

石灰、砂硅酸盐预应力混凝土配筋梁试验研究

⑥
49-53

TU375.103
TU528

陈剑雄 蒲心诚

(重庆建筑大学材料科学与工程系 630045)

A摘要 论述了石灰、特细砂经蒸压养护制成的硅酸盐混凝土预应力配筋梁的结构性能、破坏过程及特征。其使用材料、工艺具有独创性与实用性。

关键词 石灰、砂硅酸盐混凝土(灰砂混凝土), 配筋梁, 预应力, 自应力, 结构性能

中图法分类号 TU528

1 灰砂混凝土的物理力学性能

采用石灰和特细砂为原料, 经蒸压养护水热合成而制得的硅酸盐混凝土(简称灰砂混凝土), 其性能优良、原材料丰富、价格低廉、生产能耗低、轻质高强, 可制成自应力和预应力混凝土。其主要力学性能如表1所示, 能达到同等级水泥混凝土的相应指标。若采用中粗砂作集料时其抗压强度可接近70 MPa。本研究采用重庆长江中产的细度模数为0.63~0.56的特

表1 石灰特细砂硅酸盐混凝土的力学性能^[2]

序号	抗压强度 (MPa)	劈拉强度 (MPa)	抗拉强度 抗压强度 (%)	抗折强度 (MPa)	抗折强度 抗压强度 (%)	轴压强度 (MPa)	轴压强度 抗压强度 (%)	与光面钢筋 的粘结力 (MPa)
1	41.77	2.90	7	6.10	14.6	32.75	78	-
2	41.38	3.09	7.5	7.16	17.3	37.66	91	3.92
3	38.25	3.22	8.4	8.06	22.1	29.81	78	3.33
4	31.68	3.33	10.5	-	-	-	-	3.99
5	29.62	2.84	9.6	6.90	23.3	27.85	94	3.14

细砂制备出30~50 MPa的灰砂混凝土。其表观密度约为1800~1900 kg/m³, 弹性模量为(15.10~15.19) × 10³ MPa, 180 d的徐变变形为(869~1418) × 10⁻⁶, 徐变度为(5.95~9.69) × 10⁻⁶ cm²/kg, 徐变系数为0.72~1.07, 收缩值为(459~660) × 10⁻⁶, 均比同标号的水泥混凝土要小^[1, 2]。由于采用高碱性配方, 生石灰粉工艺, 混凝土的pH值为11.7~12.5,

收稿日期:1995-05-05

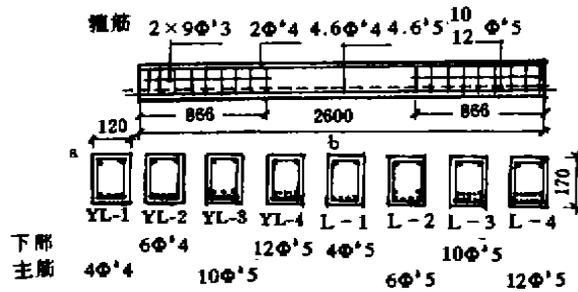
陈剑雄,男,1942年生,副教授

45 次浸烘循环钢筋的平均锈蚀量为 1.285 mg/g，碳化系数平均为 1.05，抗渗性指标为 0.8~1.5 MPa，混凝土中未张拉的钢筋及箍筋中的自应力值约为 51~151 MPa^[2]，它能增进构件的强度、刚度、抗剪、抗裂性能。

2 灰砂预应力混凝土梁的结构性能试验

试验梁的尺寸及配筋如图 1 所示。YL-1~YL-4 为预应力梁。L-1~L-4 为部分对比用的自应力梁的配筋及截面

图^[3]。预应力工艺采用先张法，按设计要求控制张拉应力，经超张拉后锚固。混凝土采用振动成型，经适当静停后进行蒸压养护。养护制度为 (2.5+8+2)h，蒸汽压力为 0.9 MPa。出釜冷却后，断筋、脱模制成灰砂混凝土预应力试验梁。梁的混凝土抗压强度为 45~49 MPa，预应力筋强度为 698.4 及 632.6 MPa。自应力梁其主筋未进行机

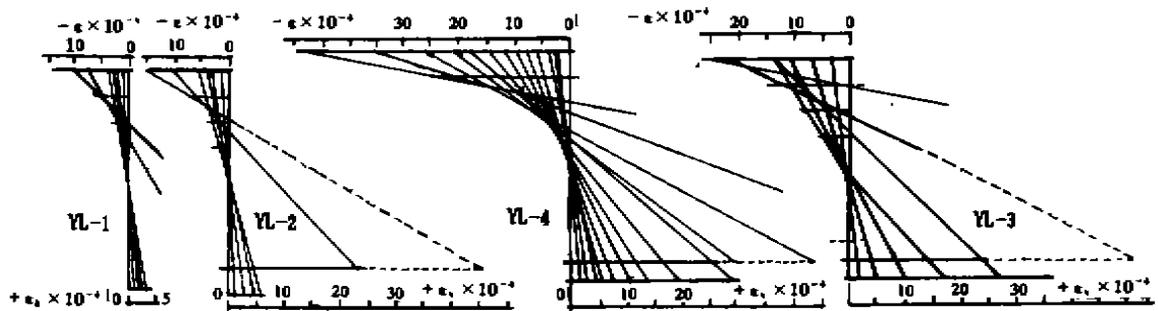


a) 预应力配筋梁的布筋 b) 自应力配筋梁的布筋(对比值)

