

文章编号: 0451-0712(2005)07-0064-04

中图分类号: U448.386.1

文献标识码: B

钢—混凝土连续结合梁的极限承载力试验

吴成福, 李学民

(中铁四局集团有限公司 合肥市 230023)

摘 要: 介绍了钢—混凝土连续结合梁模型的试验情况。通过逐级加载试验, 得到了梁的挠度、应变、板裂纹的分布及宽度变化规律, 并对试验结果进行了分析。

关键词: 结合梁; 承载力; 试验

1 试验的目的

为充分发挥混凝土的抗压和钢材的抗拉性能, 早期的钢—混凝土结合梁大多采用简支梁, 但是就整体而言, 连续结合梁的刚度和承载能力都要优于同等跨度的多跨简支梁, 因此连续结合梁应用逐渐增多。但是连续结合梁的中间墩附近受负弯矩作用, 上侧混凝土受拉易开裂, 目前对钢—混凝土连续结合梁受拉区混凝土板的设计有采用高配筋代替施加预应力的措施, 用控制裂纹宽度代替控制混凝土的拉应力, 而连续结合梁负弯矩区的裂纹将会影响到结构的耐久性。因此, 有必要对钢—混凝土连续结合梁的极限承载力进行试验研究。

2 模型设计

为了模拟连续结合梁的工作状态, 采用单伸臂简支梁两点加载模式, 单伸臂的长度取三跨连续结合梁中跨支座与反弯点的距离。梁上既有正弯矩区, 又有负弯矩区, 可以比较真实地模拟三跨连续结合梁的受力情况。

试验梁 2 根, 为研究配筋率对结构性能的影响, 按纵向配筋率的不同分为 QS1 和 QS2 两组, 其配筋率分别为 3% 和 2%。两组梁的钢构件、栓钉、混凝土板的尺寸和横向配筋率都相同。梁长为 7.6 m, 总高为 $(0.42 \text{ m} + 0.16 \text{ m}) = 0.58 \text{ m}$ 。试验梁设计参数为:

最大负弯矩区混凝土的拉应力为 $\sigma_{c拉max} = 3.90 \text{ MPa}$; 最大正弯矩区混凝土的压应力为 $\sigma_{c压max} = 2.90 \text{ MPa}$; 接缝区混凝土拉应力为 $\sigma_{c拉} =$

2.30 MPa。

3 试验概况

3.1 试验方法

试验研究结合梁在荷载作用下, 其刚度的变化, 钢梁、钢筋和混凝土中的应力分布, 混凝土板中裂纹的分布和发展等情况。

在极限承载力试验中, 荷载为分级加载, 第一级为 100 kN, 以后每级增加 50 kN, 直至混凝土板中的裂纹宽度达到 0.20 mm 以上。在极限承载力试验中, 每加上一级荷载后, 必须先稳定 15 min 以上再进行测试。测试内容为:

- (1) 梁的挠度;
- (2) 各截面上钢梁、钢筋、混凝土表面的应变;
- (3) 钢与混凝土的相对滑移;
- (4) 混凝土板裂纹的分布及宽度。

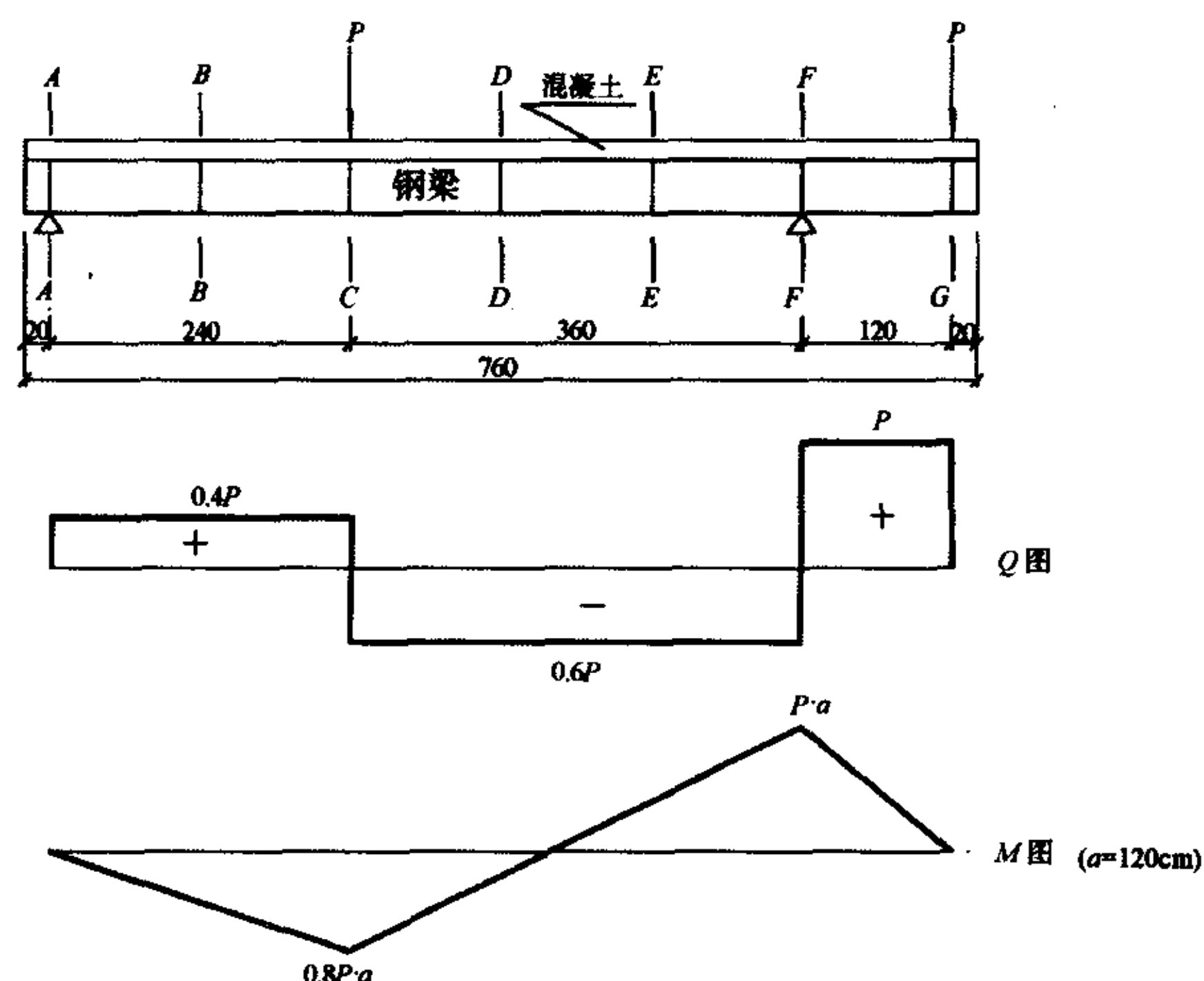
3.2 测点的布置及测量方法

梁的挠度由百分表测, 钢梁和钢筋的应变由应变片测, 混凝土表面的应变由电测和机测同时进行。钢与混凝土的相对滑移、裂缝宽度用千分表测。测点布置及截面位置图见图 1。

4 试验结果分析

4.1 极限承载力和裂纹

极限承载力试验加载至最大裂纹宽度不小于 0.20 mm 结束。表 1 是最终荷载和最大裂纹宽度, 表中的混凝土最大名义拉应力是指按第一状态算出的混凝土上表面的最大拉应力, 仅用于参考。



