

我国建筑工业化及新型装配式混凝土结构的发展与有关问题

王晓锋



个人简介



- 工学博士，研究员，中国建筑科学研究院标准规范处副处长
- 建筑工业化产业技术创新战略联盟秘书长，中国混凝土与水泥制品协会预制混凝土构件分会秘书长，中国土木工程学会标准与出版工作委员会秘书长
- 长期从事装配式混凝土结构研究与标准、图集编制工作
- 主编《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355-2015
- 参编《混凝土结构工程施工规范》GB 50666-2011、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015、《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010
- 电话及邮箱：13910896802@139.com
- 新浪微博：结构王晓锋



报告提纲

一

建筑工业化概述

二

新型装配式混凝土结构发展

三

有关问题

CONTENTS



1 建筑工业化概述

- 定义：采用**减少人工作业**的高效建造方式，并以“**四节一环保**”及提高工程质量为目标的建筑业发展途径
 - 实施手段：标准化、机械化、信息化
- 住建部科技与产业化促进中心叶明副总工：“新型建筑工业化是指采用**标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理**为主要特征的生产方式，实现房屋建造全过程的工业化、集约化和社会化，从而提高建筑工程质量和效益，实现节能减排与资源节约”



1 建筑工业化概述

- 定义：采用**减少人工作业**的高效建造方式，并以“**四节一环保**”及提高工程质量为目标的建筑业发展途径
- 传统作业方式的改进，如现浇混凝土结构的工业化作业方式（如泵送混凝土、新型模板与模架、钢筋集中加工配送、各类机械设备的使用）
- 新型装配式结构（混凝土结构、钢结构体系+工业化的外墙及内墙墙板、木结构）
- 建筑、精装、厨卫等非结构技术

1 建筑工业化概述



■ 建筑工业化并不是新名词

- 我国传统的装配混凝土结构工业厂房，预应力空心板+砖混房屋都是典型的建筑工业化
- 建筑业作为第二产业，在我国一直作为工业行业存在，“建筑工业”同样是很普遍的提法，如JG标准全称就是“建筑工业行业标准”
- 与电子业、机械制造业等相比，建筑业属于劳动密集型行业，资源能源消耗大，高新技术含量相对低，这些行业特点可能是强调提出“建筑工业化”的原因，**对人工依赖也让整个建筑行业往往会怀疑自己的“工业属性”**



1 建筑工业化概述

■ 建筑工业化的发展需求

➤ 人口红利消失、人力成本上升快

➤ 城镇化建设量大

➤ 节能要求提高

➤ 环保压力大

➤ 提高质量需求强

➤ 实现建筑产业转型升级和建筑产业现代化的重要途径和手段

行业发展的困惑

1 建筑工业化概述



■ 各地鼓励政策小结

- 政策真正落地的不多，仅北京、上海实施最好
- 目前发展装配式混凝土结构（PC）住宅、钢结构住宅的经济效益主要来自于各地的优惠政策
- 鼓励政策多为对开发商的鼓励和补助（仅重庆等地对构件生产有补助），对于其他业务环境补助很少，各方积极性调动不够
- 目前各地政策中，上海属于强制推广，实施效果最好
 - ✓ 上海是国内PC发展的热点地区，新建PC构件生产线10多条
 - ✓ 其他地区政策鼓励效果仍不明显（包括北京）

1 建筑工业化概述



■ 建筑工业化产业技术创新战略联盟

- 发起单位18家，目前由20家单位组成
- 理事长单位：中国建筑科学研究院
- 副理事长单位4家：中建股份、中国建设科技集团、上海现代集团、同济大学
- 理事单位15家：宝业集团、北京建筑机械化研究院、北京预制建筑研究院、东南大学、建华投资集团、建研科技、青岛青建新世纪、上海建工、浙江工业大学设计集团、中建八局、中建三局一公司、中国建筑技术集团、中建设计集团、中建科技、中冶建研院
- 欢迎其他行业优势单位加入

1 建筑工业化概述



联盟微信公众号

2 新型装配式混凝土结构发展



2.1 装配式混凝土结构解析

2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展

2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.1 装配式混凝土结构解析

■ 减少人工作业是最主要诉求

- 应用什么的最主要原因是成本
- 是否减少人工作业，主要在于人的成本
- 建筑业劳动者地位要提高、要求高（否则没人愿意干）
- 国际通行做法，不单独谈装配，更无“率”的要求
- 装配式结构就是一种作业方式
- 不同国家有不同的技术路线
 - ✓ 日本建筑工人的8小时工作，形成了低层简单连接墙板结构和高层框架结构（主要受工期影响）
 - ✓ 美国、北欧大量采用预制预应力技术，构件大型化
 - ✓ 德国、奥地利、法国大量应用Double Wall叠合墙

2.1 装配式混凝土结构解析



■ 标准化的理解

- 编制标准化构件图集，尺寸、配筋的标准化是中国特色（我国香港及新加坡等国家有保障房等标准化，这是在建筑、户型标准化的基础上）
- 发展新型装配式混凝土结构，完全建立构件库进行选择难度是很大的，可能也是没有意义的
- 成熟的预制混凝土生产企业，必须有深化设计能力，要比工程设计更了解“预制”
- 标准化一定要做，但是根据不同技术确定不同的标准化路线（叠合墙的现浇部分标准化，根据设备、模具生产情况的定制标准化）

2.1 装配式混凝土结构解析



■ 经济性问题

- 对不同国家、不同技术方案、不同建筑类型，经济性问题会有不同的结果
- **知己知彼**：某些技术方案，直接与现浇对比，造价一定会高于现浇，与量的关系并不大；现在的情况下，对于住宅要达到不增加成本需要做很多工作
 - ✓ 中国的现浇施工国际领先，劳动人民过分勤劳
 - ✓ 钢结构尚未“觉醒”
 - ✓ 我们在做国际上未曾解决过的难题（100m，33层？）
- 装配式混凝土结构土建直接成本降低的要素
 - ✓ 提高连接施工效率、高强混凝土、采用预应力技术（预应力混凝土空心板、双T板）
 - ✓ 把以往行业的“浪费”找回来（精细管理、EPC）

