

# 住居内に設けられる壁付き手すりの取付け強度に関する実験研究

# AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE STRENGTH OF HANDRAILS INSTALLED ON WALLS IN DWELLINGS

布田 健 —\*1 久保田一弘 —\*2  
 加藤正男 —\*3 西田和生 —\*4  
 佐藤克志 —\*5 古瀬 敏 —\*6  
 直井英雄 —\*7

Ken NUNOTA —\*1 Kazuhiro KUBOTA —\*2  
 Masao KATOU —\*3 Kazuo NISHIDA —\*4  
 Katsushi SATO —\*5 Satoshi KOSE —\*6  
 Hideo NAOI —\*7

キーワード：  
 手すり, 取付け強度, バリアフリー住宅, ボード用アンカー

Keywords:  
 Handrail, Strength of installation, Barrier-free Designed house, Anchor for plaster board

Handrails and grab bars are essential to support life of senior citizens and people with disabilities. However, very little technical information is available as to their retrofitting to existing dwellings, and trial and error is the normal practice. The authors conducted extensive experiments to apply force against handrails mounted on various wall structures and materials commonly found in Japanese dwellings. The acquired data are quantitatively shown. Further study will be necessary to identify how humans apply forces to handrails in order to judge the effectiveness of various retrofitting techniques in real settings.

## 1. 研究目的

高齢者・身障者の生活にとって、動作の補助となる手すりの設置は極めて重要である。このことは、社会的にも広く認識され、実際に手すりを設けた住宅、あるいは設ける準備のなされた住宅が確実に増えている。しかし、既存住宅のなかには必要な手すりを欠くものも多く、また設置したとしてもその強度的信頼性を裏付けるデータに乏しい。

そこで本研究では、居住空間の内面壁として一般的に用いられる壁構法を対象に、以下のような3シリーズの手すりの取付け強度実験を行い、手すり取付け構法選択の際の基礎データとして提示することを目的とした。

実験1: 一般的な壁面材及び壁下地材に取付けたブラケット単体荷重実験

実験2: 取付け困難な壁構法に取付けたブラケット単体荷重実験

実験3: ブラケットを2つ用いた1スパン水平手すりのレール中央荷重実験

## 2. 実験1: 一般的な壁面材及び壁下地材に取付けたブラケット単体荷重実験

住宅で一般的に用いられるせっこうボード、硬質せっこうボード、合板を壁面材として、木製柱(以下柱と称す)、木製間柱(以下間柱と称す)、軽量鉄骨(以下軽鉄と称す)を壁下地材とした場合の単体ブラケット強度実験を行った。

### 2-1. 試験体

通常一般的に用いられる壁下地材、壁面材、ブラケットを取付

表1 実験1 試験体壁仕様一覧 (注)PBはせっこうボードを示す

壁下地材	柱		間柱		軽鉄	無し
	105mm×88mm	幅35mm	幅27mm	幅27mm		
壁面材(mm)	3本止め	2本止め	3本止め	2本止め	3本止め	3本止め
PB 9.5	●	●	●	●	●	
PB12.5	●	●	●	●	●	
硬質PB 9.5		●				●
硬質PB12.5		●				●
強化PB12.5		●				
合板 5.5		●				●
合板 9						●
合板12						●
PB12.5×2枚貼り	●					
PB12.5×2枚貼り (長ネジ70mm)	●					
PB 9.5+合板5.5						●
PB 9.5+合板 9						●
PB 9.5+合板12						●
PB12.5+合板5.5						●
PB12.5+合板 9						●
PB12.5+合板12						●
PB12.5+合板 9 (接着貼り併用)						●

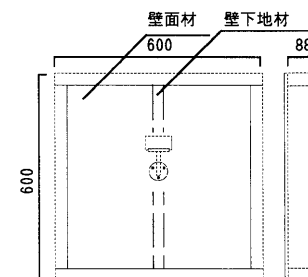


図1 試験体(壁) (単位:mm)

表2 壁下地材の樹種等及び比重

樹種又は種類	比重	
柱	ホウソウ	0.40
間柱(幅35mm)	スプルース	0.54
間柱(幅27mm)	パイン	0.45
合板 5.5mm	ホワイトウッド	0.42
合板 9mm	普通合板3類	0.55
合板12mm		0.57

\*1 独立行政法人建築研究所建築生産研究グループ 主任研究員・博士(工学)  
 (〒305-0802 茨城県つくば市立原1)

\*2 榎久保田工務店

\*3 ナカ工業(株)技術研究所開発部開発三グループ 部長代理

\*4 国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部 主任研究員

\*5 日本女子大学家政学部住居学科 助教授

\*6 独立行政法人建築研究所 住宅・都市研究グループ長・工博

\*7 東京理科大学工学部建築学科 教授・工博

\*1 Independent Administrative Institutions, Building Research Institute, Dr. Eng.

