

# 预制结构在中国现代建筑业可行性建议

2004 年 5 月

季兆桐博士	<b>Spandeck Engineering</b>	主席
倪石华	<b>CAA Technologies</b>	新加坡总经理
林友建	民章企业股份有限公司	台湾总经理

## 一、预制结构在中国的历史

受前苏联模式的影响，中国预制混凝土行业兴起于 20 世纪 50 年代中期，先后在各大城市成立了构件公司，当时的产品结构比较简单，主要是两板一梁，即空心板（以圆孔为主）、大型屋面板和吊车梁，后来又出现了预制桩。

20 世纪 70 年代，东欧各国的“房屋工厂”在中国出现。但是由于成本贵、材料不配套、施工管理水平不高等原因，使得预制构件厂相继关闭。以当时较流行传统小型中空板为例，其跨度一般在 3~5 米左右，宽度为 600 毫米，采用抽管方式进行生产。一般在多层民用住宅中运用较多。由于此种中空板采用焊接钢筋张拉，并未与高强度的砼配合，使得其自重轻、承载力大的特性不能充分发挥；再者对于板接头处理、防水处理等也没有详细的规范可遵循。由于板与承重墙接头处没有放置连接钢筋，因此在地震力作用时发生较严重的破坏。

唐山地震后，原本可为预制混凝土带来新商机，但由于行业的科技准备和市场准备不足，并没有得到较快发展。相反，由于当时国内的体制问题，导致三次建筑业技术改造并没有推动当时建筑业的发展，再加上与空心板的相关技术问题没有克服，又有某些乡镇企业生产的劣质空心板充斥建筑市场，就进一步影响了预制构件的形象，甚至出现了预制空心板的使用禁令。预制混凝土的发展几乎停滞，取而代之的是现今在国内十分盛行的全现浇结构。

## 二、预制结构在中国发展的机遇性及重要性

当今世界上发达国家在混凝土工程方面不断优化，产生了很多的新工法，其中预制工法被国外的业主、建筑师、结构师及施工单位广泛认可并接受。国外预制结构的建筑物所占总建筑物比例也在不断增加，一些赫赫有名的建筑物都采用了预制工法，如：美国拉斯维加斯美高美大酒店、悉尼歌剧院等均采用了预制框架柱、梁、预应力中空

楼板等预制构件。目前，新加坡的建屋局正在建造了 40 多层的全预制混凝土结构工程。在预制结构的技术方面，美国的预制预应力混凝土协会( PCI )发行了许多课本、研究报告及工程实例，强调预制结构的各类优点( 可参阅网站 [www pci com](http://www pci com) )。同时美国与欧洲各国对预制预应力结构都有详细、严谨的建筑规范可遵循。新加坡的建设管理局( BCA )在 1999 年 3 月也发行了预制混凝土结构手册( Structural Precast Concrete Handbook )来推广并规范此技术。

随着中国强有力的改革不断深化，建筑业的发展也面临着新时代的挑战，为了适应市场需求的变化，提高建筑业的科技含量和整体效益，建设部提出了“制定和完善住宅产业的经济、技术政策，健全并推进机制，鼓励企业研发和推广先进的建筑成套技术、产品和材料，促进住宅产业现代化。”

目前我们也知道，国内已经有一些公司从事高架桥、地铁隧道等预制构件的生产，北京等地商家也已经生产 SP 板并采用此技术，再如中法合资南京大地普瑞预制房屋有限公司的世构体系技术。可见中国一度低靡的混凝土预制构件行业近年来有复兴趋势，并被越来越多的建筑业从业者所接受。

我们要发展中国的建筑业，并要成为新时代中国建设的主力军，就必须对国外的先进建筑工法去粗取精，不断完善和开发新型的高效预制构件，与世界先进的混凝土施工技术接轨，并推动国内及房屋建筑走向优质化、绿化及工业化。

### 三、预制结构的优点

#### 1. 环境保护

采用预制工法使施工场地实行干作业化操作，对噪音、沙尘都可有效地控制，大大改良了环境。特别在市区作业时，对附近环境影响小。

#### 2. 节省资源

一般现浇结构不可缺少的是三材：钢筋、木材及混凝土。由于预制结构可以在工厂铁模上反复使用，故不再需要木材。

由于大跨度预应力中空板地使用，节省了砼，同时采用高强度的钢绞线( 强度约为钢筋的 6 倍 )，从而大大减少了钢筋的用量。

由于此种板跨度大，可减少次梁的数量，不但节省了材料，而且使结构自重减轻，从而使基础造价降低。

采用预制混凝土结构可节省除钢筋、混凝土之外，还可节省大量木材。

### 3. 工程质量优良

在工程质量方面有较好的保证。不良的产品可在工厂生产时便可发现并处理、改良，比传统现浇工法更早发现问题，并较容易处理。

### 4. 缩短施工工期

由于在工厂制作使得在施工现场的各种工序及工作量减少，例如钢筋绑扎、模板的制作等。

### 5. 结构成本得到控制并降低造价

在成本上虽不能保证所有预制结构比现浇结构成本低，但由于大跨度板的使用减少了梁，并通过增大柱跨距使得柱减少，三材节省最终降低结构成本。若在设计时与建筑师加以配合，则经济效益会更佳。

### 6. 建筑平面更自由、活泼，可获得较大的开放空间。

采用此类预应力大跨度板并配合以轻质隔间墙的使用，使室内空间更自由、更开放。

### 7. 工地安全

在现浇结构进行时到处都是支撑架、模板及钢筋。随着结构部分施工一步步的进行，工地的物料管理、工人分配、施工安全、工程品质控制等都非常繁杂。万一忽视，就会有人员伤亡、工地倒塌的发生。但采用预制工法就能大大提高安全程度，因为：第一，工地人员少，出事机会少。第二，构件都已成为结构体，可以承受外力。安装后，根本没有等待砼强度的问题。第三，没有废料，工地清洁整齐，意外事件不易发生。

## 四、全预制结构系统之构件特性及优点的分析比较

### 1. 预制多层柱

预制多层柱是将建筑物几层的柱子一并预制，柱高一般可根据实际工程情况定为 2~4 层楼高。这种多层预制柱不但比现浇结构中柱主钢筋的搭接次数少，减少了钢筋的用量；而且可以保证结构柱的垂直度及表面平整度，工程质量较为优良。



## 2. 预制梁

采用预制梁可大大节省施工现场的模板支撑，由于其在工厂制作，运至工地吊装后已具有一定的施工荷载承载能力。在大跨度结构中，预制梁配合于先张、后张预应力，施工效果会更佳。



## 3. 预制楼梯

预制楼梯板可大量减少施工时所需的木模及模板支撑，同时由于预制楼梯采用钢模制作，并采用水平或垂直浇捣，使得其质量比现浇楼梯更好。预制楼梯在吊装完毕后，即可作为施工人员通道。与此同时，在预制楼梯制作时也可将表面的地砖或防滑条预先铺设，与预制楼梯一起完工。