2.1 装配式混凝土结构解析



■ 经济性问题



2.1 装配式混凝土结构解析



■ 质量问题

- 对质量的提高而且是建立在完整的产业链基础上的
- 现浇质量不好，如果是一拨人，装配结构一定就好？
- 有的时候，我们并不要求预制一定要比现浇质量好
- 现浇结构的施工质量会怎么差、如何控制我们知道
- 装配结构的质量会差到什么程度？
- **影响装配式混凝土结构质量的主要因素**
 - ✓ 技术方案
 - ✓ 设计（特别是方案、施工图、深化多方协调）
 - ✓ 施工经验与能力
 - ✓ 产品选择



2.1 装配式混凝土结构解析

■ 我们为什么要大力推广？

- 鼓励、推动，利国利民利行业
- 目的是什么，诉求是什么，要搞明白
- 真正说服自己，不能忽悠自己、忽悠同行、忽悠领导
- 了解行业、了解技术，才能有的放矢

2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



南京万科上坊公寓



2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



上海城建浦江基地经适房D0建筑

沈阳万科春河里

2012/12/13



2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



黑龙江宇辉新新怡园4#、5 #工程

2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



远大住工花漾年华



2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



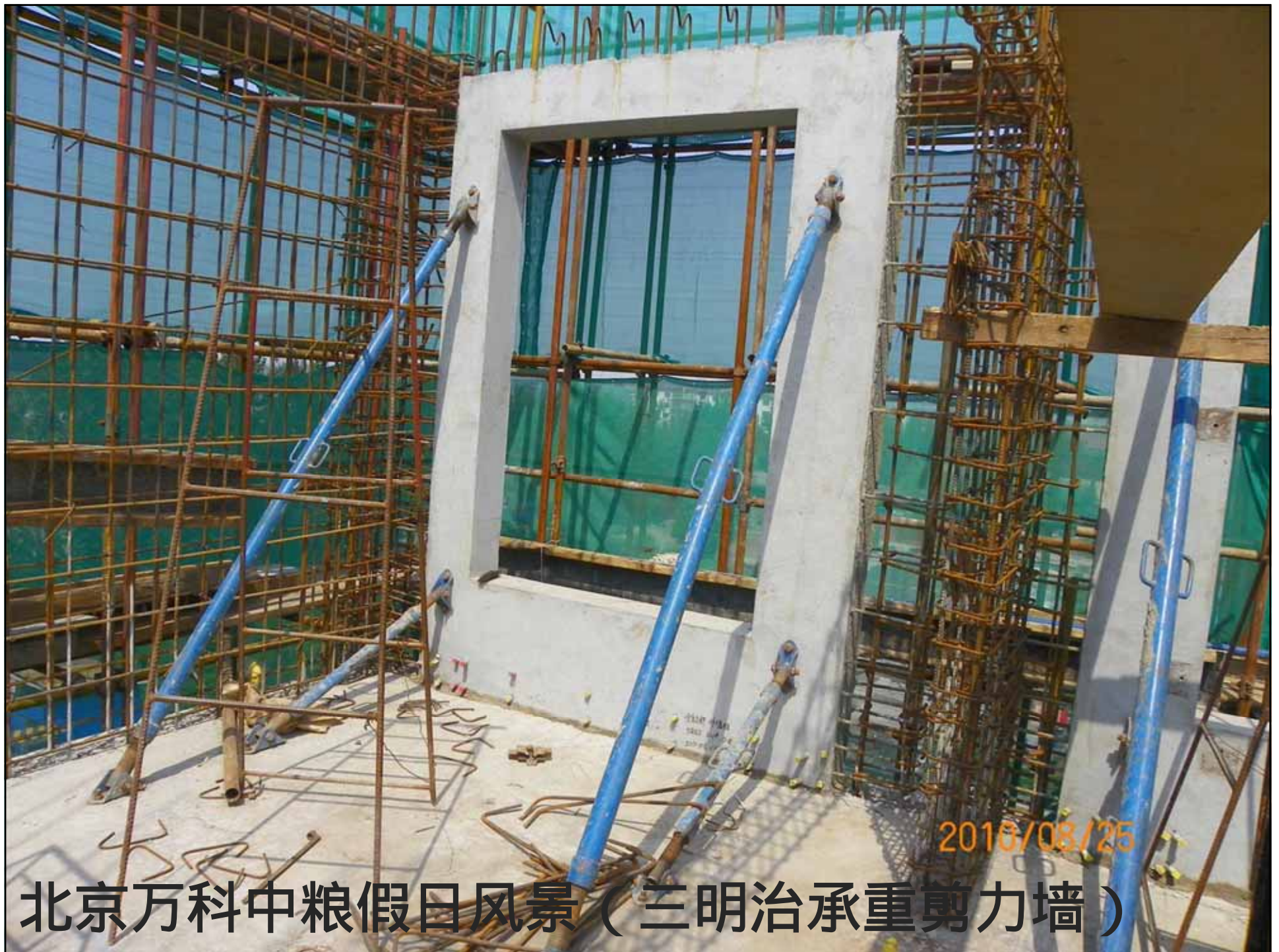
西伟德宝业新站区保障房

2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



■ 不同技术路线

- 三明治承重剪力墙（北京为主）
- 其他承重剪力墙（非灌浆套筒连接）
- 叠合墙（宝业）
- 外墙挂板或嵌入式非承重外墙（深圳、香港）



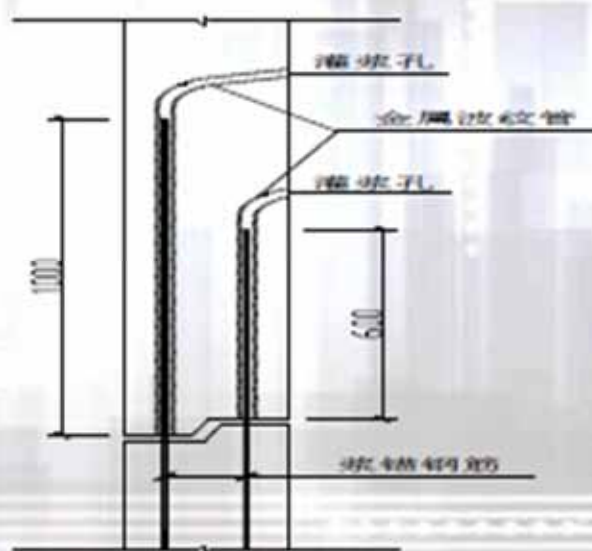
北京万科中粮假日风景（三明治承重剪力墙）



叠合墙板体系（宝业、西伟德）



叠合墙板体系（宝业、西伟德）



NPC浆锚搭接剪力墙（中南集团）

2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



外墙挂板

2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



上海创智天地PC试验楼

2.2 新型装配式混凝土结构住宅发展



■ 小结

- 装配式混凝土结构住宅的土建造价普遍提高，**一般每平方米提高200-800元**
- 北京包括预制外墙400元左右，不包括120元左右
- **多地对商品住宅奖励3%的容积率面积**（在符合相关政策法规和技术标准的前提下，在原规划的建筑面积基础上，奖励一定数量的建筑面积。项目奖励面积总和不超过实施产业化的各单体规划建筑面积之和的3%）
 - ✓ 开发商白得面积
 - ✓ 地价按0计算，按每平方米500成本增加计算，每平方米利润超过1.65万，就不会亏
 - ✓ 可判断仅在北上广等地价高的城市有经济效益