\*2 Kubota Construction Inc.

\*3 Technical Laboratory, Naka Corporation

\*4 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT

\*5 Japan Women's University

\*6 Independent Administrative Institutions, Building Research Institute, Dr. Eng.

\*7 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.

けるねじ本数の条件を組み合わせ、表1に示す壁の仕様27種類(n=3)計81体の試験体を用意した。なお、コンクリート壁のように明らかに強度が高い組み合わせや、せっこうボードとねじだけの強度の低い組み合わせ、および浴室等に用いられる湿式工法やFRPの壁は、今回の対象からはずした。

図1に試験体の概要を示す。試験体の大きさは600mm×600mmとし、外周を38mm×88mmの木材(樹種:スプルスパインファー)で補強した。木質壁下地材は表2に示す樹種・種類である。試験体中央部には、それぞれ設定した壁下地材を取付けた上で壁面材を外周枠に固定した。また、ブラケット及びレールは、メーカー等のカタログを調べ、代表的なものとして図2のような寸法・形状のものを選定した。使用したねじはタッピンねじ(サラ、径3.5mm長さ40mm)とした。なお、間柱の幅により、ねじ3本全てが有効に働かない場合もあるので、実験ではねじの本数を2本止めと3本止めの2種類に設定した。その詳細を図3に示す。

2-2. 実験方法

実験方法としては、図4に示す試験装置に試験体をセットし、油圧ジャッキを用い緩やかに加力を行い、破壊に至るまでの荷重と変位を測定した。具体的には、まず始めに60kgf(590N)まで加力し、レール上部に取付けた変位計で変位を測定後、荷重を0kgf(0N)に戻す。その後、残留変位を測定した上で再度加力し、最大荷重に至った荷重と変位の測定の後、破壊後の状況を記録した。本実験では、60kgf加力時における残留変位の試験等でガタツキに対する検討も行っているが、大きな力が手すりに加わる転倒時の場合等の安全性を優先し、破壊に至る最大荷重をもって、手すり取付け強度の評価とした。また、長期にわたる使用によって起因する手すりのガタツキは、繰り返し荷重試験による評価を必要とするが、ここでは今後の課題とした。なお、既往の研究<sup>1,2)</sup>により、転倒時に手すりにかかる荷重は水平荷重よりも鉛直荷重の方が大きいということが分かっており、本実験では鉛直荷重のみとした。また、治具等の重さが実験結果に影響を及ぼさないように、試験体は水平に保持した。

2-3. 実験結果及び考察

(1) 荷重-変位線図の状況

図5に実験結果の一例を示す。縦軸にレール上部に加えた荷重を示し、横軸にその時の変位を示す。その時の状況の一例(ねじの引抜きによる破壊)を図6に示す。図5の例からは、荷重を加えてから60kgf(A)のあたりで傾きが緩やかになっており、壁面材の圧壊が始まったとみられる。その後、荷重を除去したが、残留変位(B)が残リブラケットと壁の間にガタツキのあることが確認された。最後に最大荷重(C)まで加力を行い破壊に至るモードを記録したが、(C)の時点でねじが抜け始め荷重の低下が読み取れる。

(2) 本実験結果のバラツキ程度の検討

本実験結果全体としてのバラツキの程度をみるために、試験体間(n=3)の値を基準化し、それぞれの試験体の条件を揃えた上で全体の度数分布(図7)及び標準偏差を求めた。その結果、平均値に対する標準偏差(σ)は13%程度であることがわかった。なお同様の実験である実験2でもバラツキは同じ程度であると考えられる。

(3) 壁下地材による比較

図8に壁下地材別に見た最大荷重の平均値を示す。壁下地材の強度を比較するために、壁面材はせっこうボード9.5mmで統一した。

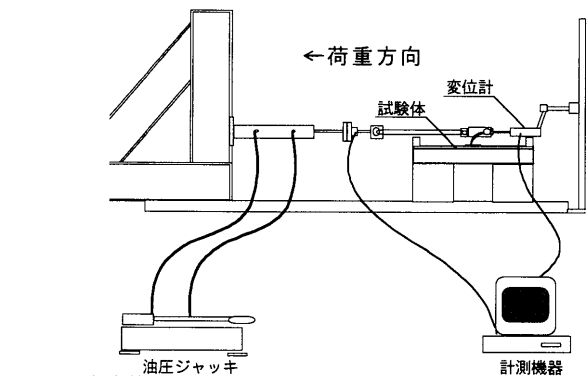
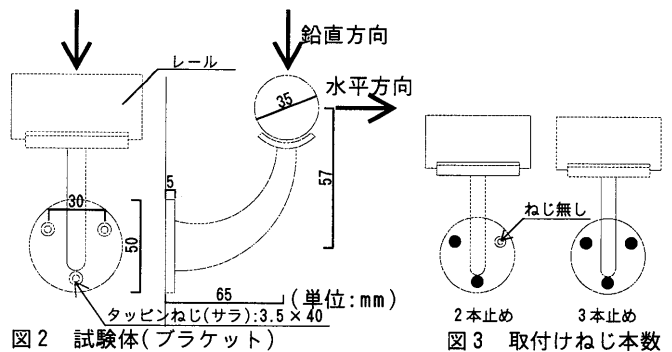


