

段差移動の「負担感」と「筋負担」との 対応関係に関する実験研究

段差 筋電図 筋負担
負担感

正会員 ○垂井 健吾*1 同 久保田 一弘*2
同 布田 健 *3 同 萩原 一郎 *4
同 直井 英雄 *5

1. 研究目的

建築内外での段差については、「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律」の中で、各種段差高さに関する基準が提示されているが、その根拠となるものは具体的に示されていない。

本実験研究は、各種段差移動時の「筋負担」を表面筋電計により定量的に測定し、同時に、その時の心理的な負担の感覚（以降「負担感」と称する。）を相対的に比較することにより、負担の感覚（心理量）と筋電計による生理的な評価値（物理量）との間の関係を明らかにし、各種指針類の根拠となりうる基礎資料を提示することを目的とする。

2. 実験内容

(1) 実験諸元

- a. 実験日時：2007年9月10、11日
- b. 実験場所：独立行政法人 建築研究所
- c. 被験者数：本学の学生5人（うち女性1人）、服装および履物は全員同じタイプのものを使用した。
- d. 実験装置：建物で通常出てくる段差の寸法範囲を考慮し、図1のような段差部分を含む全歩行距離2mの装置を作り、踏み切り側段差高さを立ち上がり高さ（h1）、着地側段差高さを下がり高さ（h2）とする。なお、またぎ幅は全て100mmとした。表1に実験を行った段差一覧を示す。
- e. 使用機器：筋電の計測には株式会社エイチ社の TRIAS システムを採用した。

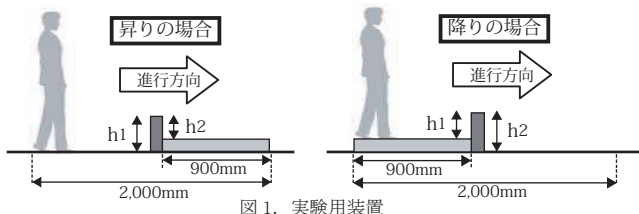


図1. 実験用装置



図2. 実験風景

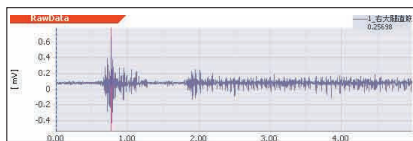


図3. 筋電計測定データ例

(2) 実験方法

- a. 「負担感」の測定
 - まず、「負担感」の評価基準として単純段差昇り100mmを1、200mmを2、300mmを3、400mmを4と定め、実験前に実際に装置を昇り、評価基準を十分に確認した。
 - 次に、表1に示す実験番号5～24の各種段差の昇降動作が、「負担感」の基準（実験番号1～4）に対して、相対的にどの程度の負担と感じるかを評価し、数値として測定した（最小単位は小数点第一位）。尚、実験途中で評価基準の「負担感」が曖昧になったときは、都度その基準を確認できるように確認用の装置を実験室内に配置した。

表1. 実験段差一覧

単純段差昇り	1	2	3	4
	h1=100 h2=0	h1=200 h2=0	h1=300 h2=0	h1=400 h2=0
単純段差降り	5	6	7	8
	h1=0 h2=100	h1=0 h2=200	h1=0 h2=300	h1=0 h2=400
またぎ(段差なし)	9	10	11	12
	h1=100 h2=100	h1=200 h2=200	h1=300 h2=300	h1=400 h2=400
またぎ段差昇り	13	14	15	
	h1=200 h2=100	h1=300 h2=200	h1=400 h2=300	
またぎ段差降り	16	17	18	
	h1=300 h2=100	h1=400 h2=200	h1=400 h2=100	
またぎ段差降り	19	20	21	
	h1=100 h2=200	h1=200 h2=300	h1=300 h2=400	
またぎ段差降り	22	23	24	
	h1=100 h2=300	h1=200 h2=400	h1=100 h2=400	

単位 (mm)

