

EFFECT OF WELDMENTS
ON THE FATIGUE STRENGTH OF STEEL BEAMS

焊接钢梁的疲劳抗力

——有加劲肋、有焊连板者

原著 [美]NCHRP第147号报告

钱冬生 强士中 李亚东 等编译

焊接钢梁的疲劳抗力

——有加劲肋、有焊连板者

原著 [美] NCHRP 第147号报告

钱冬生 强士中 李亚东 等编译



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图进字 21-2012-17

出版者 Transportation Research Board of the National Academic, U.S. 1970 年出版

图书在版编目 (C I P) 数据

焊接钢梁的疲劳抗力: 有加劲肋、有焊连板者 / 钱冬生等编译. — 成都: 西南交通大学出版社, 2012.9

书名原文: NCHRP Report147: Effect of Weldments on the Fatigue Strength of Steel Beams

ISBN 978-7-5643-1986-1

I. ①焊… II. ①钱… III. ①焊接梁 - 钢梁 - 疲劳寿命 - 抗力 - 研究 IV. ①TU323.302

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 225234 号

焊接钢梁的疲劳抗力

——有加劲肋、有焊连板者

原著 [美] NCHRP 第 147 号报告

钱冬生 强士中 李亚东 等编译

责任编辑	杨 勇
特邀编辑	姜锡伟
封面设计	原谋书装
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成 品 尺 寸	210 mm × 285 mm
印 张	8
字 数	219 千字
版 次	2012 年 9 月第 1 版
印 次	2012 年 9 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1986-1
定 价	35.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

This report is translated and distributed with permission from the Transportation Research Board. Original English language edition published by the Transportation Research Board of the National Academies, National Research Council, Washington, D.C., USA copyright 1974. All rights reserved.

此报告是在获得运输研究委员会的许可下进行翻译并传播的。英文原版是由美国科学院-国家研究委员会-运输研究委员会发行，它在美国华盛顿特区，1974 年取得美国版权。保留所有权利。

《焊接钢梁的疲劳抗力》

编 委 会

翻译 叶华文 任伟平 李翠娟

肖 林 诸葛萍 侯苏伟

校订 钱冬生 强士中 李亚东

刘自明 沈锐利

目 录

NCHRP 第 147 号报告的前言 1

全书综述 2

1 引言和研究方法 3

 1.1 目标和范围 3

 1.2 设计参数和试件 5

 1.3 试件（考虑因素组合）设计 7

 1.4 试件梁的制造 7

 1.5 试验程序 7

2 本次研究的成果 10

 2.1 文献回顾 10

 2.2 本次试验研究的成果 10

 2.3 加劲肋细节的影响 11

 2.4 翼缘有焊连件细节的影响 12

 2.5 设 计 12

3 疲劳抗力的试验结果及对它的评价 14

 3.1 A514 轧制梁的疲劳抗力 14

 3.2 有横向加劲肋的梁的疲劳抗力 18

 3.3 单纯焊接梁的疲劳抗力 32

 3.4 翼缘有焊连件的梁的疲劳抗力 34

 3.5 裂纹扩展的应力分析 44

4 建议和应用 51

5 结 论 55

 5.1 对所有的梁和细节都适用的结论 55

 5.2 横向加劲肋细节 56

 5.3 有焊连件的梁 56

 5.4 A514 轧制梁 57

6 对进一步工作的建议 58

 6.1 对研究工作的建议 58

参考文献目录（本书所引用的参考文献及其编号） 60

附录 A 历史和往昔文献小结 63

 A.1 有加劲肋的梁 63

 A.2 只与腹板焊接的横向加劲肋 63

A.3	对腹板和翼缘都焊接的加劲肋	67
A.4	有焊连件的梁	68
附录 B	试验的因素组合设计	77
附录 C	材料性能及试件梁特征	82
C.1	材料的物理性质	82
C.2	关于试件物理和化学特性的出厂报告	82
附录 D	A514 轧制梁	85
D.1	试验结果	86
D.2	分 析	86
附录 E	有加劲肋的梁的疲劳抗力	89
E.1	试验结果及分析	92
E.2	对试验结果的分析	92
E.3	弯曲应力与主应力	94
E.4	加劲肋细节处的裂纹扩展	95
E.5	裂纹扩展的应力分析	97
附录 F	有焊连件的梁的疲劳抗力	110
F.1	试验结果及分析	112
F.2	对数据的分析	119
F.3	裂纹扩展的应力分析	120
F.4	总结及结论	120
附录 G	术语介绍 (略)	

