

煤矸石砼受弯构件的承载能力\*

陈  本  沛

(华侨大学土木工程系, 泉州 362011)

**摘要** 通过实验,对非自然煤矸石砼受弯构件正、斜截面强度进行讨论,并对设计中采用的强度计算公式提出改进方案。  
**关键词** 正截面强度,斜截面强度,受弯构件  
**分类号** TU 528. 202

1 试件制作

为了研究正、斜截面强度并与普通骨料砼对比,共做了6根试验梁,其中3根长梁为研究正截面强度,3根短梁为研究斜截面强度. 为了与普通砼对比,长、短梁各有1根普通砼梁. 各梁的尺寸及砼强度,配筋数量等参数见表1.

表1 试验梁有关参数

参 数 项	M <sup>①</sup> <sub>-1</sub>	M <sup>①</sup> <sub>-2</sub>	P <sup>②</sup>	M <sup>①</sup> <sub>B-1</sub>	M <sup>①</sup> <sub>B-2</sub>	P <sup>②</sup>
尺  寸						
梁宽 <i>b</i> /mm	115	115	120	120	122	115
梁高 <i>h</i> /mm	240	245	240	250	240	240
有效高 <i>h</i> <sub>0</sub> /mm	215	220	215	220	210	210
梁长 <i>l</i> /mm	3 200	3 200	3 200	1 400	1 400	1 400
纵  数  量	2Ø16	2Ø16	2Ø16	2Ø16	2Ø16	2Ø16
筋 <i>f<sub>y</sub></i> /N·mm <sup>-2</sup>	437	437	437	437	437	437
AS <i>ρ</i> /(%)	1.67	1.63	1.60	1.52	1.57	1.66
箍  直  径	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
间  距	200	200	200	150	150	150
筋 <i>f<sub>yp</sub></i> /N·mm <sup>-2</sup>	346	346	346	346	346	346
$f_{sv}$ /(%)	0.29	0.29	0.28	0.37	0.36	0.38
砼强度 <i>f<sub>cu</sub></i> /N·mm <sup>-2</sup>	24.88	24.88	28.98	26.44	26.44	28.78
砼弹模压 <i>P</i> /N·mm <sup>-2</sup>	1.91×10 <sup>4</sup>	1.91×10 <sup>4</sup>	7.95×10 <sup>4</sup>	1.97×10 <sup>4</sup>	1.97×10 <sup>4</sup>	2.95×10 <sup>4</sup>

① M 梁为煤矸石砼梁;②P 梁为普通骨料砼梁  
各梁的箍筋与架立筋皆设在两端三分之一梁长范围内,见图1.

\* 本文 1994-09-24 收到;福建省自然科学基金资助项目

## 2 试验方法

试验按国家统一规定,采用三分点对称施加两个集中荷载的方法。试验装置及构件加荷受力简图如图2所示。

为测量沿梁高各截面的应变,在梁的一个侧面沿梁高均匀布置4片100 mm长电阻片,在梁另一侧均匀布置四排(千分表)测点,用来校核电阻片的量测值。为量测梁受压区的极限应变,在梁顶中部布置1

