

煤矸石用于砼骨料的可行性*

陈 本 沛

(华侨大学土木工程系, 泉州 362011)

摘要 通过试件和构件的试验, 论证了非自燃煤矸石用于砼的粗砼骨料的可行性, 并对应用该种砼骨料的设计方法和计算公式提出建议。

关键词 煤渣砼, 煤矸石, 非自燃, 砼骨料

分类号 TU 528.2

我国是产煤大国, 年产煤在 10 亿 t 以上, 其中排出的煤矸石在 1 亿 t 以上。堆放这些煤矸石, 不仅占用大量农田 (平均 1 万 m^3 占用 467~533 m^2), 而且它是一种有污染的工业废料, 对环境、水源的污染非常严重, 已成为社会一大公害。因此, 如何合理利用煤矸石, 是个既重要又紧迫的课题。如果直接利用这种非自燃煤矸石作为砼的粗骨料, 既彻底解决了煤矸石的利用问题, 又解决了建筑材料不足的问题。对于普通石子较昂贵的地区 (如福建省) 其经济效益也是十分显著的。因此, 本文对煤矸石砼的各种强度指标和部分构件进行试验; 对煤矸石用于骨料的可行性进行讨论, 并获得有益结果。

1 煤矸石砼的强度等基本性能

1.1 外观颜色

非自燃煤矸石的颜色为黑灰色, 接近于煤的颜色。但是, 浇成的砼颜色与普通骨料砼接近, 其外观颜色对其应用无任何影响。

1.2 立方体抗压强度 f_{cu}

(1) 试验采用的煤矸石为石灰岩, 节理发育。针、片状颗粒含量较高, 骨料又未经筛洗, 因此骨料质量较低。用于对比的普通石子为花岗岩, 其骨料本身强度远高于石灰岩。在此条件下, 煤矸石砼比花岗岩石子砼的强度低一个强度等级。(2) 非自燃煤矸石砼的强度机理, 既不同于普通骨料砼, 也不同于膨胀自燃煤矸石砼。对强度等级较低的砼, 由于水泥用量较少, 砼强度取决于砂浆, 而不取决于骨料 (为“弱包强”模型)。这点与普通骨料砼差不多。对强度等级较高的砼来说, 普通骨料砼的强度随砂浆强度的提高而提高, 砼强度仍取决于砂浆 (“弱包强”模型)。对煤矸石砼, 当砂浆强度提高到一定程度时, 砼会沿骨料节理面破坏, 砼强度不再决定于砂浆, 破坏转变为“强包弱”模型。因此, 对非自燃煤矸石砼暂不宜配制强

* 本文 1994-01-25 收到; 福建省自然科学基金资助项目

度在 C_{30} 以上的砼。(3) 根据 1 a 令期试件的试验结果, 非自燃煤矸石砼强度随令期增长的规律同普通骨料砼一致, 其持久强度是可靠的。

1.3 轴心抗压强度 f_c

非自燃煤矸石砼轴心抗压强度, 随立方体抗压强度变化的规律, 与我国普通骨料砼的试验结果不相同, 而与前苏联的试验所揭示的规律一致。对我国取用的两者关系的表达式, $f_c = 0.76 f_{cu}$ 来说, 非自燃煤矸石砼也能满足。

1.4 轴心抗拉强度 f_t

根据劈拉试验结果, 非自燃煤矸石砼轴心抗拉强度与普通骨料砼接近。轴心抗拉强度与立方体抗压强度的关系, 可以采用同样的表达式, 即 $f_t = 0.23 (f_{cu})^{2/3}$ 。

1.5 弹性模量 E_c

非自燃煤矸石砼的弹性模量, 低于普通骨料砼而高于膨胀自燃煤矸石砼。对常用强度等级的砼 ($C_{15} \sim C_{30}$), 可按普通骨料砼的弹性模量折减 20 % 取用。

2 受弯构件的性能

2.1 正截面强度

由非自燃煤矸石砼梁与普通骨料砼梁的对比试验可知, 非自燃煤矸石砼梁正截面强度和破坏特性, 与普通骨料砼梁无明显差别, 用规范的强度计算公式计算足够安全。

2.2 斜截面强度

非自燃煤矸石砼梁斜截面强度, 与普通骨料砼梁的试验值和规范公式的计算值都比较接近(可按规范公式计算)。

2.3 正截面抗裂度

非自燃煤矸石砼梁正截面抗裂度高于膨胀自燃煤矸石砼梁, 与普通骨料砼梁接近。对正截面抗裂度计算, 建议塑性影响系数 γ 值不取定值而按文 [1] 计算(包括普通骨料砼梁)。

2.4 斜截面抗裂度

对矩形截面梁, 斜截面开裂一般比正截面要晚, 但当剪跨比较小时, 两者可能很接近, 因此也需进行斜截面抗裂验算。

2.5 垂直裂缝

非自燃煤矸石砼梁的垂直裂缝间距、裂缝宽度和开展规律, 都与普通骨料砼梁一致, 其验算方法可按普通骨料砼梁进行。

2.6 斜裂缝

非自燃煤矸石砼梁斜裂缝不起控制作用, 可不进行验算。

2.7 挠度

对所试验的梁, 其跨中最大挠度按 $f = 5.11 Pal^2 / 48 B_d$ 计算。开裂前, 梁的刚度按规范公式 $B_d = 0.85 E_c I_0$ 计算。由于式中考虑了弹模的影响, 对非自燃煤矸石砼梁也适用。试验结果与计算值的对比见表 1。