NCHRP 第 147 号报告的前言

运输研究委员会秘书处（美国科学院）

对 AASHO 公路桥梁标准规范中的疲劳允许应力章节，本报告提出了修订建议。（原注：此项建议业已在 1973 年被采纳，并已用于 1974 年暂行版的 AASHTO 桥梁规范。）这些修订建议，也适用于美国焊接学会（AWS）和美国铁道工程学会（AREA）所颁布的有关规范。本报告的研究成果，是基于对影响焊接钢梁疲劳的因素进行大量试验研究得出的。对于使用焊接钢梁的工程师、研究人员和规范编写人员，这份报告是值得推荐的。

在 AASHO 实路实桥试验（AASHO Road Test）中所观察到的盖板中断梁桥的疲劳开裂，还有近来所观察到的既有桥同类情况，都表明：焊接和焊接细节，对公路梁桥的使用寿命有重要影响。而其他有重要影响的因素还有：结构所经受的荷载历程、所用的钢种、设计细节和制造质量。这里所说的设计细节是指：盖板、加劲肋、焊连件和对接焊。NCHRP 第 12-7 号项目，研究的就是这些细节对焊接钢梁疲劳抗力的影响。

往昔由于试验数据有限，只能给设计提供一些粗略算式。1966 年 10 月，Lehigh 大学和其二包单位 Drexel 大学，开始了 NCHRP 第 12-7 号项目的研究。该项研究的主要目标就是得到具有足够置信度的钢梁疲劳抗力的算式。通过对往昔疲劳数据的小结，并进行一些在统计原理上为有效的、能够表达钢梁疲劳行为与设计细节、应力和钢种之间关系的试验，再推出所需的算式。

NCHRP 第 12-7 号项目（焊接对钢梁疲劳抗力的影响）分两个阶段进行。第一阶段历时 40 个月，其具体目标是得出有盖板和没有盖板的轧制梁和焊接梁，以及在翼缘中有对接焊的焊接钢梁的设计算式。此阶段共对 374 根试件梁进行了试验。NCHRP 第 102 号报告（焊接对钢梁疲劳抗力的影响）已经给出第一阶段工作的结果。1971 年版的 AASHO 公路桥梁暂行规范业已采纳了其建议。

第二阶段研究开始于 1970 年 7 月，历时 30 个月，本报告就是从这项研究得出的。其目的是将研究范围扩大到第一阶段所未涉及的细节，从而能提出一本较为全面的规范。在这个阶段，共计制造了大约 157 根试件梁，并进行了试验。大多数试验是在常幅加载之下，对有加劲肋或焊连件的梁进行的。

在疲劳领域正在进行的其他 NCHRP 研究，包括：美国钢铁公司所承担的项目 12-12（变幅疲劳荷载作用下的焊接钢桥构件）和项目 12-14（钢桥构件的亚临界裂纹扩展），以及 Lehigh 大学所承担的项目 12-15（公路桥梁疲劳裂纹检测和修复）。



全书综述

本报告出自 NCHRP 第 12-7 号项目的第二阶段，目的是为钢梁桥的疲劳行为提供可靠信息。为确定有加劲肋和有附连件的各细节的疲劳抗力，共制造了大约 157 根试件梁，并对其进行了试验。（注：在这 157 根梁中，有单纯轧制梁 29 根。又：附连件是 attachments 的一种译名，也可译为焊连板、焊连件，在本书这些译名均通用。）

