

ガラス繊維強化発泡石膏建材に関する研究（その2）

—間仕切材の耐衝撃性能について—

青 山 幹 堀 長 生

Study on Glass Fiber-Reinforced Foamed Gypsum (Part 2)

—Impact Properties of Partitions—

Tsuyoshi Aoyama Nagao Hori

Abstract

This report describes the results of impact tests on partitions made by the dry process such as autoclaved asbestocement calcium silicate board, autoclaved lightweight concrete and gypsum board in addition to glass fiber-reinforced foamed gypsum. The impact properties of the partitions were measured using methods of test for impact strength by sand bag pendulum system and by steel weight drop system.

概 要

間仕切材に要求される性能は種々あって、耐衝撃性能もそのうちの重要な性能の一つである。しかし、通常起こりうる衝撃という現象については、その再現が困難であることなどから、試験方法や判定規準が明確にされていないのが現状である。

本報告では、ガラス繊維強化発泡石膏建材の他に、乾式工法による間仕切材料として一般に使用されている珪酸カルシウム板、オートクレーブ養生した軽量コンクリート板および石膏ボードの4種類について、砂袋による振り子式衝撃試験と、なす型おもりによる垂直落下式衝撃試験を実施して、各種間仕切材の耐衝撃性能について比較検討した。

1. まえがき

前報¹⁾では、ガラス繊維強化発泡石膏硬化体の配合を含めた製造方法の検討、耐火材料としての火災時の性質および基礎的な物性について述べた。本材料は、石膏の持つ耐火性能と寸法安定性を積極的に利用し、気泡による軽量化とガラス繊維による全面強化を計ったもので、工場生産品であるために、乾式工法による施工が可能であることを大きな特徴としている。間仕切壁の施工方法が湿式工法の場合、現場施工となるために、工場生産品に比べて生産精度が低いことや、施工後、乾燥養生を必要とするなどの点で、乾式工法に比べての欠点が指摘されている。また熟練した職人を得ることが困難な労務環境からも、間仕切壁工事は、比較的施工の容易な乾式工法に移行しつつある。

建築材料に要求される性能はその材料が構成する部位に要求される性能と密接に関係している。間仕切壁材として要求される性能は種々あるが、耐火性能や遮音性能

のように使用される部位によっては、法的に規制を受けているものもある。しかし、耐衝撃性能に関しては、重要な性能であるにもかかわらず、建築用ボード類について規格が示されているが、間仕切壁としては、明確な判断規準が示されていないのが現状である。

本報告では、ガラス繊維強化発泡石膏建材の他に、乾式工法による間仕切材料として一般に使用されている珪酸カルシウム板、オートクレーブ養生した軽量コンクリート板（ALC）および石膏ボードについて耐衝撃性能を求め、間仕切材の要求性能について検討するものである。

2. 衝撃試験の方法と評価について

衝撃の定義は理想化された場合は、きわめて明確に与えられるが、通常起こりうる衝撃という現象についてはその再現性が困難であり、また現象を測定する計器の性能にも限界がある。一般に行なわれる衝撃試験方法は、大別すると振り子式衝撃試験と落下式衝撃試験の2法がある。そのうち建築用ボード類は、ほとんど重錘による落

下式試験方法を採用している。この方法は、一般に装置も簡単に再現性も高く材料相互間の衝撃抵抗値の比較に意義があらうかと思われる。しかし、実際に間仕切壁を考える場合には、人がぶつかるとか、手押し車の衝突といったような比較的重量の大きいものの衝撃も想定する必要があって、このような場合には、振り子式衝撃試験を行なう方が適当である。衝撃に耐える耐えないということの判定は、衝撃試験後の判定によるが、修理を必要としない程度のもは合格としてもその判定は難しい。各衝撃試験の判定基準は、“亀裂、剝離、貫通孔および割れのないこと”と定めたものが多く、本報告の試験では、凹み等を生じて簡単な補修（パテ処理など）により実用上差し支えない程度に修復できるものは合格とした。