## 4. 预制建筑外挂墙



预制建筑外挂墙在现今建筑业中较为流行，在高层建筑中使用更多。当前，国内有很多建筑物采用粘土砖作为外墙，不但须花费大量的时间做墙面打底与粉刷；更重要是粘土砖外墙在地震水平力作用时更容易产生裂缝，因为结构框架受水平力产生的位移会挤压墙体，而粘土砖墙的设计并未考虑到地震力的影响，因此墙体容易开裂。预制外挂墙则不同，因为在设计时已经考虑到地震力作用时预制外墙板块的变形及受力，使外墙不容易破裂。此外，还可以在制作外挂墙时，对预制外墙面作建筑上的处理，如：铺设瓷砖、安装窗框等，大大减少现场的建筑工程量。

## 5. 预制实心叠合板

预制实心叠合板厚度为 65~110 毫米，适用跨距一般在 3~5 米左右，分为预应力与非预应力两种，前者适用较大荷载与跨距。预制实心叠合板厚度较薄，通常在施工时浇捣一层约为 65 毫米的混凝土，使其成为叠合板，用来承受最



终设计荷载。与现浇板相比，预制实心薄板的使用不需要现场模板，同时板下支撑也可去除或加大间距。此外，预制板底平整度好，可减少湿作业量，而且预制板片尺寸灵活，使用方便。

## 6. 预制轻质隔间板墙

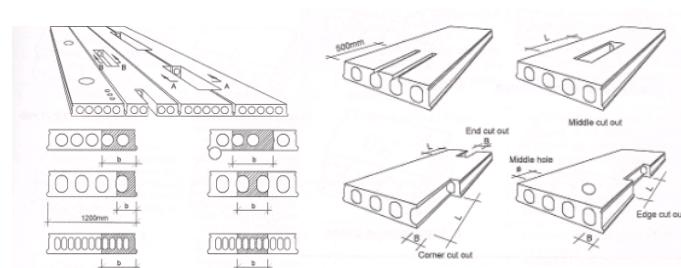
预制轻质隔间墙，不但节省了原材料，而且由于其自重轻使整个结构及其基础的成本降低。

这种轻质隔墙坚硬、防火，维修便宜而且隔音效果好。一般有 300 毫米及 600 毫米宽两种尺寸。



隔墙不是结构承重构件，在安装时也不需要特别的技术工人，表面可作油漆或瓷砖贴面处理。

## 7. 预制中空楼板



### 7.1 中空楼板结构特性

预制预应力中空楼板具有优良的结构特性，它充分利用了混凝土抗压性能与钢绞线的抗拉性能。钢绞线张拉后，用高强混凝土包裹住绞线，直接利用混凝土对绞线的粘结力来锚固预应力绞线，节省了许多在后张法施工中所需的锚具与配件。

预制预应力中空板将靠近中和轴的混凝土去除，从而减轻了构件的自重。充分发挥上下翼缘的混凝土的功效，使上部混凝土受压，而下部混凝土传递预应力，参见图 7.1。

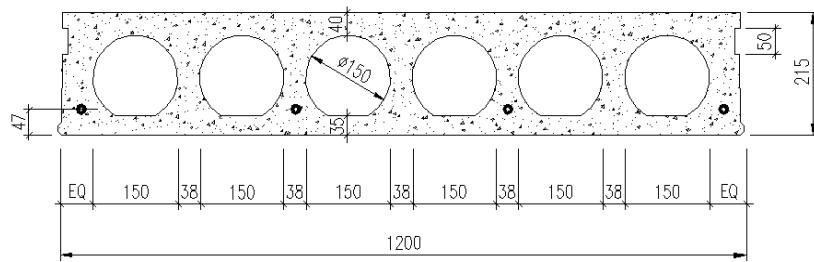


图 7.1: 215 毫米厚预应力中空楼板

## 7.2 中空楼板的生产制作

预制预应力中空板通常是在 100~200 米长的直线预应力模床上进行生产。

大多数中空板的生产必须持有特定板类专利生产权，根据生产工艺，中空板可分为两种：

### I. 湿作业法

湿作业法所采用砼的塌落度为 100~125 毫米，同时必须采用一些方式来成型并支撑，直至混凝土硬化为止。

### II. 干作业法

干作业法所采用砼的塌落度为 0 毫米（水量较少，不导致混凝土有塌落）。这种工艺是利用专业的生产机器通过挤压“extrude”方式将混凝土挤压成形，就像挤牙膏一样。

表 7.2 是两种工艺的特点比较。不难看出，从生产方法的角度看两者有天渊之别，但是从结构构件的承载力与变形来看几乎完全相同。

	湿作业法	干作业法
结构功效	少许差别	
制作过程	过程复杂，需要二次成形。	过程简化，需要一次成形
产品厚度更改	易改变且费用低，改模不改机器。	易改变但费用高，改模改机器。
混凝土品质	允许砼品质上的差异	不接受砼品质上的差异
混凝土量	需要较少的混凝土，但水泥量较高，水灰比 0.35~0.42。	需要较高的混凝土，但水泥量较低，水灰比 0.22~0.28。
生产的特点	容易放置预埋铁件，可以在生产时提供板开洞。	开洞容易，安放铁件比较难。

表 7.2: 湿作业法及干作业法的特点比较

### 7.3 中空楼板的设计

#### I. 设计要点

预制预应力中空板的设计并不会十分复杂，一般具有预应力设计经验的结构工程师都可掌握。然而，有效并经济的中空板设计，仍需有多年知识与经验的积累。

因为预制构件的设计与预制构件厂家的生产方式联系密切，所以工程管理部及设计者不应涉及到预制构件的细部设计。

关于中空板设计常规的操作方式是结构设计者根据中空板承载力图表选定中空板厚度，并将板块的设计荷载告知预制中空板供应商。

运用中空板标准荷载/跨度曲线可以进行中空板厚度的选择。结构设计者可以采用美国预制预应力协会编制的预应力设计手册( PCI Design Handbook )或采用中空板供应商提供的设计图表(请查阅本公司的网站 [www.spandeck.com.sg](http://www.spandeck.com.sg) 或电邮本公司邮址 [mailbox@spandeck.com.sg](mailto:mailbox@spandeck.com.sg)，本公司将给予及时回复。

