幼児を想定した床要求性能と仕上げ材料を含む耐床衝撃性の評価

DB11214 萩原　由佳

1.はじめに

現在、JIS 規格の床が広く普及されている。これは日本の工業規格化の促進を目的とする工業標準化法に基づき制定された国家規格である。大量生産が可能なため、硬く丈夫である。しかし、それは幼児など大人と比べ身体が弱い人でも安全なのか疑問に残る。

近年、女性の社会進出や核家族化などに伴い、住環境が変化している。育児の仕方の変化により待機児童が社会問題とされている。原因としては乳児の入所希望の増加と雇用条件による保育士の減少が考えられる。

また、子供が成長していく過程では怪我はつきものである。誰もが擦り傷や切り傷を経験したことがあると考えられる。しかし、時には大きな怪我や事故に発展してしまうこともある。1 歳から 19 歳までの死因は転落・転倒を含む不慮の事故が最も多く、0 歳児では先天奇形,呼吸障害等に次ぐ 3 番目に多い結果[1)]となっている。

床は常に触れているからこそ、怪我の要因となることがある。本研究では表 1 の使用材料による床材料の違いに対する衝撃力評価を進め、幼稚園や保育園といった幼児が大勢集まる施設での床衝撃による怪我のリスクの低減を目的とし、保育士の負担の軽減や高齢者や一般の生活の質の向上を目標とする(図 1)。研究 1 で幼児や床における安全性に関する社会的調査を行い、研究 2 で人と床に関する衝撃力評価を行う。

2.幼児や床における安全性に関する社会的調査(研究 1)

2.1.子どもと床の安全性に関する文献調査(調査 1)

表 2 の文献調査に示すように、既往の研究調査を行い、子ども関係施設や施設の安全性に関する計画系研究論文を中心に分析・分類し特性要因図を作成した。幼児の行動特性や保育園の設備などの計画系論文や床の防滑性等の構造系論文は網羅されていると考えられる。しかし幼児を想定した床材料に関係する研究が希薄である。そのため、幼児に対応した仕上げ材料を含む研究を行う。

2.2.床と住環境における国内と海外の規格調査(調査 2)

世の中の製品には安全性や快適性など求められていることに対して様々な規格が設けられている。

図 2 に床仕上げ材料に要求される性能とそれらを評価するための国内と海外の規格,その他独自の試験方法数[2)]を示す。安全性に対する規格数は、国内より海外の方が大きく上回る。居住性では、断熱性に関する規格が国内では 10 つに対し海外では 0 つである。障子の文化とドアの文化により気密性の違いが関係していると考えられる。耐久性は国内規格に対し海外規格が圧倒的に多く、なかでも耐へこみ性と耐摩耗性が多くなっている。生産性は作業や経済に関することであるため、性能や試験方法に対する規格が著しく少ない。

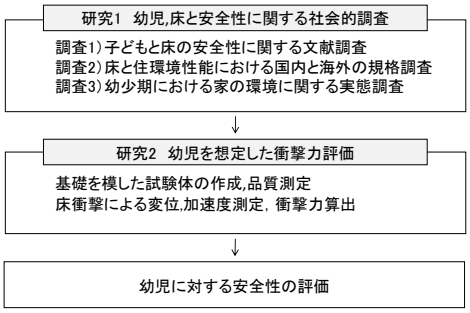


図 1　研究の流れ

表 1　使用材料(研究 2)

分類	項目	記号	厚さ(mm)	表面貫入力(N/mm²)
構造材	普通ｺﾝｸﾘｰﾄ	－	180	－
	桟木	－	30	－
下地材	合板	g	12	75.42
	ﾊﾟｰﾃｨｸﾙﾎﾞｰﾄﾞ	p	12	80.97
下地/仕上材	ｲﾝｼｭﾚｰｼｮﾝﾎﾞｰﾄﾞ	i	12	7.43
仕上材	ｺﾙｸ	c	5	5.19
	ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ	f	12	71.98
	ｶｰﾍﾟｯﾄ	k	10	11.15

表 2　実験要因と水準(研究 1,2)