- b. 表面筋電計による「筋負担」の測定
 - 表1に示す実験番号1～24について、歩行開始から終了までを含む4秒間の表面筋電を測定した。
 - 測定は左右の大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋の計8箇所とし、筋電計測は各段差ごとに3回行った。被験者には歩行開始の踏み出しおよび、段差を昇る・降りる・またぎ際の立脚を左右どちらかに予め決めてもらい、歩行開始から昇降動作までの歩数が同じになるようにし、終点到達後は起立の姿勢のまま計測が終わるまで静止してもらった。
 - 尚、本研究において、筋電積分値は開始から終了までの歩行部分も含めた8ヶ所全ての筋電積分値の総和とし、筋電最大値は、全ての測定箇所の中で最も最大値が多く計測された立脚側の大腿二頭筋のデータを採用した。

3. 実験結果及び考察

(1) 単純段差昇りと単純段差降りについて

- a. 「負担感」による比較
 - 評価基準である昇りに対し、降りの場合も、高低差が大きくなるほど「負担感」の評価値も大きくなっている。
- b. 「筋負担」による比較
 - 昇り・降りに特に大きな差は見られないが、昇りの方が筋

An experimental study on relationship of perceptual muscle load and physical muscle load by electro-myogram during walking over difference of floor level

TARUI Kengo et al.

電積分値、筋電最大値共にやや大きな値を示している。昇りの場合は比較的大きな筋肉を使って、遊脚を持ち上げる動作、高い場所への体重移動が含まれることが要因と考えられる。

(2) またぎ歩行(段差なし)について

a. 「負担感」による比較

またぎ高さに応じて「負担感」も増しているが、単純段差に比べ着地側に高低差が無いこともあり、やや低めの値となった。

b. 「筋負担」による比較

筋電積分値は、またぎ高さに応じて増しているが、単純段差昇りと単純段差降りとの中間ぐらいの値となった。遊脚を上げる動作を含むが、体重移動の必要がないことが関係しているようである。一方、筋電最大値は、またぎ高さに比例した単純な関係は見出せなかった。

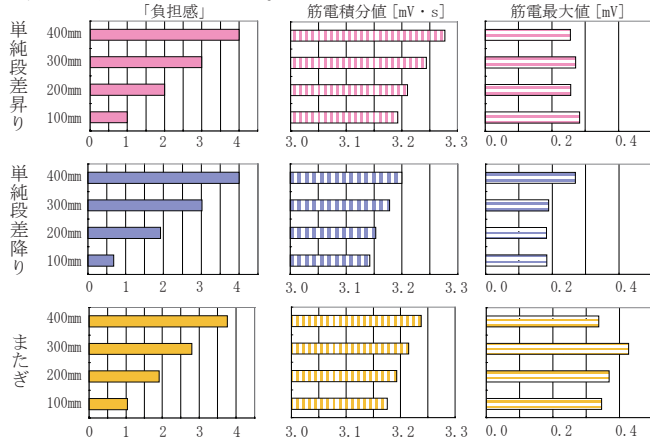


図4. 単純段差昇り・降り・またぎ実験結果一覧(全被験者平均)

(3) またぎ段差昇りについて

a. 「負担感」による比較

高低差が同じ場合は、立ち上がり高さに応じた相関が認められるが、立ち上がり高さと同じ場合については高低差に応じた単純な相関は確認できない。

b. 「筋負担」による比較

筋電積分値に関しては「負担感」同様、高低差が同じ場合、立ち上がり高さに応じた相関が認められる。その他の条件、および筋電最大値に関しては、単純な相関は確認できない。

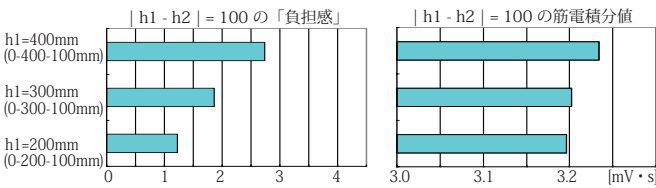


図5. またぎ段差昇り: 同じ高低差(100mm)でのh1の違いによる比較

(4) またぎ段差降りについて

a. 「負担感」による比較

高低差が同じ場合は立ち上がり高さに応じた、また、立ち上がり高さと同じ場合は高低差に応じた「負担感」の大小関係が認められる。

b. 「筋負担」による比較

筋電積分値は「負担感」と似た大小関係の傾向を示すが、筋電最大値に関しては一定の法則性がみられない。

またぎ段差は昇り・降りともに、高低差のある場所をまたぎながら移動するという動作の複雑性のために、歩き方や体の捻りなどが、「筋負担」に影響を及ぼし、各々の結果にばらつきを与える要因になった。