对梁开裂后的刚度, 非自燃煤矸石砼梁与规范公式计算值相差较大 ($x_m = 1.26$)。且偏于不安全(附表)。按膨胀自燃煤矸石砼梁的简化公式⁽²⁾

附表 梁的试验结果对比

试 件	$M/\text{kN} \cdot \text{m}$	f/mm	f_1/mm	f/f_1	f_2/mm	f/f_2
M_{C-1}	开裂前	4. 75	0. 50	0. 53	0. 94	0. 53
	开裂前	7. 60	0. 90	0. 84	1. 07	0. 84
	开裂前	10. 45	1. 30	1. 15	1. 13	1. 15
	开裂后	16. 50	7. 90	6. 25	1. 26	10. 60
	开裂后	23. 75	13. 60	9. 48	1. 43	15. 95
	开裂后	28. 50	18. 80	11. 62	1. 62	19. 40
M_{C-2}	开裂前	5. 10	0. 45	0. 53	0. 85	0. 53
	开裂前	8. 16	0. 79	0. 84	0. 94	0. 84
	开裂前	10. 20	1. 10	1. 06	1. 04	1. 06
	开裂后	20. 40	8. 91	7. 57	1. 18	12. 80
	开裂后	25. 50	13. 21	9. 73	1. 37	16. 44
	开裂后	30. 60	17. 81	11. 92	1. 49	19. 99
M_{D-1}	开裂前	4. 30	0. 07	0. 06	1. 17	0. 06
	开裂前	6. 45	0. 10	0. 09	1. 11	0. 09
	开裂前	8. 60	0. 14	0. 12	1. 17	0. 12
	开裂后	12. 90	0. 83	0. 68	1. 25	1. 20
	开裂后	17. 20	1. 30	0. 97	1. 34	1. 68
	开裂后	21. 50	2. 00	1. 27	1. 57	2. 16
M_{D-2}	开裂前	4. 10	0. 09	0. 07	1. 29	0. 07
	开裂前	6. 20	0. 12	0. 10	1. 17	0. 10
	开裂前	9. 02	0. 17	0. 15	1. 13	0. 15
	开裂后	10. 25	0. 81	0. 57	1. 42	1. 01
	开裂后	14. 35	1. 38	0. 87	1. 59	1. 51
	开裂后	18. 45	1. 96	1. 17	1. 68	2. 01
P_C	开裂前	5. 05	0. 40	0. 35	1. 14	
	开裂前	8. 08	0. 10	0. 56	1. 07	
	开裂前	10. 10	0. 70	0. 70	1. 00	
	开裂后	20. 20	5. 15	7. 53	0. 68	
	开裂后	25. 25	8. 15	9. 71	0. 84	
	开裂后	30. 30	12. 15	11. 90	1. 02	
P_D	开裂前	3. 50	0. 05	0. 04	1. 25	
	开裂前	5. 25	0. 07	0. 06	1. 17	
	开裂前	7. 00	0. 90	0. 08	1. 13	
	开裂后	9. 80	0. 15	0. 14	1. 07	
	开裂后	14. 00	0. 68	0. 83	0. 82	
	开裂后	18. 20	1. 03	1. 13	0. 91	

$$B_d = AsEsh_0^2 / (2.56 - 0.47bh_0^2f_c/M)$$

计算, 与试验结果较吻合 ($N=24$, $x_m=0.96$, $CV=0.17$), 且偏于安全.

3 经济效益分析

煤矸石是一种工业废料, 不但本身无价格, 而且每用掉 1 万 t 煤矸石, 可减少占地 467m². 目前土地价格飞速上涨, 城市 1 m² 地价高达数千元, 若矿区暂按 1 m² 地价 100 元, 1 万 m³ 矸用煤矸石 1 万 t 计, 则每用掉 1 万 t 煤矸石可节省购地费 5 万元.

福建省的普通石子价格, 从山区到沿海地区差别较大, 山区每 t 约 40 元左右, 沿海地区可高达 110 元以上. 用煤矸石代替普通石子, 1 m³ 矸可节省 40~110 元. 若考虑到土地和普通石子的价格上涨等因素, 其经济效益则更为可观.

4 结论

(1) 对垫层一类次要或临时建筑物(矸 C₁₅以下), 可直接用煤矸石作为粗骨料代替普通石料使用. (2) 对一般性建筑(矸 C₂₀~C₂₅) 可将煤矸石筛选以减少针、片状颗粒, 或选用砂岩煤矸石作为粗骨料. (3) 对于重要建筑物, 为慎重起见, 暂不使用煤矸石骨料. (4) 凡铁路沿线及可航运的江河沿岸, 使用煤矸石骨料都可获显著经济效益, 汽车运输的运价太高, 且不能满足大量施工的供料要求, 除非运距很近, 否则一般不宜考虑.

参 考 文 献

- 1 陈本沛. 钢筋轻骨料矸及预应力钢筋轻骨料矸受弯构件抗裂度计算公式. 建筑结构, 1986, (1): 26~28
- 2 陈本沛. 钢筋轻骨料矸受弯构件刚度计算公式的探讨. 东北水力发电学报, 1986, (3): 36~37

Feasibility of Applying Coal Gangue to the Aggregate

Chen Benpei

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

Abstract Based on the tests conducted on test-pieces and members, the author proves the feasibility of applying non-self-igniting coal gangue to the aggregate; and proposes design method and computing formula for the application of this aggregate in concrete.

Keywords coal slag concrete, coal gangue, non-self-ignition, aggregate