

长方体劈裂试验的可行性研究

刘勇军¹, 朱岳明¹, 曹为民², 沈洪俊¹

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 水利部淮河水利委员会, 安徽 蚌埠 230001)

摘要 分析了长方体劈裂试验的可行性, 得到了抗拉强度值和试件尺寸的关系, 并且找到了可替代巴西试验的长方体宽高比范围, 对各种宽高比所得的拉应力值进行误差分析和优劣对比, 指出了替代巴西试验的长方体最佳宽高比.

关键词 长方体 抗拉强度 劈裂试验

中图分类号: TB302

文献标识码: A

文章编号: 1000-1980(2001)05-0100-03

材料的抗拉强度是一个很重要的参数, 通常由试验来确定. 其传统的测定方法有两种, 一种是巴西试验, 即在圆柱形试件 (又称巴西试件) 直径两端加上线荷载加压至劈裂破坏, 如图 1 所示; 一种是立方体劈裂试验^[1], 即在标准立方体试件 (150 mm × 150 mm × 150 mm) 中心线上加压至劈裂破坏. 在巴西试验中, 由于试件直径上的拉应力弹性解容易求得, 且是准确均匀的, 所以到目前为止巴西试验是公认的测定抗拉强度的最佳方法之一. 巴西试验的弹性解为^[2]

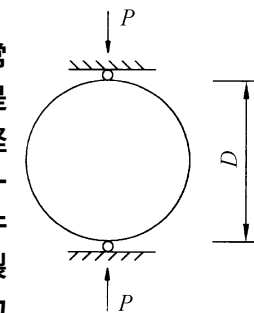


图 1 圆柱体劈裂试验

Fig. 1 Cylinder split test

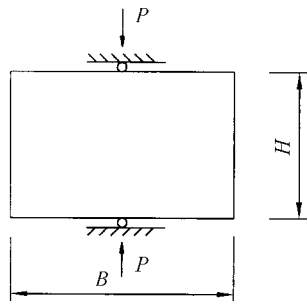


图 2 长方体劈裂试验

Fig. 2 Cuboid split test

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL} \quad (1)$$

式中: P ——线荷载; D ——试件直径; L ——试件长度.

但是, 巴西试件是圆柱形试件, 有时候不容易得到; 立方体试件容易加工, 但其准确程度难以确定. 而长方体试件是常见的或是容易得到的, 如砖、混凝土块等, 因而用长方体作试件有时比用巴西试件和立方体试件更为方便. 但是, 长方体劈裂试验能否替代巴西试验和立方体试件? 如果能的话, 用什么样的长方体可获得足够精确的抗拉强度值? 本文劈裂试验就这一问题进行探讨.

1 长方体劈裂试验及数值计算

长方体劈裂试验和巴西试验类似, 在中线两端加集中的线荷载, 如图 2 所示, 加压至长方体产生劈裂破坏.

由于长方体劈裂试验的弹性解不易求得, 本文用有限单元法进行求解^[3], 长方体劈裂试验是一平面应力问题, 用普通平面有限元即可. 令长方体的高为 2, 宽为 $2b$, 取单位宽度 1, 由试件尺寸和荷载的对称性, 取四

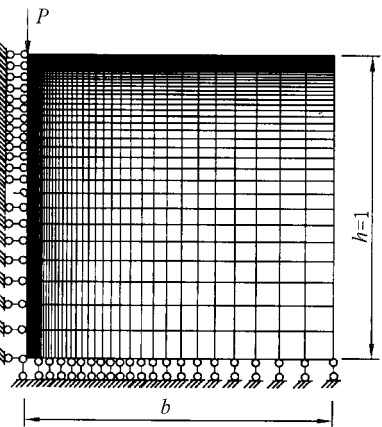


图 3 网格及约束示意图

Fig. 3 Meshes and constraints

分之一进行计算. 网格划分共 1600 个单元,1681 个节点,加上约束,如图 3 所示. 设荷载 $P=1$,弹性模量 $E=30\text{ GPa}$,泊松比 $\mu=0.20$,本文取各种宽高比进行计算,得到中线上的拉应力值,计算结果如图 4 所示.