図4 試験装置

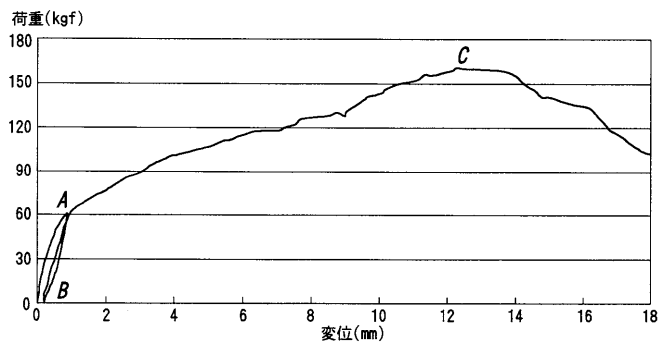


図5 荷重-変位線図の一例(せっこうボード9.5mm+柱)  
A: 60kgf時変位 B: 残留変位 C: 最大荷重

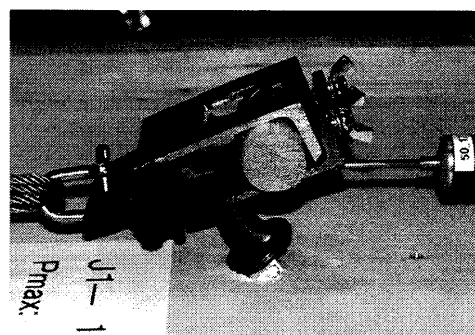


図6 破壊後の状況の一例(せっこうボード9.5mm+柱)

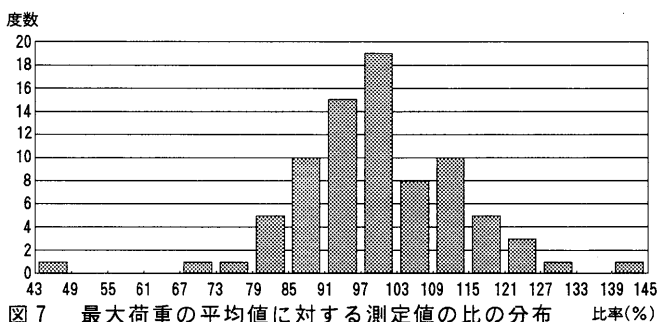


図7 最大荷重の平均値に対する測定値の比の分布 比率(%)

まず全体を比較すると、柱と間柱(幅35mm)のねじ3本止めの荷重がもっとも大きかった。これに対しねじ2本止めの場合、3本止めと比較し約50%の荷重であった。軽鉄はもっとも低い結果であり、これは軽鉄の板厚が0.8mmと、ねじのかかりが少なかったことが要因と思われる。

次に間柱(幅35mm)と柱を比較すると、間柱の取付け強度が大きかったことがわかる。ねじ単体で行った引抜き力実験(表3)によると、樹種の違いから柱よりも間柱(幅35mm)の方が引抜き力が大きく、その影響が強く出たものと考えられる。

なお、壁下地材の位置が正確にわからないという現場での施工を想定すると、実際ところ間柱にねじ3本を止めることは困難であり、2本止めの強度を実際の強度ととらえたほうが安全である。

(4)壁面材による比較

図9に壁面材別に見た最大荷重の平均値を示す。壁面材の強度を比較するために、壁下地材は無しで統一した。まず全体を比較すると、9mmと12mmの合板を用いた壁面材の強度が大きいことがわかる。反対に硬質せっこうボードや合板5.5mmを用いたものは強度が小さいことがわかる。次に合板の厚さによる強度の違いを見るために9mmと12mmを比較するとその差はほとんど認められず、その一方で合板に使用している材料の品質のバラツキが大きく影響する結果となった。

(5)ねじの長さによる比較

図10にねじの長さ別に見た最大荷重の比較を示す。ねじは40mmと70mmの2種とした。壁面材はせっこうボード12.5mmを2枚貼りとし、壁下地材に柱を用いた条件とした。これを見ると、ねじ40mmでは、最大荷重102.5kgf(1004.5N)と十分な強度が得られていないが、理由としては柱にねじが10mm程度しか掛かっていないためだと考えられる。また、ねじ70mmの場合では、最大荷重270kgf(2648N)となり、全試験体の中でもっとも大きな数値となった。他の試験体はねじの引き抜きが破壊の要因であるのに対し、本試験体は唯一ブラケットの破断がその要因であり、ねじの長さによる強度への影響は特に高いと考えられる。