图 7.3 是标准中空板的承载力图表。

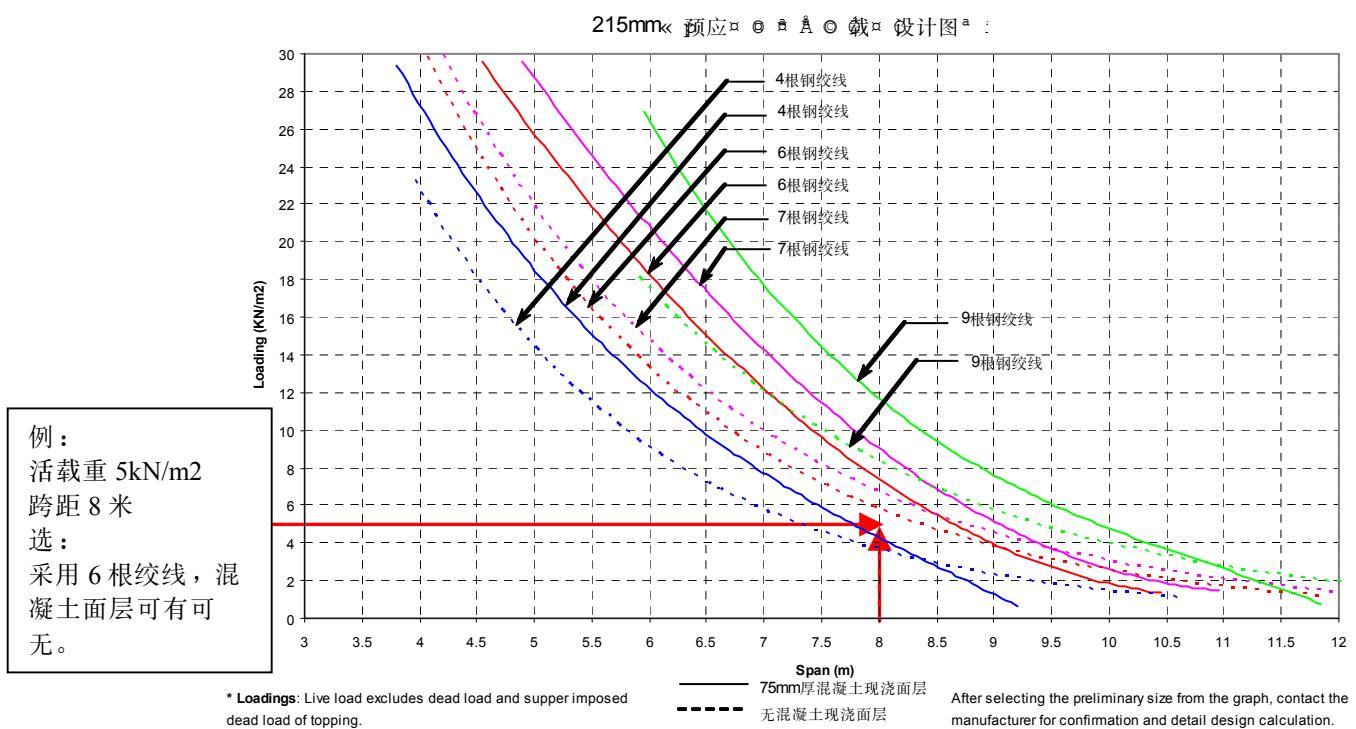


图 7.3 : 215 毫米厚预应力中空楼板承载力表

## II. 结构分析及设计

在设计含有中空楼板构件的建筑结构时，结构工程师必须了解影响框架类型选择的各个因素，可用框架结构或剪力墙结构或框架剪力墙组合结构。并可运用结构电脑分析软件，如美国的 ETAB 或 STAAD.PRO，及中国的 TAT 等。力求使整个结构系统在建筑使用设计方面有良好表现。

一些较重要的影响因素如下所列：

- a. 设计规范标准
- b. 荷载类型
- c. 结构在荷载作用下的反应
- d. 预制构件生产方式
- e. 生产、运输及吊装
- f. 使用功能状态设计
- g. 节点设计

一般来讲，采用中空板作为楼板时，最有经济效益的框架系统设计是将中空板当作简支板来考虑，因为这样的设计可以使中空板的生产、施工及节点处理简单化。当然，如果设计需要刚性节点或连续节点，中空板也可设计为连续板。与此同时，结构设计者必须考虑到由于设计连续板而导致的结构成本费用增加是否合理。

在设计结构框架抵抗水平力时，最普遍的方法是将许多片中空楼板看成是一个水平方向平板（可以传递水平力），因为中空板铺放后，将会在表面现浇一层 50 毫米厚的混凝土面层，使所有板片连同面层形成结构整体。现浇混凝土面层与中空楼板组成组合截面，从而提高了中空板的承载力。

## III. 设计规范

中空楼板发展源于美国，许多制造商的中空楼板手册及技术资料都采用 ACI318 美国混凝土规范。此外，英国规范 BS8110，新加坡规范 CP65 也详细规范了中空楼板的技术。关于中国规范依据 GBJ9-87、GBJ10-89、GBJ11-89、GB14040-93、GB5224-95、GB50204-92、GBJ321-90 及 GBJ16-87。

当然，虽然设计的原理相同，但各规范中对预张力、释放预力时混凝土强度、预力损失及构件弯剪力设计都有不同规定，所以在设计时也应注意。

#### IV. 节点处理

为了工程结构能够经济与施工方便，在节点设计时应考虑到预制中空板的施工工序、施工技术以及在结构吊装时的利弊等因素。同时也应考虑节点在长期效应下的表现。

在设计预制结构节点时应考虑到以下几方面：

- a. 荷载安全系数
- b. 混凝土体积变化力
- c. 建造后结构约束力
- d. 混凝土局部承压设计及承压件设计
- e. 摩擦力
- f. 应力集中

一些标准的节点处理详图将在第 8 段中作详细叙述。

#### V. 生产、运输及吊装时构件受力考虑

另一个不能忽视的部分是预制构件在生产、运输及吊装时的构件内力验算。有些钢筋的配置要根据生产、运输及吊装的受力特点。对于中空楼板以上三阶段的施工应力影响一般不是很大，除非中空板的跨距十分大或中空板用于建筑外墙时。

生产、运输及施工时引起构件内部应力的因素如下：

- a. 在工厂生产及出货时引起的内力
- b. 吊钩的位置
- c. 储存及运输时吨位的安排
- d. 吊装方法及吊装后构件临时支撑引起的内力

#### VI. 其他

此外在设计中空楼板时还应考虑到其他几点要求，如防火、隔热、隔音等特性以及与水、电、风安装工程的配合。

##### a. 防火

总的来说，像所有的混凝土结构一样，中空楼板具有很好的防火特性。必须指出每一种产品的防火特性不尽相同，设计者应根据工程需要与中空板供应商了解其产品的防火特性。

b. 隔热特性

由于中空板中存在一些空洞，使得中空板具有良好的隔热性能。如果在空洞中塞填一些隔热材料，隔热效果则更佳。

c. 隔音特性

中空板的材料是混凝土，一般来看也有较好的隔音特性。再者，由于空洞中充满空气使得隔音特性比实心的混凝土板更佳。关于更详细的隔音特性可向供应商获得。

#### 7.4 预制预应力中空板的运用

中空楼板可以在各种类型的建筑物中使用，并可以多种方式运用。以下是就一些不同的运用而做的简介。

##### I. 住宅类

中空楼板在住宅类建筑中运用许多，尤其是在汽车旅馆及宾馆等建筑中运用最为普遍。使用中空板除了可以加快施工进度提供了较好的隔音与隔热特性以外还可以减少建筑面层厚度并减少维修保养费用。