飛来物や衝突による衝撃に対しては、三つの考え方ができる。第一は、基本的に予想される衝撃に耐える強さを有することである。第二は人間やごく小規模の衝撃に耐える程度とする。内壁の場合には、外壁と違って耐衝撃強度が強いから良いとは一概にいえぬ。コンクリートの打放し面にぶつかるより、間仕切材が凹んだ方が人間にとっては安全である。第三は、むしろ衝撃弱さともいべきで、大きな衝撃が建物全体に及ばないように壁が部分破壊されやすくし、衝撃エネルギーを部分的な破壊エネルギーに転ずることで建物全体や人命の保全を計ろうとするものである。例えば、マンションのベランダ隔壁には石綿板 6 mm 厚 1 枚張りとして、非常の際には人力で破壊できる程度としているような例である。このように耐衝撃性能は、建築用途によって同一の材料であっても要求性能が異なる場合もあって、適正な要求性能を知ることが重要である。しかし、建築部位別に耐衝撃の要求性能について研究されたものは少なく、JIS A 0030（建築の部位別性能分類）によると、建築物の部位（壁、床、天井、屋根）の主要性能 15 項目中に耐衝撃性があり、その意味を“衝突物などによって起こる衝撃力に耐える程度”と説明している。また、建設省建築研究所では、衝撃荷重に対して安全なことという抽象的な事象に対して通常起こりうる衝撃という現象を定性的にグレーディングしながら、落錘の衝撃エネルギーによって定量化を計っている（表一）²⁾。

3. 実験概要

3.1. 間仕切材の種類

乾式工法による間仕切材のうち、ガラス繊維強化発泡石膏建材として 2 種（商品名：ロンレックス、パートレックス）珪酸カルシウム板として 1 種（商品名：タイカライト）オートクレーブ養生した軽量コンクリート板

番号	グレーディング (定性的)	グレーディング (定量的)
0	指先ではじく衝撃にも安全でなくてよい	10gの鋼球を30cmの高さから落した衝撃にも耐えなくてよい (0.003kg・m以下)
1	指先ではじく衝撃に安全でなければならぬ	10gの鋼球を30cmの高さから落した衝撃に耐えること (0.003kg・m)
2	こぶして打つ衝撃に安全でなければならぬ	1kgの鋼球を30cmの高さから落した衝撃に耐えること (0.3kg・m)
3	足でける衝撃に安全でなければならぬ	1kgの鋼球を1mの高さから落した衝撃に耐えること (1kg・m)
4	野球のボールがぶつかる衝撃に安全でなければならぬ	1kgの鋼球を3mの高さから落した衝撃に耐えること (3kg・m)
5	小さいハンマーで打つ衝撃に安全でなければならぬ	10kgの鋼球を1mの高さから落した衝撃に耐えること (10kg・m)
6	大きいハンマーで打つ衝撃に安全でなければならぬ	10kgの鋼球を3mの高さから落した衝撃に耐えること (30kg・m)
7	小型自動車衝突した衝撃に安全でなければならぬ	100kgの鋼球を1mの高さから落した衝撃に耐えること (100kg・m)
8	大型自動車衝突した衝撃に安全でなければならぬ	100kgの鋼球を3mの高さから落した衝撃に耐えること (300kg・m)
9	重いものが高いところから落ちた衝撃に安全でなければならぬ	300kgの鋼球を3.33mの高さから落した衝撃に耐えること (1,000kg・m)

表一 耐衝撃性能のグレーディング (建築研究報告, 第51号)

間仕切材の種類 (略号)	厚さ (mm)	比重	曲げ強度 (kgf/cm ²)	単位面積当り曲げ破壊荷重 (kgf/m ²)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	備考	
ガラス繊維強化発泡石膏建材	ロンレックス (LX)	40	0.65	22.2	52.6	30.0	単体で1時間耐火認定品
	パートレックス (PX)	60	0.65	18.8	100.3	31.0	単体で2時間耐火認定品
珪酸カルシウム板	タイカライト (TL)	65	0.65	19.0	118.9	33.0	単体で2時間耐火認定品
ALC板	ヘーベル (HL)	70	0.40	14.0	101.6	30.0	単体で2時間耐火認定品
石膏ボード	タイガーボード (PB)	9	0.76	kgf 53.0	—	—	準不燃認定品
		12	0.70	kgf 60.5	—	—	準不燃認定品
		12	0.76	kgf 90.4	—	—	不燃認定品

