

(2)

10-1P

连续梁负弯矩钢筋分批切断时 延伸长度试验研究

邹昭文 傅剑平[✓] 白绍良
(建筑工程学院)

TU375.103

摘要 通过对6个足尺约束梁正负弯矩过渡段和两个悬臂段的静力试验,研究了负弯矩钢筋分批切断时延伸段的受力性能。在对延伸段上钢筋应变分布进行细致测定的基础上,结合对斜裂缝发展状况及规律的考察,分析了不同剪跨比下钢筋延伸段的受力特点,获得了一系列新的认识。发现现行设计规范规定的延伸长度在剪跨比大时取值不足,剪跨比小时又裕量较大,为分批切断钢筋时延伸长度的合理取值提供了理论和试验依据。

关键词 钢筋混凝土, 连续梁, 延伸长度, 试验
中图法分类号 TU375.1

1 静力试验

在连续梁和框架梁中,对负弯矩钢筋进行分批切断是一种最常用的构造做法。但据了解,国内外至今仅对基本延伸长度取值做过系列试验^{[1],[2]},而对分批切断钢筋时延伸长度的取值原则则未见有试验研究成果发表。这表明,目前设计规范、各类构造手册和图集中关于延伸长度的规定或建议就分批切断钢筋的情况而言,由于未经试验验证,故仍属于一种以工程经验为基础的传统做法。

通过对三根足尺约束梁的两端逐一分别进行两点加载(图1),共完成了六个剪跨比不同、延伸长度取值不同的约束梁正负弯矩过渡段(即下列表1、表2中所称A、B、C、D、E、F等6个区段)以及两个延伸长度取值不同的悬臂段(即下列表1、表2中所称G、H两个区段)的破坏试验。其中负弯矩钢筋均为四根,等直径,分两批切断,每批两根,长的在外侧,短的在中间。为了测量延伸段钢筋的应变分

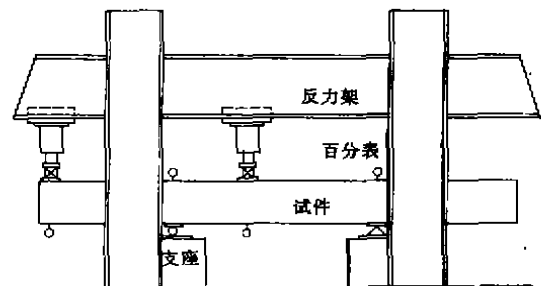


图1 试验装置

收稿日期:1995-09-22

邹昭文,女,1955年生,讲师,重庆建筑大学建筑工程学院(630045)

布,从每个试验区段的长、短两批钢筋中各取一根,采用沿钢筋纵肋开槽密贴应变片的做法,应变片沿钢筋轴线方向的中距为30 mm。各正负弯矩过渡段的正弯矩抗力均大于负弯矩抗力,以保支座截面先屈服。各区段作用剪力均满足 $V > 0.07f_c b h_0$ 的条件,且箍筋数量配置适当,既防止发生剪切破坏,又使斜裂缝能有较充分发育。各区段混凝土保护层均为25 mm,其余基本数据见表1,两批钢筋的取值原则及具体长度见表2。

表1 各试验区段的基本参数

区段编号	截面尺寸 (mm)	$f_{c,150}$ (N/mm ²)	负弯矩筋	$p_{u11}/p_{u,1}$	$p_{u12}/p_{u,2}$	破坏形式	备注
A	250×500	24.06	2×2Φ20	1.16	1.21	支座截面弯曲破坏	
B	250×500	24.06	2×2Φ20	0.84	0.95	斜截面弯曲破坏	
C	250×500	28.70	2×2Φ20	0.98	0.99	支座截面弯曲破坏	
D	250×500	28.70	2×2Φ20	0.78	0.79	斜截面弯曲破坏	
E	200×500	25.30	2×2Φ18	1.13	1.04	支座截面弯曲破坏	跨内集中力经梁两侧短悬臂传入梁内
F	200×500	25.30	2×2Φ18	0.91	0.91	斜截面弯曲破坏	跨内集中力经梁两侧短悬臂传入梁内
G(悬臂段)	200×500	25.30	2×2Φ18	0.91	0.91	斜截面弯曲破坏	
H(悬臂段)	200×500	25.30	2×2Φ18	0.91	0.91	斜截面弯曲破坏	