图 1 灰砂硅酸盐预应力、自应力混凝土梁的配筋图

械张拉，仅靠材料膨胀时自身产生的自应力。其钢筋强度为 653~775 MPa。结构试验时，采用在梁上三分点处施加两个集中荷载，逐级等载加荷，以便观测梁的开裂荷载、裂缝发展、挠度变化、应力-应变和破坏特征及承载能力。

图 2 为预应力梁各测点在各级荷载作用下沿截面高度应变分布图。图 3, 图 4 分别为预应力梁、自应力梁的裂缝分布图。图 6 为自应力梁在各级荷载下弯矩与破坏弯矩之比与挠度的



YL-1 $M/M_u = 0.18, 0.34, 0.51, 0.67, 0.84, 1.00$; YL-2 $M/M_u = 0.18, 0.34, 0.51, 0.68, 0.85, 1.00$,
 YL-3 $M/M_u = 0.18, 0.37, 0.54, 0.70, 0.85, 0.96, 1.00$; YL-4 $M/M_u = 0.09, 0.13, 0.21, 0.29, 0.44, 0.51,$
 $0.59, 0.66, 0.74, 0.81, 0.89, 0.96, 0.98$

图 2 预应力石灰、砂硅酸盐混凝土梁在各级荷载下沿梁高度的应变分布

关系,即 $M/M_u - f$ 变化曲线。表2为梁的部份试验结果比较。可知,灰砂混凝土预应力梁的结构性能远优于自应力梁。由文献[1、2、3]表明,灰砂混凝土预应力和自应力构件的结构性能又优于同类水泥构件。

表2 梁的试验结果摘要

项目及序号	YL-1	YL-2	YL-3	YL-4	L-1	L-2	L-3	L-4	L-28
开裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	4.25	5.49	11.18	12.97	3.00	3.63	5.28	6.60	5.28
破坏时的弯矩 M_u (kN·m)	6.34	8.07	18.64	21.62	5.94	10.56	12.72	15.59	21.84
破坏时的挠度 (mm)	24	25	40	37	17	27	20	23	17



图3 预应力灰砂试验梁的裂缝图

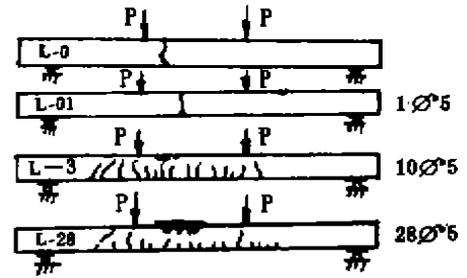


图4 自应力试验梁的裂缝图^[3]

3 结构与分析

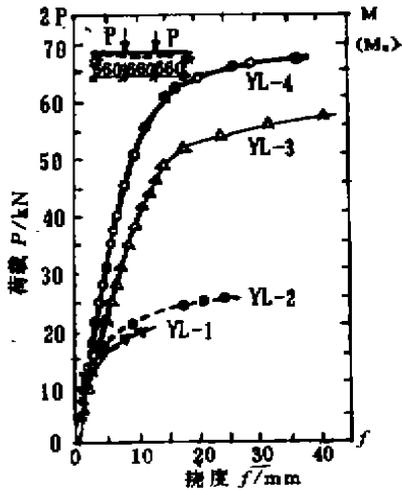


图5 预应力梁的荷载-中点挠度曲线

3.1 灰砂混凝土梁的受力分析

由图2~图6可知,在各级荷载作用下,试件沿截面高度应变的变化符合平均截面假定。梁的受力特性与水泥钢筋混凝土梁和预应力混凝土梁相似。在梁的使用阶段也与水泥混凝土受弯构件一样,可以分为三个阶段:

1) 弹性阶段:为加荷开始到梁开裂后的某一时刻。对于非预应力灰砂梁,此阶段承受的弯矩较小,荷载与挠度的关系呈较短的直线变化(见图6)。

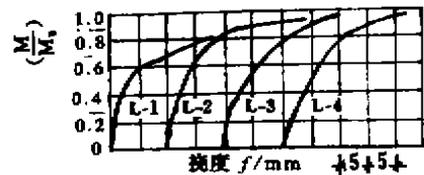


图6 灰砂自应力梁的 $M/M_u - f$ 变化曲线^[3]