研究发现：所有试件梁（有加劲肋和附连件者）的疲劳寿命，几乎都由 S_r 决定。这一结论，应该纳入 ASSHTO 公路桥梁标准规范的条款之中。

对设计而言，本研究发现：ASTM A514 和 A36、A441 轧制梁的疲劳抗力，近于完全相同。这三个钢种的疲劳抗力，可以使用相同的 S_r - N 关系。

研究发现：与腹板大致等高，且仅仅焊接在腹板上的加劲肋的疲劳抗力，完全由焊缝趾处腹板的弯曲法应力 S_r 决定；对于与翼缘和腹板都焊接的加劲肋的疲劳抗力，则由翼缘和加劲肋相连焊缝焊趾处的弯曲法应力 S_r 决定。翼缘焊趾处的容许弯曲法应力 S_r ，与加劲肋和腹板间焊趾处的容许弯曲法应力 S_r 是相同的。在决定与腹板等高且仅仅焊接在腹板上的加劲肋的容许疲劳弯曲法应力 S_r 时，不必考虑此处的剪力值。（注：图 1.1（a）及（b）所示各横向肋，都属于“与腹板等高”。）

如果有需要，可以允许横向加劲肋与受拉翼缘焊接。该细节的疲劳抗力，要高于有焊接附连件（且附连长度较大）的疲劳抗力。应该修改 ASSHTO 规范，允许加劲肋在下翼缘有横向焊接。

对 ASSHTO 规范，应增加能反映附连件长度对疲劳抗力影响的新的设计分类。对于横向加劲肋和非常短的附连件（长度小于 $1\frac{1}{2}$ "），它们可以采用相同的疲劳抗力值。对于长度在 $1\frac{1}{2}$ " 和 12 倍附连件板厚（但不大于 4"）之间且与翼缘或腹板焊接的附连件，应规定一个疲劳分类。当附连件的长度大于 12 倍附连件板厚或大于 4" 时，疲劳抗力降低到与盖板中断处相同。

对所有焊接细节的观察表明，疲劳裂纹均起源于角焊缝焊趾处的初始微小缺陷。在疲劳寿命中的很大部分，疲劳裂纹呈半椭圆形，沿板的厚度方向扩展。裂纹穿透板厚的扩展过程，约占疲劳寿命的 80% 到 95%，具体取决于细节。

用斜撑与横向加劲肋相连，不影响其疲劳寿命。对于公路桥梁，在其加劲肋可能出现的侧向力和位移范围内，面外位移对疲劳抗力没有影响。

表达 S_r 与加载次数 N 的指数模型，与试验数据最为吻合。

基于裂纹扩展的断裂力学理论应力分析，证明指数回归模型是合适的。理论分析为合理解释所观察到的行为提供了一种方法，也为说明另一些参数（如板厚和初始裂纹尺寸）的影响，提供了合理途径。

1 引言和研究方法

在 NCHRP 第 102 号报告中, 根据对由 A36、A441 和 A514 钢所制造的轧制梁、焊接梁、盖板中断梁和有对接焊的梁的疲劳研究表明, 影响疲劳抗力的主要参数是细节类型和所承受的 S_r 。这个结论是用 374 根试件梁 (每梁含有一个或几个细节) 的试验得到的。

但是, 许多细节的知识还是空白, 这是由于对某些细节的研究还不详尽, 而所研究的细节也不够全面。为将研究成果扩展到所未曾覆盖的区域, 需要进行补充研究, 这才能够使设计规范较为全面。

研究表明, 疲劳是在多次加载作用下, 由微观裂纹萌生并扩展为宏观裂纹的过程。随着裂纹尺寸的增大, 裂纹扩展速率呈指数关系加速。最终, 当未开裂区所承受的应力大到足以导致净截面屈服时, 出现静力破坏。而在某些情况下, 裂纹会快速扩展, 直至完全断裂。

在 AASHTO 实路实桥试验中所观察到的盖板中断梁桥的疲劳断裂, 以及其他类似结构中所出现的疲劳断裂, 都强调了细节对于公路钢梁桥疲劳寿命的重要性。但总的讲来, 以往的焊接公路桥还是令人满意的, 大多数破坏是由于设计或制造的疏忽。这些破坏表明, 在设计和制造时, 正确考虑影响公路桥梁疲劳抗力的参数, 是很重要的。