注:表中 $p_{u,1}$ 为实测的破坏阶段作用在伸臂端的集中力; $p_{u,1}$ 为按梁支座截面达到其抗负弯矩承载力计算的作用在伸臂端的集中力; $p_{u,2}$ 为实测的破坏阶段作用在跨内的集中力; $p_{u,2}$ 按支座截面达到其抗负弯矩承载力计算的作用在跨内的集中力。

延伸长度中包含的锚固长度 l_a 按《混凝土结构设计规范》GBJ 10-89修订时粘结锚固专题组提出的原型公式计算^[1],该原型公式建立时取 $f_t = 0.27(f_{c,150})^{2/3}$,于是,对于 $f_c = 400\text{N/mm}^2$ 的钢筋和C20混凝土可得 $l_a = 25d$ 。本文在按原型公式确定各试验区段的钢筋延伸长度时,考虑到实配混凝土强度的不确定性,从偏安全角度将 l_a 加大为 $30d$ 。在分析试验结果应注意这里人为增加的 $5d$ 长度(d 为钢筋直径)。

2 试验区段的实测受力情况

随着剪跨比及各批钢筋延伸长度取值的不同,各试验区段延伸长度范围内钢筋的受力状况大致可分为以下四类。

2.1 延伸长度尾段未发生明显粘结退化

属于这一类的有剪跨比小的C区和E区($a/h_0 = 1.72$)以及剪跨比中等的A区($a/h_0 = 3.32$)。

在C区中,考虑了实测混凝土强度与原设计的C20等级之间的差异给锚固长度 l_a 带来的影响以及各批延伸长度均人为增加了 $5d$ 的事实后,第一批钢筋相当于比按原型公式计算的短了 $2.2d$;第二批钢筋则恰好符合原型公式要求。E区两批钢筋作成了等长,这相当于

表2 各试验区段延伸长度取值

区段编号	a/h_0	l_1 (mm)	批序	延伸长度取值原则	实取长度 (mm)
A	3.23	787	第一批(短)	$l_d + 5d + h_0$	1065
			第二批(长)	$l_{m1} + l_d + 5d + h_0$	1459
B	3.23	787	第一批(短)	$l_{m1} + 20d$	795
			第二批(长)	$l_1 + 20d$	1190
C	1.72	418	第一批(短)	$l_1 + 20d$	818
			第二批(长)	$l_d + 5d + h_0$	1065
D	4.72	1150	第一批(短)	$l_d + 5d + h_0$	1065
			第二批(长)	$l_d + 5d + h_0$	1065
E	1.72	425	第一批(短)	$l_d + 5d + h_0$	1005
			第二批(长)	$l_d + 5d + h_0$	1005
F	3.67	902	第一批(短)	$l_d + 5d + h_0$	1005
			第二批(长)	$l_{m1} + l_d + 5d + h_0$	1456
G	-	1400	第一批(短)	$l_{m1} + 20d$	1060
			第二批(长)	伸至梁外端向下弯折400	
H	-	1400	第一批(短)	$l_{m1} + h_0 + 5d$	1255
			第二批(长)	伸至梁外端向下弯折400	

注:表中 a 为剪跨,即从跨内集中力作用点到支座的距离; h_0 为梁截面有效高度; a/h_0 为计算剪跨比; l_1 为负弯矩区长度; l_{m1} 为从支座到第二批钢筋“充分利用点”或第一批钢筋“不需要点”的距离,当两批钢筋数量相等时, $l_{m1} = l_1/2$ 。因在制作试件时每批钢筋的 l_d 均加长了 $5d$,故表中 $l + h_0$ 均成为 $l_d + 5d + h_0$ 。

* F 区用第二控制条件(第一批 $l_{m1} + h_0 + 5d$, 第二批 $l_{m2} + h_0 + 5d$)所得延伸长度与表中用第一控制条件得出的延伸长度值完全相同,故 F 区延伸长度同时受第一、第二两个条件控制。

表中所指延伸长度值为从支座算起向跨中方向延伸的长度。

将短的一批比原型公式加长了 $8.6d$, 长的一批缩短了 $3.2d$, 平均相当于加长了 $2.7d$ 。这两个试验区段中两批钢筋的延伸段直到梁支座截面发生弯曲破坏时始终保持了良好的工作状态。最后 C 区短的一批钢筋仍有 90 mm, 长的一批则有 360 mm 尾段仍处于受压状态。而 E 区长度相等的两批钢筋最后仍分别有 180 mm 和 300 mm 尾段处于受压状态。考虑到 C 区延伸长度基本符合规范原型公式要求, 而 E 区延伸长度只比规范原型公式长了约 $3d$, 而两区最后均有不同长度的尾段处于受压状态的实测结果, 经粗略估算, 可以认为, C、E 两区的延伸长度尚有不少于 10% 到 15% 的裕量。

