

人が集団で建物に加える力を把握するための実験研究 (その2)

○ 正会員 関谷 知之¹
同 岩井 今朝典²
同 直井 英雄³

■研究目的■

壁や手摺などの各部構造の設計に用いることを目的として、建物に加えられる人の力を測定し、荷重値の提案を行った研究は、既に何編か発表されている(文献1・2・3・4・5)。本研究は、これらの研究では必ずしも十分ではなかった、人の力のばらつきの把握や集団での力の把握をねらいとしている。昨年度は、人が集団になった時の力の測定を行ったが、縦方向にならんで加力した場合については、パニック時などの加力状態を想定しておらず、この点で不十分なものであった。そこで本研究では、このような状態を想定した実験を行い、基礎データを把握することを目的とする。

■実験概要■

(1) 実験装置 測定には、加力部には平面板を用い、床は合板敷きとした。加えられた力はロードセルによって感知し、動歪測定器を通して、データアナライザーにより記録した。実験装置は図1に示す。

(2) 実験項目 図2-1のように前(加力方向)のみ壁とした片側開放状態で、縦に並び加力する。この時、足の位置は自由とし、最も押しやすい姿勢で加力した。人数は、人体に危険の及ばなかった1人~4人までを測定した。また、参考のため図2-2のように前後(加力方向)を壁とした閉鎖状態での加力も測定した。

(3) 実験方法 過去のデータと照合できるようにするため、測定値は瞬間最大値とし、素手、素足で加力する。試行回数はいずれも20回とした。測定間隔は、通常、筋肉の疲労が回復するといわれている2分間に設定した。

(4) 被験者 被験者は、青年男子(本学学生:22~25才)4人を対象とした。被験者の平均身長176cm、標準偏差4.9cm、平均体重69kg、標準偏差6.7kgであり、これは青年男子の代表として、特に偏ったものではないと判断できる。

■実験結果及び考察■

図3は測定結果の一覧である。前のみ壁とした状態で加力した場合、加力人数が増えても、一人当たりの負担する力は減少していくことがわかる。

次に、実験結果と被験者の体験より、集団での一人当たりの荷重値を推定してみる。図2-1から、1番後ろの人は一人で加力した時と同じ力で押せるものと思われる。二人で押す場合、先頭の人は、一人で加力する時よりも、後ろからの加力

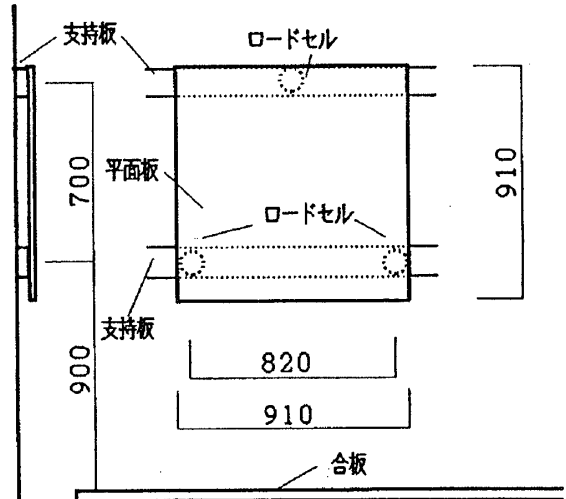


図1 実験装置

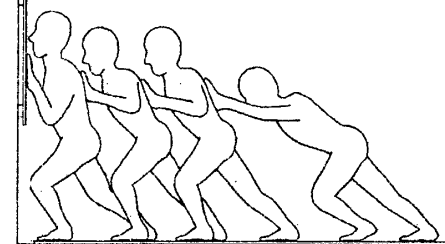


図2-1 開放状態での加力

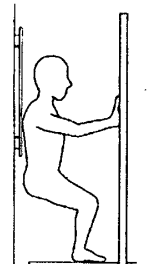


図2-2 閉鎖状態での加力

加力項目	被験者	測定値(kgf)			
		50	100	150	200
個人加力(開放)	1人 A		●		
	B		●		
	C		●		
	D		●		
集団加力(開放)	2人 A+B		●		
	3人 A+B+C		●		
	4人 A+B+C+D		●		
個人加力(閉鎖)	1人 A			●	
	B			●	
	C			●	
凡例					

図3 測定結果

Experimental study to grasp forces acted to buildings by group of men(2)

Sekiya Tomoyuki et al.

により上体がつぶれ、押しづらくなる。このため、一人の時のおよそ0.48倍の力となる。三人で押す場合、先頭の人、真ん中の人より更に押しづらくなり、一人の時の、およそ0.38倍の力となる。同様に四人で加力した場合、先頭の人、およそ0.25倍の力となる。以上を勘案すると、低減率は0.74と予測できる。すなわち、後ろから2番目以降の人（ n 番目の人）の荷重値は、一人で加力した場合の、およそ $99 \times 0.48 \times 0.74^{n-2}$ と予測できる。この計算式より予測される一人当たりの荷重値と、実験より得られた一人当たりの荷重値とを、図4に示した。

図5は、図4と本研究の一昨年のデータとの比較をして、集団における荷重値の予測をしたものである。2人以上（ n 人）での荷重値は、およそ $99 + 99 \times 0.48 \times 0.74^{n-2}$ と予測できる。一人目から四人目までの加重値のばらつきとして、平均値±標準偏差（ σ ）を表示した。五人目以降のばらつきは、その σ の平均をとり、平均値 $\times 0.086$ とした。

