

探究式教学法在工程抗震课程教学中的应用

邬喆华

(浙江大学 宁波理工学院,浙江 宁波 315100)

摘要:工程抗震课程是土木工程专业的主干课程。文章结合大量工程抗震案例,按因问设景和因势利导两个步骤进行探究式教学法的实践探索。根据学生的认知结构将其引入场景,并层层推进探寻问题,使学生从观者转变为参与者,并按教学内容进行串联式和并联式场景转换,在互动中强化教师的主导性和学生的主动性,使新型的认知结构同化于心、顺应于物。

关键词:工程抗震;探究式教学;课程教学;教学研究

中图分类号:G642.0;TU352

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2015)06-0102-06

近年来地震特别是强震频繁发生,造成重大经济损失和人员伤亡,工程抗震课程教学的重要性日益突出。各高校相继将工程抗震课程作为土木工程专业的主干课程,并加强了课程的实践教学环节^[1-3]。工程抗震课程教学目的是使学生掌握结构抗震设计的专业技能,掌握国家有关建筑工程防震减灾的法律法规和以预防为主方针,在工程建设中对建筑进行有效的抗震设防,减轻结构的地震破坏^[4]。然而在学习中,学生经常被枯燥的规定条款、繁琐的专业术语、艰涩的力学公式、生硬的构造措施所困扰。为帮助学生消除学习中的困扰,在该课程教学中笔者进行了探究式教学法实践的尝试,以期破解这一传统教学中的难题。

探究式教学法(Inquiry Teaching)是美国哲学家 John Dewey 提出的,在 20 世纪 50 年代得到广泛应用^[5]。探究式教学法是指针对某工程实例,遵循由质疑、分解、辨析到检验循序渐进的分析方法,获取探究对象演化运动的规律。探究式教学法对教师而言不仅仅是把知识带给学生,更重要的是把学生引向知识的海洋^[6]。探究式教学法分因问设景和因势利导两个步骤,而且这两个步骤反复贯穿于工程抗震课程教学的全过程。

一、探究式教学的第一步:因问设景

因问设景是根据探究的问题设置场景,是探究式教学的第一步。场景(Situation)是某一特定事物在一定时空条件下所处的情境。教学场景包括 5W1H 组成要素,即时间(When)、空间(Where)、事物(Who)、情境(What)、事因(Why)、方式(How)。其中事物是指探究的对象,即教学内容;情境是指与教学

收稿日期:2015-04-08

基金项目:校级教学改革与研究立项项目(NITJY-201131)

作者简介:邬喆华(1971-),男,浙江大学宁波理工学院土木建筑工程学院博士,主要从事土木工程研究,(E-mail)wuzhehuacn@qq.com。

内容相关的某一特定情形和境况;事因是指探究对象演化运动的规律,即教学目标;方式是指展现情境的表达形式,如文字、图形、图像、声音、动画、视频等。通过场景的设置将学生和事物之间建立起认知与被认知的联系,让学生入情入境。这些情感的投入将有助于学生创新思维的激发和创新观点的碰击,使其认知水平达到一定的理性高度。问题(Questioning)是探究式教学活动的触发器,能促使学生探究情境背后的事因。在课堂教学中应以学生认知结构为出发点,以探寻问题层层递进为主线,通过场景引入和场景转换的设计,以多样方式使所研究的事物更为形象,能更好地聚焦学生的注意力,从而有利于揭示出事因。

(一) 场景引入

“接知如接枝”。新的知识是建构(Constructivism)在人们原有认知结构上的。认知结构是人们感知、加工、推理外界信息的知识结构。认知结构是人们现实生活(Real Life)和过往经验(Past Experience)的累积和重组。因此,学生的认知结构是场景引入前需要考虑的重要因素,也是场景引入后能否取得良好教学效果的重要前提条件。工程抗震课程是在大四开设的。大四学生已完成大部分基础课程和专业课程的学习,具有通过阅读、观察、实验、思考、讨论、听讲等途径探究问题的能力。同时也要注意,学生的认知结构会在课程学习的各阶段有所变化。在课程的学习初期学生大多观而不语,扮演观者(Viewer)的角色,而在课程学习中后期学生参与问答的能力有所提高,转变为参与者(participant)的身份。在同一情境下,由于参与者与观者存在认知结构的差异性,使得对事物观察的角度、剖析的尺度会有明显的差别,因此需要基于学生现有的认知结构,根据教学目标和内容来设定难度合适的问题。教学中笔者常以地震事件作为场景。这是因为地震事件不仅是师生共同的认知点,而且也蕴藏着丰富的问题,适合于不同层次教学目标和内容的需要。地震是地球积聚能量的突然释放,并以波的形式引起地表随机振动。强烈地震导致山崩地裂、房塌桥断、家破人亡、社会振荡。教学场景可通过收集各种素材如新闻报道、地震灾难片等,借助多媒体的剪辑制作,突出灾难的场景,再现地震强大的破坏力。地震灾难片,如中国的《唐山大地震》、美国的《After-shock: Earthquake in New York》(纽约大地震)、《San Andreas》(加州大地震)、日本的《The Day the Earth Moved》(地动之日)、《Earthquake Archipelago》(地震