对于灰砂预应力受弯构件其弹性阶段较长^[1]。而且可以通过材料、工艺、配筋、布筋方式、张拉控制应力大小的选定进行调整。灰砂构件因一般不使用粗集料,其匀质性较好。当预应力筋与横向及箍筋连接增强时,可借助于非预应力筋的自应力效应增强并延长受弯构件的弹性阶段^[1]。

2) 弹塑性阶段:当加荷至裂缝出现时,梁承受的弯矩为 M_c ,拉区灰砂混凝土出现毛细裂纹。对于灰砂预应力梁板,毛细裂纹随荷载的增加而增多,显现出以弹性为主的弹塑性变形。开始时中和轴上移甚微,挠度逐渐增加,直线稍向 f 轴偏移,刚度降低幅度不大,但一旦形成主裂缝后将出现较大转折或逐步转折,此时,中和轴上移加快,进入了以塑性为主的弹塑性阶段。

3) 破坏阶段,随着荷载的不断增加,挠度与荷载关系曲线偏移剧增或出现第二个转折点,此后挠度增加很快,试验梁进入了破坏阶段。

3.2 梁的破坏特征

梁的破坏特征随着配筋率变化、张拉控制应力的大小及钢材的特性不同可分为三类:

1) 无筋梁及少筋梁 — 拉区脆性破坏

无筋梁为单裂缝脆性折断。少筋梁为单裂缝或少裂缝钢丝拉断破坏。虽然随着钢丝数量的增加后,裂缝数量稍有增加,破坏前也有较小的挠度,但它仍然属于脆性破坏。这是因为混凝土开裂后受力钢筋很快达到屈服强度,进入强化及破坏阶段,而受压区混凝土尚未达到抗压强度,破坏来得突然,破坏前无明显预兆,因承载能力低,不安全,工程中应避免使用。

2) 适筋梁 — 塑性破坏(YL-2、YL-3、L-1~L-3)

灰砂适筋梁的破坏都是钢筋先达到条件流限后,受拉区梁的裂缝继续增大,拉区裂缝宽度大于 1.5 mm 或同时压区混凝土破坏,或挠度大于允许值。梁在破坏之前挠度较大,有明显的破坏预兆。这与其它轻混凝土一样。由于它们有稍高的破坏应变,延性有所改善,虽弹性模量较低,但能较好地吸收能量产生相应的变形。而预应力灰砂梁还具有抗裂性好,有良好的弹性,卸荷后裂缝愈合好,破坏时具有满意的延性的特征。

3) 超筋梁 — 压区混凝土脆性破坏(YL-4、L-28)

灰砂梁当配筋率过大时,梁在加荷至破坏过程中,受拉钢筋的应力小于屈服强度,其破坏特点是受压区混凝土首先达到极限应变,压碎而破坏。但由于灰砂混凝土的弯曲受压时的极限压应变偏大,弹性模量偏小,破坏前跨中受弯区段的裂缝细而密,破坏前裂缝宽度不大,挠度也比适筋梁要小些,梁的承载能力增加,但塑性降低。破坏时虽也有一定的挠度及变形,但在使用伸长率低的钢筋时或预应力的张拉控制应力选择过高时,梁在破坏前有时预兆不明显,加之超筋梁中的钢筋强度不能充分有效利用,故设计中一般不应采用。

4 结 语

采用细度模数为 0.63~0.56 的特细砂为集料及硅质原料制备灰砂预应力构件,突破了国际上对预应力构件集料用砂粒度的下限,扩大了资源的可利用范围。在工艺上本研究又采用了高碱性的配方,解决了护筋性问题。应用此两项成果制成了一定批量的预应力灰砂楼板构件[1、2],其经济性与各项性能指标均达到或超过同类普通水泥混凝土的要求。梁的结构

试验研究为生产与规范的制定提供了依据和宝贵的资料。

致 谢

参加本试验的工作人员还有陈明月、白光、甘昌成、梁文范、明德华、赵廷仕、何桂、张启英等同志,他们同样付出了极大的辛劳,特在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 陈剑雄,蒲心诚. 高碱性灰砂混凝土多孔楼板结构性能. 新型建筑材料, 1987. 32-35
- 2 蒲心诚,陈剑雄,任世漫,吴礼贤,严吴南,曹建华,甘昌成. 预应力灰砂混凝土建筑构件研究. 硅酸盐建筑制品, 1989. 6. 1-5
- 3 陈蜀贤. 密实灰砂硅酸盐钢筋混凝土受弯构件性能研究. 四川建筑科学研究, 1987. 2

(编辑:刘家凯)

Experimental Study on Prestressed Lime Sand Silicate Concrete Beams

Chen Jianxiong Pu Xincheng

(Dept. of Material Science and Engineering, Chongqing Jianzhu University)

Abstract This paper deals with the structural properties, process and characters of failure of prestressed silicate concrete beams made of lime and superfine sand mix by autoclave curing. The material and technology used are innovative and practical.

Key Words lime sand silicate concrete (LS concrete), reinforced beam, prestress, self-stress, structural properties