(6)最大荷重データと既往基準等との照合

(財)ベターリビングの優良住宅部品認定基準<sup>3)</sup>では、「歩行補助手

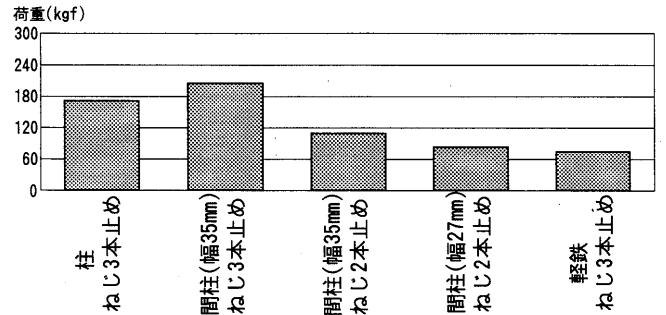


図8 壁下地材別に見た最大荷重の平均値 (壁面材:せっこうボード9.5mm)

表3 樹種別に見たねじ1本当たりの引抜き力実験 荷重(kgf)

柱		間柱(幅35mm)		間柱(幅27mm)	
木材	タッピンねじ	木材	タッピンねじ	木材	タッピンねじ
No 1	357.50	No 1	317.60	No 1	255.80
	240.00		316.00		257.60
No 2	422.30	No 2	274.80	No 2	339.90
	222.80		333.00		215.50
No 3	126.90	No 2	306.60	No 2	252.10
	112.80		288.40		246.30
No 4	327.60	平均	306.40	平均	230.30
	168.90		306.60		264.80
平均	247.35	標準偏差	306.18	平均	257.79
標準偏差	105.24	標準偏差	16.76	標準偏差	34.47

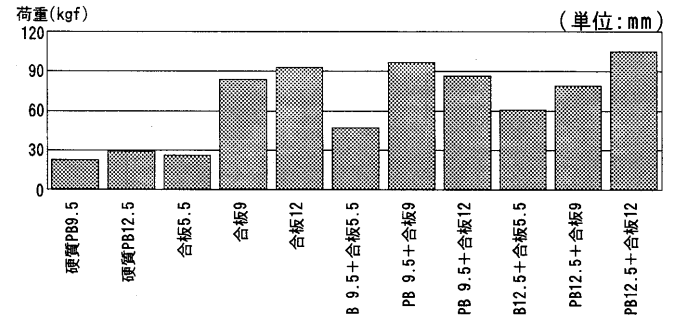


図9 壁面材別に見た最大荷重の平均値(壁下地材:無し)

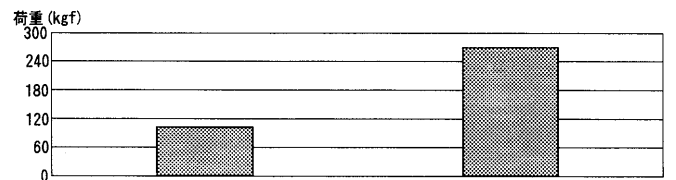


図10 ねじの長さ別に見た最大荷重の比較 (せっこうボード12.5mm×2+柱)