2.3 其他装配式混凝土结构发展



预应力预制薄壳结构之代表作



丹麦建筑师乌特松，总面积 8.8万m^2 ，03.1959~10.1973，施工过程艰难曲折，前后花了17年才告完成。

2.3 其他装配式混凝土结构发展



预
应
力
混
凝
土
构
件



2.3 其他装配式混凝土结构发展



我国双T板工程



2.3 其他装配式混凝土结构发展



我国双T板工程



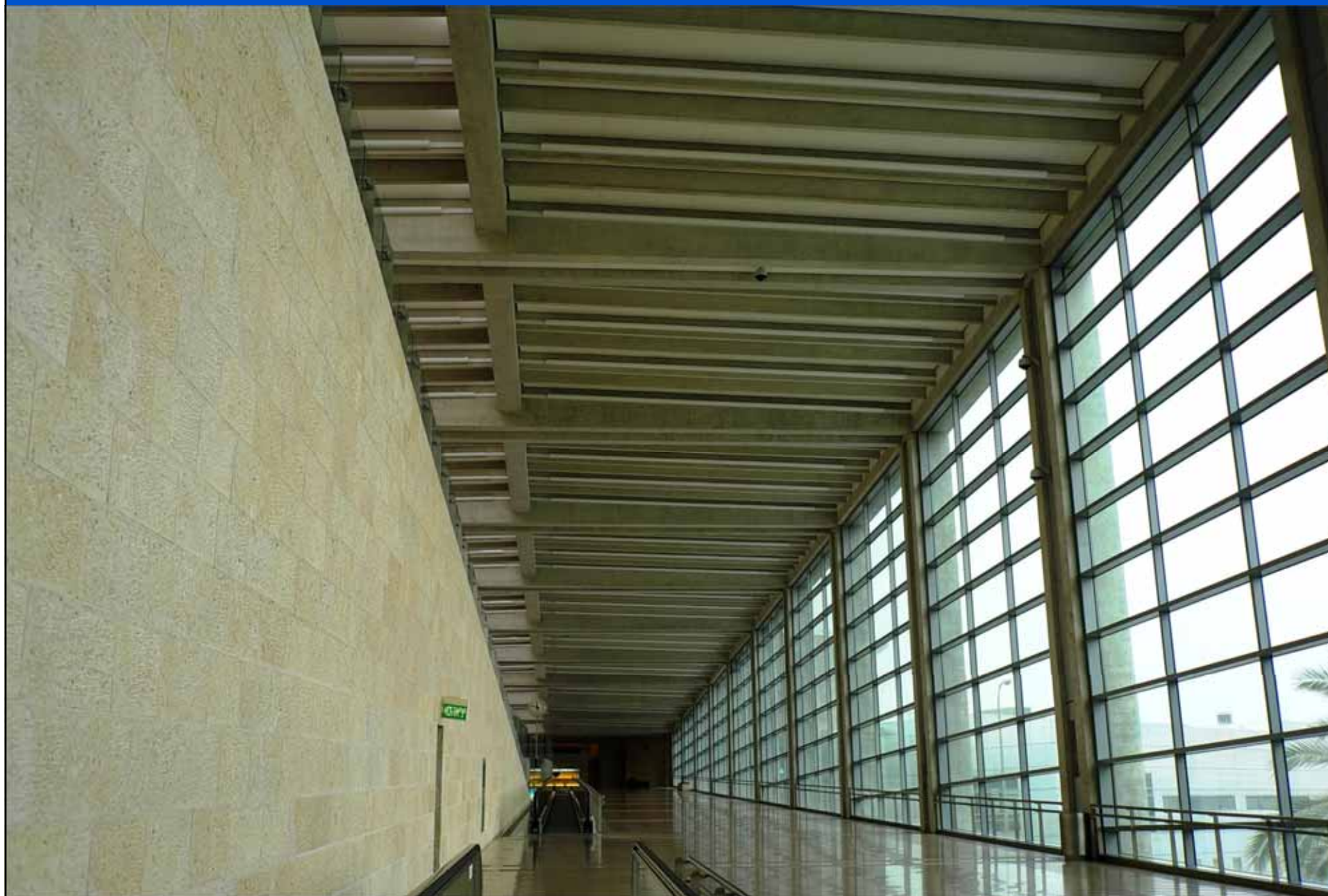
2.3 其他装配式混凝土结构发展



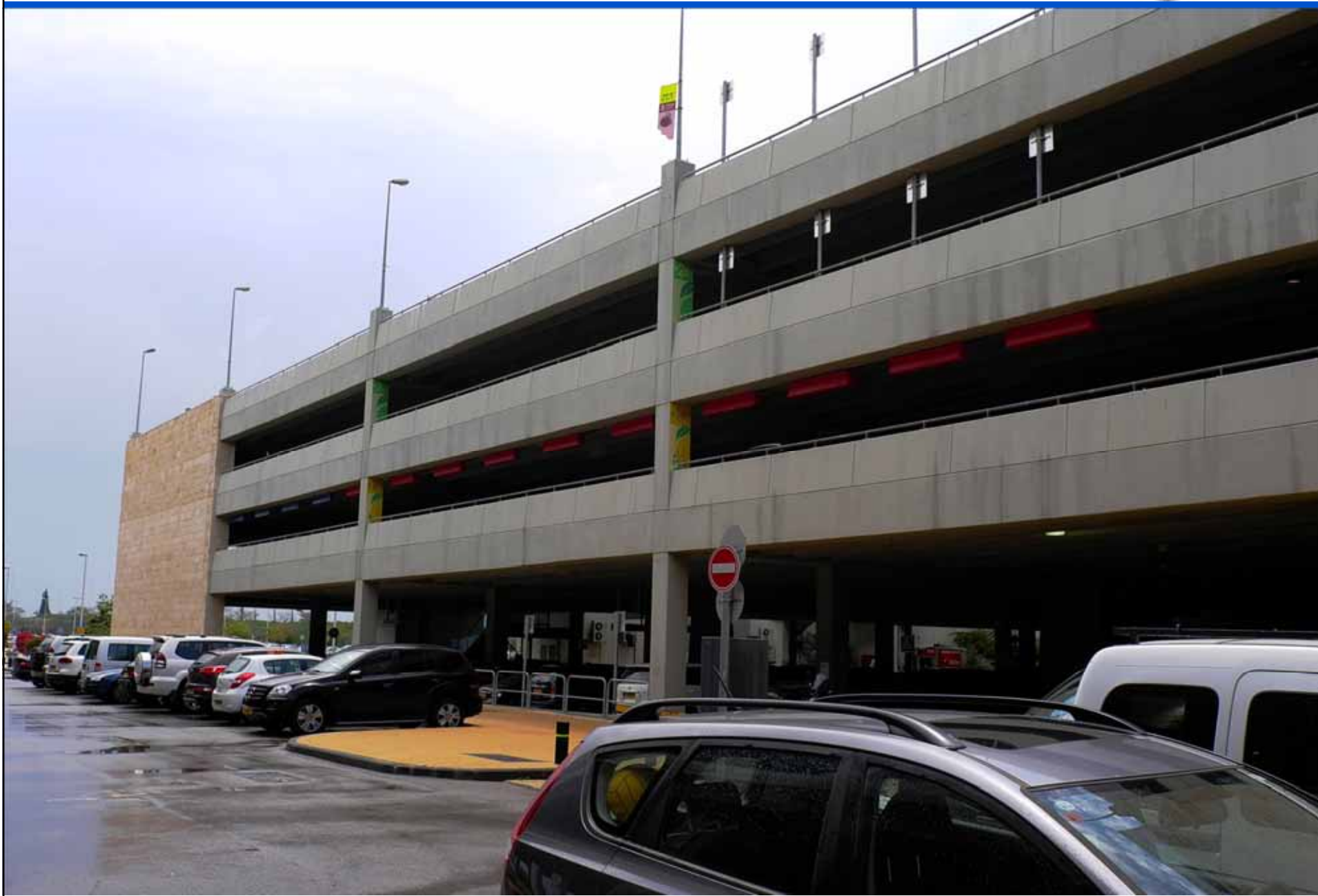
国标图集《预应力混凝土双T板》SG432先后 编制三本