单位:cm

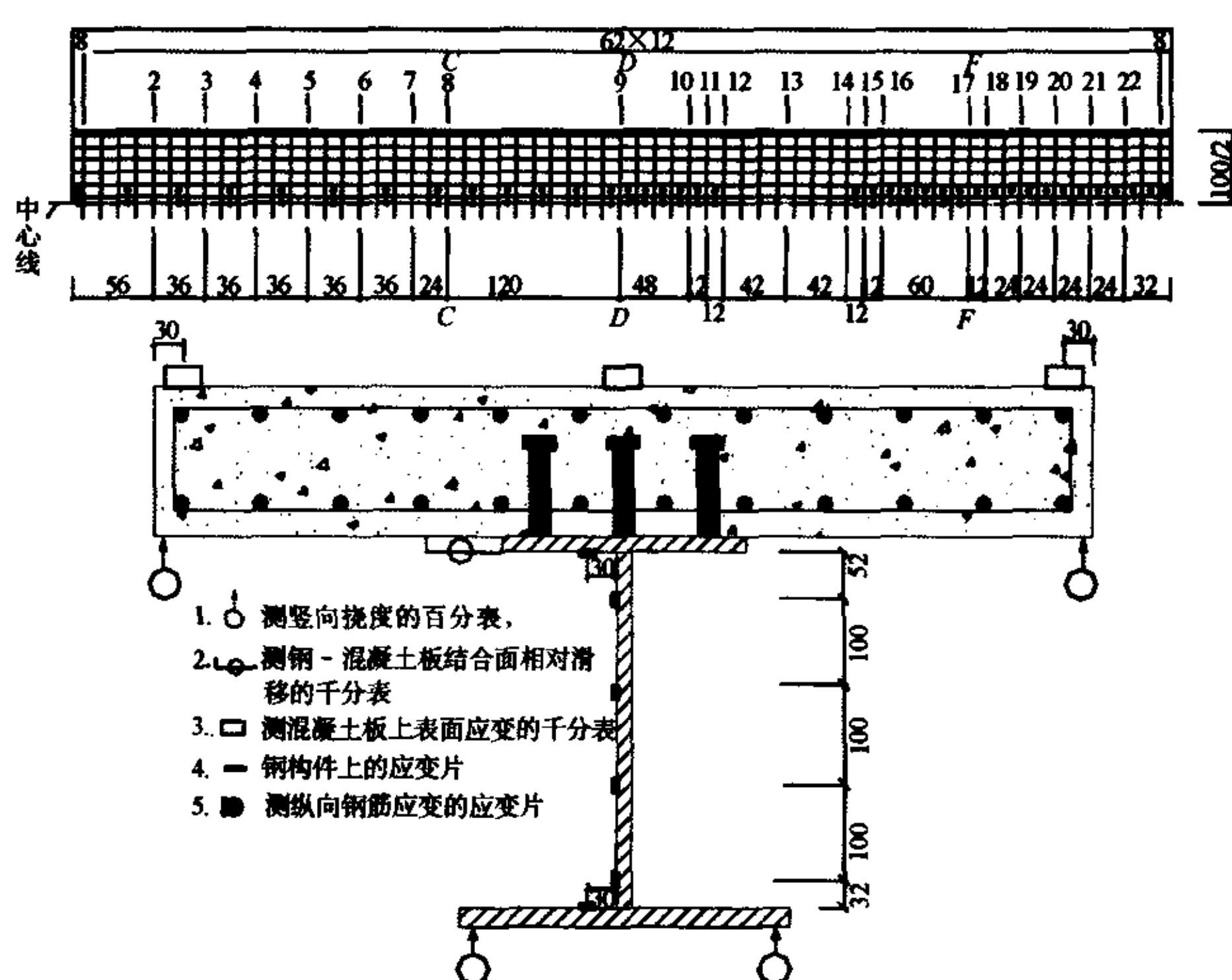
图1 测点布置与截面

表1 最终荷载和最大裂纹宽度

试件	荷载/kN	$\sigma_{c拉max}$ MPa	W_{max} mm	$W_{max}(mm) < 0.20$ mm	
				荷载 P/kN	$\sigma_{c拉max}/MPa$
QS1-1	650	14.66	0.21	600	13.48
QS1-2	500	11.66	0.20	450	10.49

注:1. $\sigma_{c拉max}$ 为混凝土最大名义拉应力;2. W_{max} 为最大裂纹宽度。

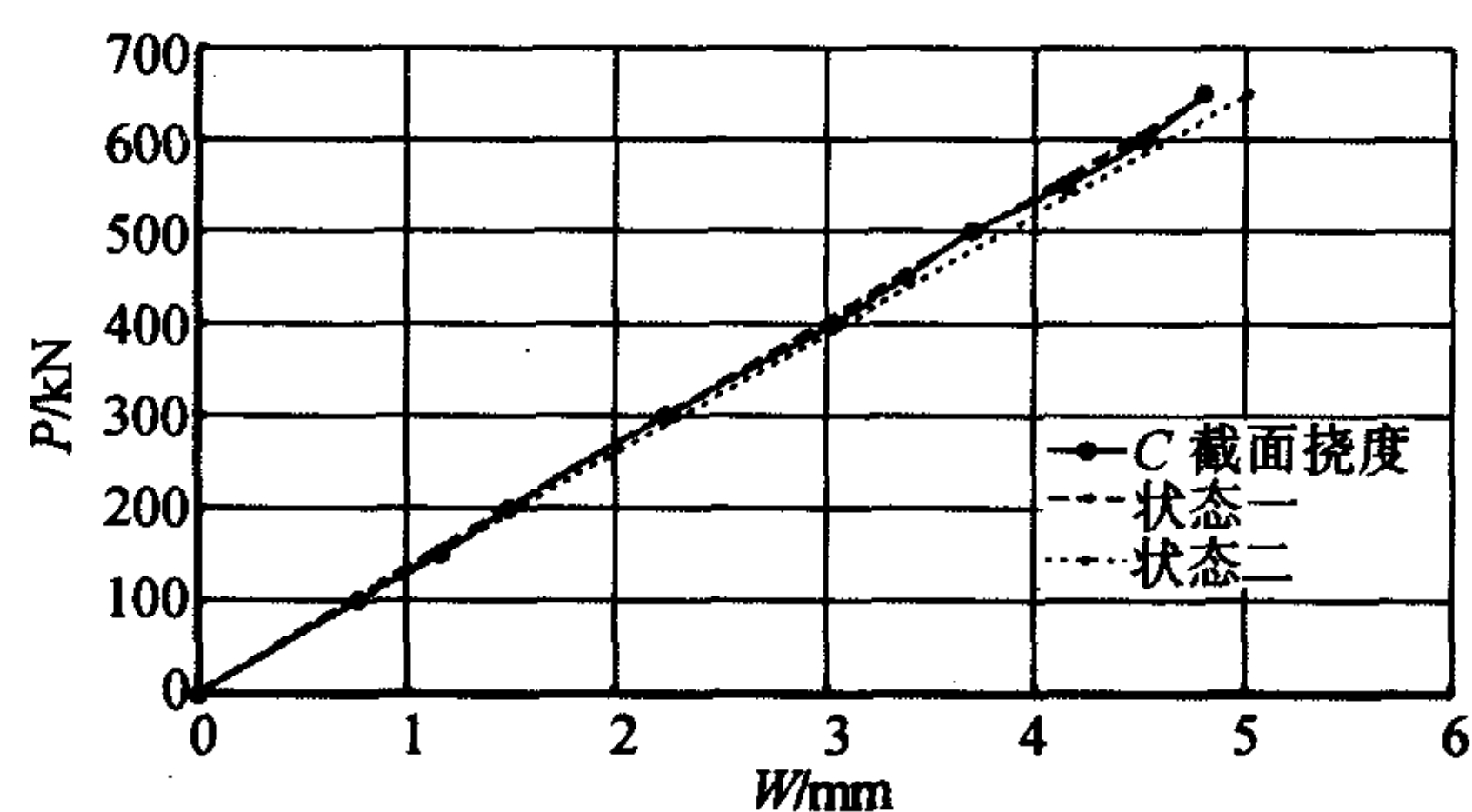
从表1可以看出,在裂纹宽度基本相同的情况下,QS2的荷载明显小于QS1,这说明纵向配筋率对混凝土板的裂纹有影响。当荷载 $P=500$ kN 时,裂纹只发生在最大负弯矩区,即右支座 F 截面附近长