如图 7.4 所示，一住宅平面图，现采用两种设计，一种为中空板与剪力墙系统，另一种采用传统现浇结构设计。

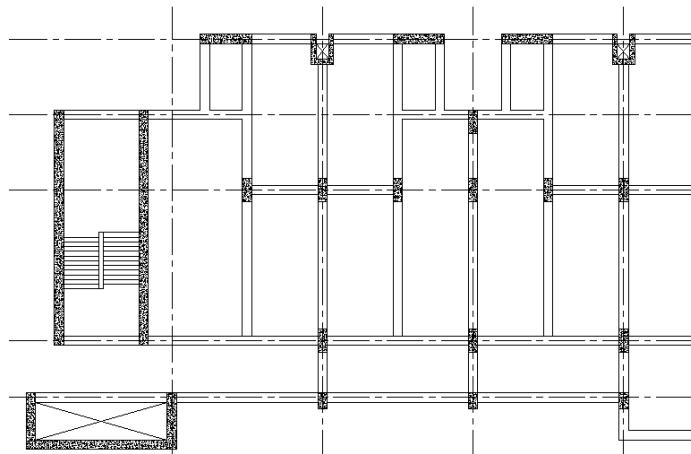


图 7.4 – a: 传统现浇结构平面设计

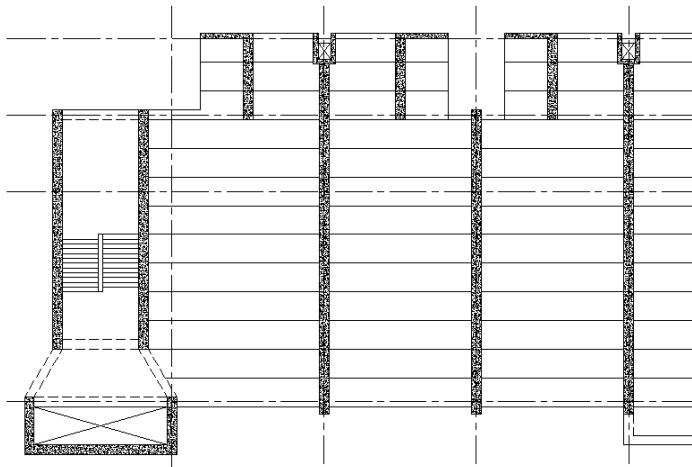


图 7.4-b: 中空板与剪力墙系统平面设计

在住宅结构中，用来支撑中空楼板的结构构件可为以下几种：

—剪力承重墙，可采用预制剪力墙、砖墙或者现浇剪力墙。（最多采用的结构形式）

—预制或现浇梁。（偶尔采用）

—钢梁。（一般不被采用）

在住宅建筑物结构系统中，中空楼板与承重剪力墙（三种）的标准节点如下所列：

a. 中空楼板与承重砖墙的节点

在民用住宅与宾馆建筑中较多使用的是中空楼板与砖承重墙的结构体系。一般用于多层住宅。

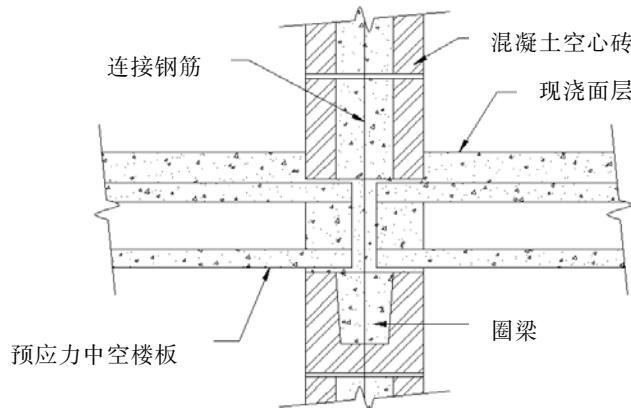


图 7.5: 中空楼板与承重砖墙的节点

b. 中空楼板与预制剪力墙的节点

中空楼板与预制剪力墙结构是另一种十分流行的住宅结构形式。预制剪力墙的现场吊装及其与中空楼板的节点处理都比较容易操作

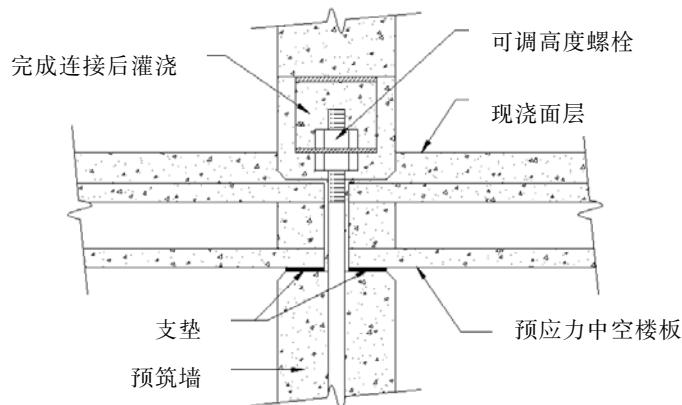


图 7.6: 中空楼板与预制剪力墙的节点

c. 中空楼板与现浇剪力墙的节点

中空楼板与现浇剪力墙结构也是相当普遍的住宅结构形式。一般用于高层建筑物中，墙体整体性、连续性较好，并采用大型滑模进行现场施工。

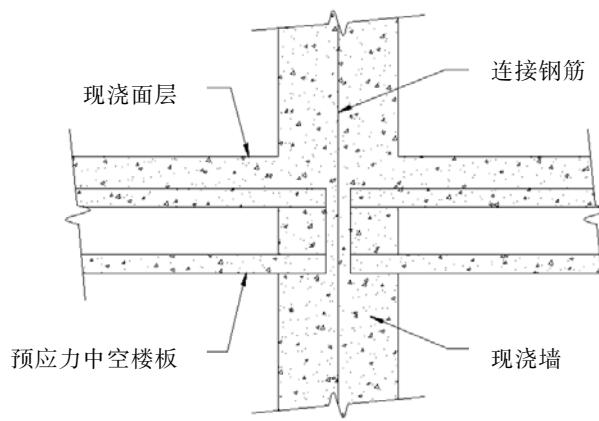


图 7.7: 中空楼板与现浇剪力墙的节点

## II. 商业类

中空楼板在商业类建筑物中的运用也十分盛行。此类建筑物包括：办公大楼、商场、停车场以及实验室等。

下图为一幢办公大楼的结构平面图，采用中空楼板与钢梁的结构体系。

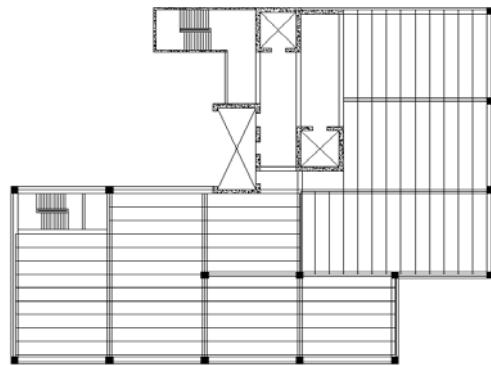


图 7.8: 商业办公楼的中空楼板平面设计

在商用建筑物中，中空楼板被用来建造各中间楼层及屋顶。用来支撑中空楼板的结构构件一般用以下几种：

—钢梁（在高耸建筑物中较为流行）。

—预制与现浇混凝土梁（在多层或小高层建筑物中较普遍）。

—承重墙（三种：砖墙、预制墙及现浇墙）。因为采用承重墙会导致建筑空间不灵活，所以此种结构形式不多见。

以下是中空楼板在商用建筑物中各种节点简介：

a. 中空楼板与钢梁

在高耸商用建筑物中，此种结构形式较多见。由于采用钢梁与中空楼板，使得现场的吊装施工比较快速而且简单。预应力中空楼板的跨度比钢浪板的跨度大，使得次梁的数量减少。

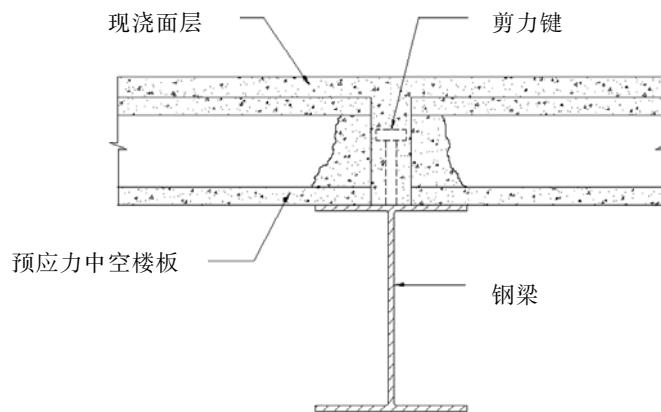


图 7.9: 中空楼板与钢梁

### b. 中空楼板与预制梁

采用预制梁来支撑中空楼板的结构形式，对于商用建筑物也十分有利。一般用于多层或小高层的建筑物，但必须考虑到现场吊装设备能力。