列岛)、《Nihon Chinbotsu》(日本沉没)等影片等。“真景物、真感情”都有很好的艺术感染力。大量发生在不同历史条件下的地震事件汇聚人类共同的悲感情怀,从而触发学生痛定思痛后的思考:如何进行工程的抗震,以防止灾难的发生?

1. 观者

地震事件能加深学生对灾难的惨痛认知。中国处于欧亚地震带和环太平洋地震带上,地质构造复杂,具有震源浅、震情频度高、强度大、分布广的自然特征;同时发震地区又常常人口众多、经济欠发达、建筑物抗震性能低等,造成的地震震害极其严重。如1556年陕西华县8.0级地震,死亡83万余人;1976年河北唐山7.8级地震,死亡24.2万人,重伤16.4万人,倒塌民房530万间,直接经济损失54亿元;2008年四川汶川8.0级地震,死亡69 227人,失踪17 923人,直接经济损失8 451亿元。严重的地震灾害迫使人们进行反思:如何针对时间、地点、强度和频度等都不确知的地震,采取什么策略和措施,使工程结构具有最佳的抗震能力。“多难兴邦”。中国在总结震害经验之后,充实了强震观测、试验研究和理论分析的基本抗震手段,加强了抗震规范在规划、设计、施工中的实施。从《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11-74和TJ11-78)到《建筑抗震设计规范》(GBJ11-89和GB50011)的出台,并经2001年、2008年、2010年多次修订,形成了定量计算和定性分析相结合的完善的抗震设计体系。从地震事件出发,沿着抗震设计演化的历史,学生更容易理解工程抗震规定的必要性、科学性、严肃性。建筑物的抗震设防要求不能因强震的偶发性、复发周期的不可预测、经济条件的薄弱而被忽视。引导学生从被动的观者向主动的参与者角色的转换。

2. 参与者

传统的抗震设计方法,一方面采用增大构件截面、配筋、混凝土强度等级等措施来提高结构体系的抗震承载能力;另一方面又利用结构的延性来减轻地震反应,使结构不发生过大损伤。历次的强震震害都说明传统的抗震设计方法尽管可以提高结构抵御地震灾害的能力,但也存在结构安全性难以保证、适应性受到限制、经济性欠佳、震后修复难度大、修复所需时间较长等一系列问题。特别是在土木工程中,随着材料强度的提高和施工技术的进步,工程结构的尺寸越来越大,结构刚度显著降低,对建筑物的舒适性、使用寿命和抗震性影响较大,应用传统的抗震设计方法难以在超高层建筑、大跨度桥梁等工

程中实现设计目标。日本是地震多发国家。20世纪以来,日本以每次大地震为契机,积极发展结构抗震理论及技术应用,成为世界抗震强国。在1923年7.9级关东地震、1978年7.4级宫城县冲地震、1995年7.2级阪神地震、2011年9.0级东日本地震发生后,日本持续修改完善《建筑基准法》,提高各类建筑的抗震基准。近年来日本地震直接造成的人员伤亡数、房屋倒塌数大大降低。据对1995年阪神地震神户中部932座毁坏楼房的统计,1971年前和1982年后建造的房屋在地震中的坍塌数占同期建造房屋的比例分别为35%和8%。笔者在东日本地震发生时适逢在东京地区,亲历路人从容、秩序井然的景况,深有感触。作为土木工程专业学生应思考追问:是什么技术使建筑物经受住了强震的考验,使路人在灾难面前拥有那份自信?这是由于日本在传统抗震设计方法的基础上广泛应用了结构控制技术。结构控制技术是指采用某种措施使结构在动力载荷作用下的响应不超过某一限量。目前以隔震和消能减震技术为代表的控制技术已进入实用阶段。认识到这些,学生就能更加审视自身的不足,更加努力学习新知识和新技术。