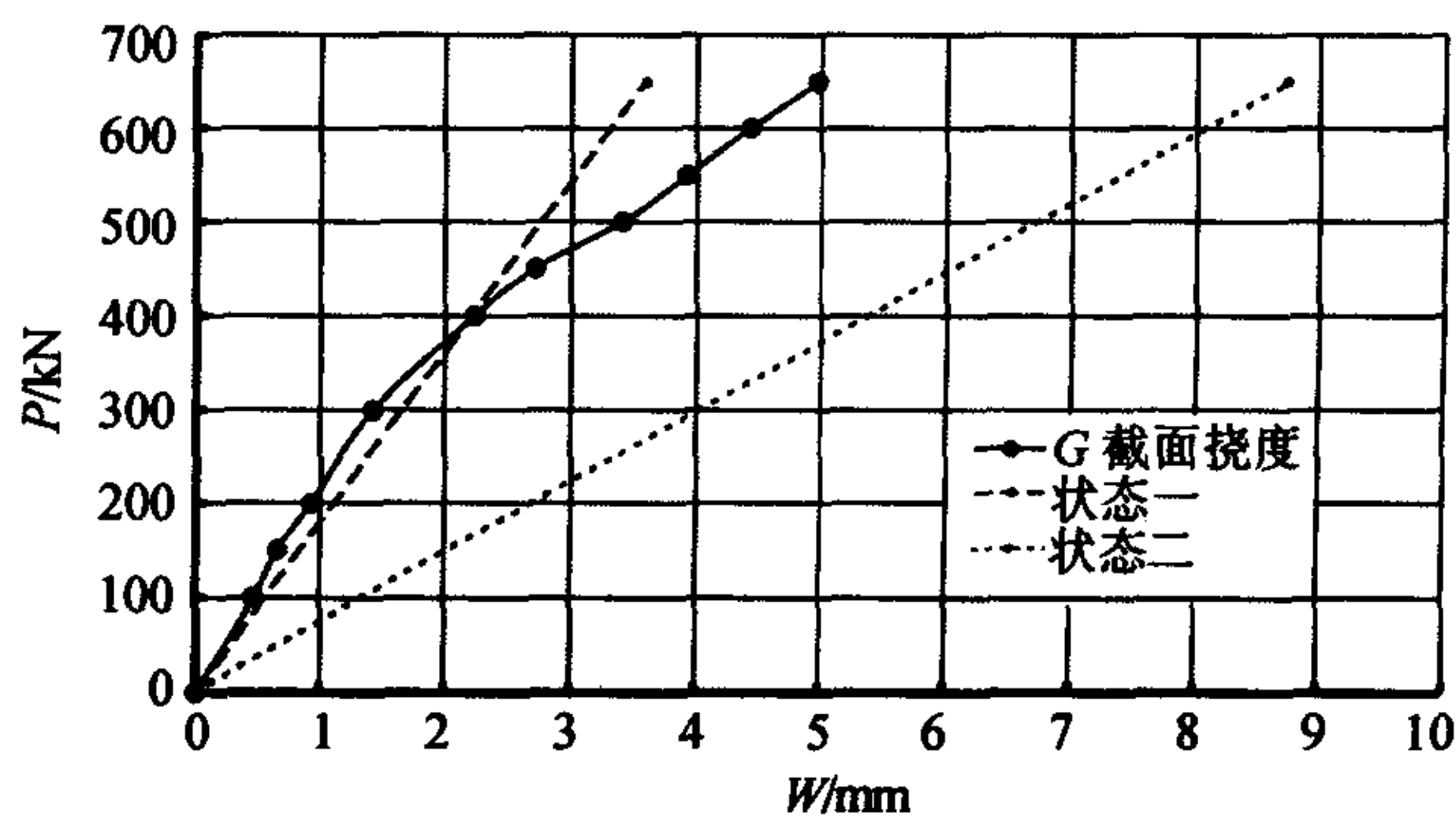
约120~130 cm 的梁段内。随着荷载的增大,新裂纹不断出现,宽度不断增加,并向两边扩展,开始时主要表现为增加新裂纹,裂纹宽度的增加并不快。当裂纹间隔与箍筋间距 12 cm 大约相等时,则主要表现为裂纹宽度的增加,而不再增加新裂纹,裂纹发生在箍筋所在截面附近。

4.2 挠度

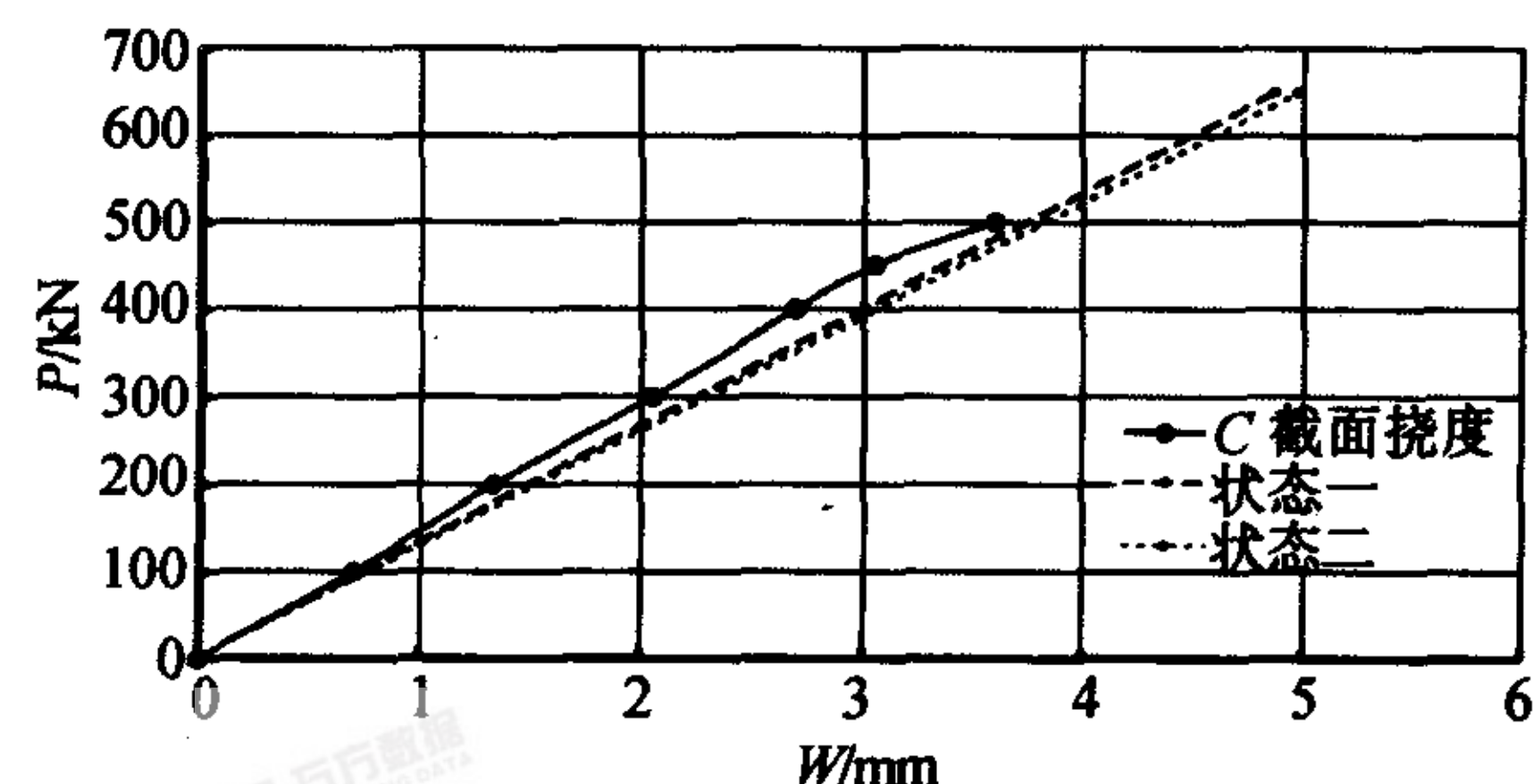
图2(a)~(d)是C截面和G截面的 $P \sim W$ 曲线。试验曲线比较接近第一状态线弹性理论计算值。