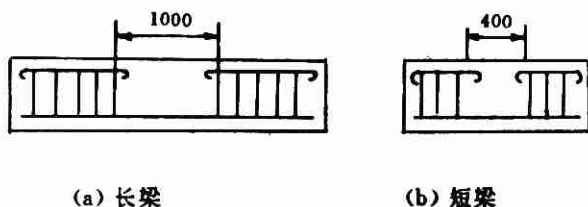
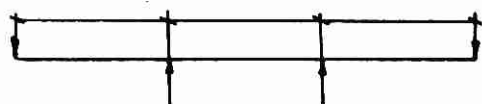
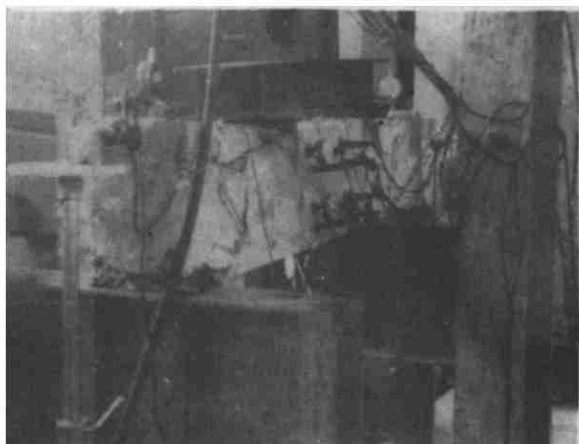
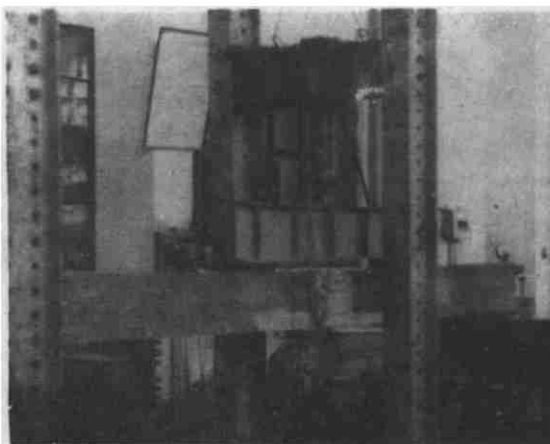
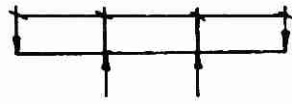


图1 配筋图



(a) 长梁



(b) 短梁

图2 受力简图

片长100mm的电阻片;为监视梁的开裂荷载,在梁底纯弯段内均匀布置5片长100mm的电阻片(短梁为3片),以校核用放大镜目测的结果(构件开裂时,电阻片应变值将发生突变);为量测各级荷载下构件的挠度,于跨中和支座附近各布置一个百分表。

电阻片和百分表直接与电阻应变仪相连,每组荷载的量测结果直接打印出应变值。

开裂荷载以用放大镜目测直接看到的裂缝为准,并以电阻片的应变来校核。

破坏荷载则以电子秤显示的最大读数为准,即极限承载能力。

裂缝宽度用放大40倍的刻度放大镜测读。

### 2.1 正截面强度

3根长梁皆为正截面破坏,破坏具有明显塑性破坏特征。而且煤矸石砼梁与普通骨料砼梁没有明显差别,都是由一条主裂缝发展到受压区,形成一个区域的砼受压破坏,该区域长约200~300mm,区域内有许多近于水平的裂缝,见图3,4。