1.1 目标和范围

本阶段研究的目标, 是建立一种数学关系, 借此将有横向加劲肋及有焊连件的梁, 在常幅疲劳荷载作用下的疲劳抗力表达清楚。

这将对第一阶段 (见 NCHRP 第 102 号报告^[1]) 所取得的知识进行补充。此外, 也应该对 ASTM A514 轧制梁进行补充性试验, 借能与以前所做的 A36 和 A441 轧制梁疲劳试验工作建立起联系, 并且将所有钢种在基材状况下的行为, 讲述清楚。

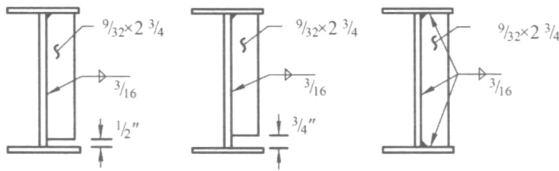
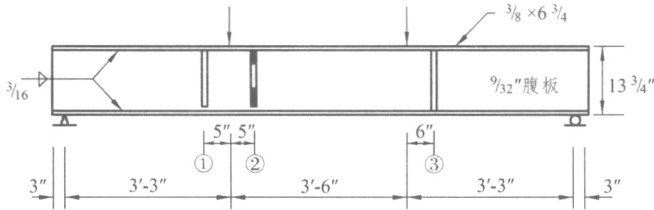
对往昔关于有横向加劲肋的钢梁疲劳数据进行小结, 这有助于安排因素组合的试验, 借能给有横向加劲肋或有焊连件的焊接梁, 建立恰当的用于设计的数学关系。

在此阶段, 共计制造和试验了大约 157 根试件梁。其中有 29 根, 是 A514 的单纯轧制梁 (这用于确定这些高强度钢基材的疲劳抗力并与以前的研究建立联系)。

按照第一阶段 (第 102 号报告) 单纯焊接梁的尺寸, 制造了 106 根基本试件, 再用横向肋或附连件焊连于其上。(注: 有横向肋的试件, 见图 1.1 (a) 及图 1.2, 表 B.3 及 B.4; 有附连件的试件, 见图 1.3 及表 B.7、B.8、B.9、B.10。又: 在图 1.3 之中, 附连件尺寸为 $\frac{3}{32}$ " $\times$ 2 $\times$ 3, 但图下的注释为 $\frac{1}{4}$ " 附连件, 这是将 $\frac{3}{32}$ " 视为 $\frac{1}{4}$ "; 在原著 3.4 节之后, 它就这样使用起来了。) 其中包

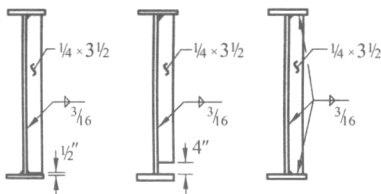
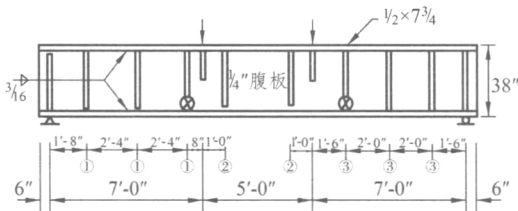


括：在单侧焊以横向加劲肋者 47 根，翼缘板焊以附连件者 59 根。[注：对于有加劲肋的梁，其系列的编号均以 S（即 Stiffener）开头，计有 4 种：① SC——C 表示 Constant direction of principal stress，即主应力方向不变者，如图 1.1（a）所示。② SA——A 表示 Alternating direction of principal stress，即主应力方向交变者，如图 1.2 所示。其用叠加法所表示的剪力图，右侧作用力 P_2 为负的恒值（即向上），它使加劲肋位置处的梁承受负剪力；左侧作用力 P_1 为脉冲力，从零到正值，它使加劲肋位置处的梁承受变值正剪力。两者叠加，剪力就正负交变，这就使主应力方向交变。③ SG——G 表示 Girder，英语为较大的梁，如图 1.1（b）所示，译文用指明其梁高的方式表达。④ SB——B 表示 Lateral bracing，即有侧向支撑者，如图 1.1（b）所示，其梁的尺寸和 Girder 一样。]

