

论结构抗震的鲁棒性^{*}

叶列平^{1,2}, 程光煜^{1,2}, 陆新征^{1,2}, 冯 鹏^{1,2}

(1 清华大学土木工程系; 2 结构工程与振动教育部重点实验室, 北京 100084)

[摘要] 介绍了结构鲁棒性的概念及提高结构鲁棒性对避免结构在罕遇地震下垮塌的重要意义。分别从抗震结构体系、结构承载力与延性、结构破坏模式以及赘余构件等几方面讨论了提高结构抗震鲁棒性的措施, 给出了相应的设计建议。

[关键词] 结构抗震; 鲁棒性; 结构体系; 整体性; 破坏模式; 结构承载力; 结构延性; 赘余构件

Introduction of robustness for seismic structures

Ye Lieping^{1,2}, Cheng Guangyu^{1,2}, Lu Xinzheng^{1,2}, Feng Peng^{1,2}

(1 Civil Engineering College; 2 Key Lab of Structural Engineering and

Vibration of China Education Ministry, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The concept of robustness of structures and its importance for preventing collapse against strong earthquake are firstly introduced. Then the influence aspects to the robustness of seismic structures, including structural systems, failure modes, strength and ductility of structure, and redundancy elements, are discussed. The approaches to increase the robustness of seismic structures are suggested.

Keywords: seismic structure; robustness; structure system; integrity; failure mode; strength; ductility; redundancy elements

1 结构鲁棒性的概念和意义

结构的鲁棒性(Robustness)是以避免结构垮塌为目标的整体结构安全性。目前常说的安全性是以结构构件不超过最大承载力为目标,即所谓的“承载力极限状态”来考虑的。由于目前各种结构设计规范对于结构安全性的具体计算,最终都是着落于具体的结构构件,这显然没有能够使得结构工程师更多地考虑整体结构的安全性,这是导致某些工程结构鲁棒性不够的重要原因,也是目前我国工程教育中所存在的一个重要缺失。因此,研究结构的鲁棒性,首先要从整体结构的安全性着手,使得结构工程师在满足每个具体构件安全性要求的前提下,更多地关注整体结构的安全性。

对于抗震结构来说,目前我国《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)(简称《规范》)规定了“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防目标。虽然规范对保证结构实现“大震不倒”的抗震目标规定了一系列措施,但由于地震具有极大的随机性,未来遭遇超过抗震设防“罕遇地震”的可能性依然存在,同时对地震作用和结构抗震知识的认识至今还不充分。因此当遭遇规范规定的“大震”或超过规范规定的罕遇地震时,结构能否经受得住而不产生垮塌,需要结构具有较高的鲁棒性。这样的事例已在多次大地震中得到验证,如1976年中国的唐山大地震、1994年日本的阪神大地震、1999年中国台湾的大地震,以及最近巴基斯坦发生的

大地震。在这些大地震中,一些建筑完全垮塌,而一些建筑尽管产生一定程度的破坏,但没有倒塌。这些建筑中有些是依据同一抗震标准进行设计的,但由于结构鲁棒性的差别,在地震中表现出截然不同的结果。因此,只有在设计中充分考虑结构的鲁棒性,才能做到真正意义上的“大震不倒”。

抗震结构的鲁棒性所说的意外荷载和作用,是指可能超过设防烈度所规定的“大震”的强烈地震。当然,关于抗震结构鲁棒性的研究和提高结构鲁棒性的措施,对于提高结构在其它意外荷载和作用下的鲁棒性也具有参考意义。

关于结构鲁棒性的表达以及如何实现结构鲁棒性设计,目前还没有建立普遍可以接受的理论和方法,主要还是依靠工程经验,尤其是依靠结构工程师对结构整体性能的把握和判断。

2 结构破坏的定义

鲁棒性是研究结构在意外荷载和作用下产生灾害性后果的破坏,如垮塌、连续破坏、倾覆等。根据现有的资料,对于抗震结构的破坏定义有以下几种:

1) 以构件的破坏定义:结构中任一个构件的破坏即导致结构垮塌,如对于纯框支结构,框支柱的破坏即

^{*}长江学者和创新团队发展计划资助。

作者简介:叶列平,工学博士,教授,博士生导师,Email:yelp@mail.tsinghua.edu.cn.