*石膏ボードについては、曲げ破壊荷重を示す。

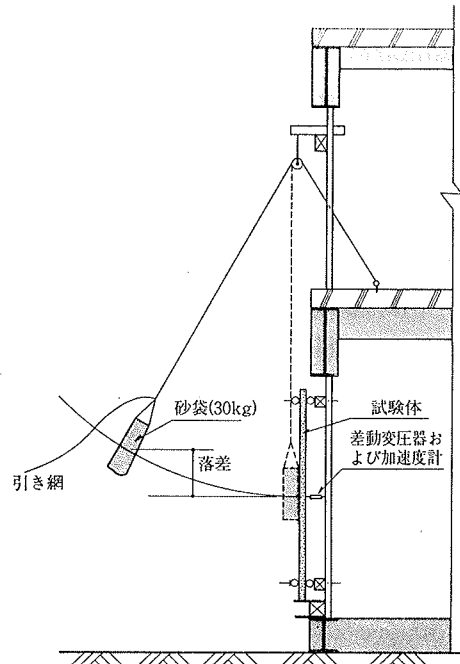
表二 間仕切材の各種物性

(以下 ALC という) として 1 種 (商品名: ヘーベル) 石膏ボードとして 1 種 (商品名: タイガーボード) について試験を実施する。これらの物性値については、表二に示す。

3.2. 砂袋による振子式衝撃試験

試験方法は、JIS A 1414—1973 建築用構成材（パネル）およびその構造部分の試験方法のうち衝撃試験に準拠する。試験は、図一1に示すような試験装置を組立てて行なう。試験体の有効長さは2,600 mm、スパンは、2,400 mmとし、30 kgの砂袋を所定の位置につり上げて解放し振子作用によって衝撃を試験体に与える。試験体の構成と衝撃位置は、図一2に示すが試験体は各3体とし、1体目は、落差10 cmから1回ずつ衝撃を与え、10 cmピッチで落差を上げ破壊まで行なう。2体目以降は、1体目の試験結果から、破壊衝撃エネルギーの60~70%の落差で3回同じ衝撃エネルギーを与えて試験を行なった。

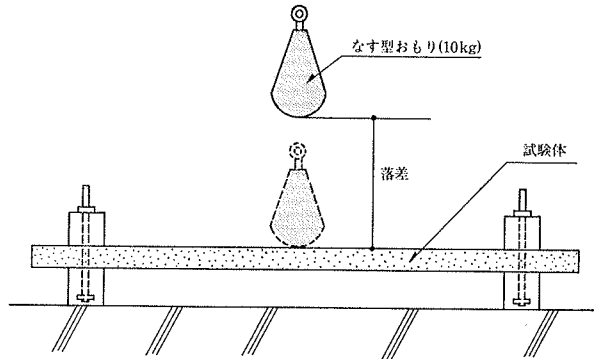
判定は、間仕切材として実用上支障のない程度を耐衝撃強度とした。これには、表面材の凹み等の補修程度は含まれるが、表面材はほとんど変化がなくても、裏面の鉄筋が露出しているとか、スタッドの著しい変形等是否とした。変位の測定は、差動変圧器により測定し衝撃時に試験体が受ける加速度を加速度計により測定する。



図一1 砂袋による振子式衝撃試験装置

3.3. なす型おもりによる落錘衝撃試験

1 kgのおもりを2 mの高さから落とす場合と、2 kgのおもりを1 mの高さから落とす場合とでは、理論的に同じエネルギーであっても破壊に与える影響が異なることもわかっている。一般には重量の大きい落錘は、小さいものに比べて同一の破損状況に要する運動量が大いといわれる。今回の試験では、10 kgのなす型おもりによる垂直落下式衝撃試験に統一する。試験は、図一3に示すような周辺固定支持により行ない、試験体の大きさは、1,000×500 mmとする。変形量の測定は、各落差ごとにノギスで凹みの直径と深さを測定し、パネルの損傷の有無を観察する。判定は、貫通穴や貫通亀裂が発生したり、試験体の表裏面に顕著な亀裂、剝離等が発生したときを破壊とする。



図一3 なす型おもりによる落錘衝撃試験装置

試験体の種類	構造と衝撃位置
LX-40 LX-60 PX-65 TL-70 HL-100	
LX-40-P (PはフレームによるPanel)	
LX-40-J (JはJointあり)	
PB-12-B (Bは衝撃をBoard面に与える)	
PB-12-S (Sは衝撃をStudに与える)	
PB-9+12-B	
PB-9+12-S	