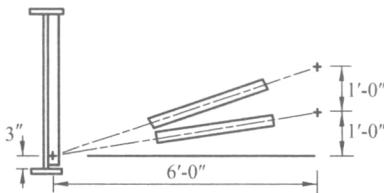


加劲肋 ① 加劲肋 ② 加劲肋 ③

（a）SC 试件梁明细图



加劲肋 ① 加劲肋 ② 加劲肋 ③



斜撑连接点位置用+表示

（b）SG 和 SB 试件梁明细图

图 1.1 试件梁明细图

其余 22 根是尺寸更大的 38" 焊接梁, 这些梁只在单侧焊以横向加劲肋 (注: 见图 1.1 (b) 及表 B.5 和 B.6), 它们当用于对尺寸较大者和应力梯度较缓者, 横向加劲肋细节疲劳裂纹扩展的影响进行评估。

梁的试验, 限于常幅加载, 这与以前是相同的。目前正在进行的 NCHRP 第 12-12 项目研究, 是变幅循环加载试验, 未公布的初步结果表明, 它可以与常幅加载条件建立联系。

1.2 设计参数和试件

本研究所涉及的主要设计参数, 是细节类型和应力情况。这是因为 NCHRP 第 102 号报告^[1]的研究表明: 对于焊接梁的疲劳上限 (单纯焊接梁) 或下限 (盖板中断梁), 钢种都不是主要参数。本研究认为: 在其上限和下限之间的焊接细节, 也会是这样的。然而, 仍然制造了 4 根 A514 梁 (注: 见表 B.5 中的 SGC), 借以对钢种这一参数提供一些数据。其余所有的焊接梁, 则全用 A441 制造。预期这些梁的试验结果, 是处于上述上限和下限之间的。

对不带任何细节的 A514 单纯轧制梁进行基本测试, 完成了基材状况下的性能评估, 借能与以前的 A36 和 A441 轧制梁建立联系。对两种尺寸的 A514 梁进行了研究, 它包含 9 根 10'-6" 长的 W14 × 30 梁, 试验加载时的计算跨度为 10'-0"。这些梁的尺寸, 与以前所做的 A36 和 A441 轧制梁相同, 并且在相同的加载条件下进行试验。其余 20 根轧制梁的尺寸是 8'-0" 长的 W10 × 25 梁, 试验加载时的计算跨度为 7'-6"。(注: 见表 B.2)

有横向加劲肋的 14" 和 38" 梁, 其单侧加劲肋有两种基本尺寸, 如图 1.1 (a) 和 1.1 (b) 所示。仅与腹板焊连的加劲肋, 分为类型①和类型②, 这是按它们位于变值弯矩梁段还是常值弯矩梁段来决定的。这两类型的肋的下端, 离下翼缘表面的距离是 $\frac{1}{2}$ " 或 4"。对于与钢梁腹板和翼缘都焊连的加劲肋, 则称之为类型③。(注: 从图 1.1 中, 可以见到, 每片梁都具有这 3 个类型的横向加劲肋。)

与翼缘和腹板都焊接的加劲肋, 可以提供起源于翼缘或腹板或两者都有的疲劳裂纹扩展数据。这种加劲肋可以加强腹板, 并给梁提供对面外侧向力的抵抗。

对于所有的试件梁, 都设置这 3 种类型的加劲肋。在决定这些加劲肋位置时, 要确保其加劲肋细节破坏发生在单纯焊接梁型破坏之前。在试验时, 14" 高的试件梁是叫做 SC 系列。而其在试验时的加载布置, 也是与 NCHRP 第 102 号报告中的单纯焊接梁一样。

SA 系列, 是只含有类型①的加劲肋, 它承受交变方向剪力和主应力, 如图 1.2 所示。在每一个应力循环之中, 其主应力的方向和大小都在变化。相对于主应力方向不变的其他试验和早期研究, 这些梁可以对主应力在两个限值之间变化的影响进行评估。这种加载是对实桥服役状况的一种模拟。