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



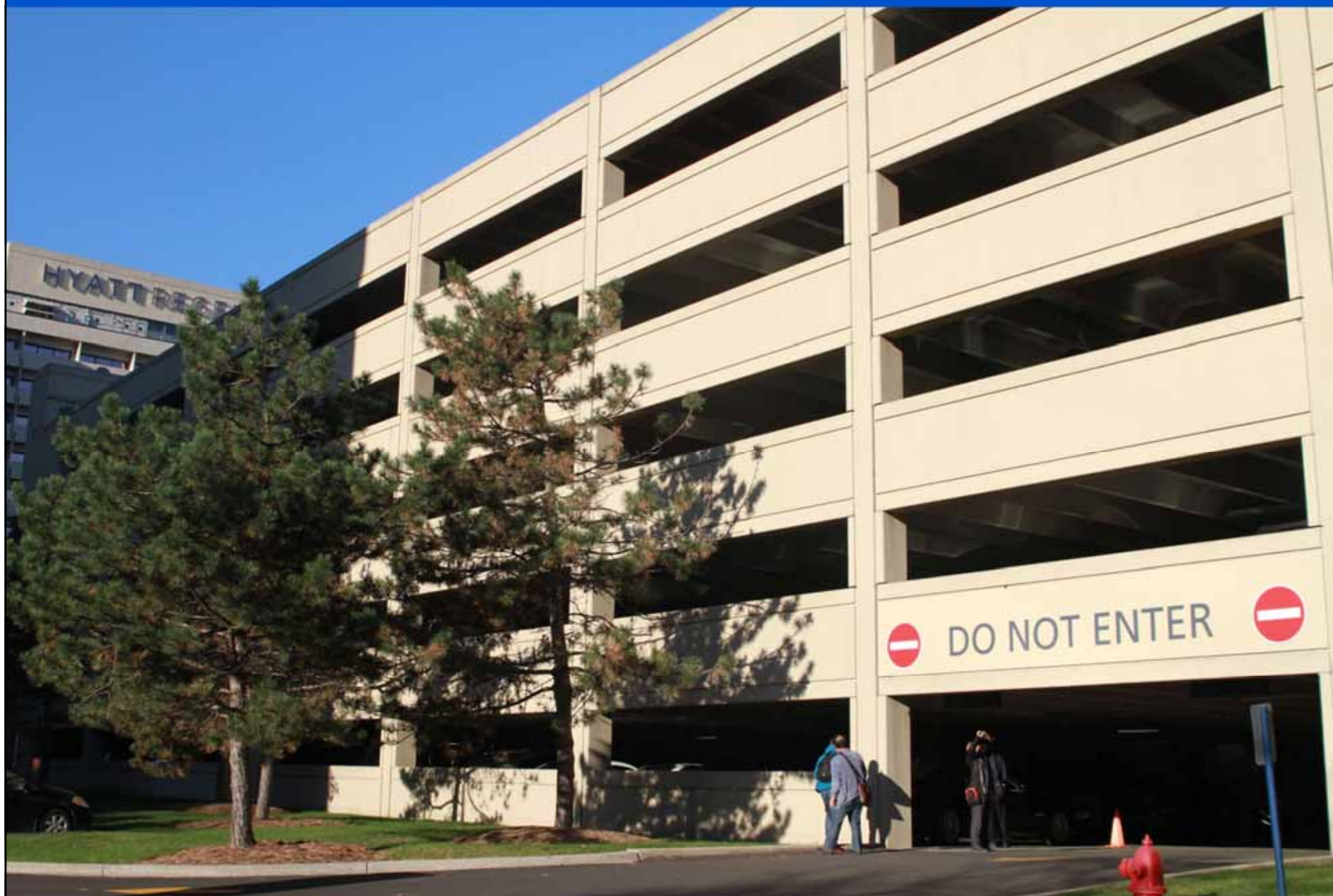
2.3 其他装配式混凝土结构发展



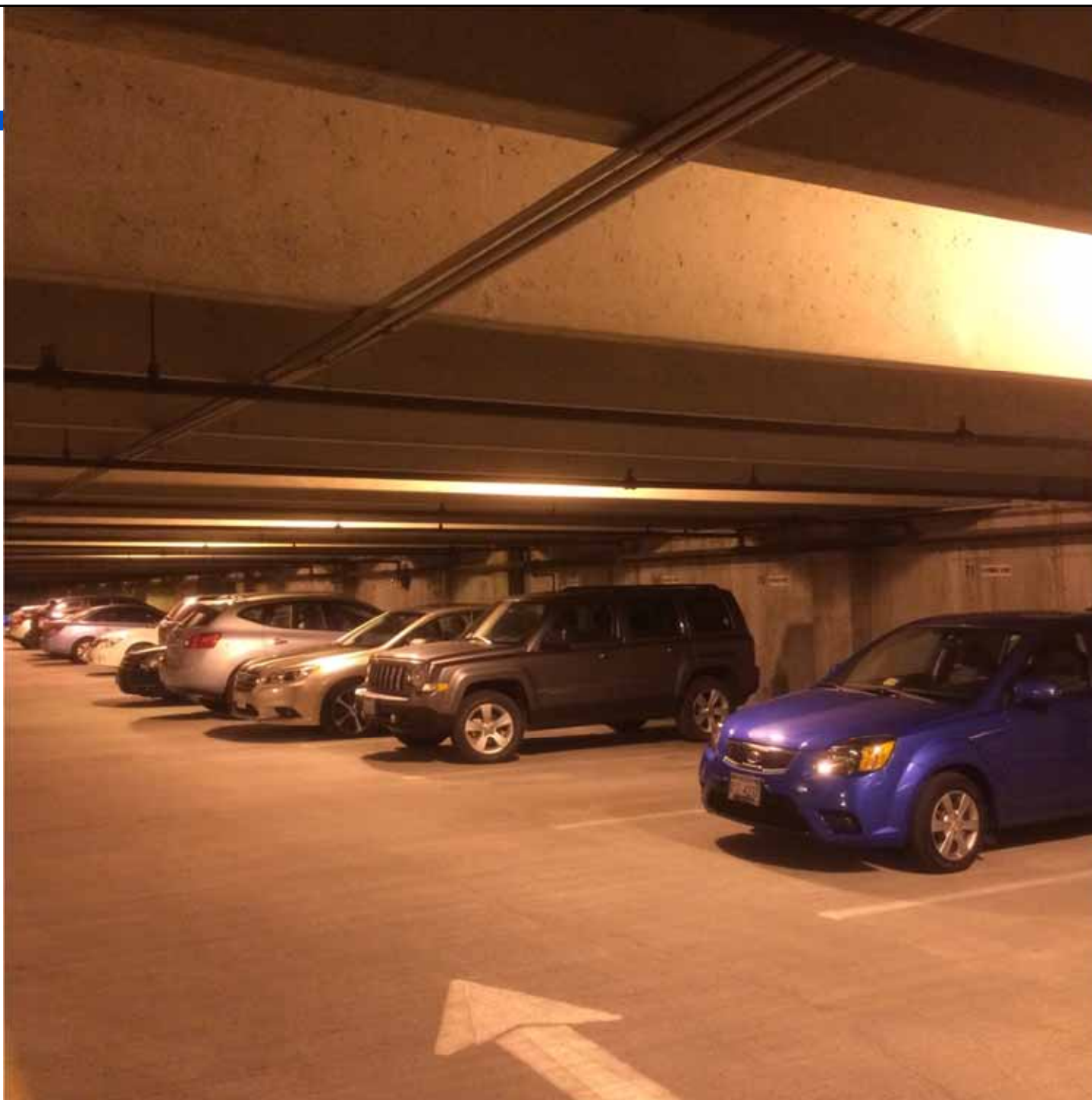


8/11/2014

2.3 其他装配式混凝土结构发展



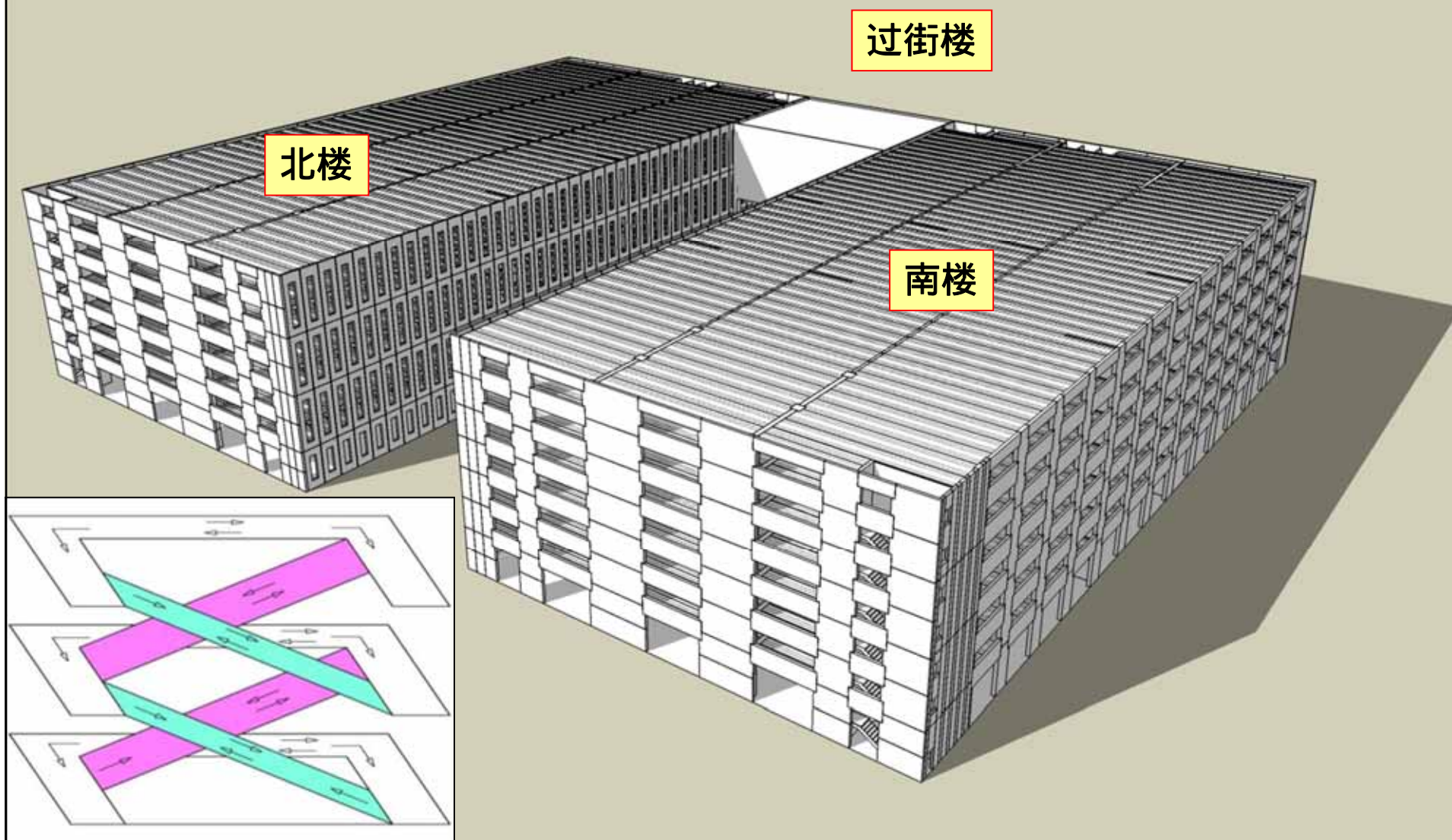




2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



■ 一汽技术中心乘用车所停车楼