意味着结构的垮塌。显然,符合这种破坏定义的结构,其鲁棒性很小,要提高这类结构的鲁棒性,这些关键构件应具有更高的安全储备。

2) 以结构的最大承载力定义:对于超静定结构,一个构件达到最大承载力,并不意味着整体结构达到最大承载力。如果先破坏的构件有足够的延性,则整体结构的承载力在第一个构件破坏后仍然可以继续增加,但整体结构刚度有所降低,直至结构中有足够多的构件达到破坏,结构才达到最大承载力。

根据这一定义,显然达到结构最大承载力的时间与结构中首先破坏构件的时间相差越大,结构的鲁棒性就越高。这意味着构件的延性对提高结构鲁棒性具有重要意义。

3) 以结构的极限变形定义:对于延性好的结构,在达到最大承载力后并不会立即垮塌,而是可以在保持一定承载力的情况下继续经受一定的变形,直至达到极限变形。由于结构中的次要构件(特别是赘余构件)达到极限变形后破坏退出工作不会对结构的承载力有很大影响,因此结构的极限变形是以结构中关键构件达到极限变形来确定的。因为结构的极限变形通常发生在结构的最大承载力之后,故该定义反映了结构破坏前的变形能力,代表结构实际破坏的极限状态。

4) 以结构承载力降低到最大承载力的某一百分比定义:通常按降低 15% 考虑。尽管极限变形反映结构实际破坏的极限状态,但超过最大承载力后,结构的承载力随变形的增加不断降低,如果这种承载力降低发生在结构竖向承重关键构件,则会因不能继续承担上部结构自身的重量而发生垮塌。此时,采用该破坏定义更为合适。

5) 以结构形成可变机构定义。

在以上破坏定义中,结构构件在地震往复作用下的承载力和变形能力的劣化也需要给予考虑。

3 抗震结构体系与鲁棒性

3.1 明确结构体系中不同构件的作用

结构中的不同构件对于结构鲁棒性的贡献是不同的。关键构件是指其破坏容易引起结构大范围破坏或垮塌的构件,应加强对确认结构中关键构件的研究^[1]。相对于关键构件,结构中的次要构件是指那些破坏后不会导致整个结构严重破坏的构件。次要构件的破坏甚至不会使得结构达到最大承载力或极限变形,或不会导致结构的承载力有很大降低,或者也不会使得结构形成几何可变体系。关键构件和次要构件以外的结构构件属于一般构件。一般构件的破坏对整体结构的承载力有一定影响,但不会导致整体结构承载力的急剧降低。通常,一定数量的一般构件破坏后才会导致

整体结构的严重破坏。

正确区分结构在地震作用下的关键构件、一般构件和次要构件是保证结构抗震设计具有足够鲁棒性的前提。然而,目前我国的各种结构设计规范,往往都是针对一般结构构件的设计计算,且所有结构构件的安全度基本都相同,这种做法违背结构鲁棒性原则,因为构件的可靠度并不能直接换算成结构的破坏概率,它与结构的整体倒塌更无可比性^[4]。从结构鲁棒性的观点来看,构件的安全度与结构的安全度完全是两回事,这一点往往被我国结构设计人员所忽视,在我国各类结构设计规范中也强调得很少。

基于结构抗震鲁棒性原理,对于关键构件应增加其安全度。尽管《规范》中对增加关键构件的安全度有所体现(如抗震等级、强柱弱梁、强连接弱构件的设计原则和方法、框支柱的承载力增大系数等),但在结构总体抗震设计原则上没有针对不同结构体系来区分关键构件,并给出相应的更高的安全度要求。尽管这种区分和提高安全度要求的做法可能仅仅是概念性,然而这种设计原则对工程师在设计时有重要提示。

尽管确定关键构件有一些理论和方法^[1,3],但这些理论和方法均不成熟,有些也不具有广泛性。因此,凭借工程师对整体结构的理解和把握来区分关键构件更为实际。如对承重墙、框排架柱、剪力墙、核心筒、巨型柱的判断。对于关键构件,可以采取合理的设计,使其成为对于鲁棒性贡献的构件,也是一种有效措施,如分体柱、钢管混凝土柱、钢管混凝土剪力墙(筒体)和钢管混凝土叠合柱等的采用。