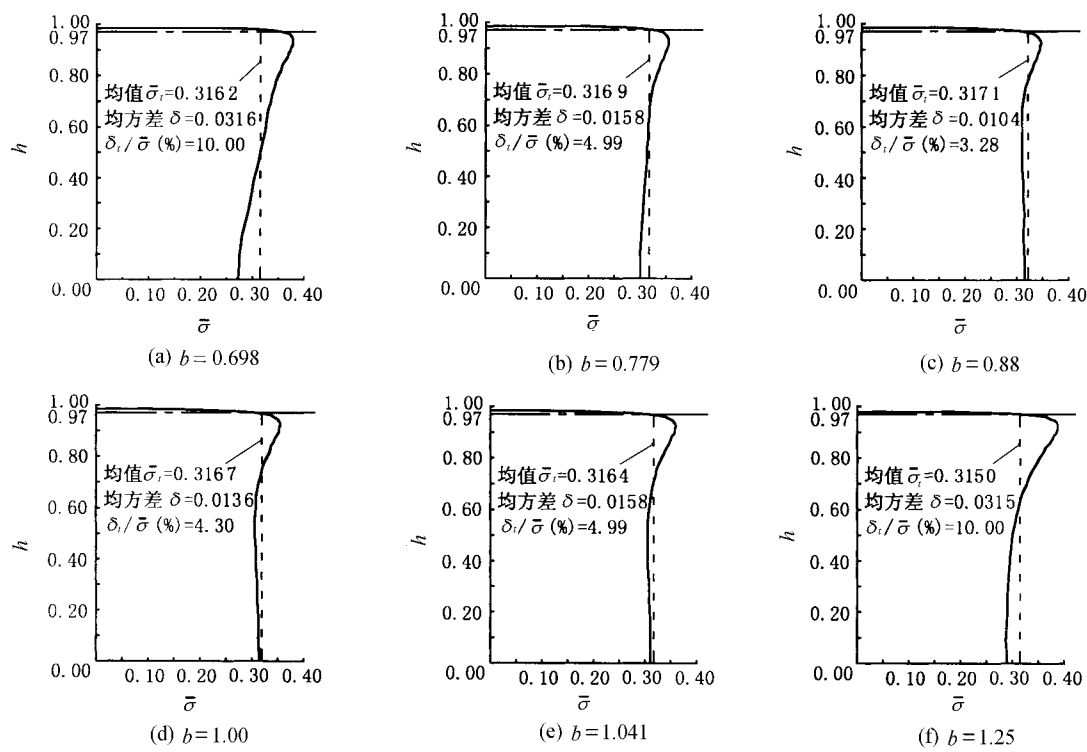


图 4 各种宽高比对应中线上的拉应力值

Fig.4 Tensile stress at center line for various width-height ratios

2 计算分析

由于两端是由集中荷载加压,在受力点附近产生应力集中,因而在受力点附近不能准确地反映整个试件的受拉状况.从计算结果来看,从 0.00 到 0.97 高度范围内受拉状况良好,可作为结果分析的依据.计算从 0.00 到 0.97 高度范围内的拉应力均值 $\bar{\sigma}_t$ 及均方差 δ ,如表 1 所示.

表 1 拉应力均值 $\bar{\sigma}_t$ 及均方差 δ

Table 1 Average values $\bar{\sigma}_t$ and mean square deviations of tensile stress							
宽高比	均值 $\bar{\sigma}_t$	均方差 δ	$\delta \cdot \bar{\sigma}_t^{-1} / \%$	宽高比	均值 $\bar{\sigma}_t$	均方差 δ	$\delta \cdot \bar{\sigma}_t^{-1} / \%$
0.698	0.3162	0.0316	10.00	0.950	0.3169	0.0116	3.66
0.750	0.3167	0.0202	6.36	1.000	0.3167	0.0136	4.30
0.779	0.3169	0.0158	4.99	1.041	0.3164	0.0158	4.99
0.800	0.3170	0.0135	4.27	1.100	0.3160	0.0198	6.27
0.850	0.3171	0.0108	3.40	1.150	0.3157	0.0236	7.48
0.880	0.3171	0.0104	3.28	1.200	0.3153	0.0276	8.76
0.900	0.3171	0.0105	3.32	1.250	0.3150	0.0315	10.00

之所以选定巴西试验测定抗拉强度,主要原因之一就是巴西试件直径上的拉应力值是准确均匀的.由图 4 可看出,长方体中线上拉应力值并不是准确均匀的,但是有些宽高比的拉应力值趋向均匀,对比巴西试验,可把中线上拉应力值的均匀性作为衡量试件的优劣.判断均匀性通常以均方差和均值的比值来衡量,从工程应用来看,其比值在 5% 以内是可以接受的^[4].经优化计算,均方差和均值的比值在 5% 以内对应的宽高比 b 为 0.779~1.041,应用时可取 $b=0.78\sim1.04$,其中当 $b=0.88$ 时均方差为 3.28%,已经比较均匀了,可视为最佳宽高比.如果对工程要求不高,均方差和均值的比值可控制在 10% 之内^[5],这样,相应的 $b=0.698\sim1.25$,实际取 $b=0.7\sim1.25$ 即可.

