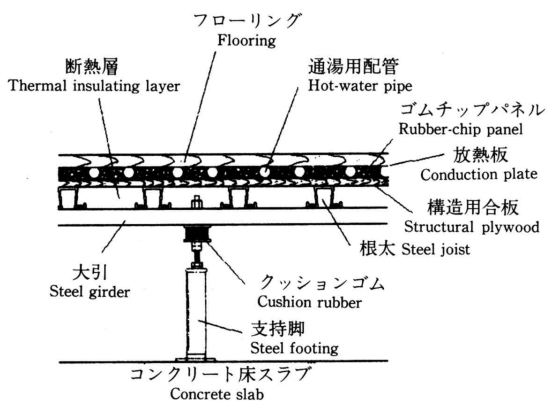
床暖房用に選定した。

### 3.4 開発床構造のJIS認可申請用試験結果

これまでの検討結果から、第11図に示す体育館温水床暖房用の基本床構造を設計し、JIS認可申請用試験を受けた。試験結果を第5表に示す。評価はJIS適合であった。よって、この床構造によって運搬時の安全性、運動適性、および転倒衝突時の安全性が確認され、ゴムチップパネルを用いた体育館温水床暖房用の基本床構造を確立することができた。



第11図 b 体育館温水床暖房の基本床構成モデル  
Fig.11b. Model of hot-water floor heating construction for gymnasium



第11図 a 体育館温水床暖房の基本床構造  
Fig.11a. Basic construction of floor heating for gymnasium

## 4. まとめ

北海道、東北圏のような寒冷な地域において、暖房設備は建物の居住性を左右する大きな要因の一つである。またこれらの地域では半年前後の長期間に渡って暖房を行うため、暖房効率が高く、経済性に優れた暖房設備を用途に応じて選択するのが望ましい。

体育館のように大面積・大空間HLで、床面付近の空間のみを使用し、なおかつ床と人との接触機会が多い施設では、床暖房が最も有効な暖房手段であると考えられる。

これまで体育館に温水床暖房を用いた例はないが、本研究により、ゴムチップパネルを暖房層とした体育館温水床暖房用床構造が開発できた(第11図参照)。

第5表 体育館温水床暖房用基本床構造のJIS認可申請用試験結果

Table 5. Results of JIS A 6519 testing of basic hot-water floor heating construction for gymnasium

測定点 Measurement point	床弾力性 Measurement item of elasticity				床の硬さ Hardness (G)
	弾力性値 (Y) Evaluation of the elasticity	緩衝効果値 (U) Effect of absorbing action	反発効果値 (Ra) Effect of resilient action (cm <sup>2</sup> /sec.)	振動減衰時間 (Tvd) Time of vibration decline (sec.)	
A	-0.05	26.90	2.91	0.21	-
B	-0.09	19.47	1.43	0.05	87.36
C	0.02	23.35	2.75	0.19	-
D	-0.05	27.20	3.00	0.19	-
JIS規格値 Regulation value of JIS	Min. : -0.2~1.378 Max. : 0.0~1.378	15 ~ 40	—	Under 0.45	Under 100



## 謝 辞

本研究の実施に当たり、床の弾力性測定・評価全般についてご指導ご協力いただいた、東京工業大学工学部建築学科・小野英哲教授ならびに小野研究室、サンフロア工業(株)・井上英彦氏、サンポット(株)・豊田積信氏、日本木材工業(株)・松浦光二氏に深謝する。

## 文 献

- 1) 平成3年度共同研究報告書, 北海道立工業試験場, 北海道立林産試験場, サンフロア工業(株): 「ゴムチップパネルの応用製品開発」(1992)
- 2) 余暇需要に関する調査研究, 余暇開発センター編(1985)
- 3) 北海道企画振興部統計課: 北海道勢要覧(1991)
- 4) 北海道統計協会: 第21回北海道市町村勢要覧(1991)
- 5) 北海道: 第98回北海道統計書(1991)
- 6) 澤田哲則ほか8名: 林産試験場報, 6巻, 1号, 12 - 19(1992)
- 7) 尾籠豊司: ゆかmonthly, 8月増刊号, 87 - 89(1992)
- 8) 日本工業規格JIS A 6519 「体育館用鋼製床下地構成材」, 日本規格協会(1989)
- 9) 澤田哲則ほか6名: 日本木材学会北海道支部講演集, 第23号, 40 - 44(1991)
- 10) 澤田哲則ほか3名: 日本木材学会大会研究発表要旨集, 第42号, 51(1992)
- 11) 小野英哲: 日本建築学会論文報告集, 第181号, 7 - 14(1971)
- 12) 小野英哲, 吉岡 丹: 日本建築学会論文報告集, 第187号, 27 - 34(1971)
- 13) 小野英哲, 吉岡 丹: 日本建築学会論文報告集, 第188号, 1 - 10(1971)
- 14) 小野英哲, 吉岡 丹: 日本建築学会論文報告集, 第226号, 9 - 19(1974)
- 15) 小野英哲, 吉岡 丹: 日本建築学会論文報告集, 第227号, 1 - 11(1975)
- 16) 小野英哲, 三上貴正, 渡辺博司: 日本建築学会論文報告集, 第321号, 9 - 15(1982)
- 17) 体育館床工事標準施工要領書, 日本体育床下地工業会, 日本フローリング工業会, (財)日本体育施設協会スポーツフロア一部会(1989)
- 18) 内山秀也: ゆかmonthly, 8月増刊号, 94 - 96(1992)

- 技術部 成形科 -

- \*1性能部 構造性能科 -

- \*2技術部 主任研究員 -

(原稿受理 H4.10.12)