综上,明确结构体系中不同构件的作用,分清它们的安全度层次,是获得高抗震鲁棒性的前提。需要注意的是,由于结构形式和破坏模式不同,关键构件还可分为整体型关键构件和局部型关键构件,如剪力墙属于整体型关键构件,而纯框支结构中的框支柱属于局部型关键构件。应采用合理的结构体系,使其关键构件成为整体型关键构件。

3.2 尽量形成超静定结构

结构的鲁棒性与结构的超静定次数密切相关。超静定次数也即结构鲁棒性研究所说的结构冗余度。超静定次数越多,结构的冗余度越大,鲁棒性也越高。当然,如果超静定次数都是集中于结构次要构件部分,这种冗余度增加对提高结构鲁棒性的作用不大,如纯框支结构,即使上部结构的冗余度再大,也不会提高结构的鲁棒性,因为此时结构的鲁棒性集中于局部型关键构件的框支部分。因此,只有对具有整体型关键构件的结构增加冗余度,才具有提高结构鲁棒性的意义。

对于抗震结构,尽量采取措施来增加整体型关键

构件及与其关联的超静定次数,可显著提高结构抗震能力和鲁棒性。《规范》中许多加强构件间连接的抗震构造措施就是为达到这个目的而规定的。通过加强构件间连接的构造措施,还可以增强结构的整体牢固性,这也将大大增强结构的鲁棒性。

在结构中增加赘余构件,也会使结构超静定次数增加。有时,可以利用一些非结构构件来作为赘余构件。如隔墙,可以通过加强其与主体结构构件的连接,使其成为赘余构件;又如,利用结构中的一些连系梁作为赘余构件,也可以使得整体结构的超静定次数大大增加。关于专门设置赘余构件的问题将在后面讨论。

需注意的是,对于按静定边界条件设计的构件,当采取连接构造措施来提高结构的超静定次数时,应注意计算边界条件与实际边界条件的差别,对计算内力进行必要的调整。

3.3 增强结构的整体牢固性

加强构件的连接或专门设置的某些构件对提高结构的鲁棒性有重要意义。如砌体结构中的圈梁和构造柱,不仅可显著提高墙体的承载力和变形能力,更重要的是使得原来较为松散的块体结构被这些圈梁和构造柱连接形成整体,极大地提高了结构的抗震鲁棒性。

增强结构的整体牢固性,一般可通过可靠的连接或增强连接构造措施来实现,如原来铰接连接改为刚接连接。对于装配式结构,加强构件间的连接构造措施特别重要,如预制楼板之间,应采取措施将板端钢筋拉结,使楼板形成整体。这种措施,通常费用增加较少,只是需要在设计中提高增强连接构造的意识,并加强施工管理即可。

显然,整体现浇混凝土结构,由于其整体性好,因而具有较高的抗震鲁棒性。而相对于钢结构,尽管钢构件本身具有较好的延性,但如果过多地采用螺栓连接,其整体性反而较差。即使是焊接,由于焊接区域材料的强度有可能低于钢构件本身的强度,可能导致连接部位先于构件破坏,使得在罕遇地震下结构的整体性丧失。因此,结构抗震鲁棒性的好坏,不能仅仅看结构构件材料本身,更重要的是结构构件的连接。因此,增强构件连接的承载力和变形能力,使其在构件破坏前不产生破坏,即所谓“强连接、弱构件”原则,对于保证结构的整体性十分重要。

专门设置的增强整体性构件,不仅使得结构整体牢固性得到增强,还可以使原结构的受力特性得到很大改善,如砌体结构中设置的圈梁和构造柱。尽管这种措施的费用相对要高一些,但对提高整个结构的鲁棒性作用很大,因为这种方法可以使得结构具有整体型破坏模式,而仅采取增强连接构造措施的方法,对改

变结构的破坏模式没有很大作用。

3.4 采用多重抗震结构体系

结构鲁棒性大的一个重要特征是,当结构中某一构件或结构部分因损伤或破坏而退出工作或部分退出工作后,其原来承担的荷载和地震作用能够由剩余结构有效承担,即结构具有多个有效的备选传力途径。多重抗震结构体系就是具有两个以上的整体型关键构件的结构体系,当其中的一个整体型关键构件在罕遇地震下遭受一定程度的破坏,第二个整体型关键构件依然可以使整个结构具备一定的抗震能力。束筒结构、筒中筒结构、框架-剪力墙(筒体)结构等都是具有多重抗震体系的结构。