图 1.1 (b) 所示的 SB 和 SG 系列试件梁, 其梁高为 38", 梁长为 20'-0", 试验加载时的计算跨度为 19'-0"。每根梁都有上述 3 种类型的加劲肋。SG 系列包含 10 根 A441 梁和 4 根 A514 梁。SB 系列包含 8 根 A441 梁, 该系列梁尺寸与 SG 系列相同, 只是在其类型①和类型③加劲肋位于

靠近加载点之处者加有一斜向横撑，如图 1.1 (b) 所示。其横向支撑应当引进一个面外位移，并让面外位移与梁的竖向位移成正比。

梁高为 14" 的其余焊接梁，在其上下两个翼缘均焊以长度不同的附连件，如图 1.3 所示。根据附连件长度，这些梁被分为 4 类。A8、A4 和 A2 系列梁的附连件长度，分别为 8"、4" 和 2"。这些附连件的宽度均为 3"，厚度均为 $\frac{3}{32}$ "，用水平的角焊缝将附连件焊在翼缘外表面。AQ 系列试件梁的附连件尺寸为 $\frac{9}{32}$ " $\times$ 2 $\times$ 3，其边缘焊于梁的翼缘之外。（注：焊连件厚度为 $\frac{9}{32}$ "，这厚度和 $\frac{1}{4}$ " 很相近。在实用之中，可以将这系列试件的焊连长度当做 $\frac{1}{4}$ "，原书从 3.4 节开始，曾这样办理，但无说明，今再补注于此。）所有附连件伸出翼缘边缘之外的尺寸，都是 1"。（注：这表示在其宽度 3" 之中，有 2" 是搭在翼缘外表面之外的，而且，横向角焊缝长度也是 2"。）有附连件的梁的长度都是 10'-6"，在试验加载时的计算跨度为 10'-0"，如图 1.3 所示。所有附连件的位置，都在离加载点 6" ~ 10" 处，位于剪力跨之内。所选的这个位置可以确保附连件细节的疲劳破坏，早于单纯焊接梁型的破坏。（注：附连件的英语名称是 Attachments，所以，这一系列试件梁的编号以 A 开头。）

除了 SA 系列之外，所有试验梁都选择 S_{min} 和 S_r 作为受控制参数。这可以在其他参数保持不变时，允许一个参数变化。受拉翼缘或焊接细节所在处的腹板，它们的名义弯曲法应力，被用做设计参数。单纯焊接梁的弯曲应力，也用于同以前所进行的同类研究相比。因为让横向加劲肋都采用全高（注：图 1.1 所示的各横向加劲肋，虽然其下端离翼缘为 $\frac{1}{2}$ " 或 4"，但因该距离相对于肋的长度不算大，所以都叫全高横向加劲肋），借能模拟实桥，这就不可能出现因剪应力-弯曲法应力比值很高而导致的高值主拉应力所致的破裂。参考附录 A，在往昔，有些研究者让横向肋在离受拉翼缘好几英寸之处就中断，曾使这一现象较多地出现过。