非自燃煤矸石砼梁正截面破坏特点与我们在文<sup>[1]</sup>中所述的自燃煤矸石砼梁的试验结果有

所差别(自燃煤矸石砼梁正截面破坏时,受压区砼有爆裂现象,且有较大响声)。

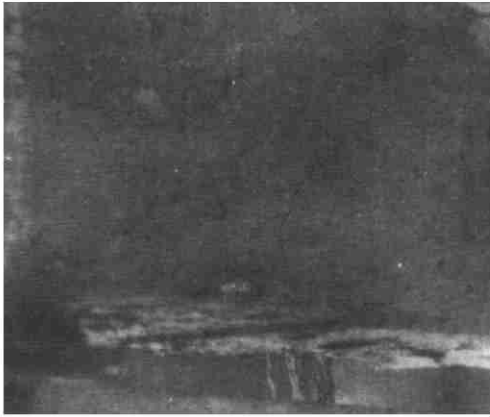


图3 普通砼梁

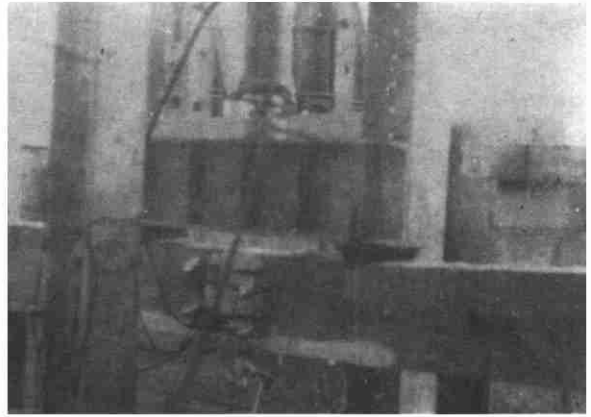


图4 煤矸石砼梁

各梁正截面破坏时,其极限承载能力与按规范公式<sup>[2]</sup>计算值的对比见表2。表中 $P_u$ 为破坏荷载, $a$ 为剪跨, $M_u$ 为破坏变矩, $M'_u$ 为破坏变矩计算值。

表2 正截面试验结果

试件	$P_u/\text{kN}$	$a/\text{m}$	$M_u/\text{kN} \cdot \text{m}$	$f_{cm}^D/\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	$M'_u/\text{kN} \cdot \text{m}$	$M_u/M'_u$
$M_{c-1}$	38.00	0.95	36.10	20.80	31.31	1.15
$M_{c-2}$	37.00	1.02	37.74	20.80	32.18	1.17
$P_c$	40.00	1.01	40.40	24.23	32.45	1.24

$$\textcircled{1} f_{cm} = 0.76 \times 1.1 f_{cu}$$

由于荷载材料强度与试件尺寸皆取试验值,故计算没有安全储备,可见用规范公式计算正截面强度是足够安全的。

## 2.2 斜截面强度

3根短梁皆发生斜截面破坏,破坏前先出现垂直裂缝,斜裂缝出现较晚(为破坏荷载的50%以上),扩展较缓慢。斜截面破坏多发生于梁的某一端,破坏很突然,呈明显的脆性性质。梁破坏时从支座附近由梁底起指向加载点出现一条倾斜主裂缝、其上面一般还有数条基本与之平行的小斜裂缝,见图5,6。

煤矸石砼梁与普通骨料砼梁没有明显差别、它的斜截面极限承载能力按GB10-89规范公式的计算值与文[2]的计算结果对比如表3所示。

表3 斜截面试验结果

试件	剪跨 $a$ /mm	剪跨比 $\lambda$	$f_c^D/\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	破坏剪力 $V_u/\text{kN}$	计算破坏剪力 $V'_u/\text{kN}$	$V_u/V'_u$
$M_{D-1}$	3430	1.96	20.10	70.00	72.54	0.96
$M_{D-2}$	410	1.95	20.10	64.00	69.82	0.92
$P_D$	350	1.67	22.02	74.00	73.52	1.01

$$\textcircled{1} f_c = 0.76 f_{cu}$$

由表3可见,规范公式的计算值与试验结果还比较接近,但规范是偏下限值,其计算值一

般要比试验值小,即  $V_u/\dot{V}'_u$  的值应大于 1. 所以用规范计算将达不到所要求的安全度. 我们

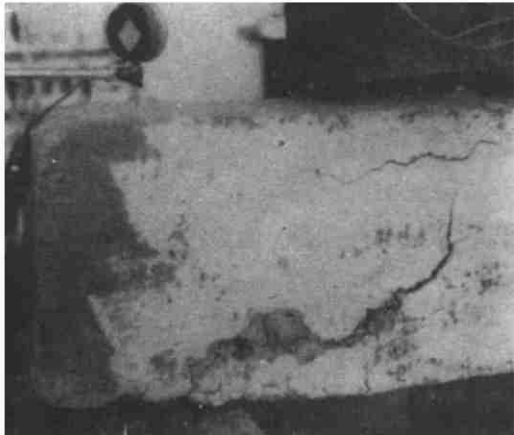


图 5 普通砼梁



图 6 煤矸石砼梁

在文[3]提出的自燃煤矸石砼梁的斜截面强度计算公式中,考虑砼塑性系数  $r$  和骨料咬合力的影响,并选用  $f_t$  代替  $f_c$  作为计算参数后,得出

$$V_u = \frac{1.14\gamma}{\lambda + 1.5} b h_c f_t + \frac{A_{sv}}{S} h_o f_{yv} \tag{1}$$