		実験要因	水準
研究1	調査1	文献調査	計画系論文,構造系論文(15 本)
	調査2	比較対象	国内規格(JIS 規格),海外規格(ISO,ASTM,DIN 等),その他(梗概・メーカー)
		要求区分	安全性,居住性,耐久性,生産性
	調査3	対象者	292 名(大学生),男女比=5:1
		調査年代	未就学児,小学生,中高生
		怪我をした場所	ダイニング,リビング,自室,個室,階段,キッチン,風呂,その他
		関心のある材	床材,壁材
研究2		模擬基礎ｺﾝｸﾘｰﾄ品質評価	圧縮強度,割裂引張強度,表面凹凸,不陸,表面強度,水分量(表層部)水分量(表面から 40mm まで)
		測定内容	変位(mm),加速度(m/s²)
		加速度測定位置	a_t:材上部(top),a_a:接着部(attachment),a_b:材下部(bottom)
		算出内容	F_A:衝撃力(N),F_{A+B}:復元力(N),Bα/A:足痛値
		衝撃荷重区分	M_1:重さ 6.766kg,直径 180mm,厚さ 34mm M_2:重さ 11.322kg,直径 180mm,厚さ 58mm
		測定高さ	仕上材上面から 100mm,200mm,300mm
		衝撃区分(衝撃荷重/測定高さ)	M_1/100,M_1/200,M_1/300,M_2/100
		測定床材(材料・枚数)	gl,glc1,glf1,gli1,gli2,glk1 pl,plc1,plf1,pli1,pli2,plk1 gli1c1,gli1f1,gli1k1

海外では家の寿命が長いことや素足や土足等の文化による違いなど、安全性・耐久性に対する試験が多いと考えられ、求められている性能にも違いがあると考えられる。

空間に合わせた要求性能があり、国内メーカーからは保育園などの各空間の要求性能に対応した商品が発売されている。遊びや運動など幼児の行動する空間には衝撃吸収性が要求される。元気に動き回るからこそ怪我をするリスクがあり、

転んだ時などの衝撃を軽減できるよう床仕上げ材料として衝撃吸収性が求められている性能であると考察する。

2.3.幼少期における家の環境に関する実態調査(調査 3)

図 3 に大学生による幼少期に家の中での怪我に関する調査結果を示す。金巻らによる、育ってきた家の環境の調査[3]では、大学生を対象に未就学児・小学生・中高生の家の中での怪我や環境を調査した。

未就学児において階段での怪我が多いことから、床が怪我の要因となる可能性が高いことがわかる。これは年齢が上がるにつれ減少するもののダイニングでの怪我をした割合は増加している。幼い方が怪我をする割合が高いが、階段のように滑りや転落の恐れがある場所やダイニングのように鋭利なものが多い等、危険度の多い場所が怪我をするリスクが高まると考えられる。

床材と壁材では、床材に関することの方が日常的に触れることが多いため関心が高い。床に対する要求として、快適性を求めるものが最も多く、次いで意匠性、安全性となる。このことから、長い時間過ごす場所として快適性が求められ、床が生活に関する一つの要因となっていると考えられる。

3.幼児と床に対する衝撃力調査(研究 2)

3.1.児童福祉法施設の状況

児童福祉施設の設備及び運営に関する基準[4]の第五章において、保育所に対する最低基準を示している。保育所は建築基準法第二条第七号に規定する耐火構造の床又は建築基準法施行令第百十二条第一項に規定する特別防火設備で区画されていることとされている。また、保育所のカーテン,敷物,建具等で可燃性のものについて防炎処理が施されていることとされている。

第一章の第四条では、児童福祉施設は最低基準を超えて常にその設備及び運営を向上させなければならないと記されている。また、最低基準を理由として設備や運営を低下させてはならないとも記してある。

保育園・幼稚園設計資料集成[5]から分析した結果、保育園,遊戯室ともにフローリング材が多く、フローリングパネルを含めると 74%と 82%となった。保育室では 8%がたたみ敷きを使用しているのに対し、遊戯室では使われていない。遊技場では動くための部屋であることから、硬さが求められていることがわかる。

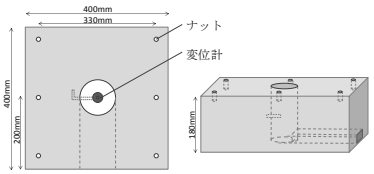
3.2.子育てに配慮した住宅ガイドブック

東京都が配布している子育てに配慮した住宅ガイドブック[6]によると、安全・安心で健やかに暮らせるすまいとして、転倒防止を目的とし、住戸内や屋外等の床仕上げは滑りにくい仕上げにするべきと記されている。子どもや妊婦中の母親等が安全に利用できるものとすることが求められ、浴槽や階段等は大きな事故に繋がりやすく滑りにくい仕上げとする必要がある。