図一2 振子式衝撃試験の試験体と衝撃位置

4. 実験結果と検討

各種の間仕切材について振子式衝撃試験と、落錘衝撃試験の結果をまとめると表-3 のようになる。外力を受けたとき、荷重速度が小さいいわゆる静的荷重に対する抵抗と、衝撃のような荷重速度の非常に速い動的荷重に対する抵抗は、材料によって異なる。例えば、ガラスや焼入れした鋼は、静的試験では非常に高い抵抗を示すが、衝撃に対しては、軟鋼や鉛、高分子材料のような静的強度のはるかに小さい材料よりも弱い傾向にある。本試験においても、静的強度と衝撃強度との間には、一般にいわれているように相関関係は認められなかった。

まず、振子式衝撃試験の結果について検討する。本試験の 30 kg の砂袋による打撃面は、ある程度面積も広いので子供が壁にぶつかるといような衝撃を壁に与え結果を求めるのに有効である。図-4 に衝撃エネルギーとたわみの関係を示した。これによると ALC 板は、比較的容量の大きい衝撃に対して、他材料に比べて極めて優れた耐衝撃性能を有することがわかる。また、ロンレックスの厚さ 40 mm (LX-40) については、単体パネルの場合と、両端に間柱を取り付けたもの (LX-40-P) および 2 枚ジョイントしたもの (LX-40-J) を比較したが、後者はいずれも、単体パネルの 3 倍程度の耐衝撃強度を有し、実際の建物の壁面においては、衝撃エネルギーが分散されるために本試験のデータ以上の耐衝撃性を有しているものと予測される。今回の試験では、現状において最も多く使用されている石膏ボードの複合壁について

試験体の種類	試験体NO.	振子式試験による耐衝撃強度 (kg·m)	落錘試験による耐衝撃強度 (kg·m)
ガラス繊維強化発泡石膏建材	LX-40	9	32.5
	LX-40-P	30	—
	LX-40-J	27	—
	LX-60	18	50
	PX-65	12	30
珪酸カルシウム板	TL-70	3	20
ALC板	HL-100	42	25
石膏ボード	PB-12-B	3	1
	PB-12-S	12	—
	PB-9+12-B	12	5
	PB-9+12-S	24	—

表-3 各種間仕切材の耐衝撃強度

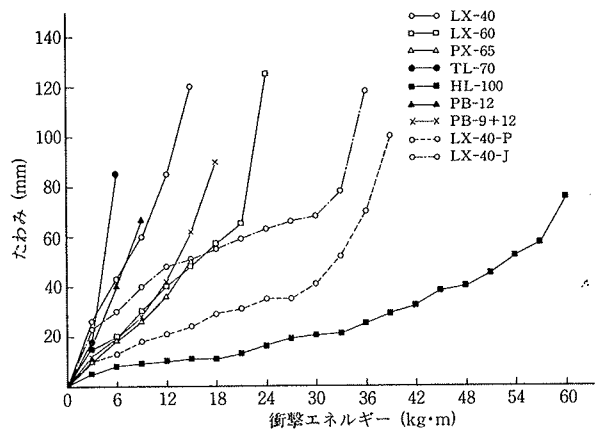


図-4 衝撃エネルギーとたわみの関係(振子式衝撃試験)