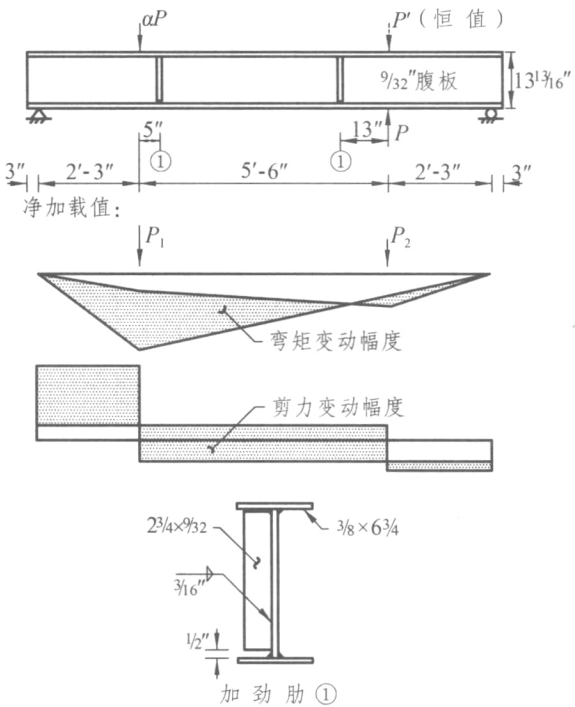


图 1.2 承受交变剪力的 SA 梁

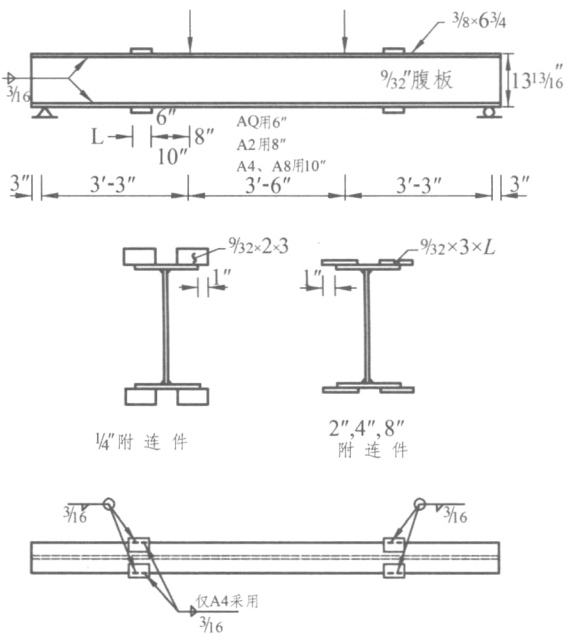


图 1.3 翼缘有附连件的梁细节图

1.3 试件（考虑因素组合）设计

取应力参数为受控制因素，可以将各个系列按因素组合来安排其试验。附录 B 给出了各系列所用的参数，它包括 $S_{\min}$ 和 S_r 。由于受钢材屈服、设备能力和超长疲劳寿命等因素的限制，在表中出现了一些空格，使因素组合不完整。

试件梁因素组合表中的每个格子，一般包含至少两个细节，大多数则包含 3 个或 4 个。NCHRP 第 102 号研究报告表明， $S_{\min}$ 不是一个重要因素（参数），可让每个 S_r 水平的试件数尽可能相等，借使数据点（按试验结果 S_r 及 N 在图上所绘出的点）分布尽可能均衡。由于因素组合很少是完整的，这就有必要这样做。

1.4 试件梁的制造

所有试件梁都是在一个典型桥梁工厂制造的。要求桥梁工厂采用正常的桥梁制造技术、工艺及检测规则。对于每个系列的每根试件梁，应该使用相同的技术来制造。所有附连件和加劲肋，都是在焊接梁成型之后，再焊接上去的。

轧制梁和焊接梁每种厚度的钢板，都取自同一炉号。为满足物理和化学性能规定，A514 的 W14×30 轧制梁取自一个炉号，而 W10×25 轧制梁则取自两个炉号。

试件梁的所有板件，都用焰切法制成所需尺寸；对于需要焊接之处，则进行喷丸清理。各试件梁腹板和翼缘间的纵向角焊缝，均用自动埋弧焊完成；板件之间的定位焊则用手工焊完成。梁高为 14" 的 A441 梁，其翼缘与腹板间的翼缘角焊缝焊脚是 $\frac{3}{16}$ " 者，采用直径为 $\frac{3}{64}$ " 的 AWS F72-EL12 焊条；梁高为 38" 的 A441 梁，其翼缘角焊缝焊脚为 $\frac{1}{4}$ " 者，采用直径为 $\frac{3}{32}$ " 的 F72-EL12 焊条；同尺寸的 A514 梁，翼缘角焊缝焊脚为 $\frac{1}{4}$ " 者，采用直径为 $\frac{3}{32}$ " 的 F72-EM12K 焊条。在焊接之前，所有钢板均不预热。（注：文中的焊条，似是焊丝。）

除了不可避免的几处熄火并再行起弧之外，所有的纵向角焊缝均应保持连续。明显可见的任何缺陷，必须刨去重焊，并将修复处标明。

梁高为 38" 的 SG 和 SB 梁的加劲肋，用手工焊在制造工厂内完成；其余（注：指梁高为 14" 的各试件梁）加劲肋和附连件，则完全是在 Fritz 工程实验室用手工焊进行焊接。