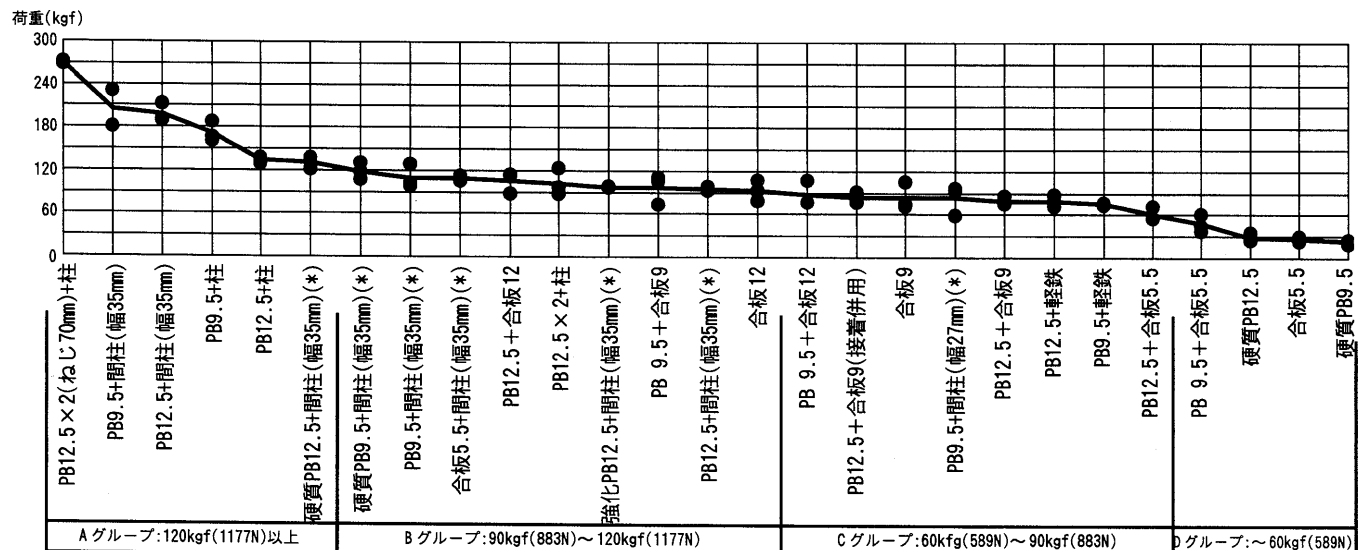


図11 実験1全試験体の最大荷重(実線は平均値、強度順に配列)

(\*)ねじ2本止めを示す

すりは、手すり中央部に1,150N(120kgf)、動作補助手すりは、手すり端部及び中央部に590N(60kgf)の荷重をかけ、レール及び取付け金物にガタツキ、外れ、破壊を生じないこと。」とある。また、人の転倒を再現し手すりにかかる荷重を測定した既往の研究<sup>1)</sup>では急激荷重試験を行っているが、短時間でも体重を超えるような荷重はかかっていない。以上の資料を参考に仮に手すりの強度の平均値からグループ分けすると、図11のようになる。これを見ると、Aグループの代表的な壁構法は柱や間柱にねじ3本止めであり、Bグループでは幅35mmの間柱にねじ2本止めや合板12mm、Cグループは合板9mmや軽鉄、Dグループは合板5mmや硬質せっこうボードという結果であった。

3. 実験2: 取付け困難な壁構法に取付けたブラケット単体荷重実験  
 実験1では、住宅で一般的に用いられる壁構法の中で、ねじが壁下地材に有効に働く事を条件に、実験項目を設定した。しかし、現状の壁構法の中には、壁面材をせっこうボードのみで構成している場合や、間柱の寸法や位置が不明なため取付ける際に困難な場合もある。そこで実験2では、これらに対処した取付け方法を取り上げ、実験1と同じ実験方法で強度実験を行った。

実験2-A: 実験1で、幅27mmの間柱では十分な寸法が取れず、ねじが2本しか効かないことがわかった。そこで、引抜き力の強いねじ(コーチスクリュー、径6mm×長さ50mm)1本で間柱に取付けた場合の強度を調べた。また、座金が壁に接する部分の面積が強度に影響するため座金の大きさを変えた実験も行った。

実験2-B: 実験1で、合板は強度のバラツキが大きく下限強度が低かったことから、強度の向上を目的としブラケットの座面の外径寸法(以下座面径と称す)を変化させ実験を行った。

実験2-C: 実験1で、硬質せっこうボードだけでは強度が低かったことから、手すりをボードに取付けるアンカー(以下ボード用アンカーと称す)を使い実験を行った。

3-1. 試験体

表4に試験体別の壁仕様を示す。試験体の大きさは実験1と同様である。また、図12、図13、図14にブラケットの取付け図を示す。

試験体2-A: 図12に示すように座金(板厚3.2mm、φ50又はφ80)をコーチスクリュー1本で間柱に取付けタッピンねじ(サラ、径3.5mm・長さ12mm)でブラケット(実験1と同じ)を座金に取付けた。

試験体2-B: 図13に示すような座面径D(φ40、φ50、φ60)の3種類のブラケットを用意し、タッピンねじ(サラ、径3.5mm・長さ40mm)3本で合板に取付けた。

試験体2-C: 図14に示すように取付けた。取付け方法を統一するために試験体2-Aと同様に座金を用いた。なお、表5に示すように用いた座金は主にφ80を使用し、部分的に座金φ50を使用した。また、ボード用アンカーは、壁にねじ1本で取付けるタイプ4種と複数のねじで取付けるタイプ2種の計6種類を用意した。

3-2. 実験方法

実験1と同じ実験方法とし、試験体面の鉛直方向に加力した。

3-3. 実験結果及び考察

(1) 実験2-A

図15に、縦軸に荷重を横軸に座面径を示した壁面材(間柱幅27mm+せっこうボード9.5mm)の最大荷重の結果を示す。同図中の実線

表4 実験2 試験体別の壁仕様一覧 (単位:mm)