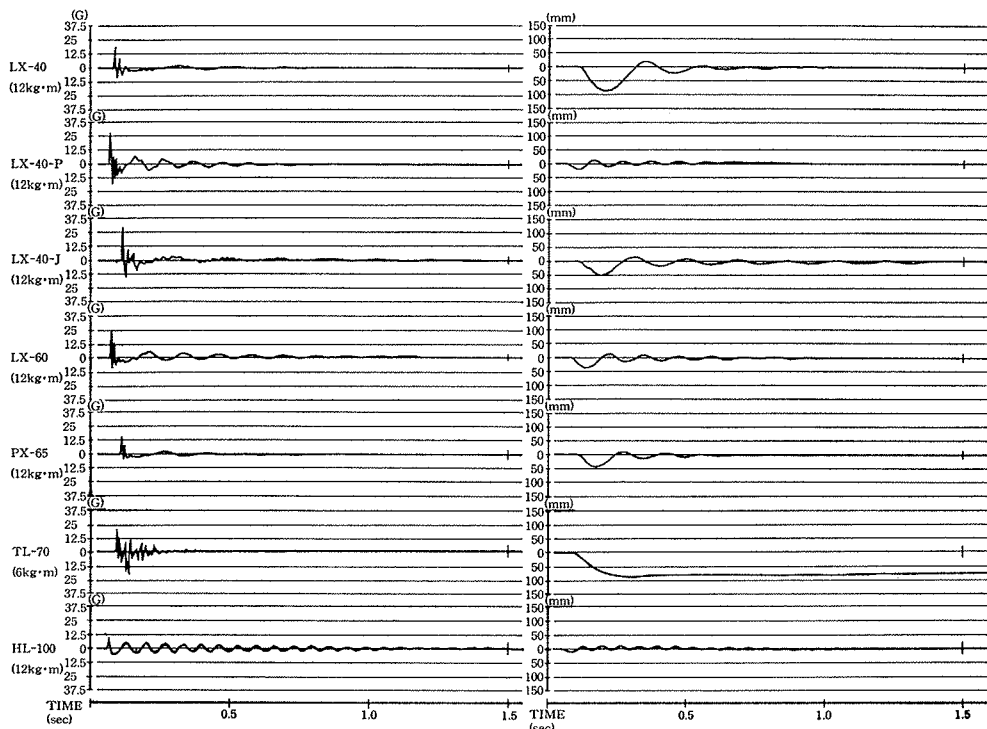


図-5 衝撃時のたわみ量および加速度と時間の関係

耐衝撃強度を検討した。一般に学校などで、子供が壁にぶつかる時の衝撃エネルギーは、10~15 kg・mに達すると考えられるが、石膏ボードや珪酸カルシウム板は、これらの衝撃に耐え得ないことも判明した。このことは、今後、間仕切材料の適用部位を考える上で、材料の選択に配慮が必要なることを示している。図-5は、衝撃時のたわみ量および加速度と時間の関係を示している。図-5は、衝撃時のたわみ量および加速度と時間の関係を示している。図-5は、衝撃時のたわみ量および加速度と時間の関係を示している。図-5は、衝撃時のたわみ量および加速度と時間の関係を示している。

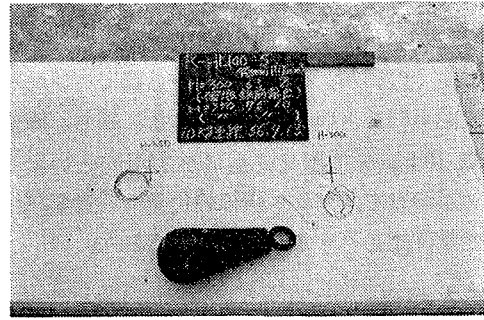


写真-1 落錘試験による ALC 板の破壊状況 (表面)

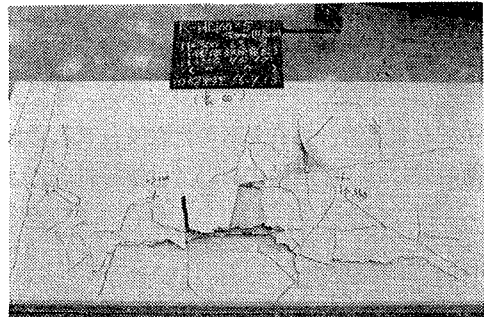


写真-2 落錘試験による ALC 板の破壊状況 (裏面)

次に、落錘式衝撃試験の結果についてみる。落錘式の試験は、装置も比較的簡単であるために、一般的な衝撃試験はこの方法によっている。また、なす型おもりによる衝撃面積は小さいので、ハンマーで壁を打つような局部的な耐衝撃性能を知るのに有効である。表-3から明らかのように振子式衝撃試験の結果とはかなり違った結果となっている。これによると、ガラス繊維強化発泡石膏建材が優れていることがわかる。衝撃強度は一定のエネルギーで衝撃を加え、そのとき材料に吸収されるエネルギーで示されるため、ガラス繊維強化発泡石膏建材は ALC 板や他の材料より吸収エネルギーが大きくそれゆえ衝撃を受けたとき、塑性凹みを残しにくいわけである。特に ALC 板は、写真-1, 2 に示すように、表面は、なす型おもりの底面の凹みだけであるが、裏面は、鉄筋が露出するといった破壊を示している。