但对非自燃煤矸石砼梁,由于骨料强度大于砂浆强度,其咬合力不同于自燃煤矸石砼而接近于普通骨料砼. 因此,对非自燃煤矸石砼梁的斜截面强度计算,宜将式(1)的第二项用普通骨料砼即规范的计算公式,于是得

$$V_u = \frac{1.14\gamma}{\lambda + 1.5} b h_o f_t + 1.25 \frac{A_{sv}}{S} h_o f_{yv} \tag{2}$$

按文[4]提出的公式,  $\gamma = (0.85 + 0.09 \frac{f_{cu} - 18}{10})(0.85 + \frac{50}{h}) \times 1.34$ , 对普通骨料砼梁,取  $\gamma = 1.75$  (作为常数)也不够合理,宜按文[3]所提的公式计算,即

$$\gamma = (1 - 0.07 \frac{f_{cu} - 18}{10})(0.85 + \frac{50}{h}) \times 1.55,$$

式中的 18 在原文中为 20,当采用砼强度等级代替原标号制时,则需将 20 改为 18.

用式(2)计算各梁的斜截面强度与试验值的对比见表 4.

表 4 计算值与试验值对比

试件	$\gamma$	$f_t^{(1)}/N \cdot mm^{-2}$	破坏剪力 $V_u/kN$	式(2)的计算值 $V'_u/kN$	$V_u/V'_u$
M <sub>D-1</sub>	1.09	2.04	70.00	61.21	1.14
M <sub>D-2</sub>	1.10	2.04	64.00	58.96	1.09
P <sub>D</sub>	1.52	2.17	74.00	68.61	1.08

①  $f_t = 0.23 f_{cu}^{2/3}$

实践表明,按式(2)计算,结果比较令人满意.

### 3 结束语

(1) 非自燃煤矸石砼受弯构件正截面破坏特性和极限承载能力都与普通骨料砼受弯构件无明显差别. 用 GBJ10-89 规范的正截面强度计算公式进行计算足够安全, 计算值与试验结果也比较吻合.

(2) 本试验的各梁, 其斜截面强度均有些偏低, 而煤矸石砼梁比普通骨料砼梁又有些偏低. 由于影响斜截面强度的因素较复杂, 少数试验得出这个结果尚属正常, 对于非自燃煤矸石砼梁的斜截面强度, 尚需积累更多的试验资料加以分析研究. 但是正如文[3]指出, 塑性系数  $\gamma$  对斜截面强度的影响也不容忽视. 因此, 要考虑非自燃煤矸石骨料具有既不同于自燃膨胀煤矸石, 又不同于普通骨料的特点. 本文提出将文[3]的公式加以修正后所得到的式(2)作为非自燃煤矸石砼受弯构件斜截面强度计算公式. 此式的计算值与试验结果符合良好, 较安全, 又适用于普通骨料砼的受弯构件.

### 参 考 文 献

- 1 陈本沛. 煤矸石砼梁的试验研究:[学位论文]. 大连: 大连理工大学土木系, 1981
- 2 中国建筑科学研究院编. 砼结构设计规范 BGJ 10-89. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989. 37~37
- 3 陈本沛. 钢筋轻骨料砼及预应力钢筋轻骨料砼抗裂度计算公式. 建筑结构, 1986, (1): 26~26
- 4 陈本沛. 预应力煤矸石砼梁抗剪强度讨论. 华侨大学学报(自然科学版), 1994, 15(4): 405~408

## Bearing Capacity of Coal Gangue-Concrete Bending Member

Chen Benpei

(Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** An experimental study is made on the bearing capacity of non-selfignition coal gangue-concrete bending member. The author discusses the strength of its vertical section and diagonal section; and puts forward a formula for calculating its strength in designing.

**Keywords** bearing capacity, coal gangue, bending member