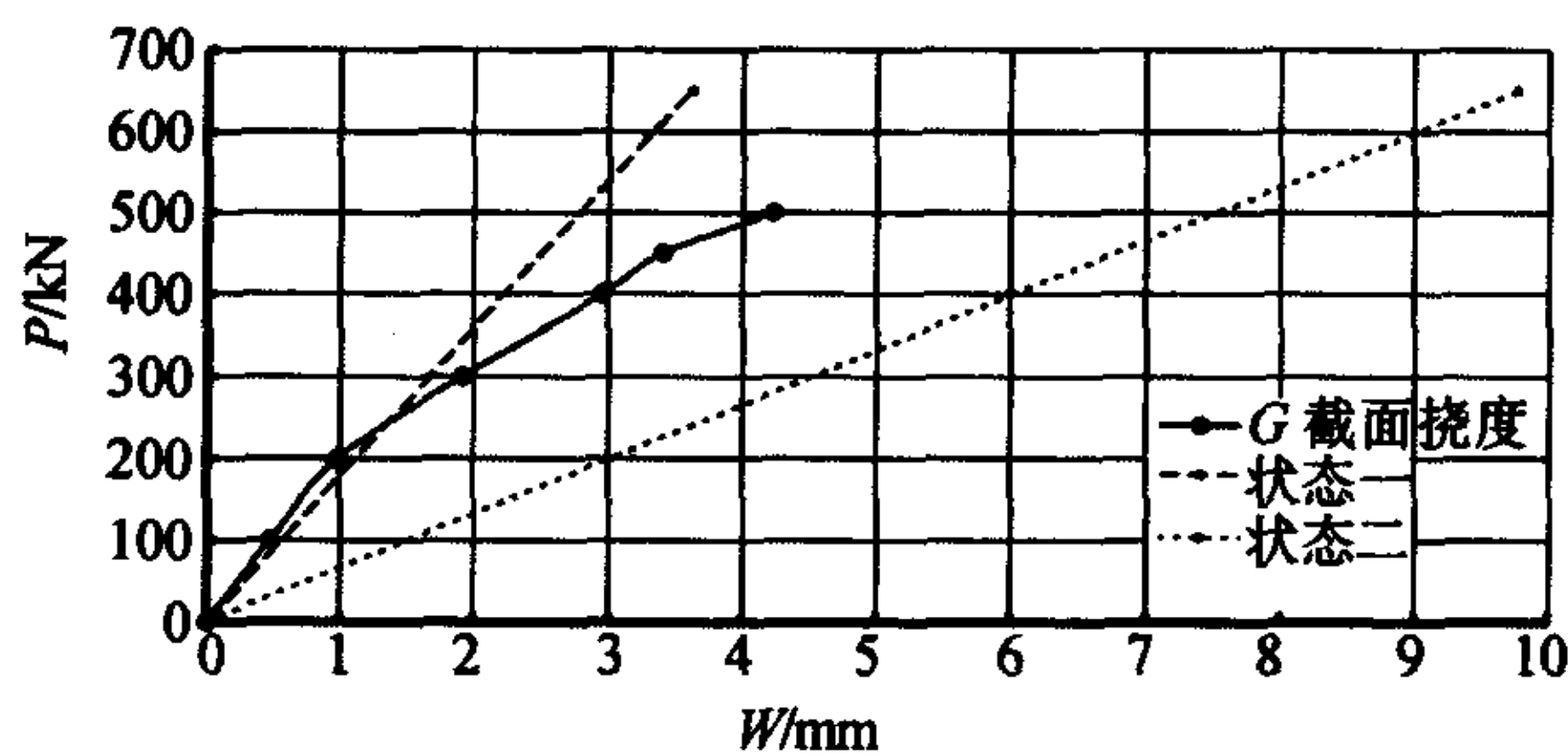
(a) QS1-1C 截面



(b) QS1-1G 截面



(c) QS1-2C 截面

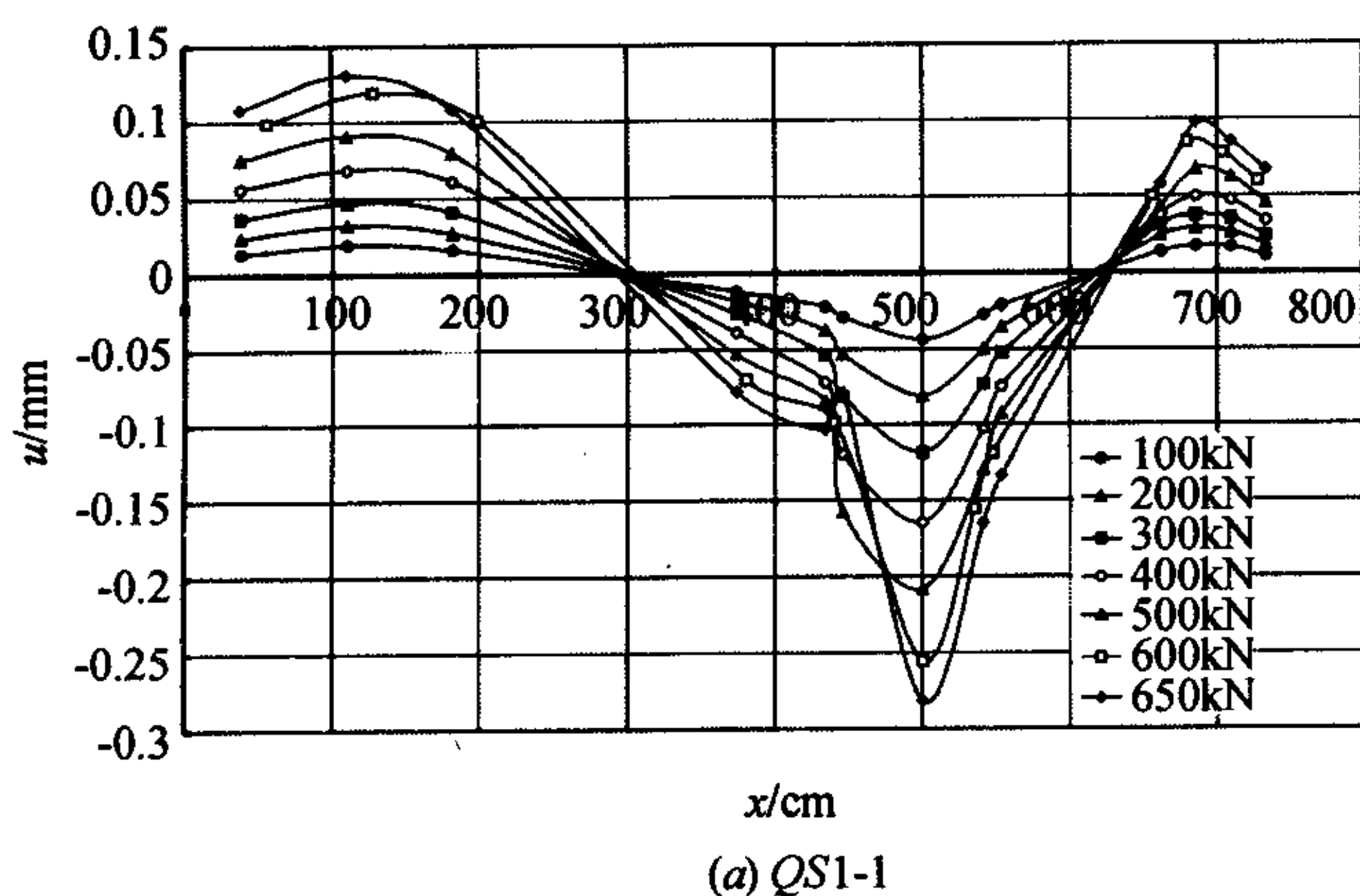


(d) QS1-2G 截面

图2 极限承载力试验C、G截面的 $P \sim W$ 曲线

4.3 栓钉的滑移

滑移以混凝土板向左、钢构件向右为正。图 3 (a)、(b) 是 QS1-1、QS1-2 不同荷载下钢与混凝土



的滑移曲线,滑移曲线与剪力图的一致,曲线形状与疲劳试验基本相同,最大滑移值分别为 0.28 mm 和 0.18 mm。

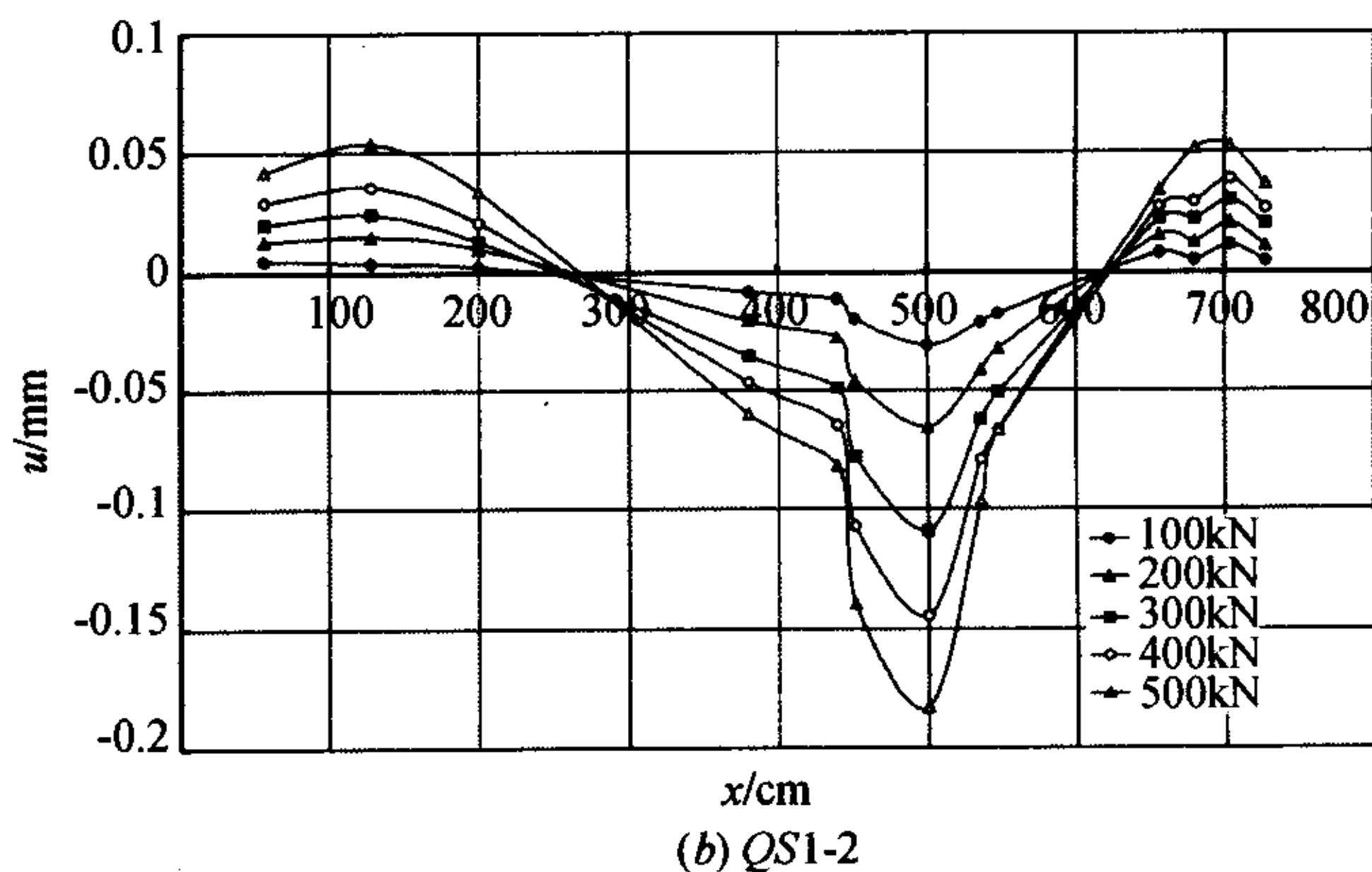


图 3 极限承载力试验滑移曲线

4.4 应变

图 4 和图 5 是 QS1-1 和 QS1-2 极限承载力试验不同荷载下 7、13、14、19 截面的应变分布。从这些曲线可见,7、13、19 截面基本符合平截面假定。随着

荷载的增加,中性轴逐步下移,直至试验结束,截面上的应变介于 1、2 状态之间,7、13 截面较接近第 1 状态,19 截面则较接近第 2 状态,14 截面显出钢与混凝土应变的不协调。