在图 2 中给出了 C 区破坏阶段的裂缝发育状况, 钢筋延伸尺度、弯矩图以及在三个有代表性的荷载等级下两批钢筋的应变分布。从图 2 以及 E 区相应实测结果^[4]中可以看出以下共同规律。

1. 不论两批钢筋长短是否相同, 它们的受拉范围均彼此大致相等, 沿该长度的应变大小及分布也基本相同, 即各批钢筋的受力表现出非常明显的同步性。只是在临近破坏阶段, 延伸较长的钢筋因锚固刚度略好, 在靠近梁支座处进入屈服的区段通常相对略长。这意味着, 如果各批钢筋以不同的延伸长度切断, 且两批钢筋均有一定长度受压, 因而尾段不会发生粘结失效, 则必然是短的一批受力相对更充分, 而长的一批尾段则不能充分发挥延伸段的

作用。因此可以推断,在剪跨比偏小时,负弯矩筋并不一定要分批切断,作成等长不仅从经济上常常是节省的,从受力来说也是安全的。

2. 在斜裂缝出现时,两批钢筋中应变大致呈线性分布,这表明此时钢筋应变受正截面的弯曲效应控制,同时也与锚固段的应变变化规律相符。斜裂缝出现后,钢筋延伸段出现内力重分布。在由支座到主斜裂缝与钢筋交点的一段长度上,应变梯度较少,主斜裂缝交点以外应变梯度较大。这种两折线分布模型可以一直延续到荷载很大时。通常两个梯度段分界点对应的主斜裂缝不是负弯矩扇形裂缝区最外侧的斜裂缝,而是略靠近支座的一条。主斜裂缝的倾角随剪跨比的减少有增大趋势,第一应变梯度段的水平长度也就随剪跨比的减小而略有减小。在 $a/h_0=1.72$ 的 C 区和 E 区,主斜裂缝的倾角分别为 66° 和 52° 。在临近破坏阶段,延伸长度较大的一批钢筋的应变分布模型还可能发展成为三线型(图 2 中 A 点)相对应。第二梯度段的梯度中等,其外端大致与扇形区最外一条斜裂缝的交点(图 2 中 B 点)或粘结短斜裂缝区的外端点(E 区)相对应。第三折线则为以锚固作用为主的尾段,应变梯度最大。

3. 对于 C 区和 E 区这种相对于剪跨而言延伸长度足够大,因而延伸段尾部不会发生粘结退化的情况,不论延伸段应变分布呈两线型还是三线型,其第一折线水平长度在荷载增长过程中均保持不变。同时如图 2 所示,两批钢筋的应变零点从受力较小时就已经超过了弯矩零点,但在整个荷载增长过程中,这一前移量一直未见明显增大。

A 区的剪跨比属于中等,其两批钢筋的延伸长度取值仍是由从“充分利用点”前伸 $l_d + h_0$ 这个第一条件所控制。在考虑了实测混凝土强度与原假定强度的差异对延伸长度值的影响以及延伸长度人为加长了 $5d$ 以后, A 区两批钢筋的延伸长度均比按规范原型公式计算的长出了 $7.9d$ 。在此情况下,两批钢筋延伸段在整个加载过程中工作状况良好,长的一批最后仍有 180 mm 处于受压状态;短的一批虽已全长受拉,且梁顶部已有纵向劈裂裂缝发育,但其末端并未出现明显粘结退化。在这种前提下,由于两批钢筋仍是同步工作的,若考虑到延伸长度已长出了 $7.9d$ 的事实,则应承认,对于先切断的一批钢筋,在剪跨比偏大时仍用 $l_d + h_0$ 的条件控制就显得有些紧张,而后切断钢筋用 $l_{m1} + l_d + h_0$ 控制延伸长度,则裕度又可能偏大。

如图 3 所示, A 区发生支座截面弯曲破坏以及同时从正弯矩区斜裂缝向支座方向发展的下部纵筋粘结撕裂破坏。图中所示各受力阶段应变分布规律与 C 区和 E 区相似。在接近破