壁面材	試験体2-A	試験体2-B	試験体2-C
	壁下地材	間柱(幅27mm)	無し
壁面材	1本(コーチボルト 6×50)	3本(タッピンネジ 3.5×40)	ボード用 アンカー
せっこうボード9.5	●		●
せっこうボード12.5			●
硬質せっこうボード12.5			●
合板12+せっこうボード9.5		●	

壁下地材・壁面材はいずれも実験1の試験体とした

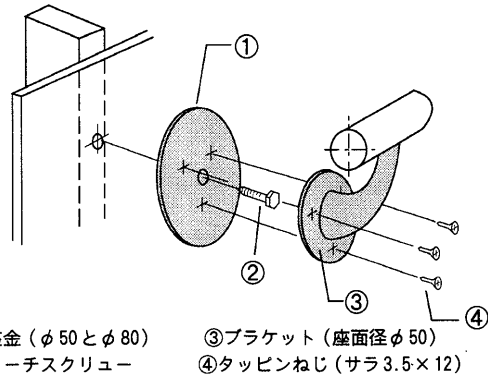


図12 試験体2-A. 間柱取付図 (単位:mm)

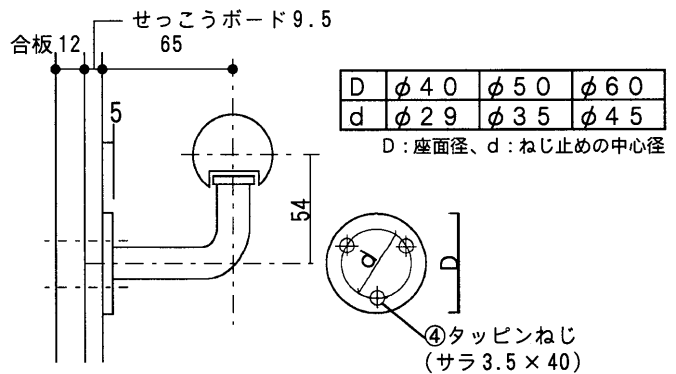


図13 試験体2-B. 合板取付図 (単位:mm)

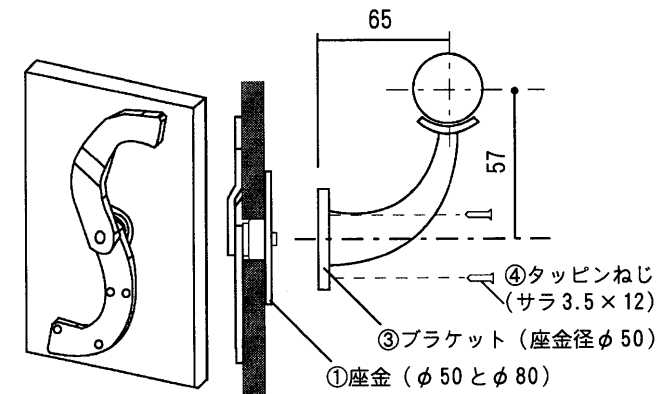


図14 試験体2-C. ボード用アンカー(一例) (単位:mm)

表5 試験体2-C. ボード用アンカーの種類別壁仕様一覧

壁面材	座金径	ボード用アンカーの種類					
		1	2	3	4	5	6
せっこうボード9.5	φ50	○	○	-	-	○	○
	φ80	○○	○○	○○	○○	○○	○○
せっこうボード12.5	φ50	○	○	-	-	○	○
	φ80	○○	○○	○○	○○	○○	○○
硬質せっこうボード12.5	φ50	○	-	-	-	○	-
	φ80	○○	-	-	○○	○○	-

-は試験体無し ○は試験体の数量を示す

は、得られた値の平均値を結んだものである。コーチスクリュー1本で座金φ50を止めた場合、実験1のタッピンねじ2本止めと比べ約1.6倍、また座金φ80では、約2倍の最大荷重であった。この試験体壁でコーチスクリューの引抜き力を計算すると、タッピンねじと比べ約2倍の強度があり、コーチスクリューを使ったこの取付け方法は効果があった。ただし、間柱のように幅の狭い木材に取付ける場合には、あらかじめ下穴を明け万一の割れを防ぐことが必要である。

(2)実験2-B

図16に、縦軸に荷重を横軸に座面径を示した壁面材(合板下地12mm+せっこうボード9.5mm)の最大荷重の結果を示す。同図中の実線は、得られた値の平均値を結んだものである。同壁での最大荷重は、座面径をφ40からφ50へ、またφ50からφ60へと10mmづつ大きくしたことで、平均1.3倍づつ荷重が増加した。また、座面径φ50でタッピンねじ4本止めとした場合の強度実験も行ったが3本止めとの差は見られず、荷重に影響のある有効なねじは3本中、上側の2本であると推測された。