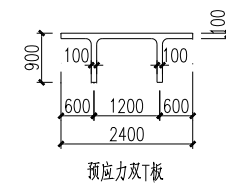
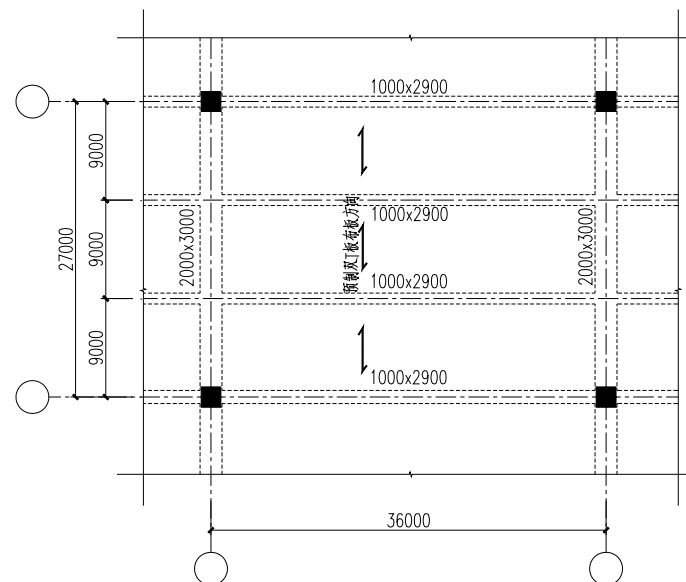
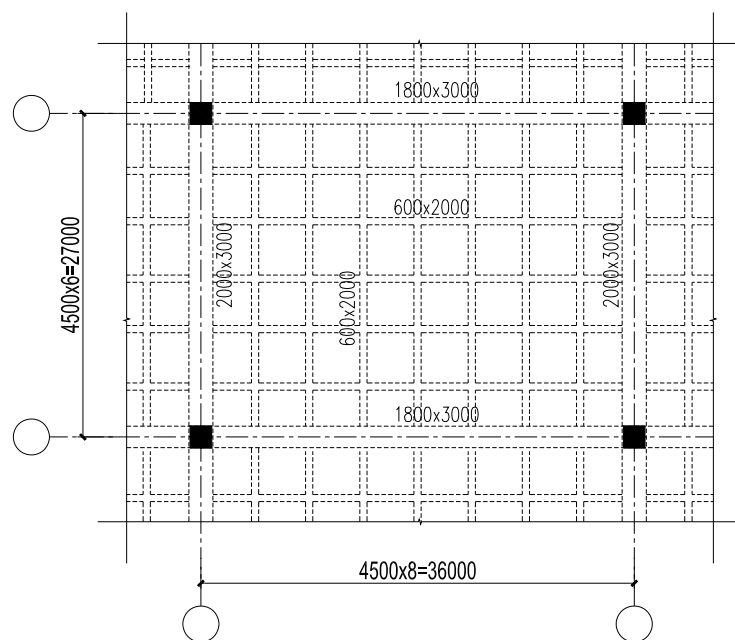
- ✓ 建筑面积达7.9万m²，共7层，A、B两栋，高度达24米，2508个车位，一共3780块预制构件
- ✓ 经过测算，能够实现节水80%、节能70%、节时70%、节材20%、节地20%、节约人工50%，减少材料浪费20%、减少建筑垃圾90%
- ✓ 现浇需要三四百工人；装配式，现场施工40人，工厂制作构件50人
- ✓ 车位相同，比传统车库节约30%面积，比平面停车场空间利用率提高75%，建安成本约是传统地下车库1/4，
相比同样规模的现浇停车楼节约2100万元