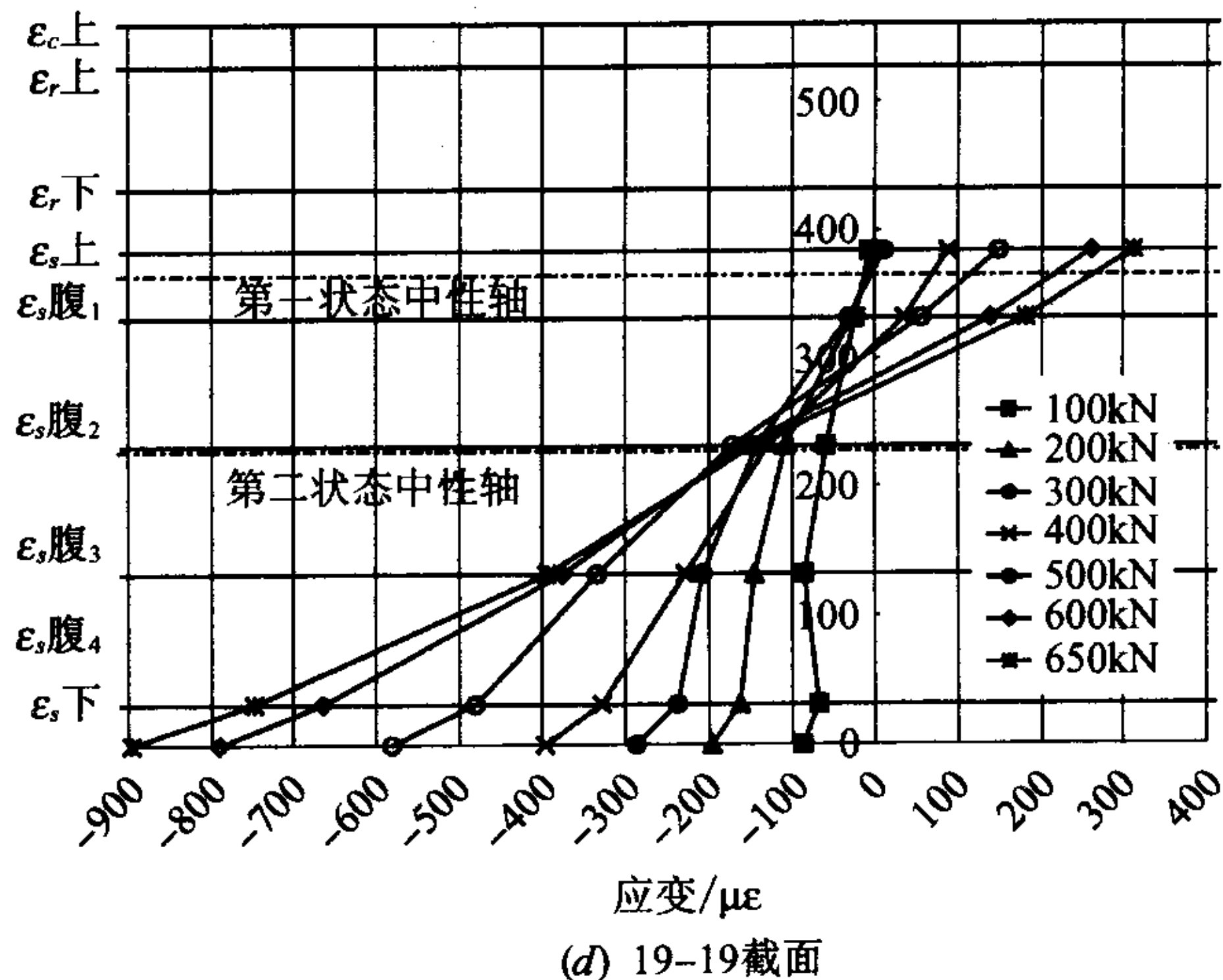
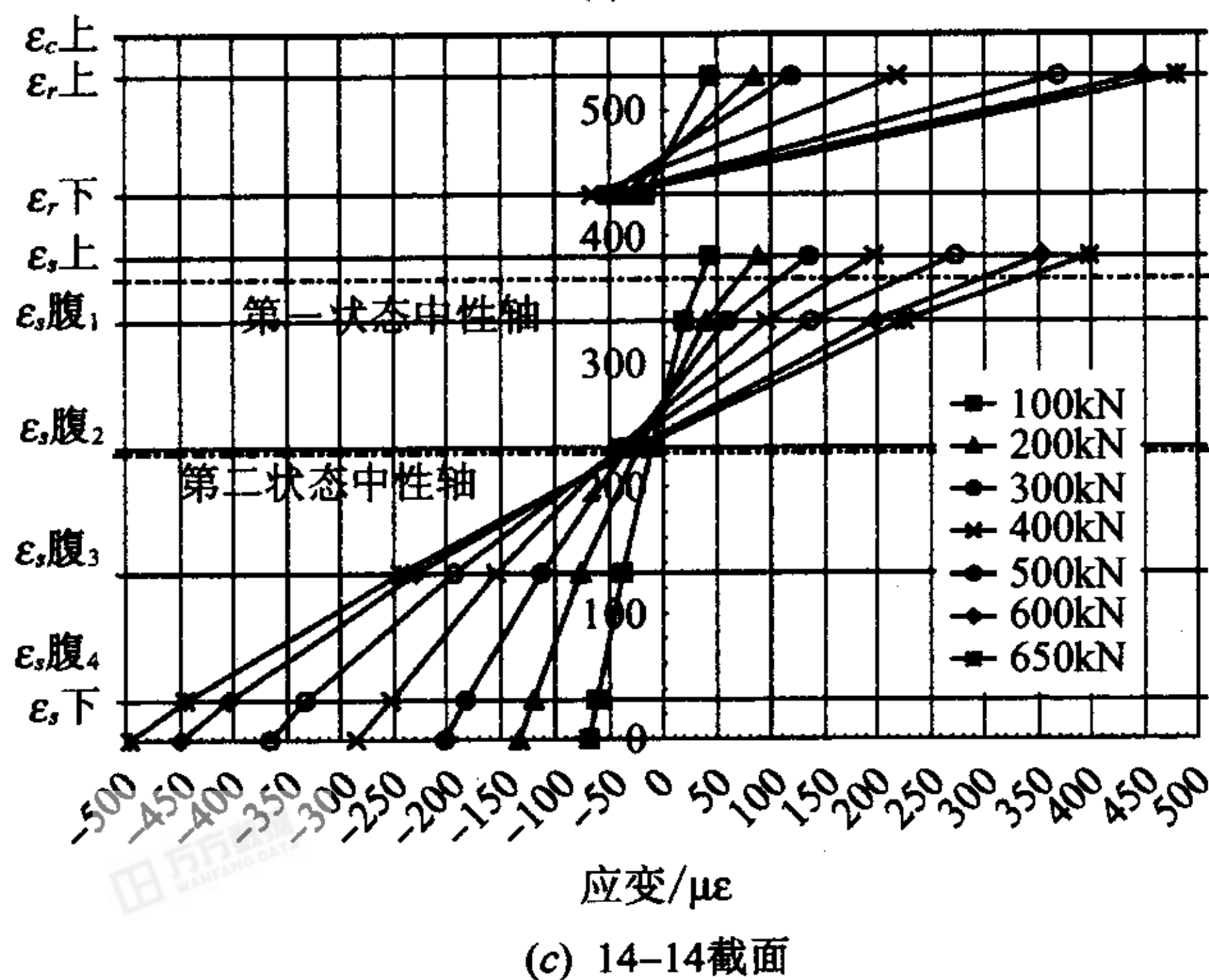