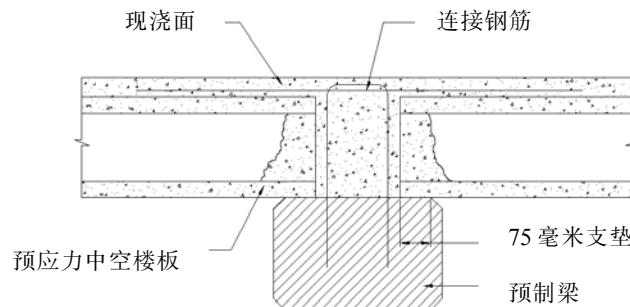


图 7.10: 中空楼板与预制梁

### c. 中空楼板与现浇梁

中空楼板与现浇梁的结构形式也较多使用在商用建筑物中。

此外，在施工期间也可采用 U 型的预制混凝土梁暂时支撑中空板，同时也可充当模板的作用。

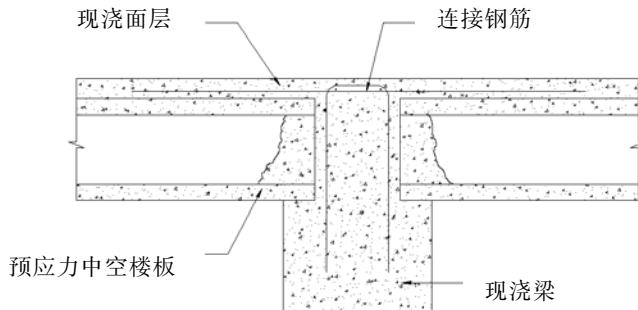


图 7.12: 中空楼板与现浇梁

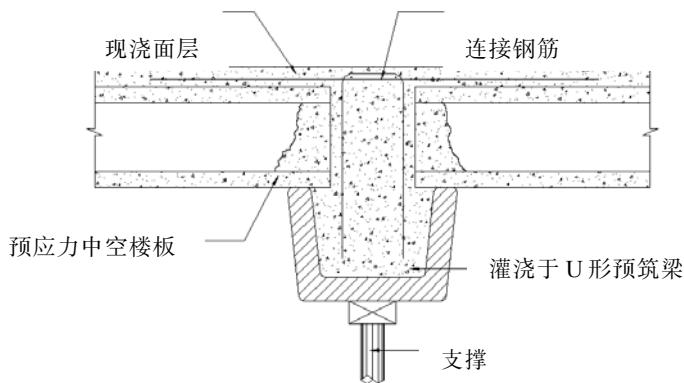


图 7.13: 中空楼板与现浇 U 形梁

### III. 公共设施类

在学校、医院、社区中心等公共建筑物中，也可广泛使用中空楼板。

通常在公共设施类建筑中用来支撑中空板的构件种类有以下几种：

- 预制与现浇混凝土梁
- 钢梁
- 承重墙

此种建筑物结构的节点形式与商用类建筑物的节点详图相同。

### IV. 工业厂房类

中空楼板在工业厂房中的使用是非常流行的，可以用于各楼层与屋面，还可以用于外墙。

当中空板以楼板形式运用于工业厂房时，可采用以下几种结构形式：

- 预制与现浇混凝土梁（使用最为广泛）。
- 钢梁（用与高层建筑）。
- 承重墙（较少见）。

节点同前所述。

中空板在工业厂房建筑物中也可用来充当承重或填充外墙。

中空板用来作为承重墙通常用来支撑以下两种机构：

- 钢屋架

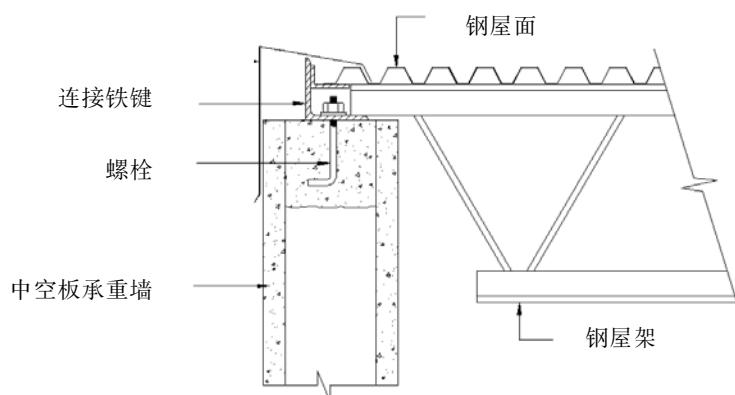


图 7.14: 钢屋架与中空板承重墙的支撑

— 预制梁板构件如：单 T 型板、 $\pi$  型板及槽型板

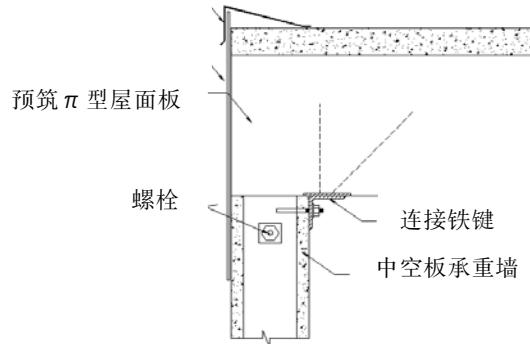


图 7.15: 混凝土屋架与中空板承重墙的支撑

单层厂房若使用中空板作为承重墙可使结构更快速、更经济、更有效率，同时中空板也可充当外墙。以下是此类结构形式的节点介绍：

- a. 中空板支撑钢屋架
- b. 中空板支撑预制屋面

## 7.5 预制预应力中空板的经济效益

在建筑物中采用大跨度中空板可以带来以下经济效益：

—节省材料

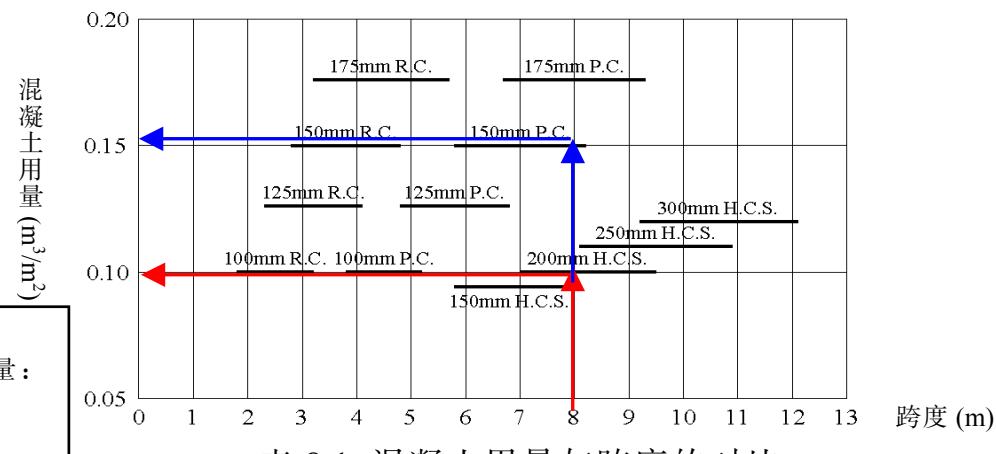
—缩短工期

在工程设计初期便考虑使用中空板可以在相当大的程度上得到多方面的节省。

### I. 节省材料

在 7.1 中已经阐述了中空板节省材料的优点，所以大量使用中空板后，在材料方面节省的经济效益是可观的。

表 8.1 列出了根据跨度的变化，中空板与现浇板两种结构的混凝土用量的对比情况。



例：

8米跨度最少混凝土用量：

中空板 0.1 m³/m²

现浇板 0.15m³/m²

结论：

混凝土用量节省 50%。

表 8.1: 混凝土用量与跨度的对比

从上表中不难看出，在相同混凝土用量的情况下，中空板可达到较大跨度。事实上，当将中空楼板与传统现浇板或预应力现浇后张板相比时，中空板不但混凝土用量少，而且跨度大。

以一个 8m x 8m 结构体系来比较三种不同的结构系统，并考虑到单价因素，不难进一步发现中空板的经济效益，详见下表：