子どもの健康への配慮として、内装仕上げ等の下地材等に用いる特定建材は、JIS または JAS の F☆☆☆☆表示のある建築材料とすると記してある。シックハウス問題の原因の 1 つとされるホルムアルデヒドなどの発散量の少ない建材を使用することが必要とされている。

これらの要求は、条件を考慮して対応すべき推奨項目ではなく、優先度の高い項目としてあげられている。

表 3　実験項目と方法(研究 1,2)

		項目	方法
研究 1	調査 1	文献調査	子どもと床の安全性に関する既往の研究分析分類,特性要因図の作成
	調査 2	規格調査	従来の床に対する国内規格,海外規格数の比較,分析
	調査 3	アンケート調査	大学生への未就学児,小学生,中高生時に家の中で怪我場所,環境調査,分析
研究 2	模擬基礎 コンクリート 試験体	試験体作成	普通コンクリートにて基礎を模擬した土台となる試験体を作製 表面 400㎜×400㎜,高さ 180㎜ 中心に変位計を設置するため空間を作成 床材料,桟木をボルトで固定するためのナットを設置 
		圧縮試験	アムスラー式圧縮試験機にて圧縮強度,割裂引張強度を測定
		品質調査	日本床施工技術研究協議会に則り、表面凹凸,不陸,表面強度,水分量(表層部)水分量(表面から 40㎜まで)を測定
	床材料	性能評価	デジタルフォースゲージにて表面貫入力(N/mm^2)を測定
	衝撃力	衝撃力評価	下地材料の中央下部にコンプレッソメーターを設置,変位(㎜)測定 動ひずみレコーダーにて[a_t],[a_a],[a_b]の 3 箇所の加速度(m/s^2)を測定, F=ma にて加速度より[衝撃力 F_A(N)]算出 復元力[F_{A+B}(N)]の算出 調べる衝撃力 F_Aをその時の下地材の基準となる衝撃力 $F_{A'}$ で割ったものを[係数α][足痛値 Bα/A]の算出

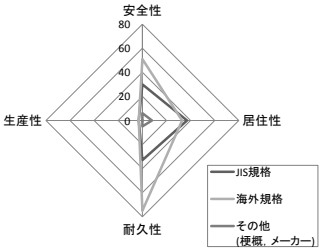


図 2 床仕上材料の試験方法数

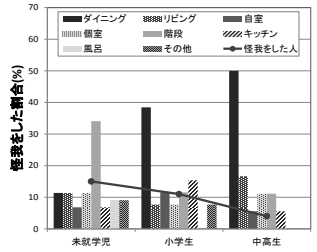


図 3 幼少期における家での怪我

3.3.こどもの衝撃力特性

濱田らは、児童の歩行,走行,飛び跳ね行為の衝撃力特性[7]と幼児の衝撃力特性[8]を調査している。これによると、幼児~小学校低学年においては、衝撃力と体重に相関はほとんど認められない。JIS A 1418-2 のゴムボールによる最大衝撃力の測定にて、児童の全動作の 85%がカバーされ、幼児では 93.6%をカバーする。また、幼児の最大衝撃力の最頻値は 400~450N である。

4.幼児と床に対する衝撃力評価(研究 2)

4.1.基礎を模擬した試験体の作製,評価

衝撃力評価を行うため、幼児施設の基礎を想定した試験体を作製する。試験体は幅 400×奥行 400×高さ 180㎜ の無筋

コンクリートとし、中央には変位計を設置するための空洞を設け、6箇所桟木と床材料を固定するためのナットを埋め込む。ナットの間隔は根太を想定し、建築工事監理指針[9]を参考に330mmとする。