2.3 其他装配式混凝土结构发展



■ 多层预应力双T板楼盖仓储、物流建筑

- ✓ 活荷载 25kN/m^2 ，附加恒荷载 4kN/m^2
- ✓ $27\text{m}\times 36\text{m}$ ，二层，层高 11m
- ✓ 方案一为双向密肋后张预应力梁
- ✓ 方案二为预应力单向梁加双T板结构



2.3 其他装配式混凝土结构发展



■ 多层预应力双T板楼盖仓储、物流建筑

- ✓ 活荷载 25kN/m^2 ，附加恒荷载 4kN/m^2
- ✓ $27\text{m} \times 36\text{m}$ ，二层，层高 11m
- ✓ 方案一为双向密肋后张预应力梁
- ✓ 方案二为预应力单向梁加双T板结构

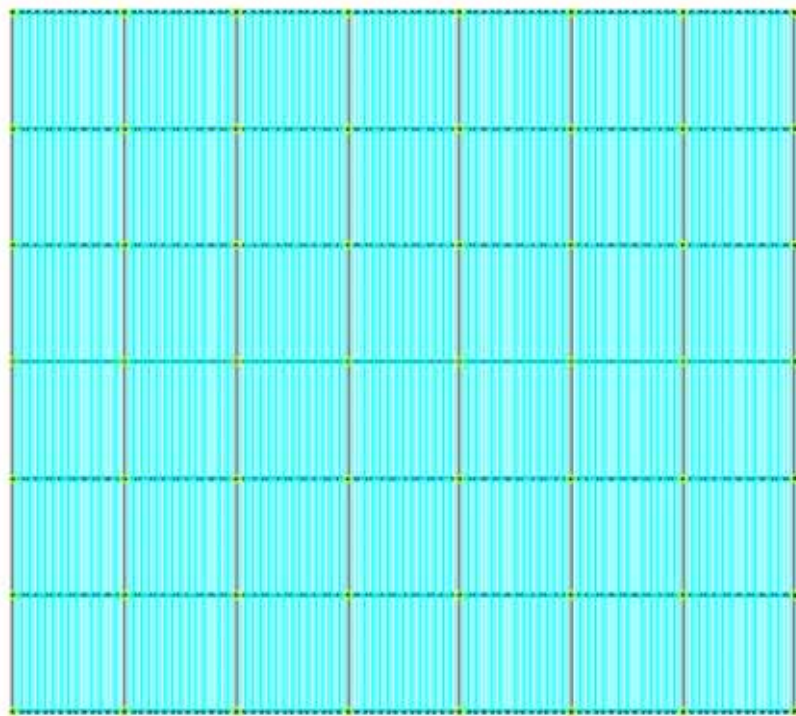
| 方案 | 梁板混凝土 折算厚度 (mm) | 荷载标准值 (kN/m^2) | 单位面积预 应力筋配筋 量 (kg/m^2) | 单位面积普 通钢筋配筋 量 (kg/m^2) |
|-----|-----------------------|------------------------------|---|---|
| 井字梁 | 958 (1.00) | 43.0 (1.00) | 26.1 (1.00) | 176.9 (1.00) |
| 双T板 | 689 (0.72) | 36.2 (0.84) | 17.4 (0.67) | 131.2(0.74) |