(3)実験2-C

図17に、縦軸に荷重を横軸に座面径を示した各せっこうボードの最大荷重の結果を示す。同図中の実線は、得られた値の平均値を結んだものである。せっこうボードの壁に座金径φ80で取付けたボード用アンカー6種類をすべて実験した。図17を見ると、ボード用アンカーの種類によって最大荷重の差が大きかった。また、せっこうボードは板厚が厚いほど荷重が高くなり硬質せっこうボードはせっこうボードと比べてより高い値となった。座金φ50とφ80の比較ではいずれの壁でもφ80が有利となった。

4. 実験3: ブラケットを2つ用いた1スパン水平手すりのレール中央荷重実験

実験1,2では、ブラケットの取付け強度を相互に比較するため、レールを除いたブラケット単体で鉛直荷重実験を行った。しかし実際の手すりは、レールに掛かる荷重をブラケットが支えており、レールのたわみによりブラケットが回転力を受ける。したがって実際にはブラケット単体の実験よりも強度的に不利となることが予想される。そこで、単体荷重実験とブラケットを2つ用いた1スパン水平手すりのレール中央への荷重実験を行い、両者を比較することとした。

4-1. 試験体

一般的に使われているレールの中から表6に示すような剛性の異なるレール材(集成材、樹脂被覆鋼管、ステンレス鋼管)3種類と、表7に示す実験1,2で用いた壁面材及び壁下地材とブラケット取付け方法を組み合わせて、図18に示すような試験体計9体(n=1)を用いて実験を行った。試験体の大きさは1820×600(mm)とし、ブラケットの間隔は910mmとした。なお、ブラケットは実験1,2と同じとした。

4-2. 実験方法

実験方法は、試験体の大きさに伴う取付け方法に違いはあるが、その他は実験1,2と同様である。測定方法はレール中央部に鉛直荷重を加え最大荷重を測定し、ブラケット2カ所とレール中央部の合計3カ所の変位量を測定した。

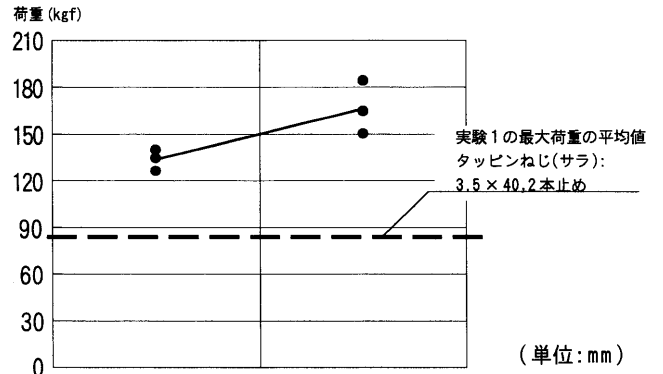


図15 実験2-A. 間柱(幅27mm)の最大荷重(実線は平均値)

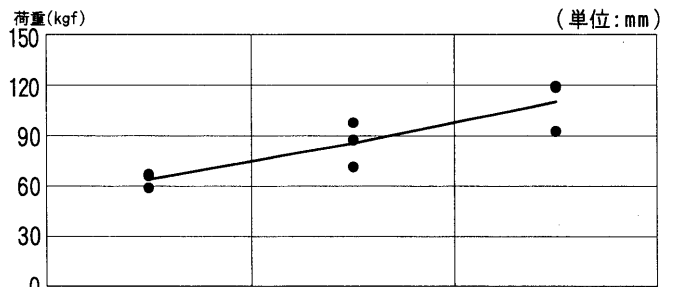


図16 実験2-B. 合板(12mm)の最大荷重(実線は平均値)

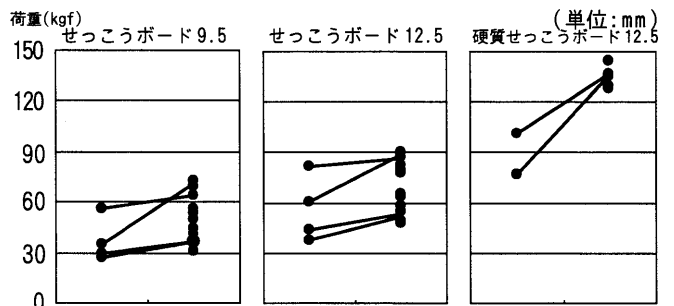


図17 実験2-C. ボード用アンカーの最大荷重(実線は平均値)

表6 実験3 試験体(レール) (単位:mm)

集成材	樹脂被覆鋼管	ステンレス鋼管

表7 実験3 試験体(壁とブラケット) (単位:mm)

壁	ブラケット取付け方法
PB9.5mm+間柱(幅35mm)	タッピンねじ2本効き(3.5×40)
PB9.5mm+合板12mm	タッピンねじ3本止め(3.5×40)
PB9.5mm	ボード用アンカー(表3による取付具①、φ80)