表4に品質評価の結果を示す。圧縮強度の他、日本床施工技術研究協議会に従い頻出評価を行う。4項目にてグレートⅡ、表面強度のみグレードⅢとなる結果となった。

4.2.衝撃力評価の方法と結果

4.2.1.衝撃力評価の概要

表1に使用する材料を示す。これらの材の組み合わせと表2に記した条件にて表3の方法で変位・加速度を測定し分析評価する。幼児と大人を想定するため、荷重の異なるおもり2種類を使用する。加速度測定は、試験体の中心軸上に複数の高さから自由落下させることで行う。断面積による応力を考慮し、荷重で評価する。5回測定し変位の数値の間3つを平均する。その時の最大加速度を平均し分類する。$M_1/100$は幼児の歩行と同程度の衝撃力,$M_1/300$ は幼児の飛跳、$M_2/100$は大人の歩行を想定し、高さ,重さ,材の違いによる評価を行う。本研究では加速度と質量により、運動方程式(第2法則)による式1)を用いて衝撃力を算出する。

$$F=ma \qquad \cdots 1)$$

ここに、 F:衝撃力(N)， m:衝撃荷重(kg)[M_1, M_2]
a:加速度(m/s^2)

4.2.2.模擬床の変位の測定と結果

図4に衝撃荷重の自由落下に対する材の組み合わせや荷重・高さの違いによる変位を示す。合板1枚（g1、以下記号で示す)に対して上に仕上材をのせるとすべて変位が小さくなる。インシュレーションボードやコルク、カーペットは材料が持つ弾性によってエネルギーが吸収されたと考えられる。フローリングの変位が小さくなったのは剛性によるものだと考えられる。

下地材による変化をみると、合板は繊維で繋がっているため力を分散し変位が小さいのに対し、パーティクルボードは環境に配慮し木材の小片にて構成されているため、力を受けた部分に大きな負荷がかかり変位が大きくなったと考えられる。歩行に配慮し、合板と仕上材の間にインシュレーションボードを1枚挟むとコルク,カーペットでは変位が小さくなる。それに比べフローリングは[g1f1]に比べ変位が大きくなった。これは、柔らかい素材を挟んだことにより全体の剛性が弱まったと考えられる。

4.2.3.模擬床の衝撃力の算出と結果

図5に加速度測定位置、図6に衝撃力評価方法図、図7に衝撃荷重の自由落下に対する材や荷重・高さの違いによる衝撃力を示す。高さや重さの変化により衝撃力が幼児歩行想定の[$M_1/100$]より大きくなるとがわかる。[$M_2/100$]より[$M_1/300$]の方が値が大きくなっていることから、幼児の飛躍時は大人の歩行よりも衝撃を受けている可能性がある。[g1i2]が[$M_1/100$]だと仕上材にて力を吸っているのが見てとれる。高くすると衝撃力が増すため仕上げ材を超え合板にて力を分散させている。

下地材がパーティクルボードになると衝撃力が合板より強くなることが見て取れる。[g1i1k1]など柔らかすぎると表面で力を吸収することができない。

4.2.4.模擬床の復元力の算出と結果

図8に最大衝撃力からの跳ね返り値として復元力を示す。topは圧縮からの復元力、bottomは引張からの復元力と考える。[g1k1・$M_1/100$]のtopの値が大きくなっている。衝撃力はあまり強くないため、合板の復元力が大きく作用している。[g1f1]はあまり数値の変化が少なく下部まで力を伝えていることがわかり、[p1f1]では、フローリングでの衝撃が大きいことがわかる。

下地材を変化させると top の値は合板より大きくなっている。bottomの復元力との関係から、パーティクルボードにて力を吸っていることが見て取れる。インシュレーションボードを1枚挟むと復元力が小さくなっており、bottomの値が下がっている。これらの結果から、合板・インシュレーション・仕上材の組み合わせは歩行改善型と考えられる。

4.2.5.衝撃力によるFP値算出評価

実際の歩行においてフローリングは他の材と比べ変位が極めて小さいが、感覚上では硬く痛さを感じる可能性が高い。

図9に各条件での衝撃力によるFP値(足衝撃値:Foot Pain

表4　模擬基礎の品質評価

項目	圧縮強度 (N/mm^2)	割裂引張強度 (N/mm^2)	表面凹凸 (mm)	不陸 (mm)	表面強度 (mm)	水分量 (表層部)	水分量 (表面~40mm)
評価値	33.5	2.62	2.0	3.5	0.6	5.0	5.2
ｸﾞﾚｰﾄﾞ	－	－	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱa