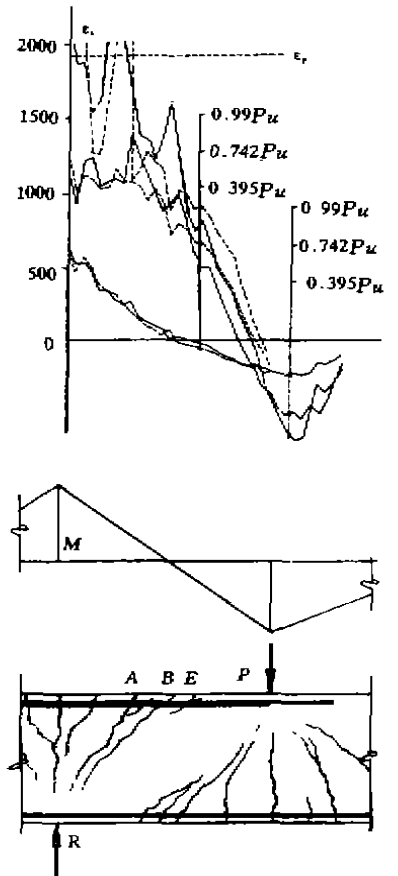


图 2 剪跨比较小,延伸段末端未发生粘结退化的 C 区受力情况(图中实线和虚线分别表示第二批和第一批钢筋的应变分布)

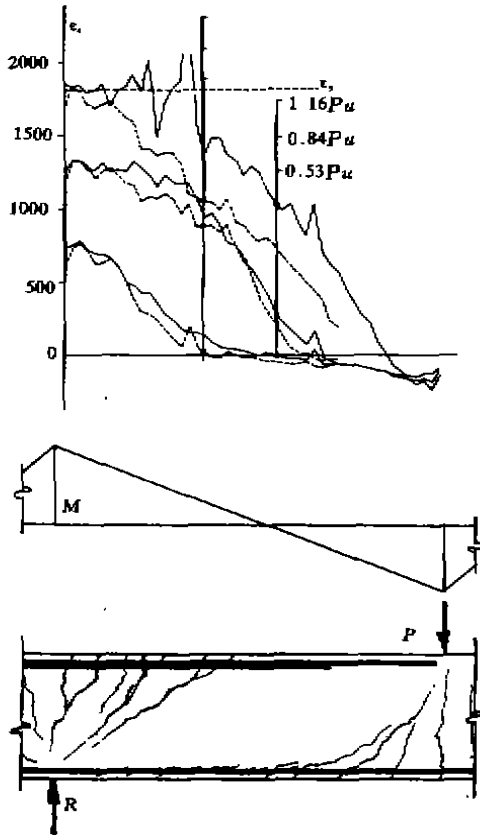


图 3 剪跨比中等, 延伸段末端未发生粘结退化的 A 区受力情况 (图中实线和虚线分别表示第二批和第一批钢筋的应变分布)

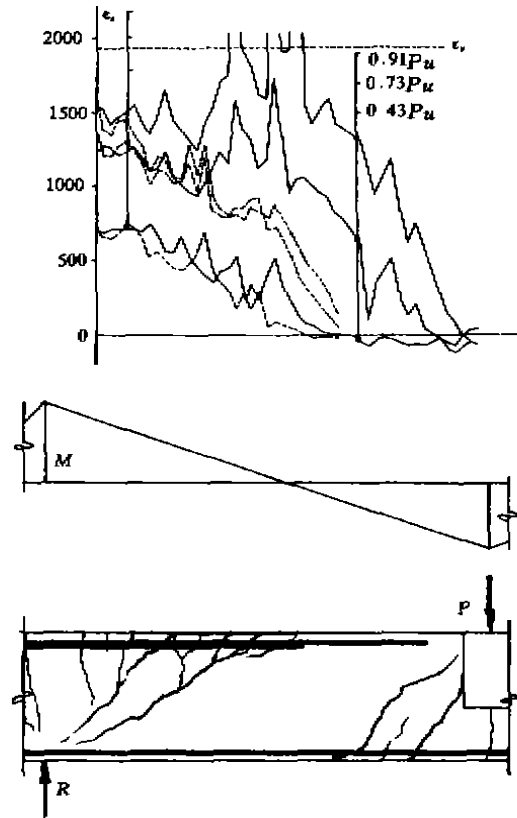


图 4 剪跨比更大, 当第一批钢筋发生粘结退化的 F 区受力情况 (图中实线和虚线分别表示第二批和第一批钢筋的应变分布)