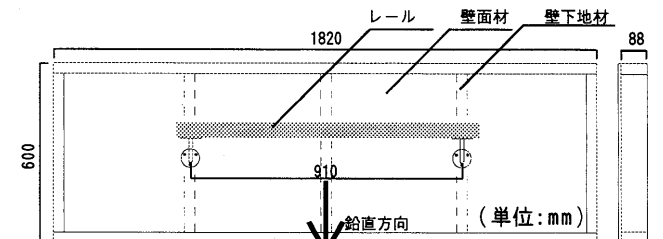


図18 実験3 試験体の一例(PB9.5mm+間柱幅35mm, ネジ2本効き)

4-3. 実験結果及び考察

図19は、縦軸に荷重を横軸にレール材質をとり、各取付け工法の最大荷重を示したものである。いずれの壁においても、ステンレス鋼管が3種類のレールのうち最大荷重が大きかった。これはステンレス鋼管のレールが、たわみにくく剛性が高いため、ブラケットにかかる回転力が少ないためである。実験1,2で行ったブラケット単体の荷重と本実験のブラケット1つ分にかかる荷重を比較すると、およそであるが集成材のレールで80%、樹脂被覆鋼管で約83%、ステンレス鋼管で約91%の値となった。したがって、単体荷重試験からレールを組み付けた手すりの壁取付け強度を推測するには、レール自身の剛性の違いを考慮し先に示した程度の強度低減を見込むことが必要となる。ただし具体的にはレールの剛性の値やブラケットの設置間隔を考慮し、実験検討を行う必要がある。

5. まとめと今後の課題

実験1では、代表的な壁と手すりブラケットを試験体として、手すり取付け強度を調べ序列化を図り、手すり取付けに有利な壁と不利な壁を明らかにした。この中で、取付け強度の低い壁については何らかの補強が必要であり、その中から、取付け強度を増す方法として下記1~3を示した。

1. ブラケットの座面径を大きくする
2. ブラケットを取り付けるネジの引抜き力を高める
3. せっこうボードの壁に取付けるボード用アンカーの使用

また、実験3では、レール中央部への荷重試験を行い、レールの剛性が高いほどブラケット単体荷重試験の結果に近づくことを定量的に示した。

以上、本研究により、手すりの取付け構法を選択する際に必要となる基礎的な強度データを提示できた。今後の課題として、人が手すりに加える力などの荷重条件について検討を加え、これと本研究で得られたデータとを照合することによって、各種取付け構法の実用性について判定が可能になると考えられる。なお、本研究は、「住宅内の手すりの取付けシステムに関する調査委員会」<sup>(注)</sup>の調査研究の一環として行ったものである。

注): 住宅内の手すりの取付けシステムに関する調査委員

東京理科大学、日本女子大学、ナカ工業(株)、フクビ化学工業(株)、石膏ボード工業会、積水ハウス(株)、永大産業(株)、(財)ベターリビング、国土交通省 国土政策技術総合研究所、独立行政法人 建築研究所

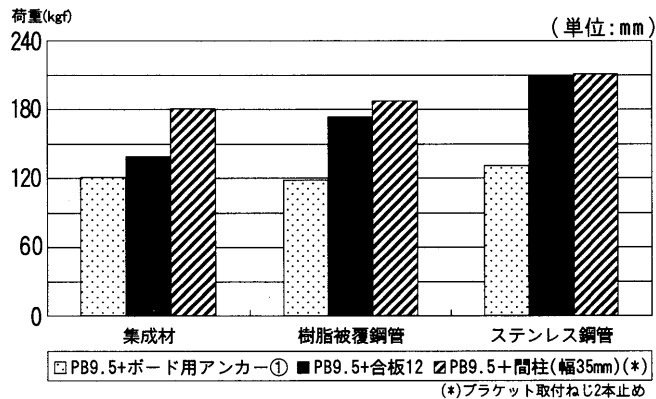


図19 実験3 全試験体の最大荷重

参考文献

- 1) 平成7~9年度:(社)日本リハビリテーション医学会:「通商産業省工業技術院委託歩行補助具及び介護機器標準化調査研究報告書」
- 2) 田中真二・木村岳史・後藤義明・庄野隆・布田健・古瀬敏:「L型手摺の使い方に関する実験立ち座りの補助として使われるL型手摺に関する研究その1」 1998年日本建築学会大会梗概集
- 3) (財)ベターリビング:「優良住宅部品認定基準(歩行・動作補助手すり)」
- 4) 國井清照・高橋英如・野村歡・八藤後猛:「立ち上がり動作実験装置の製作および動作の基礎的研究 便所で立ち上がり動作を補助する手すりの研究その1」 1999年日本建築学会大会梗概集

[2002年4月19日原稿受理 2002年11月8日採用決定]