	混凝土 (m <sup>3</sup> )	模板 (m <sup>2</sup> )	钢筋 (kg)	钢绞 (kg)
现浇楼板 (包括次梁)	12.7	84	925	-
现浇预应力楼板	11.2	64	495	215
预制预应力楼板	6.4	-	32	168

\* 8 米 x 8 米楼板为标准( 活载量 = 4kN/m<sup>2</sup> )

表 8.2: 三种结构类形板的材料用量比较

根据以上的比较，如以 100 万平方面积来计算，混凝土用量减少约 10 万立方米，钢材可省约 11000 吨，模板面积可省 130 万平方米。其经济效益与资源节省非常可观。

在此必须指出，第一，以上的比较仅考虑到材料用量方面，至于人工费( 见后段分析 )未考虑在内。第二，三种结构板的砼级别不同。第三，由于中空板采用先张法制作，节省了预应力相关的预力配件，就像传统现浇板一样无需任何配件。

## II. 缩短工期

另一个值得重视的优点是采用中空板可以使施工工期大大节省。原因是中空板不在施工现场生产，而且与工程现场进行基础施工或其他前期工序施工时同步进行中空板的生产，当现场楼板施工就绪时，中空板已提早完毕，随时可运送至现场进行吊装作业。

### a. 住宅类建筑工期节省

一般来说，住宅类建筑若采用中空板比采用传统现浇板节省三分之一的工期。

### b. 商务类建筑工期节省

以某一标准层的施工周期为例，将采用中空板与现浇预应力后张板进行比较，若采用中空板施工工期只占现浇预应力板的三分之二。见下表：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>传统现浇法</b>											
1 . 支撑及模板		---									
2 . 放置钢筋( 底层 )			---								
3 . 放置电管				---							
4 . 放置钢筋( 顶层 )						---					
5 . 灌浇混凝土							---				
6 . 养身								---			
<b>预制预应力中空楼板</b>											
1 . 吊装预制柱及预制梁		---									
2 . 吊装中空楼板			---								
3 . 灌浇面层					---						

表 8.3: 三种结构类形板的材料用量比较

c. 工期节省的重大意义

采用中空板可使工期紧张的工程受益非浅。提早完工的优点如下：

- 投资者可以较早获得回报。
- 提早偿还施工损失。
- 总承包商可以提早收取工程款。
- 减少由于原材料价格浮动而带来的风险。

### III. 其他节省

除了上述两点节省之外，以下是使用中空板而得到的间接节省：

- a. 由于采用中空板使建筑物的自重减轻，从而减少了基础与垂直承重构件的造价。
- b. 中空板底表面平整度好，不需打底与粉刷，因此减少了建筑工序上的费用。
- c. 中空板的使用减少了次梁的数量，而且也减少了梁的粉刷高度，再次降低了建筑工序上的费用。