(二) 场景转换

工程抗震的设计内容包括结构抗震计算和抗震措施两部分。每部分都需有不同的场景与之对应。随着教学内容的逐步深入,场景也需不断地发生转换。课堂教学可采用串联式(Series Conversion)和并联式(Parallel Conversion)两种场景转换的形式。串联式转换是指各场景之间互相贯通,主要应用于教

学内容存在先后的学习顺序,具有联系紧密、连续性强的特点。并联式转换是指通过一个处在核心位置的公共场景来连接各个场景,主要应用于即相对独立,又存在一定相似性和可对照性的教学内容。

1. 串联式

结构抗震计算是课程的难点和重点。表1是教学环节“结构地震作用”的场景设置。序号1是弹性体静力问题。序号2是刚体动力问题。它们的认知结构都属于旧知模型。序号3和序号4分别是单自由度和多自由度弹性动力体系。它们的认知结构都需要建构在旧知模型上。这部分教学环节的场景转换选用串联式转换。教学顺序是从单自由度到多自由度,从自由振动到强迫振动。教学中应首先唤起学生对旧知模型的回忆,激活学生已有的认知结构相关知识,帮助学生准确把握新旧问题的衔接点,找准新问题。其次,围绕教学内容(事物),设立一个单项工程(情境)。单自由度弹性体系的典型工程有水塔、单层厂房;多自由度弹性体系的典型工程有烟囱、多层办公楼。再次,提炼计算简图,建立动力方程(事因)。地震作用的动力方程为常系数二次线性微分方程。动力特性是齐次微分方程的通解,是动力特征方程的特征值和特征向量,是结构的频率和振型。结构反应是非齐次微分方程的特解,是在给定的地震作用下的强迫振动。然后再求动力特性和结构反应。地震作用计算方法常用的有振型分解反应谱法、底部剪力法和动力时程分析法。最后在序号4的认知基础上拓展教学的深度,如考虑水平和竖向地震作用的计算以及扭转效应的偏心结构等。

表1 教学环节“结构地震作用”的场景设置

序号	情境(What)	事物(Who)	事因(Why)	认知结构
1	重力荷载作用下的房屋	静力	$kx = F$	旧知模型
2	自由下落的物体	动力/刚体	$m\ddot{x} = F$	旧知模型
3	单层房屋、水塔	动力/单自由度弹性体系/自由振动	$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$	新知模型
		动力/单自由度弹性体系/强迫振动	$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{x}_g$	
4	多跨不等高厂房、多高层建筑	动力/多自由度弹性体系/自由振动	$[m]\{\ddot{x}\} + [c]\{\dot{x}\} + [k]\{x\} = 0$	新知模型
		动力/多自由度弹性体系/强迫振动	$[m]\{\ddot{x}\} + [c]\{\dot{x}\} + [k]\{x\} = -[m]\{\ddot{x}_g\}$	

注:表中 x 、 \dot{x} 、 \ddot{x} 分别为质点相对于地面的位移、速度、加速度; \ddot{x}_g 为地面的加速度; m 、 c 、 k 分别为质点的质量、阻尼、抗侧刚度; F 为作用于质点上的荷载; $[\cdot]$ 、 $\{ \cdot \}$ 分别表示为方阵和列阵; $[I]$ 为单位列阵。