坏时, 长的一批钢筋的屈服区比短的一批明显, 故其应变分布此时具有明显的三折线特征。两批钢筋第一折线段的端点仍与主斜裂缝(三条裂缝中的中间一条, 倾角为 52°)和钢筋的交点相对应, 而且在荷载增大过程中未见明显前移。与此相反, 两批钢筋的应变零点则随荷载增大而从弯矩零点明显前移, 这是中等剪跨比试验区段与小剪跨比试验区段的一个重要区别。第一、二批钢筋的前移量分别为 300 mm 和 500 mm, 后者已大于 h_0 。虽然 A 区从“不需要点”前伸 $20d$ 的延伸长度第二条件并不起控制作用, 但也应承认, “前伸 $20d$ 是无法覆盖上述拉应变区的前移量的。

2.2 短的一批钢筋末端出现明显粘结退化

属于这一情况的有中等剪跨比的 B 区 ($a/h_0 = 3.23$) 和剪跨比更大 ($a/h_0 = 3.67$) 的 F 区。

F 区在偏大的剪跨比情况下, 依然是第一条条件 (从“充分利用点”前伸 $l_1 + h_0$) 控制延伸长度取值。除人为地将延伸长度增大了 $5d$ 之外, 由于实际混凝土强度大于 C20, 故两批延伸长度均相当于比按规范原型公式计算的长了 $8.6d$ 。

在按支座抗弯能力预测的破坏荷载的 70 % 以前, 两批钢筋一直处于良好的同步工作状态。唯一与上述各区不同是(如图 4 所示), 该区在从支座向外逐步出现若干条垂直裂缝之后, 才在距支座较远处出现一条坡度偏小的斜裂缝(指向支座, 倾角 39°), 直到接近破坏时才又在这条斜裂缝与支座之间出现另一条斜裂缝(倾角 52°)。于是, 先出现于外侧的那条斜裂缝即对应变分布的第一梯度段的水平长度就起了控制作用, 从而使这一梯度段长度明显大于其它试验区段(780 mm)。由于短的一批钢筋伸过这一裂缝只有约 200 mm 长, 锚固能力不足, 加之该主斜裂缝在梁顶部呈“船首”形向前发展与纵向粘结劈裂裂缝连通, 故从预计破坏荷载的 70 % 起, 短的一批钢筋中的应变即开始沿全长逐步下降, 表明发生了明显的粘结退化。这时, 长的一批钢筋中应变迅速增长, 其第一应变梯度段水平长度增加到临近破坏时的 1000 mm 左右, 应变零点的前移量则达 500 mm 左右。由于短的一批钢筋未能充分发挥抗弯作用, 故试验区段在预计破坏荷载的 91 % 时便发生了沿上述主斜裂缝的弯曲破坏。这时, 长的一批钢筋的尾部尚有很小一段处于受压状态。

B 区是有意识地将延伸长度取小的试验区段, 目的是想考察规范规定的延伸长度有无潜力可挖。在考虑实际混凝土强度高于 C20 的因素后, 两批钢筋均比规范原型公式要求的短了 $10.7d$ 。

试验结果表明, 在最后一级荷载施加之前, 由于第一批钢筋较短, 伸出受拉区只有 8 mm, 因此从开始受力起就已经全长受拉, 而且荷载较大时, 梁顶已出现纵向粘结劈裂裂缝, 但两批钢筋仍能保持良好的同步受力状态。应变分布规律发展正常, 第一应变梯度段(水平长度约 470 mm, 受力过程中保持稳定)对应于唯一的斜裂缝的靠近支座的分枝。但在最后一级荷载施加后, 第一批钢筋末端便出现了明显的粘结失效, 虽然该钢筋在支座截面的应变还有少许上升, 但沿全长应变分布已由双线型退化为单线型。与此同时, 长的一批钢筋在支座处的应变迅速增长, 第一应变梯度段明显增大(由 470 mm 增大到 700 mm 左右), 但因这批钢筋长度尚可, 故它的尾段尚未出现粘结失效。最后在悬臂外端集中力达到预计值 84 % 时试件发生了沿主斜裂缝的弯曲破坏。第二批钢筋应变零点的前移量最大只有 450 mm, 较剪跨比相同的 A 区为小。

综合 B、F 两区的试验结果, 可得出以下结论:

(1) 当剪跨比偏大时, 对于第一批钢筋延伸长度的控制条件可作以下初步判断: 只要主斜裂缝倾角偏大(如 B 区), 即使延伸长度少了 $10.7d$, 仍能维持到预计破坏荷载的 80 %; 但若主斜裂缝倾角偏小(如 F 区), 即使延伸长度加大了 $8.6d$, 也只能维持到预计破坏荷载的 90 %。虽然从总的试验结果看, F 区的特征出现的机会少, 但应适当考虑随着剪跨比的增大, 对第一条件做更严格的要求。