### 7.6 预制预应力中空板小结

不难看出，中空板的使用对于建筑师、发展商、工程师以及总承包商都有一定程度的吸引力，也进一步促进了建筑工程工业化、科技化，还节省了自然资源。

中空板是一种开发的结构构件，具有多重用途，而且适用于各类建筑物。

中空板的设计并不困难，但必须注意到中空板的设计与传统现浇板的设计的不同之处。

通过使用中空板可以节省材料、缩短工期，在降低结构成本，提高经济效益方面的功效是卓越的。

## 五、本公司在全预制工程方面的经验

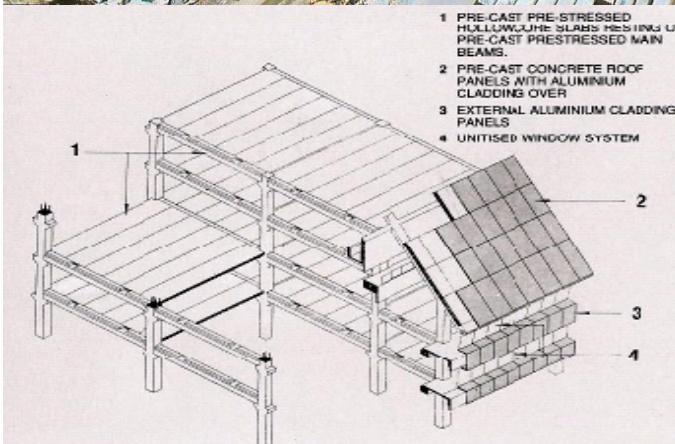
全预制结构是主体结构构件都采用预制工法，构件包括：预制柱、预制梁、预制中空板等。以下是一些本公司的代表作，包括了各类建筑物类型。

### I. 新加坡樟宜国际机场第二搭客大厦

一采用 415 毫米厚中空楼板，跨度为 14.2 米。

一中空楼板总面积 32 万平方米，于 1989 年 11 月开始预制板生产，最终在 1991 年 2 月生产完毕，生产时间为 1 年 3 个月。

一此项工程总工期为 54 个月，在 1992 年获得最佳易建建筑设计奖。



- II. 马来西亚吉隆坡国际机场停车场大楼
- 停车场可容 6400 部停车位，被誉为世界最佳停车场。
  - 工期为 12 个月。



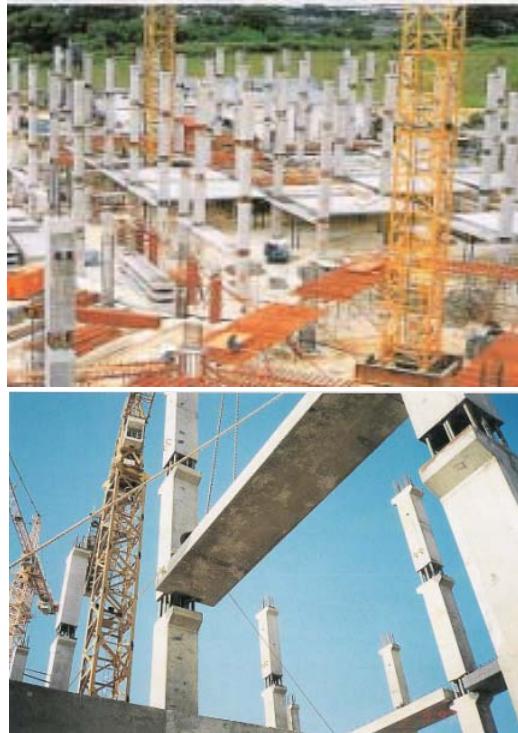
- III. 印尼巴丹岛工业标准厂房
- 共五栋厂房，第一栋标准厂房的预制构件于 1990 年 3 月开始生产，3 个月后结构封顶。



#### IV. 新加坡地铁第八站大型商场

—裙房 5 层为商场，上部 11 层为办公楼，总建筑楼面  
面积为 5 万平方米。

—采用快速施工法，工程总工期为 220 天。



#### V. 新加坡建屋局发展住宅—蔡厝港居民住宅

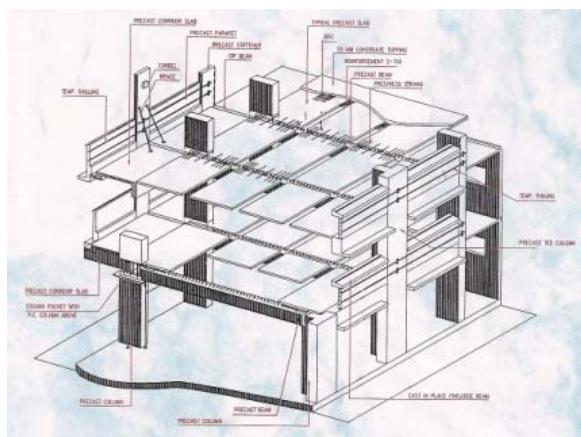
—5 幢 20 层与 2 幢 15 层住宅小区，共 650 单元。

—总建筑面积为 10 万平方米。

—采用全预制剪力墙结构系统。



VI. 新加坡建屋局发展住宅—加冷居民住宅  
—此住宅共 16 层楼高，包括 303 个居住单位，  
—另加一幢 5 层楼的停车场。  
—采用 4 层楼高的预制混凝土柱、梁、板体系。



VII. 台湾三重汤城

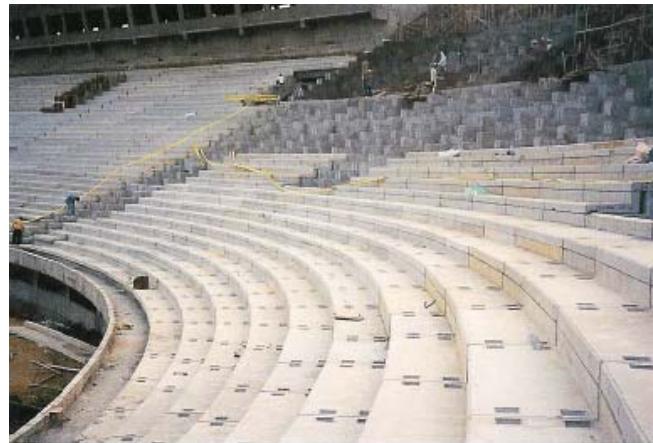
- 11 栋地上 10 层楼，地下 3 层的工厂办公楼。
- 采用 10 米跨距的中空板。
- 工期为 30 个月。