2. 并联式

很多教学内容的场景转换可采用并联式转换。

由于授课时数有限(为36学时),属于并联式转换的教学内容可采用简略的方式不再讲解其中共性的部

分,如抗震设计方法的教学。目前中国抗震设计的方法有“三水准二阶段”的设计和基于性态的结构抗震设计。常规建筑一般实行的是“小震不坏,中震可修,大震不倒”的“三水准二阶段”的设防要求,需要对结构力学模型进行动力或拟动力的计算分析,验算结构或构件内力和变形是否满足抗震设计要求。对于超常规建筑,如超高层建筑、大跨建筑、不规则复杂建筑,还需进行基于性态的结构抗震设计。基于性态的结构抗震设计是根据建筑物的重要性、用途或是业主要求来确定其性能目标,提出不同的抗震设防水准,进行结构抗震设计,评估结构抗震性能,判断结构是否满足性能目标的要求。这两种设计方法有着相通的部分,场景转换着重在各自的特点上。又如典型房屋结构设计的教学。建筑结构因选用的结构材料差异而适应不同建筑功能、建筑技术和经济指标的要求,结构形式具有多样化的特点。目前广泛应用的是钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构三种典型房屋结构。此三种典型房屋结构在遵循抗震设计一般原则下都有各自的震害特征、设计要求、计算方法和主要抗震措施。一般以框架结构作为钢筋混凝土结构的代表,以钢筋混凝土结构作为砌体结构和钢结构的代表,应着重根据地震灾害和工程经验等所形成的基本设计原则和设计思想,探究建筑和结构总体布置,进而确定其细部构造。

二、探究式教学的第二步:因势利导

因势利导是遵循问题—应答—问题—应答这一循环趋势进行方向性的引导,是探究式教学的第二步。美国教育家 Kenneth Richmond Andrews 说过,教学的最终目标是引导学生正确提出问题和回答问题。上海大学老校长钱伟长先生认为:把学生教“懂了”是不正常的,教“不懂了”才是正常的,也才符合人才培养的规律。在教学中,合理安排时间,引导学生质疑互动,着力于引疑、质疑、释疑过程中传授质疑的方法。刚开始,学生提出的问题可能显得初浅,但经过多次引导,学生会“怎样问”和“问什么”上提高水平,融入探究式教学活动中。在课堂教学中应倡导学生主动、教师主导的教学理念,通过师生间和学生间的互动交流,使学生的认知结构同化于心、顺应于物。

(一) 互动主体

互动是人与人之间相互作用和相互影响的方式和过程。Palincsar 和 Brown 率先在教学中提出了互动式 (reciprocal teaching) 概念^[7]。教学中教师和学生是互动的主体。学生在思考、体验与建构新型的

认知结构的同时,对教师而言也是一个不断接受反馈信息、不断修正、不断提高的过程。

1. 教师

教师是以传道、授业、解惑为职责。在互动中教师与学生应建立一种有别与传统教学关系的联系,教师应逐步从独奏者过渡到指挥者。前苏联心理学家 Lev Vygotsk 认为教师在学生学习过程中起到的是建立概念框架 (Conceptual Framework) 的作用,搭设脚手架引导 (Scaffolding Instruction) 学生完成建构,教师与学生是互教互学的学习共同体。教师在教学中应有意设置层层断点,引导学生发表观点,进而引发深层次讨论。如震级测试仪的教学案例。地震震级是衡量一次地震释放能量大小的尺度,是地震的一个重要指标。美国地震学家里克特 (Charles Francis Richter) 和古登堡 (Benno Gutenberg) 于 1935 年提出里氏震级,规定标准地震仪在距离震中 100km 处记录的以 μm 为单位的最大水平地动位移。标准地震仪是指摆的自振周期为 0.8s,阻尼系数为 0.8,放大倍数为 2 800 倍的地震仪。有细心的学生就会发现,地震时地震仪不一定距震中正好 100km,观测点也不一定会采用标准地震仪,这种情况下里氏震级该如何标定呢? 另外,在震级大于 6.8 级或观测点距离震中超过 600km,里氏震级如何改进呢? 这些都是很好的问题。在教学中,教师要时刻关注互动的进展,从讲台走到学生中间来倾听,不失时机地抛出关键性论点、论据,引导学生进行讨论。在与学生共同探求下,介绍面波震级、体波震级和矩震级的创新点。其中矩震级是根据地层错动的大小、滑移断面大小和性质,通过波形反演的方法计算地震的能量,不会出现震级饱和效应。结构抗震技术就是在一个个断点接力中得到不断的发展。

2. 学生

同伴互教 (Peer Teaching) 是指逐渐把教师的角色让位给学生,探究活动的开展主要由学生集体来完成,这样有利于培养学生的自主学习能力。“随风潜入夜,润物细无声”。教师此时是无声胜有声。对于地震起源的问题,古代各国有不同的认识。中国把地震归因于抽象的阴阳失调,日本认为是鲑鱼翻身造成了地震,而印度认为是地下的大象发怒而引发了地震。对此,学生一般会持否定的态度,进而提出各自的见解。有的认为火山作用是地震的原因,有的认为地震是由地下岩石的突然断裂而造成的,有的认为地面坍塌是地震的原因。在互动中,教师应关注学生的见解是否采用正确的分析方法。如