1.5 试验程序

在第一次试验时，对于梁高为 14" 的试件梁，其跨度都用 10'-0" (3.05 m)，在其跨度中有两个对称的加载点，如图 1.1 (a)、图 1.2 和图 1.3 所示。对于 W14×30 轧制梁，两加载点之间的距



离为 2'-0"；对于 SA 系列梁，两加载点间的距离为 5'-6"；对于所有其他有加劲肋或附连件的梁，两加载点间的距离都是 3'-6"。对于 W10×25 梁，加载时的计算跨度为 7'-6"，两加载点间的距离为 1'-6"。对于梁高为 38"的梁，加载时的计算跨度为 19'-0"，两加载点间的距离为 5'-0"，如图 1.1 (b) 所示。

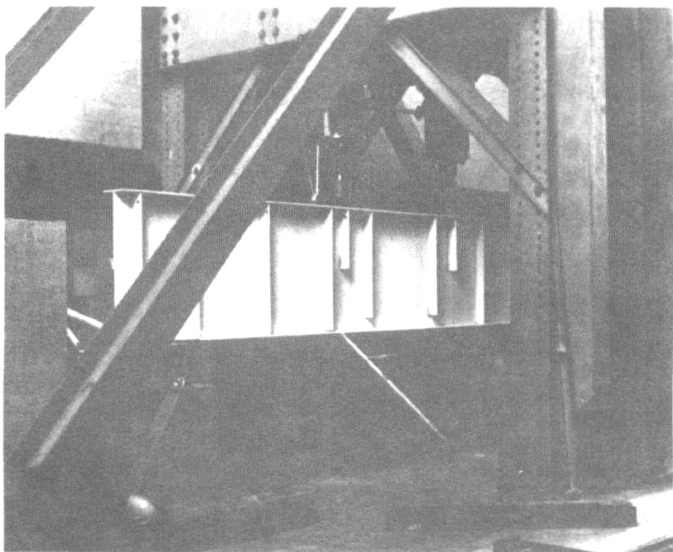


图 1.4 SG 梁的试验布置

由于加劲肋和附连件设置在剪力跨内，所以当 10'-0"跨度的试件梁在其一处出现破断之后，还可以在一个较短的跨度内继续进行试验。为使尚未破坏的那段在细节处承受同样的应力，应当在短跨内施加单个集中荷载，如图 1.5 所示。

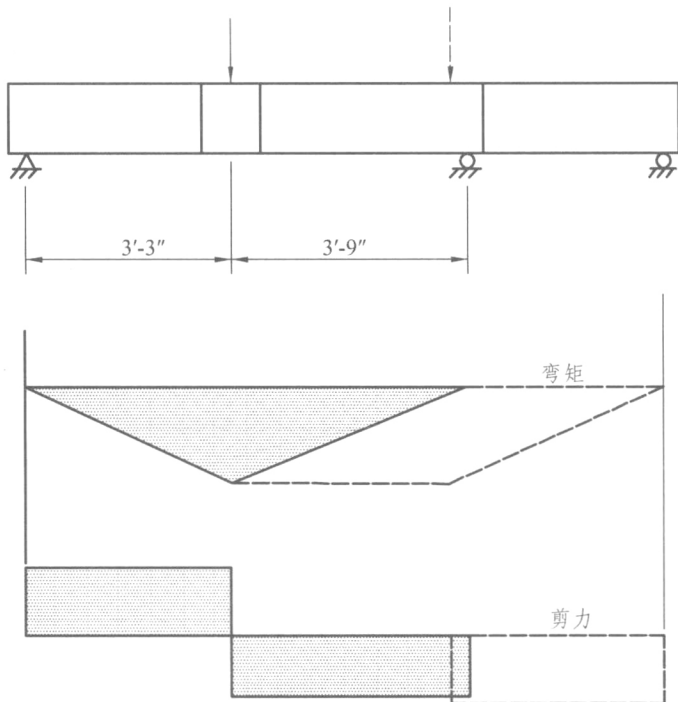


图 1.5 14"梁再次试验时的弯矩和剪力图