(2) 上述对第一批钢筋延伸长度的控制是首要措施。但若一旦第一批钢筋尾段粘结不足, 作后备措施必须考虑第二批钢筋具有足够的锚固长度。按现行做法, 第二批钢筋延伸长度由 $l_{m1} + l_d + h_0$ 控制。经核算, 在主斜裂缝坡度较陡的 B 区, 第一应变梯度段前移量较小, 这一控制措施是充裕的, 但在主斜裂缝坡度偏小的 F 区, 由于第一应变梯度段长度可观, 这一控制条件尚嫌紧张。

(3) 虽然在 B、F 区的剪跨比情况下, 延伸长度仍未按第二控制条件(从“不需要点”前伸 $20d$) 取值, 但从实测第二批钢筋应变零点前移量来看, 规范所取 $20d$ 是明显满足不了要求的, 特别是在钢筋直径偏小时。

2.3 剪跨比很大, 集中荷载为主的连续梁有可能出现离支座更远, 且不指向支座的主斜裂缝

在集中荷载为主的连续梁中, 完全有可能出现剪跨比更大(例如 $a/h_0 > 4$) 的情况。这时, 延伸长度可能转由第二条件(即从“不需要点”前伸 $20d$) 控制。D 区就是为了对第二条件的必要性进行检验而设计的。其两批钢筋等长, 而且只伸到距受压区还有 85 mm 处切断(即在受拉区切断)。在预测破坏荷载 70% 之前, 两批钢筋同步工作情况良好。虽然四根钢筋从开始

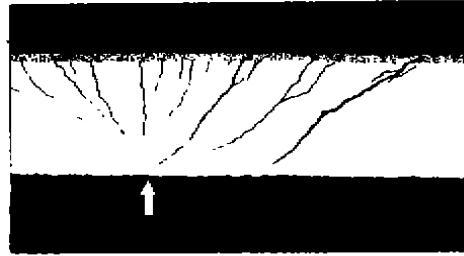


图 5 剪跨比更大延伸长度不足时在钢筋切断点处形成的破坏斜裂缝(D 区)

受力起就全长受拉, 但应变分布规律与前几个试验区段相似。第一应变梯度段外端对应的也不是扇形分布的负弯矩裂缝的最外一条(倾角 38°), 而是更靠近支座的一条倾角为 48° 的主斜裂缝。第一梯度段水平长度在这个受力阶段内一直保持 450 mm 左右不变。但在达到预测荷载 70% 后, 从四根钢筋切点处迅速形成了一条倾角为 39° 的新斜裂缝, 因穿过该裂缝处只有 $2\Phi 12$ 构造筋, 故在 78% 预测荷载时便发生了沿这条新斜裂缝的弯曲破坏, 如图 5 所示。

通过 D 区试验, 并参考下文悬臂梁试验结果可以看出, 为了避免发生 D 区的这种沿新斜裂缝的弯曲破坏, 应对第一批钢筋的延伸长度提出以下补充要求, 即其延伸段应加长到使穿过新斜裂缝继续前伸的第二批钢筋能够承担起作用在新斜裂缝下端点对应的正截面中的弯矩。也就是说, 第一批钢筋应伸过其“不需要点”一个相当于新裂缝水平投影长度的距离。这样作当然是略偏安全的, 因为没有考虑该斜裂缝中箍筋等的有利作用。但另一方面, 因这一斜裂缝水平投影长度通常习惯于用若干倍的 h_0 来表达, 至今对它还没有一种如对 l_d 那样的考虑可靠性的办法。因此若对用 h_0 表达的延伸长度也考虑一定的可靠性, 则上述建议是否足够仍就是一个值得进一步探讨的问题。