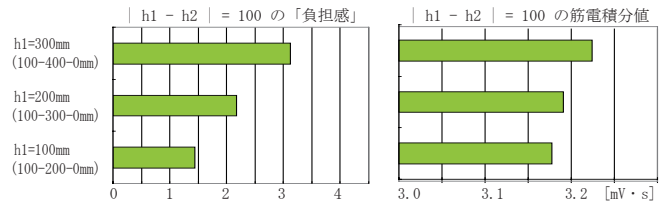


図6. またぎ段差降り: 同じ高低差(100mm)でのh1の違いによる比較

(5) 数量化I類分析による影響程度の比較

数量化I類分析によりh1、h2および|h1-h2|の影響程度を分析した結果、以下のような結果となった。(※図7は筋電積分値についての数量化I類分析の結果である。)

「負担感」・・・h1 ≒ h2 < |h1-h2|
 「筋負担」・・・h2 < |h1-h2| << h1

アイテム	カテゴリ	カテゴリスコア				
		-0.04	-0.02	0	0.02	0.04
種別	昇り					
	降り					
立ち上がり高さ(h1) [mm]	100					
	200					
	300					
	400					
下がり高さ(h2) [mm]	0					
	100					
	200					
	300					
高低差 h1-h2 [mm]	0					
	100					
	200					
	300					
またぎ	100					
	200					
	300					
	400					

図7. 数量化I類分析結果 筋電積分値における影響程度の比較

(6) 「負担感」と「筋負担」の対応関係について

以上の実験結果から「負担感」と「筋負担」の間には、概ね相関関係が認められることが分かった。特に単純段差およびまたぎ歩行(段差なし)については、図4に示すとおり、その傾向が顕著で、図8のとおり心理量と物理量の間に比例関係が確認できた。

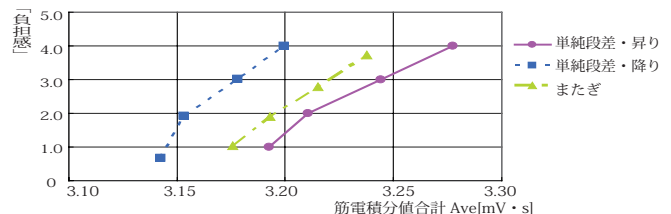


図8. 「負担感」(心理量)と「筋負担」(物理量)の関係

4. まとめ

本研究により各種段差について「負担感」と「筋負担」(特に筋電積分値)において概ね対応関係が認められた。ただし、またぎ段差昇り・降りのような複雑な動作を伴うものについては、更に検証が必要である。

なお、本研究の実験を行うにあたり、(独)建築研究所のユニバーサル実験棟をご提供いただいた。また、研究の遂行にあたり、平成19年度卒研究生小池智美氏、同佐藤妙子氏の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献・参考資料

- 「段差歩行の負担感に関する実験研究」/ 福田竜 日本建築学会大学学術講演梗概集 pp. 1017-1018. 2000
- 長寿社会対応住宅設計マニュアル(集合住宅編) / (財)高齢者住宅財団
- 「表面筋電図」(バイオメカニズム学会編) / 東京電機大学出版局
- 高齢者・障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律(バリアフリー新法) (2006年6月21日公布、同年12月20日施行)

*1 東京理科大学 大学院生
 *2 東京理科大学 工学部 補手 工修
 *3 独立行政法人 建築研究所 博士(工学)
 *4 独立行政法人 建築研究所 工博
 *5 東京理科大学 工学部 教授 工博

*1 Graduate Student, Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science
 *2 Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, M. Eng.
 *3 Building Research Institute, Dr. Eng.
 *4 Building Research Institute, Dr. Eng.
 *5 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, M. Eng.