当然,多重抗震结构体系中的各抗震结构子体系之间也可以根据各自的重要性程度采用不同安全度,以形成不同层次的抗震结构子体系。这样,次结构体系通常可以作为整个结构抗震的第一道防线,而主结构子体系作为整体结构的第二道、第三道等防线。

除以上一些措施外,还有其它一些提高结构鲁棒性的措施,如增加结构阻尼;结构计算分析模型与结构实际情况尽量做到一致等。由于地震作用属于动力作用,结构阻尼有助于减小结构动力响应。而专门设置的阻尼构件,通常成为结构中赘余构件。结构计算分析模型与结构实际情况的差别,会导致结构实际受力状况和破坏承载力不能得到准确模拟,影响到结构设计结果的安全性,可能导致安全度降低,鲁棒性减小。

4 结构的破坏模式与鲁棒性

由于经济的原因,不可能设计一个可以在任意大的罕遇地震作用下保持完好的结构。也就是说当地震强度达到一定程度时,结构总是会产生破坏的。问题是结构的破坏模式是否符合鲁棒性要求,也就是能够做到坏而不倒的目标。

结构的破坏模式可以分为整体型破坏模式和局部型破坏模式。具有整体型破坏模式的结构有:强柱弱梁框架结构、剪力墙结构、筒体结构、束筒结构、巨型框架结构等;而全框支结构、砌体结构则往往容易产生局部型破坏模式,即结构局部的损坏就可能导导致整体结构的严重破坏,并造成重大灾害,日本神户地震和台湾集集地震中有很多这种震害。我国抗震规范已明确规定不应采用全框支结构,而必须有部分墙体落地,使框支层能够形成具有二道防线的多重抗震体系,并可在一定程度上避免形成局部型破坏模式。

只有对于具有整体型破坏模式的结构,提高结构鲁棒性的措施才具有实际意义。具有整体型破坏模式的结构,其结构构件的重要性层次明确,即具有整体型关键构件、一般构件、次要构件和赘余构件,次要构件

和赘余构件的破坏,即使从结构去除,也不会对整体结构的安全性有重大影响。从结构抗震耗能角度来看,整体型破坏模式的结构可以使得更多的(次要或赘余)构件破坏,有利于耗散更多的地震输入能量。

对于普通框架结构,尽管采取了“强柱弱梁”等抗震设计概念和措施,但柱底塑性铰是难以避免的,同时由于地震作用对结构影响的随机性,其它楼层框架柱上端出现塑性铰的可能性也难以避免,因此即使是按“强柱弱梁”设计的框架结构,也难免会出现局部型破坏模式。相比而言,剪力墙结构的破坏具有更显著的整体型破坏模式特征,这是大量震害经验显示剪力墙结构抗震性能优于框架结构的重要原因之一,而两种结构关于地震作用大小的“刚柔”之争则相对是次要的。同样,筒体结构、束筒结构、巨型框架结构等也是具有更显著的整体型破坏模式特征的结构。

为了使得结构具有整体型破坏模式,可以将结构划分为不同的子结构。对于重要的子结构可提高其结构材料强度和承载力安全储备,并使得这些子结构对整体结构的破坏模式起到控制作用。在这方面,尼加拉瓜的美洲银行就是最典型的例子^[7]。又如,在北京通用时代工程设计中(图1),在四个角部桁架支撑部分就采用了提高安全等级的方法,以实现对其整体型破坏模式的控制。

5 结构的承载力和延性与鲁棒性

结构延性反映了结构在破坏阶段的变形能力,也是结构安全储备的重要组成部分。结构和构件的延性对结构抗震的意义有以下几方面:1)实际意义上结构破坏的定义是以结构达到极限变形能力为依据的,延性是结构抗破坏能力的重要指标,足够的延性能力有利于避免结构的突然倒塌;2)对于超静定的结构,足够的延性有利于充分的内力重分布,提高整体结构的承载力,显著增加整体结构的鲁棒性;3)对于地震作用,延性和滞回耗能有助于减小结构的地震动响应;4)从结构冗余度观点来看,脆性构件的破坏通常导致与该构件相关联的所有冗余度均丧失,并使结构的构形发生突变;而延性构件的破坏则不会导致与该构件相关联的所有冗余度同时丧失,即可维持整体结构的原有构形。