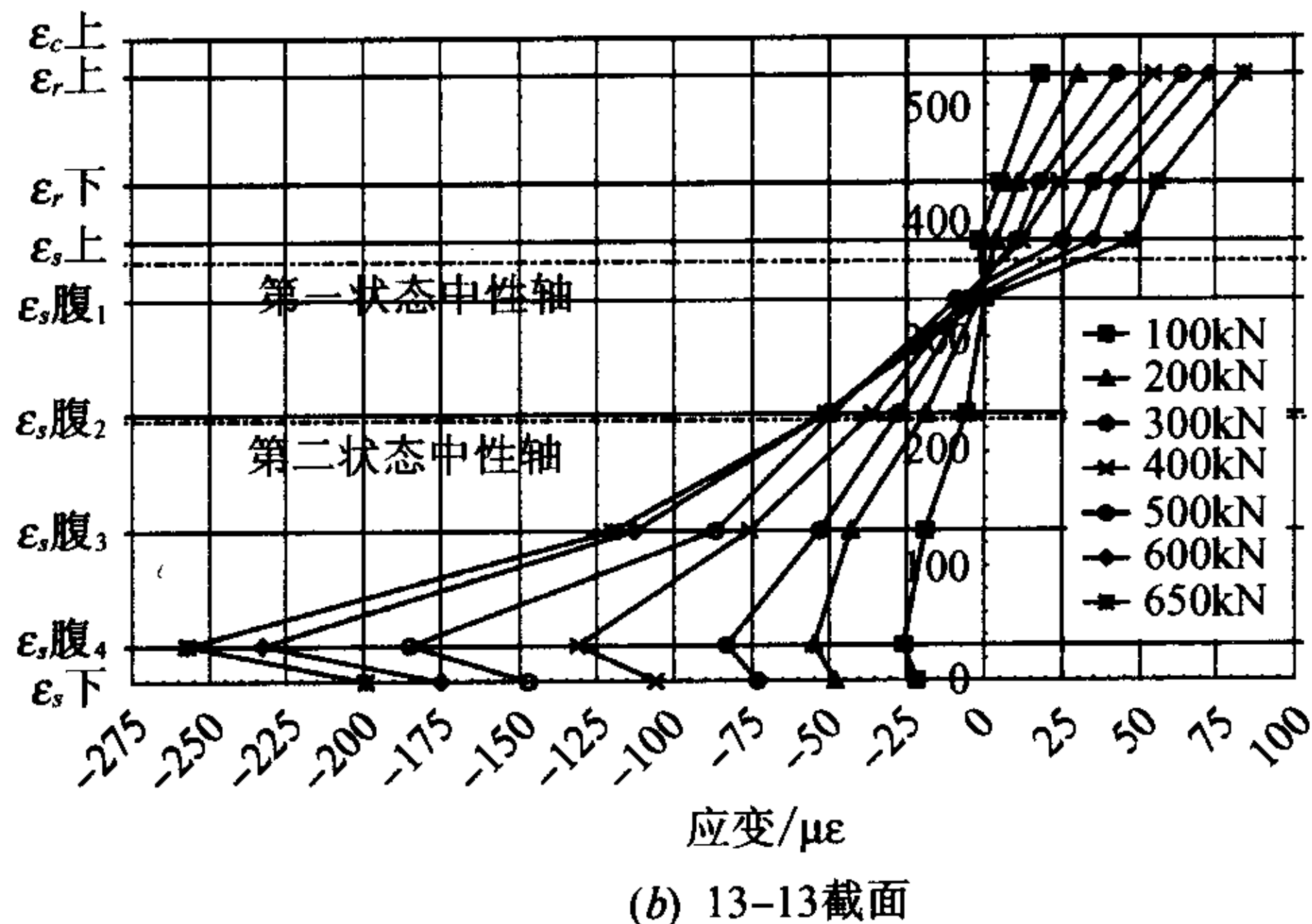
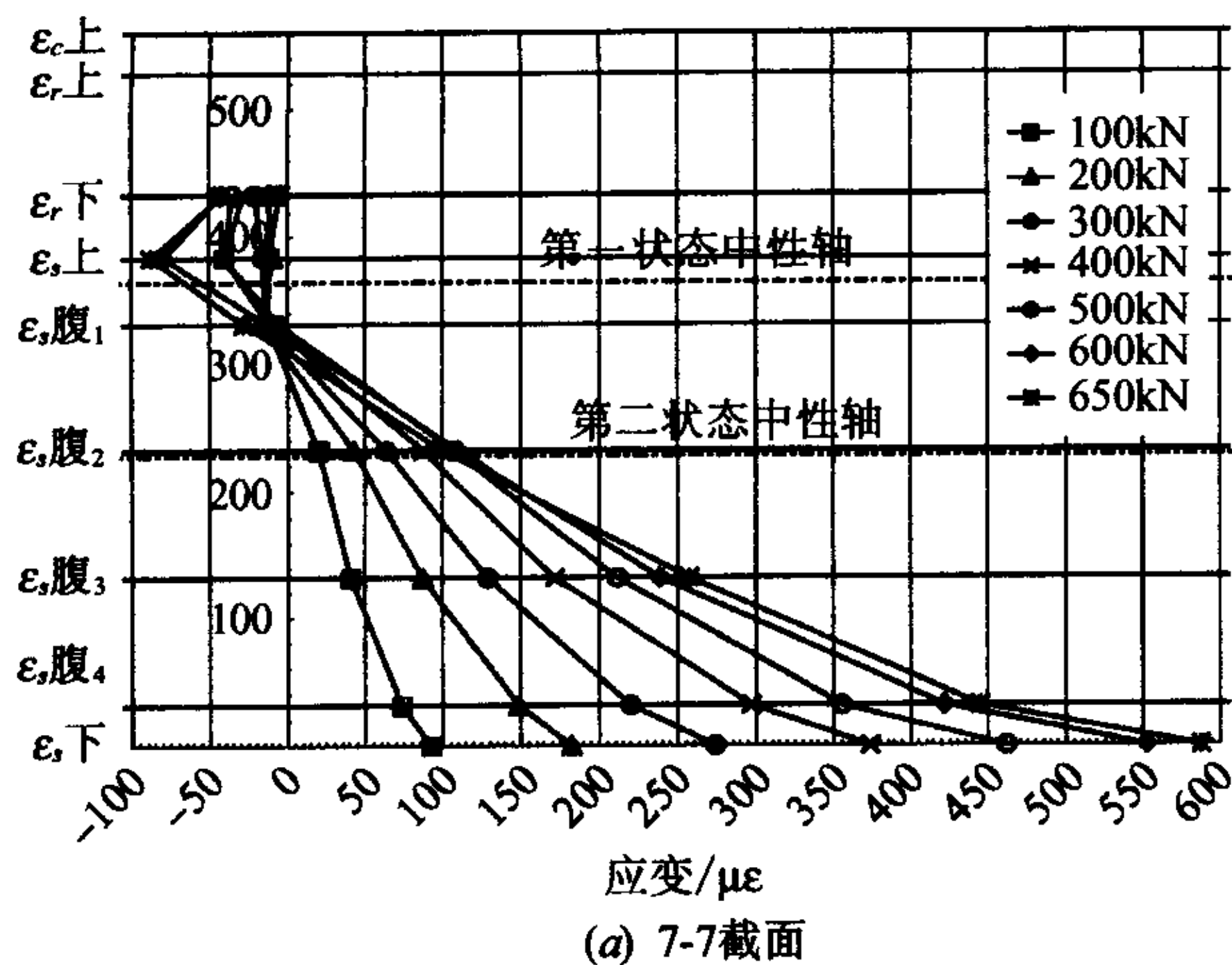