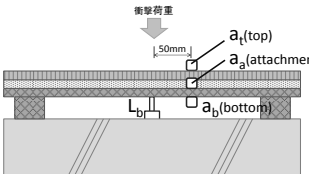


図5　加速度測定位置

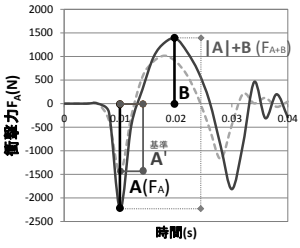
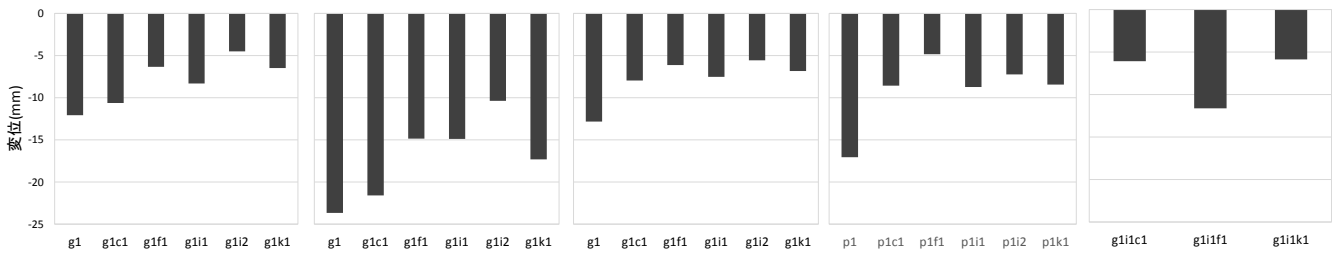
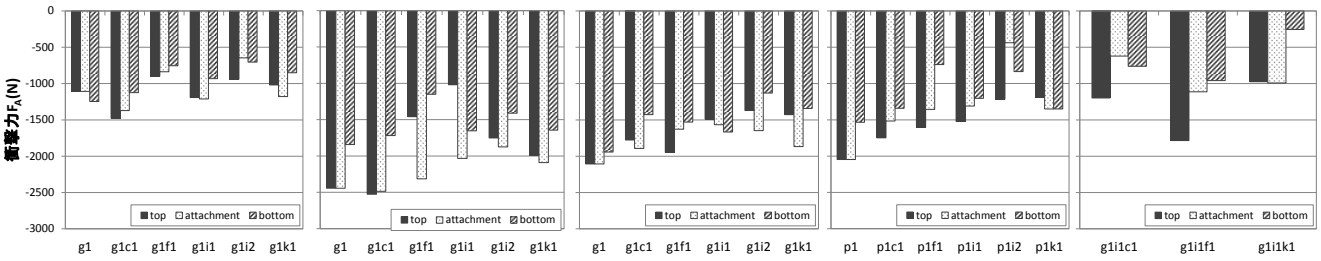


図6　衝撃力方法評価図



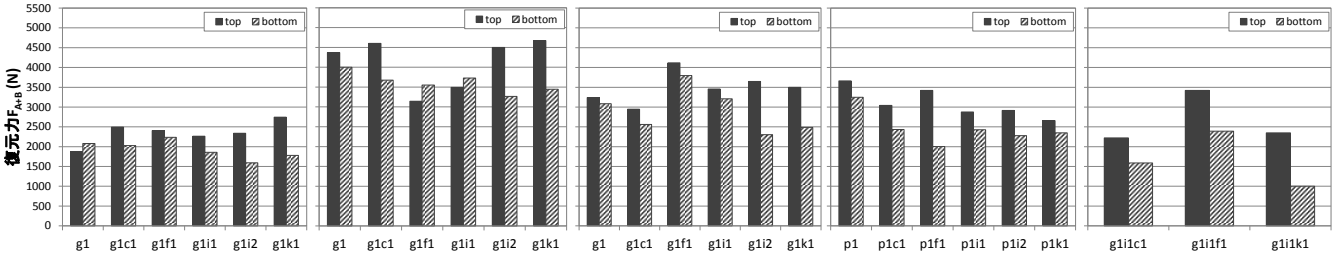
a)$M_1/100$　b)$M_1/300$　c)$M_2/100$　d)$M_1/100$　e)$M_1/100$

図4　衝撃荷重の自由落下による変位(下地合板での高さ･荷重、下地材による比較)