需引起注意的问题是,在讨论结构延性问题时,不能仅仅局限于延性系数,而要将结构的延性与结构的



图1 北京通用时代1#楼

破坏模式联系起来。对于抗震结构来说,整体结构的延性比局部构件的延性更为重要。通常,构件的延性是保证出现塑性铰部位的变形能力和耗能能力,而结构的延性与构件的延性既有联系、又有区别,它反映的是整体结构在某种荷载下的宏观变形能力。具有整体型破坏模式的结构,结构中大部分构件的延性得以充分发挥,结构的鲁棒性大;而局部型破坏模式,即使局部破坏部位构件的延性很大,其结构鲁棒性也不好。因此,结构延性也只有对具有整体型破坏模式的结构才具有意义。比如说,延性系数达到6的全框支结构或形成柱铰机制的框架结构,其抗震性能和鲁棒性不可能好过延性系数只有3的剪力墙结构。

长期以来,人们将承载力安全储备和变形安全储备简单地割裂,而没有从两方面同时予以考虑。即通常在讨论安全储备时往往只考虑承载力储备,而在讨论延性时又指是在承载力基本保持不变情况下的变形能力。合理的结构安全储备定义应该是,结构破坏时的承载力和变形之积与结构满足正常使用条件下的承载力和变形之积之比,即承载力储备与变形储备之积。也可以采用结构破坏时的变形能与结构满足正常使用条件下的变形能之比,即所谓能量储备^[8]。

因此基于以上概念,提高结构的承载力和变形能力对提高结构的鲁棒性都具有重要意义。强调提高结构的承载力对鲁棒性的意义有以下几方面:

1) 对于关键构件,特别是对结构整体至关重要的构件,提高承载力安全储备比提高变形能力安全储备更重要,因为这些构件一旦达到其屈服承载力,即使其随后的变形能力再大,也难以避免结构的整体破坏,且破坏后果往往较严重,至少是难以修复的。而对于次要构件,增加延性则是十分重要的。

2) 现行的结构抗震设计理论,是在传统低强材料结构的基础上发展起来的。在罕遇地震下,仍要求低强材料结构处于弹性状态是不经济的。因此,现行的结构抗震设计理论容许结构在罕遇地震下产生一定程度的损坏,以利用损坏结构构件的塑性变形能和滞回耗能来耗散地震能量,避免结构的倒塌。随着材料技术的发展,高强结构材料已可以以合理的价格应用于工程结构,在这样的背景下,没有理由限制高强结构材料在抗震结构中的应用。高强材料的应用可以使得结构(特别是结构中的关键构件)具有更高的承载力安全储备。同时,将高强材料应用于结构中整体型关键构件,更有利于形成整体型破坏模式(对结构破坏模式的控制),增强结构的鲁棒性。如在框架结构中,在框架柱中采用高强钢筋,可以完全避免框架柱中出现塑性铰,形成真正意义上的梁铰破坏的整体型破坏模式^[6]。

6 赘余构件与鲁棒性

赘余构件是一种特殊的次要构件,对增加抗震结构的鲁棒性具有重要意义,甚至是十分重要的。许多消能减震结构,特别是采用位移型阻尼器的消能减震结构,位移型阻尼器实际上都是一种赘余构件。赘余构件在正常使用情况下不起作用或只起很小的作用,但在遭遇罕遇地震时,它们就能够承受地震荷载。赘余构件的破坏、甚至退出(从结构中去除)不会影响整体结构的完整性。赘余构件可以看作是结构在遭遇罕遇地震时的自动保险,即以赘余构件的损失和破坏来达到保全和避免主体结构的严重震害和破坏。赘余构件的采用可能违背工程简洁与经济的概念,但作为一种特殊的安全储备,对于结构抵御不可预测的意外作用具有重要作用^[2]。

赘余构件的设置通常要求赘余构件应先于主体结构构件破坏(即地震作用下赘余构件在结构中应具有较大的相对变形),且赘余构件应具有足够的延性,使得其破坏后仍可在一定程度上保持结构的整体性,并利用其塑性变形和滞回耗能减小结构的地震响应。从某种程度说,对于结构抗震设计,合理设置赘余构件的概念可能比计算设计更为重要。