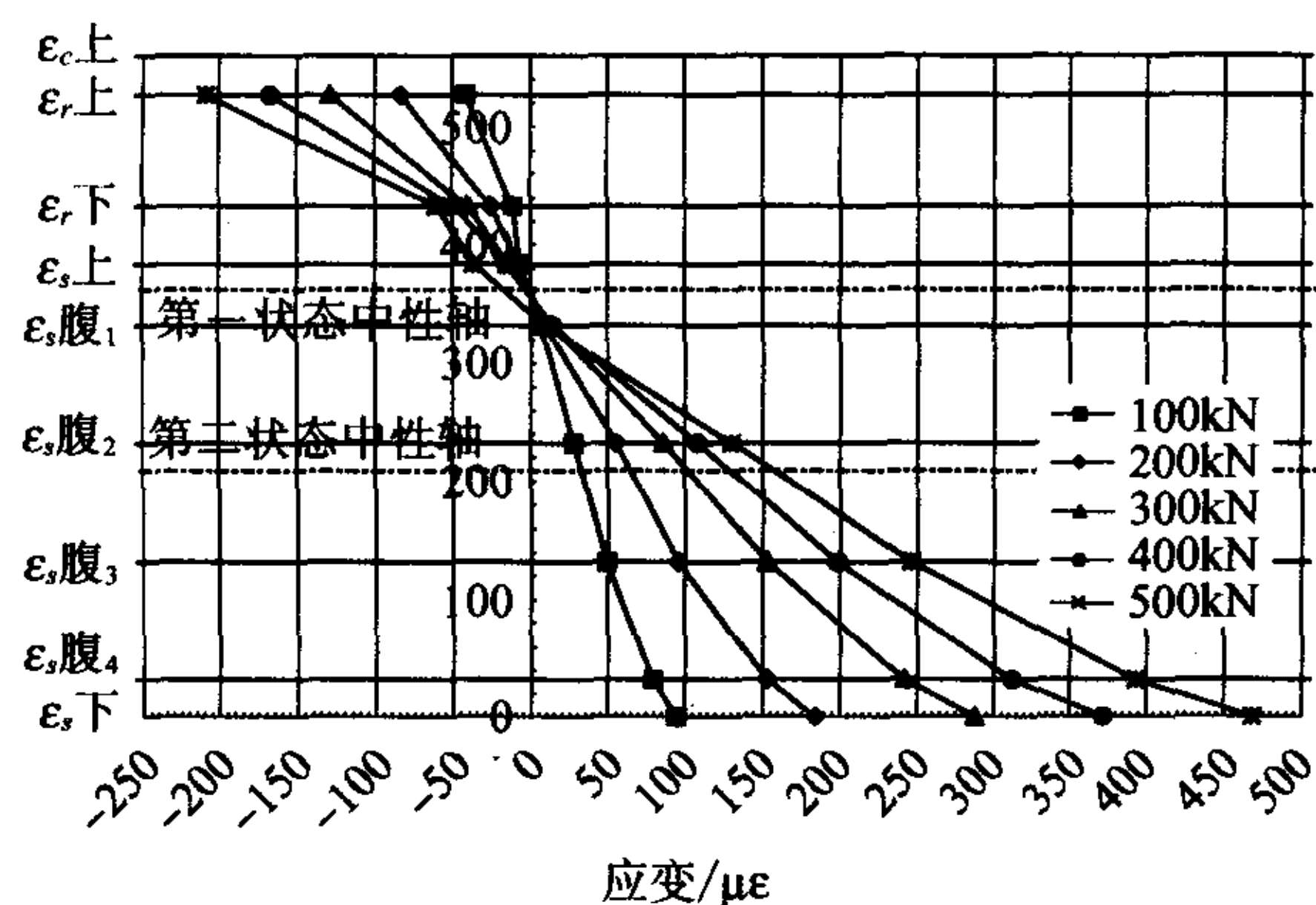
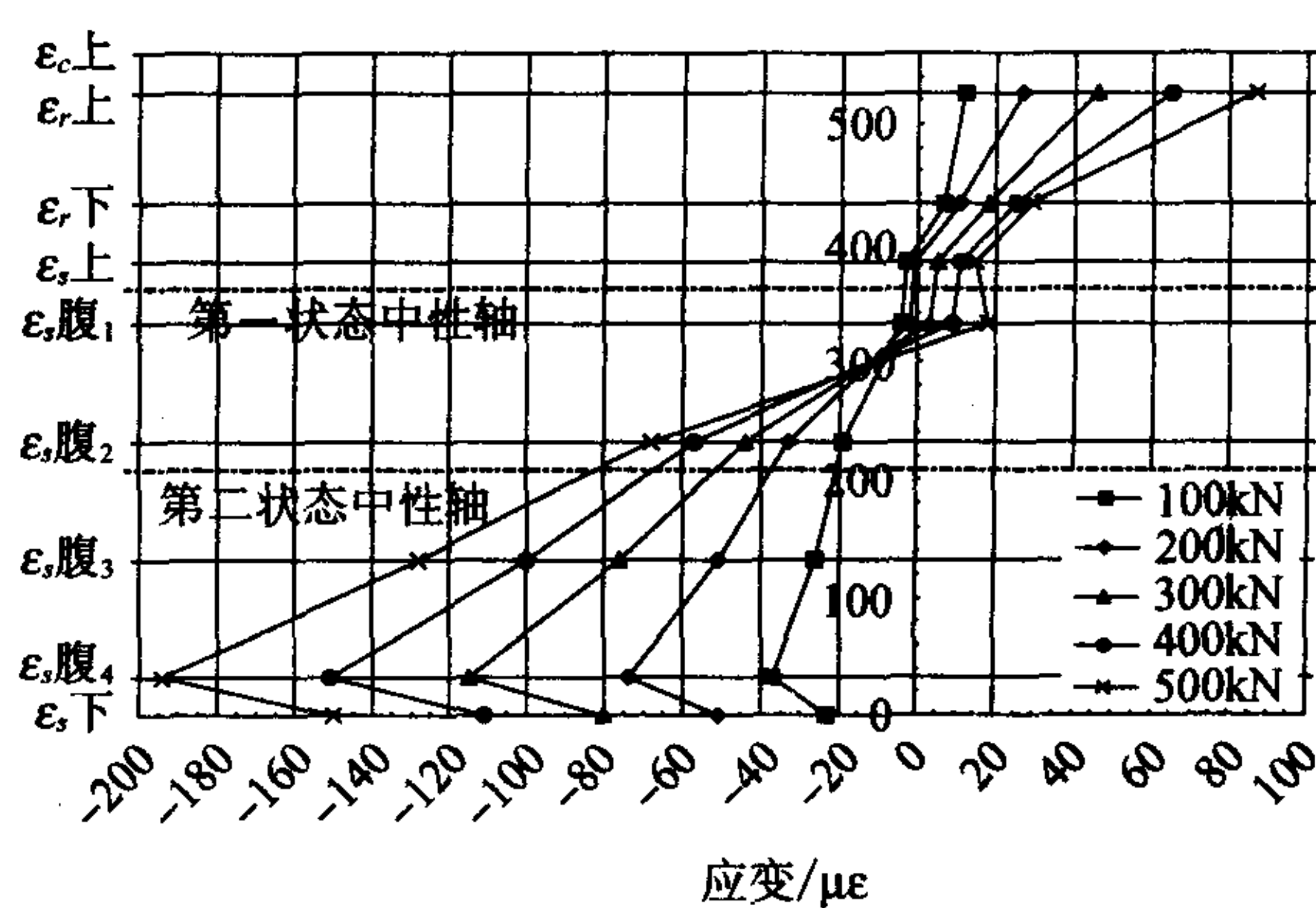