VIII. 台湾高雄长庚医院职工住宅大楼  
—3栋29层楼，采用预制外挂墙并有瓷砖贴面。



IX. 台湾南投体育馆



## 六、国外全预制工法工程介绍及试验

### I. 美国拉斯维加斯美高美大酒店

世界最大旅馆共4400房间，采用全预制剪力墙配12英尺宽中空楼板工法施工。



## II. Huge Staples Arena( 美国洛杉机体育馆 )

总工期为 18 个月。

此建筑物所在地为 Los Angeles , 属于南加州地震区。

此建筑可容纳 22,000 个座位。总面积为 954,474 平方英尺。

若用传统工法则须 24~26 个月的工期。

若用预铸框架结构须 18 个月的工期。

大规模的使用预铸结构使得整个工程的进度完全满足预先的施工计划。

工程开工日为 1998 年 3 月 23 日；完工日为 1999 年 10 月 2 号。

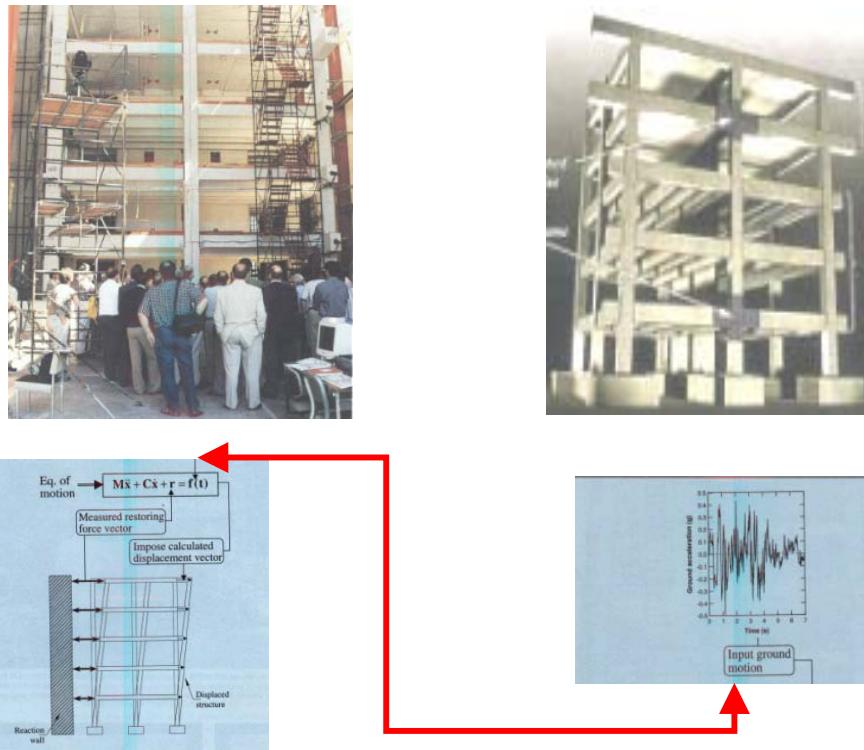
全部预铸件为 3123 片。



## III. 在美国其他类似预制结构建筑



#### IV. 五层楼全预制钢筋混凝土结构地震试验及分析 美国加州大学在圣地亚哥，La Jolla



试验结果报告如下：

试验结果非常成功。  
结构的表现超出设计规范的要求。  
这种结构系统可在低震中震及强震区使用。  
此种结构系统若设计妥当将会比传统场筑结构更安全。  
采用这种结构简化了结构设计与施工方法。  
可以精确的计算出地震时的结构位移。  
接头使用的材料为钢筋及预力钢件及钢板等,都是较容易取得的建  
材。  
全预筑框架结构可与剪力墙系统及预应力后拉系统配合使用在建  
筑物的结构设计中。

## 七、结束语

综上所述，房屋建筑工业化是建筑业发展的必然产物。建筑工业化可以提高生产效率、保证建筑物质量，可以缩短工期，提早获取经济回报，最重要的是可以降低成本，保护环境。

中国的经济正快速增长，建筑业充当着重要角色。中国的混凝土预制构件行业目前正处于产品结构调整的关键阶段，为了适应建筑业的快速发展，与世界先进的混凝土施工技术接轨，就必须积极推进建筑工业化，不断地使用、完善和开发新型的高效预制构件。相信中国必将会成为世界建筑业的巨大。

本公司在工程设计与施工方面具有丰富的经验，同时在预应力中空板的生产机械制造方面也有雄厚的实力。衷心希望在技术、生产及设备上能与中国的知名建筑商合作，共同发展与开拓建筑业市场，实现建筑工业化。积极探讨合作方式，把新型预制工法发扬光大，并将现代中国建筑业推向新的高度。

希望有兴趣的公司及专业人事跟我们保持联系。



**CAA TECHNOLOGIES PTE LTD**  
新加坡：5 Tuas Avenue 13, Jurong, Singapore 638977  
電話：65-68623922 傳真：65-68615389  
行動電話：65-96246456 E-mail: mailbox@spandeck.com.sg



**民章企業股份有限公司**  
台北：台北市基隆路1段432號8樓805室(世貿雙雄大樓)  
電話：(02)2723-6986 傳真：(02)2722-6597  
E-mail: moonchan@m48.hinet.net  
南投工廠：南投市南崗工業區工業南六路6號  
TEL : (049)2256960 FAX : (049)2256954

上海联络处：徐汇区宜山路515号2号楼18楼D  
电话：(86) (021) 54484998 传真：(86) (021) 54484998

## REFERENCE:

- a. CAA Technologies (S) Pte Ltd Official Website:  
<http://www.spandeck.com.sg/>
- b. PCI Official Website:  
<http://pci.com/>
- c. PCI Design Handbook; 1971, Prestressed Concrete Institute; Chicago, Illinois, USA.
- d. PCI Manual for the Design of Hollow Core Slabs; Prestressed Concrete Institute, Chicago, Illinois, USA.
- e. Precast Structure, Design, and Construction (In Chinese); Dr Tony Chi; Highrise Construction Techniques Seminar; June 1976, Taipei.
- f. The Modern Concrete Structural Techniques; Dr Tony Chi; Our World In Concrete And Structure; August 1977; Singapore.

- g. A Proposed Precast/Prestressed Housing System for Singapore; Dr Tony Chi and R.P.Mitteldorf; Our World In Concrete and Structure; August 1979, Singapore.
- h. Prestressed Hollow Core Slab Construction: Design Potential; Boris Netupsky; Seminar On Prestressed Concrete (SCI & IES); February 1980, Singapore.
- i. Structural Precast Concrete Handbook 2<sup>nd</sup> Editions; 2004, Singapore.
- j. 中国混凝土行业的过去，现在和未来；刘良季；中国建筑东北设计研究院，辽宁沈阳 110003，中国。