2.4 悬臂端受力

本文完成的两个悬臂段的试验, 其梁外端集中力的作用点距支座均为 $l_1 = 1400\text{mm}$, 即 $l_1/h_0 = 1400/465 = 3.01$, 属于工程中常见的情况。此时, 因 l_1 较大, 钢筋延伸长度已改由第二条件控制。G 区和 H 区的区别仅在于, 第一批钢筋伸过“不需要点”的长度分别取为规范规定的 $20d$ 和本文建议加长了的 $h_0 + 5d$ 。第二批钢筋均伸至梁外端再向下弯折 400 mm 后切断。在按支座截面抗弯能力预测的破坏荷载的大约 60% 以前, 两个区段中两批钢筋的受力均具有良好的同步性。所不同的是, 在 H 区, 唯一一条主斜裂缝与负弯矩钢筋的交点距支座只有 760 mm 左右, 故两批筋应变分布均具有明显的双折线特点, 第一应变梯度段的外端与上述交点相对应(见图 6b); 而 G 区唯一一条斜裂缝与负弯矩钢筋的交点距支座已有 1080 mm, 故两批钢筋的应变分布均缺乏明显的第一平台, 而具有应变梯度自支座截面向外逐步略有增大的特点(图 6a)。

此后, 随着荷载增大, 钢筋在与斜裂缝交点处的应变开始明显增长。在 G 区因主斜裂缝与第一批钢筋不相交, 故该批钢筋末端一直未出现明显粘结退化, 而在支座截面钢筋的拉应

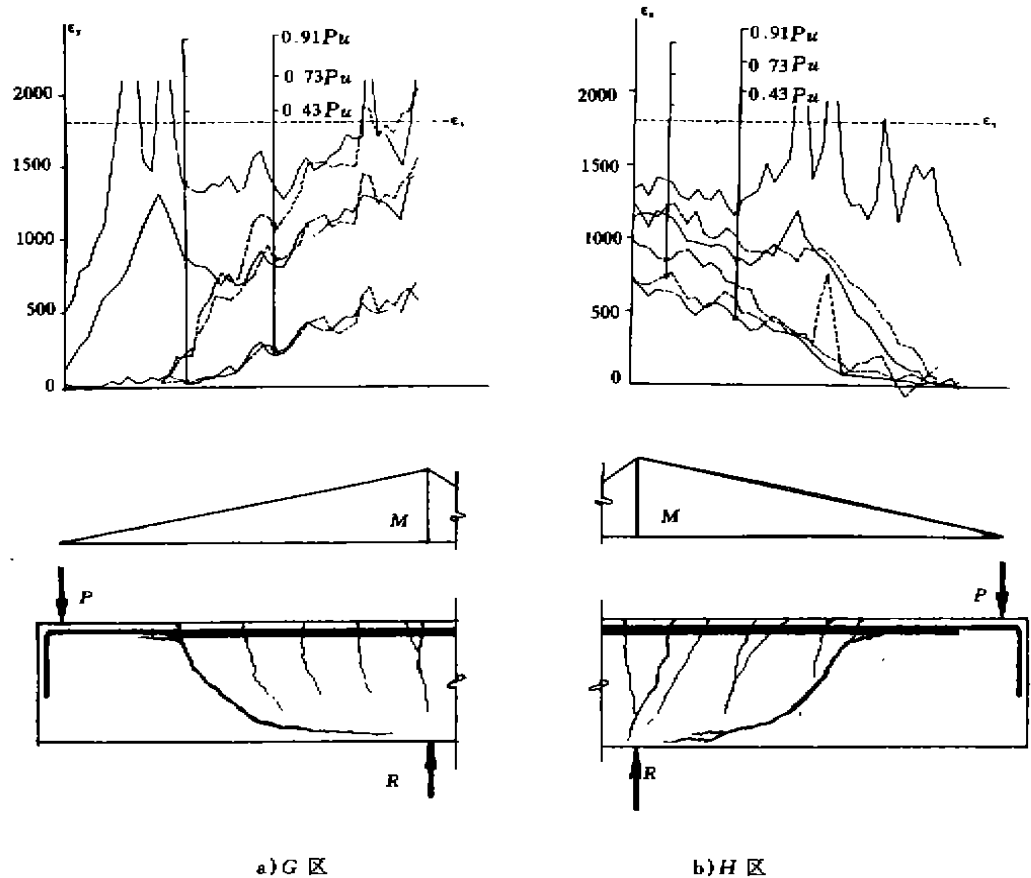


图6 悬臂区段G区和H区的受力特点(其中应变分布曲线的,实线和虚线分别表示第二批和第一批钢筋的应变分布)

变随荷载增加持续增大,直至最后达到屈服。但在H区,斜裂缝与第一批钢筋相交,且交点以外尾段尚有500 mm长,本不应出现粘结失效,但由于在临近破坏时出现了沿钢筋的撕裂裂缝(如图6b所示),因而导致第一批钢筋的粘结退化从尾部发展到全长,最后应变沿全长大幅度下跌。