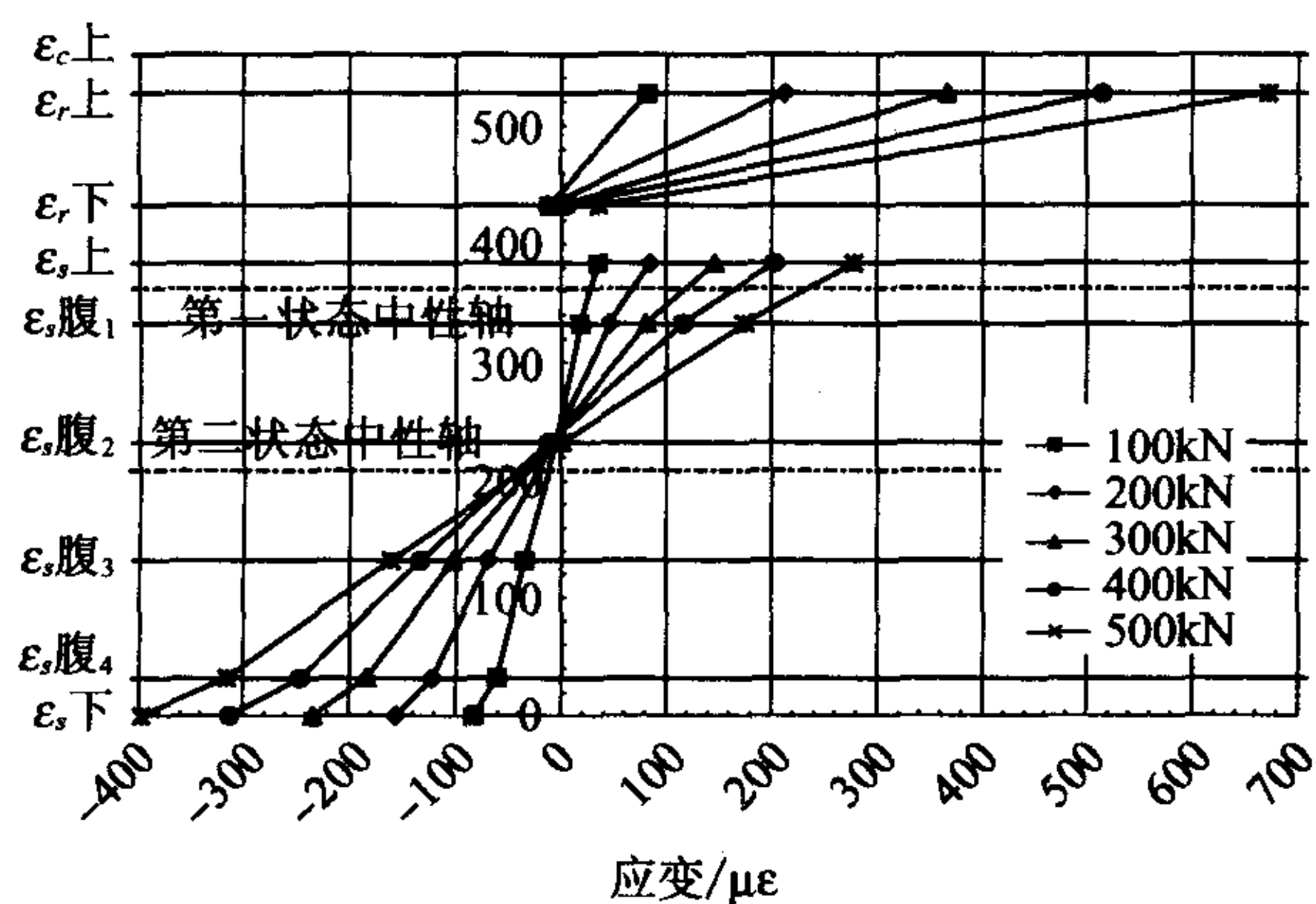
图 4 QS1-1 极限承载力试验各截面上的应变



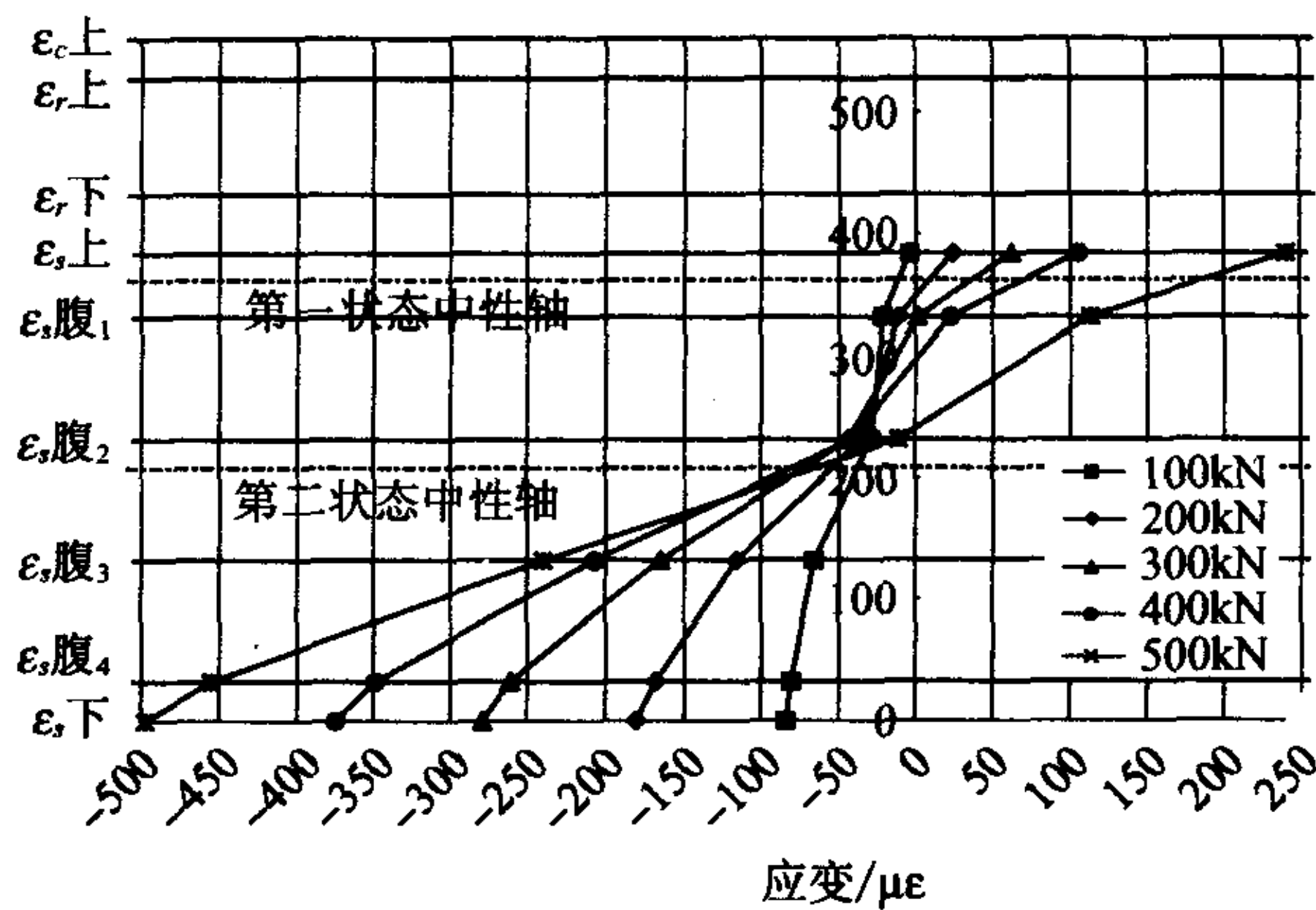
(a) 7-7截面



(b) 13-13截面



(c) 14-14截面



(d) 19-19截面

图5 QS1-2 极限承载力试验各截面上的应变

5 结语

通过对两组梁进行的极限承载力试验可以得出:

(1) 在裂纹宽度基本相同的情况下,纵向配筋率大的梁,其承载力稍大,这说明纵向配筋率的大小将影响连续结合梁的承载能力;

(2) 在极限承载力试验中,最终荷载下的裂纹间距约 12 cm,与箍筋间距相同,裂纹发生在箍筋所在截面附近,从裂纹数量、宽度和位置可以看出,裂纹主要受箍筋影响比较大;

(3) 混凝土上表面名义拉应力 $\sigma_{c拉max}$ 达 13.48~15.79 MPa 的情况下,混凝土中的裂纹宽度仍小于 0.20 mm,这说明使用高配筋率可以有效地解决连续结合梁桥受拉区混凝土开裂的问题;

(4) 滑移曲线形状与剪力图相一致,剪力变号

的截面滑移值接近于零,最大滑移值发生在无钉区的正中截面;

(5) 在最大裂纹宽度不小于 0.20 mm 的情况下,梁的挠度介于第一状态和第二状态线弹性理论计算值之间,但较接近于第一状态,说明混凝土还有一定的作用,钢构件与钢筋仍能有效结合。

参考文献:

- [1] 聂建国,余志武. 钢-混凝土组合梁在我国的研究及应用[J]. 土木工程学报,1999,(2).
- [2] TBJ24-89,铁路结合梁设计规定[S].
- [3] 聂建国,沈聚敏,等. 钢-混凝土组合梁中剪力连接件实际承载力的研究[J]. 建筑结构学报,1996,(4).
- [4] 侯文崎,罗如登,叶梅新. 钢-高配筋现浇混凝土结合梁裂缝宽度试验研究[J]. 中国铁道科学,2001,(5).