ここで、図5のグラフと図6の(a)式から、10人目以降の予測値は、およそ280kgf（ $\sigma=24.5$ kgf）で横這い状態となる。図のように人体の肩幅を約40cmとすると、1m当たり2.5人並ぶことになる。したがって、昨年のデータを加味すると、集団における1m当たりの平均値の予測は、図6の(b)式からおよそ564kgf/m（ $\sigma=48.5$ kgf/m）となる。そこで、過去の研究でパニック時に最も近い実験を行っている、文献1の集団における測定結果600kgf/mと比較してみると、今回の予測値のばらつきの範囲内にとどまるので、本研究の予測値はそうおかしくないと思われる。

なお、前後を壁とした状態での荷重値については、前のみ壁とした状態での荷重値よりも、およそ9割増しとなることが図3から読みとれる。ただし、二人以上については、作用、反作用の法則により双方の力が打ち消し合うものと考えられ、一人の場合以上の値にはならないと思われる。

■まとめと今後の課題■

以上により、パニック時等における集団での荷重値がおよそとらえられた。これでもなお、予想できない範囲は残るが、本研究のような人体実験では、これ以上は無理であると思われる。今後は、集団の時のばらつきについてのより厳密な検討も必要であると考えられる。なお、この研究に際しては、平成5年度東京理科大学卒研究生高川秀樹君ならびに森良介君の協力を得た。ここに謝意を表す。

- (文献1) 松下清夫：建築安全計画（鹿島出版会）
- (文献2) 宇野英降・直井英雄他：人間が建物におよぼす諸力に関する実験研究—手すりの場合—（日本建築学会大会学術講演梗概集、1977年）
- (文献3) 遠藤佳宏・直井英雄・宇野英降：建物に作用するヒトの力に関する研究その1（日本建築学会論文報告集 第298号・昭和55年12月）
- (文献4) 田中研・岩井今朝典・直井英雄：建物に作用するヒトのばらつきを把握するための実験（日本建築学会大会学術講演梗概集、1992年）
- (文献5) 関谷知之・岩井今朝典・直井英雄：人が集団で建物に加える力を把握するための実験研究（日本建築学会大会学術講演梗概集、1993年）

*1東京理科大学 大学院生
 *2東京理科大学 助手
 *3東京理科大学 教授 工博

Graduate Student, Dept. of Architecture, Faculty of Eng, Science Univ. of Tokyo.
 Reserch assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Eng, Science Univ. of Tokyo.
 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng, Science Univ. of Tokyo, Dr.Eng.

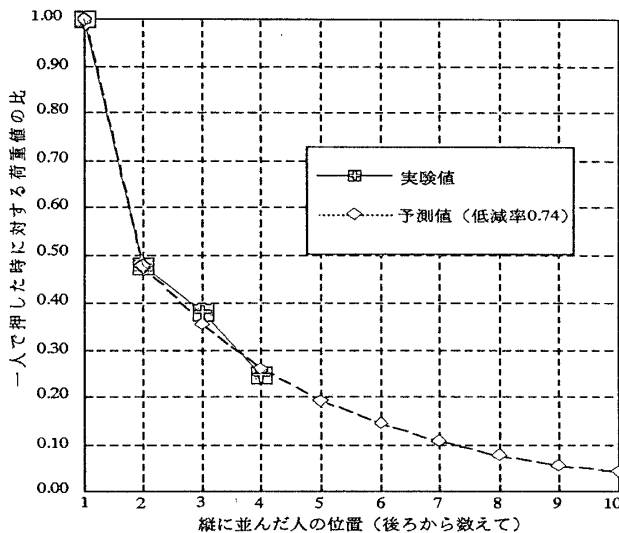


図4 並んだ人の位置による荷重値の低減率

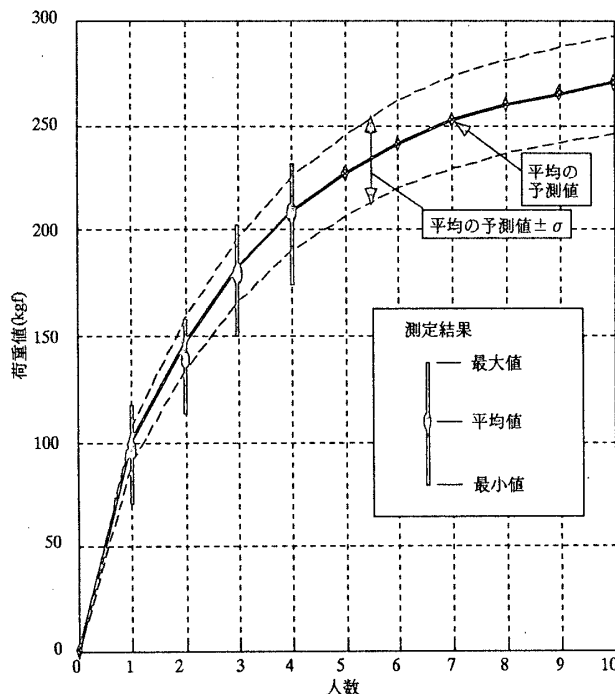
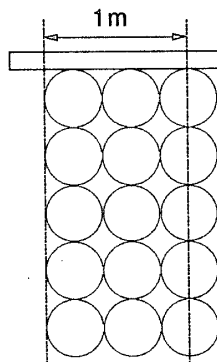


図5 集団での加力の測定値及び予測値



縦に並んで集団で加力した場合の予測値は、

$$99 + \sum_{n=2}^{\infty} (99 \times 0.48 \times 0.74^{n-2}) = 282\text{kg} \quad \dots\dots(a)$$

昨年の研究データから、壁にむかって隙間なく並んで押したと考えた時の1メートル当たりの荷重値は、

$$282\text{kg} \times 2.5\text{人} \times 0.8 = 564\text{kg/m} \quad \dots\dots(b)$$

図6 集団での加力の算定例