从均值上看, $b=0.72\sim1.28$ 之间的均值为 0.315~0.317,变化幅度不大,如表 2 所示,实用时可取为

0.317,设定巴西试验的直径为 2,其它参数同长方体试验.由式(1)可得 $\bar{\sigma}_t' = 0.318$,令长方体高 H 与巴西试验的直径 D 相等,则 $\bar{\sigma}_t/\bar{\sigma}_t' = 0.996$,不同宽高比与巴西试验的拉应力比值如表 2 所示.

表 2 长方体劈裂试验 $\bar{\sigma}_t$ 与巴西试验 $\bar{\sigma}_t'$ 比较

Table 2 Comparison between $\bar{\sigma}_t$ with cuboid split test and $\bar{\sigma}_t'$ with cylinder split test

宽高比	$\bar{\sigma}_t/\bar{\sigma}_t'$	$\bar{\sigma}_t/\bar{\sigma}_t' = 0.996$ 时误差/%	宽高比	$\bar{\sigma}_t/\bar{\sigma}_t'$	$\bar{\sigma}_t/\bar{\sigma}_t' = 0.996$ 时误差/%
0.698	0.993	- 0.20	0.950	0.996	0.00
0.750	0.995	- 0.10	1.000	0.995	- 1.10
0.779	0.996	0.00	1.041	0.994	- 0.20
0.800	0.996	0.00	1.100	0.993	- 0.30
0.850	0.996	0.00	1.150	0.992	- 0.40
0.880	0.996	0.00	1.200	0.991	0.50
0.900	0.996	0.00	1.250	0.990	- 0.60
0.950	0.996	0.00			

由表 2 可知,不同的高宽比对应的拉应力值与巴西试验所得的拉应力值的比值变化幅度不大,若取值 $\bar{\sigma}_t = 0.317$,则产生的最大误差也不足 1.0%,一般在 0.5% 以内,此时 $\bar{\sigma}/\bar{\sigma}_t' = 0.996$.可表达为

$$\sigma_t = 0.996 \frac{2P}{\pi HL} = 0.634 \frac{P}{HL}$$

式 中 : P ——线荷载 ; H ——长方体试件高 ; L ——试件长.规范^[1]规定立方体劈裂试验的抗拉强度 $\sigma_t = 0.637 \frac{P}{HL}$,本文结果和规范规定相差极小,可认为是一致的,应用时可通用.

3 结 论

用长方体作劈裂试验完全可行,且误差控制在允许范围之内 ;用长方体作劈裂试验时宜控制长方体的宽高比在 0.78 ~ 1.04 内,宽高比 0.88 时为最佳宽高比.

参考文献 :

[1] SD 105-82,水工混凝土试验规程[S].
[2] 李先炜.岩块力学性质[M].北京 :煤炭工业出版社,1983.33 ~ 225.
[3] 王勖成,邵敏.有限单元法基本原理与数值方法[M].北京 :清华大学出版社,1988.226 ~ 262.
[4] 山口梅太郎,西松裕一.岩石力学基础[M].北京 :冶金工业出版社,1977.21 ~ 48.
[5] Vutukuri V S,Lama R D,Saluja S S. Handbook on mechanical properties of rocks[M].Japan :Trans Tech Publications, 1974.253 ~ 141.

The Feasibility Study on Cuboid Split Test

LIU Yong-jun¹,ZHU Yue-ming¹,CAO Wei-ming²,SHEN Hong-jun¹

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai Univ . , Nanjing 210098, China ;
2. Huaihe River Committee of Water Resources , Bengbu 230001, China)

Abstract :In this paper,the feasibility of cuboid spilt test is analyzed,the relation of tensile strength and the size of cuboid is obtained,and the range of the ratio of width to height is found which can be used to relpace the one in the Base test.Throught the error analysis of the tensile strengthen and the comparison of different ratios of width to height,the optimal ratio is indicated.

Key words :cuboid ;tensile strength ;spilt test