試験体の種類	試験体NO.	振子式試験による耐衝撃強度 (kg・m/cm)	落錘試験による耐衝撃強度 (kg・m/cm)
ガラス繊維強化発泡石膏建材	LX-40	2.25	8.13
	LX-60	3.00	8.33
	PX-65	1.85	4.62
珪酸カルシウム板	TL-70	0.43	2.86
ALC板	HL-100	4.20	2.50
石膏ボード	PB-12	2.50	1.25

表-4 各種間仕切材の単位厚さ当りの耐衝撃強度

以上の結果は、各々間仕切材の持つ耐衝撃性能であるが、これらは、厚さが違うために単純に比較できないところもある。これらの単位厚さ当りの耐衝撃強度を示すと表-4になる。これによると石膏ボードは決して耐衝撃性能が劣る材料ではなく、むしろ厚さが薄いために劣っていることがわかる。石膏ボードも2枚の貼り合わせ厚さを15+15mm位にすれば、しばしば見受けられる壁面の貫通穴もほとんど解消されるものと思われる。

さて、これらの結果を総合して、耐衝撃性能に

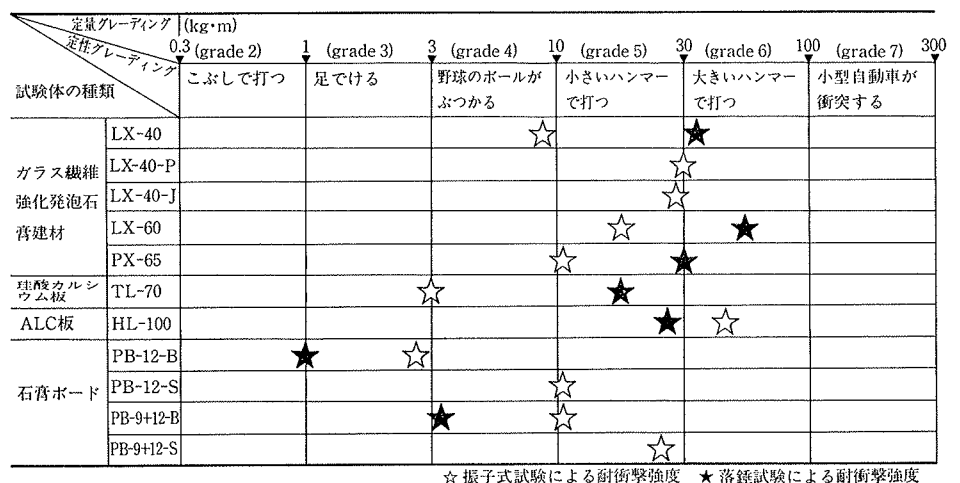


図-6 各種間仕切材の耐衝撃性能のグレーディング

ついてグレーディングすると、図—6 のようになる。間仕切材は自動車衝突しても大丈夫といった性能を有する必要は全くないが、ものを取付ける際にハンマーで打ったら穴があいたというものでも困る。即ち、衝撃エネルギーで $10 \text{ kg}\cdot\text{m}$ に耐えるものが実用的といえるようである。この点で、ガラス繊維強化発泡石膏建材は、十分な耐衝撃性能を有することが確認された。

5. あとがき

近年、間仕切壁材あるいは壁装用下地材の工法は、乾式が増大し、施工システムも簡略化する傾向にある。それに伴って新材料も多く出現しているが、それらの性能を十分に把握して使用することが必要である。耐衝撃性能は、重要な要求性能の一つでありながら、その評価方法についてもまだ統一されたものはなく、これらの研究の必要性を感じる。本試験においては繊維補強によって

衝撃エネルギーが吸収され、耐衝撃強度が増加することが顕著であることが確認された。

最後に、本研究の実施にあたり、工学院大学 今泉勝吉教授、ロンシール工業㈱技術部、内外木材工業㈱開発部の各位に御助言、御助力を載きましたことを付記し深く感謝します。

参考文献

- 1) 青山, 堀: ガラス繊維強化発泡石膏建材に関する研究 (その1), 大林組技術研究所報, No. 22, (1981), pp. 145~150
- 2) 材料設計研究委員会: 材料設計に関する研究 (第2報) —建物またはその部分に要求される条件—, 建築研究報告, 第51号, (1968)
- 3) W. Späth, M. E. Rosner: Impact Testing of Materials, THAMES & HUDSON, (1961)