由于这两个区主斜裂缝下部尾端均向水平方向延伸很长一段,故若从斜裂缝上部粘结撕裂裂缝的最外端算到下面尾部端点,其总倾角都相当小,G区为 34° ,H区为 28° ,远小于上述剪跨比很大的正负弯矩过渡区的主斜裂缝。随着荷载增大,斜裂缝与第二批钢筋交点附近的应变都逐步上升到屈服,形成了除支座截面附近以外的第二个钢筋屈服区。最后,由于第二批钢筋的抗拉能力不足以抵抗作用在斜裂缝截面中的弯矩(如果忽略斜裂缝中箍筋等的抗弯作用,这也就相当于作用在通过斜裂缝下端点的正截面中的弯矩),而使主斜裂缝迅速扩展,G区和H区最后都发生了早于支座受弯破坏的沿主斜裂缝的弯曲破坏。破坏时的荷载仅相当于按支座截面抗弯预测的90%。

以上试验结果表明,在悬臂区段中,按现行规范的第二条件或比该条件更严格的本文建议的第二条件确定的第一批钢筋的延伸长度都仍不足以防止出现上述沿坡度很小的主斜裂缝

的弯曲破坏。因此,有必要按对D区所做的建议的思路来重新制订悬臂梁延伸长度的第二控制条件,使第一批钢筋伸出其“不需要点”的长度能保证第二批钢筋足以承担可能穿过第一批钢筋端点的主斜裂缝中作用弯矩,即对应于该主斜裂缝下端点的正截面中的作用弯矩。

3 小结

现将本文通过试验所得的主要初步结论归纳如下:

1) 不论分批切断钢筋的长短,只要任何一批钢筋均不出现粘结失效,各批钢筋就将同步工作,其受拉区长度基本相同。

2) 钢筋应变分布在主斜裂缝出现前符合线性模型;在主斜裂缝出现后形成前一段梯度小,后一段梯度大的双折线模型;在支座截面附近达到屈服应变后亦可能形成三折线模型。

3) 确定应变分布第一梯度段长度的主斜裂缝通常是比较靠近之座的一条斜裂缝,其倾角有随剪跨比减小而略有增大的趋势。

4) 在较小剪跨比情况下,现行设计规范规定的控制第一批钢筋延伸长度的第一条件,当剪跨比越小时,裕量越大,故可适当降低;在大剪跨时,剪跨比越大,越显不足,故需适当加长。

5) 在中、小剪跨比情况下控制第二批钢筋延伸长度的第一条件在多数情况下较为宽裕,个别情况下略嫌紧张。

6) 在较大剪跨比情况下控制第一批钢筋延伸长度的第二条件严重不足,必需及时修订,按新的思路提出更安全的控制条件。

7) 悬臂区段中的延伸长度问题与第6点类似。但因其中可能出现的主斜裂缝坡度更小,故其第二条件应比大剪跨比的正负弯矩过渡区更为严格。

参考文献

- 1 Untrauer R. E. and Warren G. E. Stress Development of Tension Steel in Beams. Journal of ACI, Proc. Vol. 74 Aug. 1977
- 2 滕智明,张合贵. 钢筋混凝土梁中劈裂粘结破坏及钢筋延伸长度的试验研究. 土木工程学报, 1989, 2
- 3 粘结锚固专题研究组. 钢筋混凝土粘结锚固的研究及设计建议. 建筑结构学报, 1986, 4
- 4 邹昭文. 钢筋混凝土连续梁负弯矩筋分批切断延伸长度的试验研究. 重庆建筑大学硕士学位论文, 1995. 7

(编辑: 袁江)

Experimental Study on the Extended Length of Negative Reinforcement Cut - in Phases in Continuous Beams

Zou Zhaowen Fu Jianping Bai Shaoliang

(Faculty of Civil Engineering)

Abstract In this paper through the static loading tests of 6 inflexion zones and 2 cantilever zones in full - size constrained R/C beams, the stress performance in rebars cut - in - phases and subjected to negative moment is studied. The stress properties of extended length of rebars with different shear - span ratios are analysed on basis of the full measurement of strain distributions combined with the investigation on state and regularity of the diagonal cracks development and series of new knowledge are obtained. It is found that current Concrete Design Code provisions on the extended length are inadequate for the high shear - span ratio and superfluous for the low shear - span ratio. The theoretical and experimental foundations are provided for determining proper value of extended length for rebars cut - in - phases.

Keywords reinforced concrete, continuous beam, extended length