是,则进行鼓励;如不是,则进行引导。在授课中可实时上网查阅资料,对各自的论点提供充足的论证。1906年7.8级美国旧金山地震发生在加州圣安德烈斯(San Andreas Fault)断层上。地震时,断层两盘发生右旋错动。其中垂直于断层的一农场篱笆被错开了3~4m。1739年8.0级宁夏平罗地震使贺兰山前断层错动,造成红果子长城断点位移1.95m,垂直位移0.9m,东断点垂直断距1.5m。中国地震多发,但火山分布不多。基于这些直接观测的事例和数理统计结果可得出地震的主因是构造地震。师生互动中应注重信息的筛选与整合。如问:从概念设计的角度,结构有哪些抗震措施?所问的“概念设计”限定了抗震措施考虑的范畴,确定了筛选信息的标准。概念设计是根据地震灾害和工程经验所形成的基本设计原则和设计思想,着眼于建筑和结构的总体布置,指导结构细部构造的确定。建筑抗震概念设计较定量计算方法更适宜解决地震动、结构模型、分析方法、破坏程度等不确定信息的分析,通过工程抗震基本概念解决场地、地基和基础、建筑形体及其构件布置的规则性、结构体系、非结构构件、结构材料与施工等结构系统性全局问题。学生在课后查找资料后会回答:建筑场地应选择有利地段,采用桩基来消除地基土液化,结构体系宜有多道防线,建筑形体应规则,构件应具备必要的抗震承载力,良好的变形能力和消耗地震能量的能力,非结构构件应与主体结构有可靠的连接和锚固,钢筋宜优先采用延性、韧性和焊接性较好的钢筋等。对学生回答的信息经过整合,就可水到渠成得到问题的完整答案。

(二)建构方式

瑞士心理学家 Jean Piaget 的发生认识论(Genetic Epistemology)认为人的认知发展要经过同化(Assimilation)和顺应(Accommodation)两个基本过程^[8]。同化是指个体把外界刺激所提供的信息整合到自己原有认知结构内的过程。顺应是指个体的认知结构因外部刺激的影响而发生变化的过程。同化是认知结构数量的扩充,而顺应则是认知结构性质的改变。

1. 同化

学习知识的目的不是为知识而知识,而是人成长发展的基础。结构抗震技术是地震工程学一个重要的组成部分,需要综合运用结构设计知识解决土木工程问题。课程教学前期需要掌握一定的专业基础技能,要求学生具备高等数学、线性代数、结构力学、土力学、地基基础、钢筋混凝土结构、钢结构、

砌体结构、建筑施工、房屋建筑学等多方面的知识。教学中按照建构主义学习理论,先设定学习的目标,让学生以现有认知结构为基础,对新知识进行加工,提高知识技能,最后形成自身的认知结构。课程设计是教学的重要环节,能够贯通课程所涉及到的重点和难点。课程设计任务是在一栋建筑物中选择一榀框架进行抗震结构设计,按制图标准绘制框架配筋图,包括构件配筋图和各控制断面的配筋详图。设定的设计条件参照实际结构的设计情况。设计资料是建筑设计图纸。设计参数主要是场址、场地土类型。为给学生更多的设计空间,允许学生自行进行柱网布置、楼屋面梁板布置,确定构件尺寸、混凝土强度等级、钢筋级别,并对建筑设防类别、设防烈度(设计基本地震加速度值)、设计地震分组、抗震等级按规范要求合理取值。教师对课程设计中出现的各种问题进行集中解答,使学生的课程设计能在可控的条件下不断修改,持续地推进。对于大多数缺乏实践经验的学生来说很难将构造措施理解到位。对此,可通过工程现场参观、阅读工程图纸等方式加以解决。在课程设计完成时教师应总结归纳知识点。如可将设计概括为“12345”。“1”是抗震等级。“2”是两类钢筋的配置(箍筋和纵筋)。“3”是三个部位(梁、柱和节点)。“4”是四个典型框架节点构造详图(中间层的边柱、中柱;顶层的边柱、中柱)。“5”是五个控制准则(强剪弱弯、强柱弱弯、强节点弱构件、剪压比、轴压比)。如此,方便学生巩固记忆,灵活掌握所学的知识。