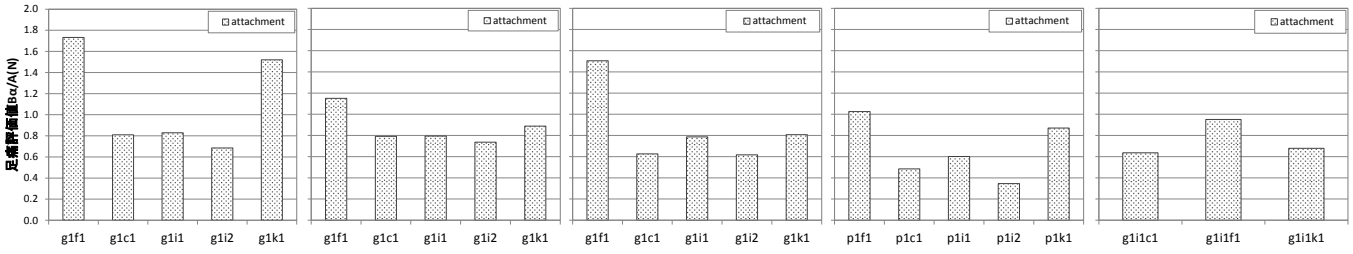
a)M_1/100　b)M_1/300　c)M_2/100　d)M_1/100　e)M_1/100

図 7　衝撃荷重の自由落下による衝撃力(下地合板での高さ･荷重、下地材による比較)



a)M_1/100　b)M_1/300　c)M_2/100　d)M_1/100　e)M_1/100

図 8　衝撃荷重の自由落下による復元力(下地合板での高さ･荷重、下地材による比較)



a)M_1/100　b)M_1/300　c)M_2/100　d)M_1/100　e)M_1/100

図 9　衝撃力による FP 値(下地合板での高さ･荷重比較、下地材による比較)

Ratio)を示す。仕上材の違いで FP 値は式 2)・式 3)により、足が実際にうける衝撃力により足に痛みが生じる可能性を相対的に比較する値であり、今後のリスク評価につながる値として位置づける。通常の床はフローリングが普及していることから、フローリング仕上げをグラフの左に位置し評価する。

$\alpha = A/A'$　　･･･2)

FP 値$= B\alpha/A$　　･･･3)

ここに、　α:基準に対する影響度,　A,A':衝撃力(N)

B:調べる衝撃力による正の復元力(N)

フローリングは FP 値が最も大きくなることから、剛性が高いものは足に負担がかかると考えられる。歩行想定時にて、大人より幼児を想定した衝撃荷重の方が数値が高いことから、大人が受けるダメージと同等以上のものを感じている可能性があると推測できる。

5.まとめ

1)現在の床は大人を基準とした規格だが、怪我が多いのは幼児であり、幼児施設では衝撃吸収性が求められている。

2)衝撃力評価の結果、弾性によるエネルギー吸収と剛性によるエネルギー分散がある。

3)衝撃力は高さ・重さにより変化し、幼児想定でも大人を超える場合がある。

4)従来の合板の上に仕上材としてインシュレーションボードを用いると変位・衝撃力の低減が見られる。下地材を環境配慮型とするパーティクルボードにすると部分で力を吸収している。歩行改善型とする合板とインシュレーションボードを下地材とすると衝撃が緩和されやすくなる。

5)FP 値により、大人より幼児の方が痛いと感じる可能性があることがわかる。仕上材の変化により FP 値を低減できることから、幼児の安全を考慮し、かつ大人の歩行に影響の少ない床の条件を見いだせると考えられる。

参考文献

1)厚生労働省,人口動態統計,2011
2)日本建築学会,建築仕上材料の性能試験方法,1991
3)金巻とも子,他:現在の学生が育ってきた家の環境に関するアンケート調査,日本建築学会大会学術講演梗概集 pp. 1123-1124,2013.08
4)厚生労働省,児童福祉施設の設備及び運営に関する基準,1948
5)設計資料集成 10,51,91 保育園･幼稚園,1985.09,1995.04,2003.04
6)東京都都市整備局,子育てに配慮した住宅ガイドブック,2013.03
7)濱田幸雄:児童の歩行・走行・飛び跳ね行為の衝撃力特性,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp. 28-234,2012.09
8)多喜翔一,濱田幸雄:幼稚園児の衝撃力特性,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp197-198,2014.09
9)社会法人公共建築協会,建築工事監理指針 2005.03

謝辞

本研究実施にあたり、かねまき・こくぼ空間工房金巻とも子氏、神奈川県建築士会関係各位より多大な助力を賜り感謝致します。

なお本研究は平成 26 年度工学院大学 UDM 研究であり､深謝の意を表します。