由于赘余构件要求先于主体结构构件破坏,因此赘余构件的安全度不应提高,反而应该降低(为此,日本近年来专门开发出低屈服强度钢材,专门用于作为结构中的赘余构件),只要在正常使用情况下,不因赘余构件的损坏而给使用者带来不适的心理影响即可,否则会适得其反。在实际工程中,可以将一些非结构构件作为赘余构件,并通过合理的设计,使得赘余构件先于主体结构构件破坏。而有意识地设置赘余构件则可以取得更显著的抗震效果,这些有意识专门设置的赘余构件显然增加了结构的冗余度,提高了结构在灾

害荷载下的鲁棒性。

7 结语

提高结构鲁棒性对避免结构在罕遇地震下垮塌具有重要意义。分别从抗震结构体系、结构承载力与延性、结构的破坏模式以及赘余构件等几方面讨论了抗震结构鲁棒性和提高结构抗震鲁棒性的措施。提高抗震结构鲁棒性的措施有:1)抗震结构体系应具有层次性,具有整体型关键构件;2)应从承载力和延性两方面,特别是在承载力方面,提高整体型关键构件的安全储备;3)尽量采用具有多道抗震防线的结构体系,使结构在地震作用下具有整体型破坏模式;4)增加与整体型关键构件相关联的冗余度;5)设置加强结构整体型的构件,并加强构件间的连接构造措施,增强结构的整体性;6)设置专门的赘余构件。

参 考 文 献

- [1] JITENDRA AGARWAL, DAVID BLOCKLEY, NORMAN WOODMAN. Vulnerability of structural systems[J]. Structural Safety, 2003, 25:263-286.
- [2] M J N 普瑞斯特雷, F 塞勃勒, G M 卡尔维. 桥梁抗震设计与加固[M] 袁万城等译. 北京:人民交通出版社,1999.
- [3] 柳承茂,刘西拉. 基于刚度的构件重要性评估及其与冗余度的关系. 上海交通大学学报,2005,39(5):746-750.
- [4] 陈瑞金,刘西拉. 结构体系可靠性与可靠度[C]//工程结构可靠性. 全国第二届学术交流会议论文集,1989:43-47.
- [5] 叶列平,康胜,曾勇. 双重抗震结构体系[J]. 建筑结构,2000,30(4):58-60.
- [6] 叶列平,ASAD ULLAH QAZI,马千里等. 高强度钢筋对框架结构抗震破坏机制和性能控制的研究[J]. 工程抗震与加固改造,2006,28(1):18-24.
- [7] 程懋堃. 一些结构设计概念的建议[J]. 建筑结构,2008,38(1).
- [8] 冯鹏,叶列平,黄羽立. 受弯构件的承载力、延性及变形性指标的研究[J]. 工程力学,2005,22(6):28-36.

中国建筑设计研究院专家组指导完成抗震临时样板房建设

受科技部农村科技司委托,中国建筑设计研究院科技管理部研究制定了《建设低成本抗震临时简易样板房安置灾民的方案》,拟建设3 000 m²的低成本抗震临时简易样板房。院6位专家组成工作组于5月21日飞抵成都。

考虑到震后当地的恶劣条件、场地限制等因素,对不理想的建设场地提出了补救措施。通过现场考察,工作组提出在安县花菱镇初级示范中学建设安置房用于宿舍兼教室的建议。22日上午,成都市彭州市小渔洞镇渔洞村建设点1 000 m²的抗震临时简易样板房顺利完工,当地急需安置的老幼孤残人员随即入住。24日中午即完成了5栋样板房。

根据科技部领导视察后的重新部署,工作组于23日

奔赴位于绵阳市长虹集团培训中心的北川中学安置点。在对施工场地进行了认真勘查后,确定了共计1 000 m²的15间教室的施工地点和开工时间,制定了“边平整边施工,平整一块施工一块”的方案,保证北川中学的如期复课。23日晚即基本建成了1栋约200 m²的教室,其余教室陆续开始建设。工作组人员返京时,5栋抗震临时简易样板房的搭建工作基本完成。

在五天的工作中,专家们以最快的速度完成了科技部领导布置的任务,尽快使受灾群众得到安置,尽最大的努力减轻地震灾害给他们造成的创伤。圆满地实现了《低成本抗震临时简易样板房》建设方案中规定的全部内容,凸显了科学技术在抗震救灾工作中的重要作用。