2. 顺应

创新是工程发展的生命力。“问渠哪得清如许,为有源头活水来”。学生在接触新知识和新技术时会有视野大开、豁然开朗的感觉。如结构控制的教学案例。智能控制系统(Smart Control System)应用高效智能材料(Smart material)于抗震结构中,是材料技术在传统土木工程中的一次伟大变革。高效智能材料(Smart material)是一种自身特性和功能可随外部环境改变而做出调整的材料系统,可作为振动控制的传感元件、作动元件和控制处理元件,如光导纤维(Optical Fibers)、形状记忆合金(SMA(Shape Memory Alloy)、电流变液(ERF(Electro-Rheological Fluid)、磁流变液(MRF(Magneto-Rheological Fluid)、压电材料(Piezoelectric Material)等。又如地震预警的教学案例。地震发生时向外传播地震能量的是波。如果关注到纵波传播速度要快于横波和面波,并且纵波携带的地震能量要远小于横波和面波

时,对工程物破坏的主要是横波和面波,那么根据这一特性就可以开发出地震预警系统。日本地震预警系统是在横波到来之前,根据预测到的纵波,提前几秒至数十秒触发地震震害警告。2006年日本预警系统开始在全国范围投入使用。2011年东日本地震发生5.4s后,系统多次发布地震预警。其中距离震源较近的岩手县、极震区宫城县分别获得了12s、18s的预警时间,而距离震源300km的东京都在警报发出1min后,才感受到地表和建筑物剧烈的摇晃,预警效果较好。这些创新的工程抗震技术会让学生在互动协作的交流活动中形成独立的学术研究个性,具有独立思想、独立观察、独立判断的能力,其认知结构会有质的飞越。

三、结语

探究性教学法是破解传统工程抗震教学困境的一种尝试,在学生课程设计中取得较好的实践效果。学生不仅能够正确理解课程知识、熟练掌握设计技能,而且独立的学术个性也得以形成和张扬。按因问设景和因势利导两个教学步骤实施探究式教学时,应结合大量工程抗震案例,根据学生的认知结构将其引入场景,并层层递进提出问题,使学生实现从观者向参与者的转变,按教学内容进行串联式和并

联式场景转换。在互动中遵循教师主导、学生主动的课堂教学原则,使新型的认知结构同化于心、顺应于物。

参考文献:

- [1]李国强,李杰,苏小卒. 建筑结构抗震设计[M]. 北京:中国工业出版社,2009.
- [2]丰定国,王社良. 抗震结构设计[M].2版. 武汉:武汉理工大学出版社,2003.
- [3]李英氏,杨溥. 建筑结构抗震设计[M]. 重庆:重庆大学出版社,2011.
- [4]中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑抗震设计规范(GB50011-2010)[S]. 北京:中国工业出版社,2010.
- [5]John Dewey, Arthur Bentley. Knowing and the Known[M]. Beacon Press, Boston,1949.
- [6]邬喆华,工程震害分析能力在抗震教学中的培养[J],高等建筑教育,2014(3):66-70.
- [7]Annemarie Sullivan Palincsar, Ann L. Brown. Reciprocal Teaching of Comprehension - Fostering and Comprehension - Monitoring Activities[J], COGNITION AND INSTRUCTION,1984,1(2)
- [8]Piaget, J. The origin of intelligence in the child[M]. New Fetter Lane, New York: Routledge & Kegan Paul,1953.

Application of inquiry teaching in earthquake resistant engineering

WU Zhehua

(School of Architectural and Civil, Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo 315100, P. R. China)

Abstract: Structural seismic design is regarded as the main course of civil engineering specialty. There are two steps of inquiry teaching in practice. One is situation setting according to questioning, and the other is active instruction in the light of its general trend. Combined with many engineering cases, situations were induced based on students' cognitive structure. Progressive questionings transformed students from viewers to participants. The serial and parallel scenes were selected considered the teaching contents. Teachers' leading and students' initiative were stressed during the interaction process. The new cognitive structure model was built with assimilation and complied with the matter.

Keywords: earthquake resistant engineering; inquiry teaching; course teaching; teaching research

(编辑 王 宣)