2.3 其他装配式混凝土结构发展



■ 某物流中心结构

- ✓ 活荷载 25kN/m^2 ，附加恒荷载 2.5kN/m^2
- ✓ $11.5\text{m} \times 11\text{m}$ ，四层，层高 11m



与井字梁方案对比
同样经济效益明显

2.3 其他装配式混凝土结构发展



现浇承重墙



预制承重墙



梁柱结构



钢结构

预应力空心板建筑



混凝土砌块结构

2.3 其他装配式混凝土结构发展



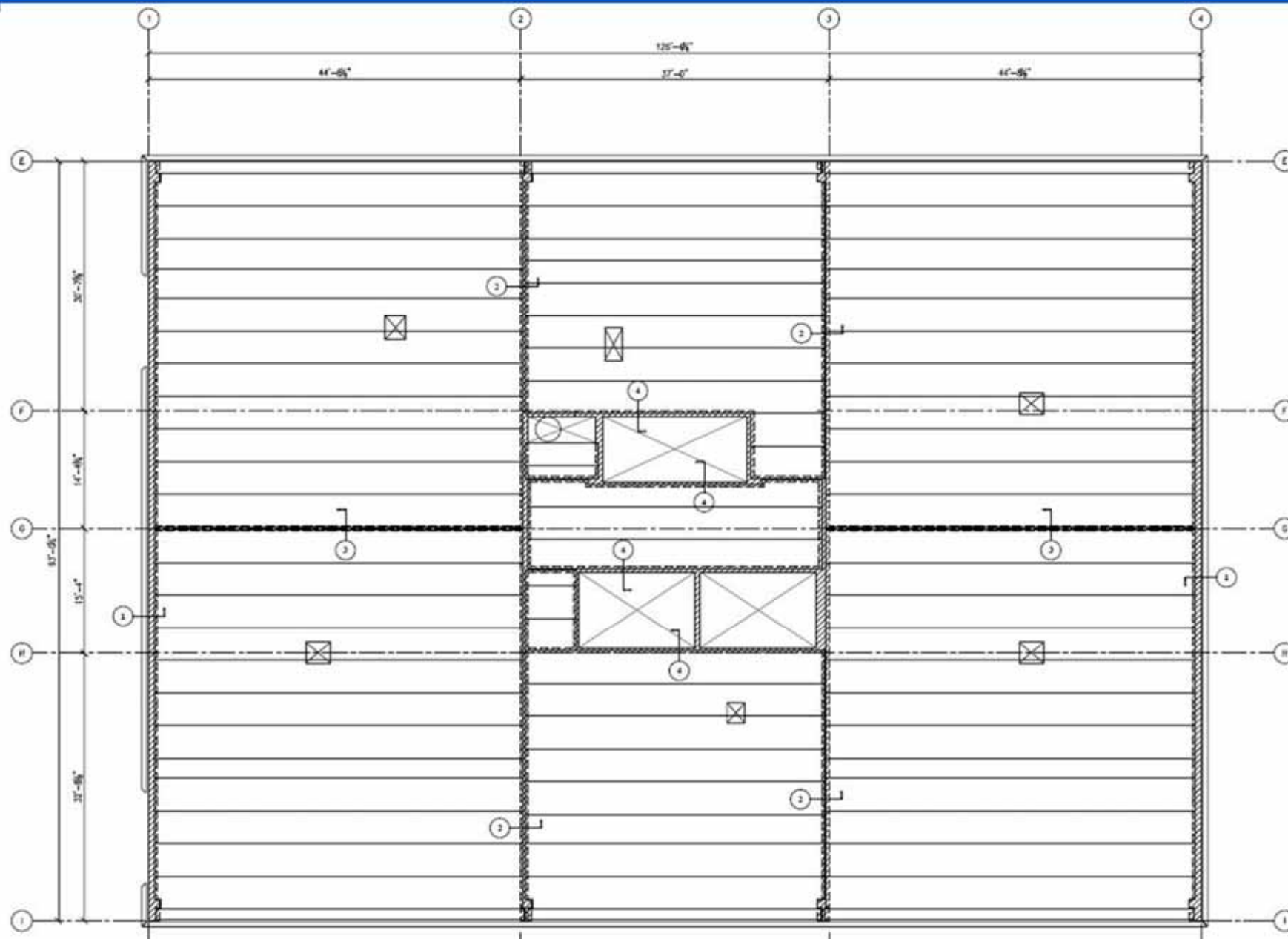
2.3 其他装



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



白沟箱包广场施工现场



2012.08.13 09:36

2.3 其他装配式混凝土结构发展



2.3 其他装配式混凝土结构发展



| 节约建筑材料 | 材料种类 | 现浇混凝土框架结构 | 装配整体式结构 | 每平米节约材料 |
|--------|------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | 木材 | 0.025 m ³ | 0.0053 m ³ | 0.197 m ³ |
| | 混凝土 | 0.45m ³ | 0.22 m ³ | 0.23 m ³ |
| | 竹胶板 | 0.31 m ² | 0.066 m ² | 0.24 m ² |
| | 钢材 | 64-74kg | 44-54kg | 20 kg |

传统现浇结构每平米建筑需要人工2个，如果保证50万平米主体工程240天完成，每天施工现场作业人数要达到4000人，采用装配式结构后，包括各预制构件加工厂在内，作业工人总数不超过1000人

成本比现浇结构将降低15%，降低造价100多元/m²。采用装配整体式混合框架结构比传统的现浇结构建筑材料及措施费节约达5000万，人工费节约2500万，整个工程节约造价达7500万元

3 有关问题



3.1 设计问题

3.2 施工问题

3.3 关键产品

3.4 其他建议与展望

3.1 设计问题



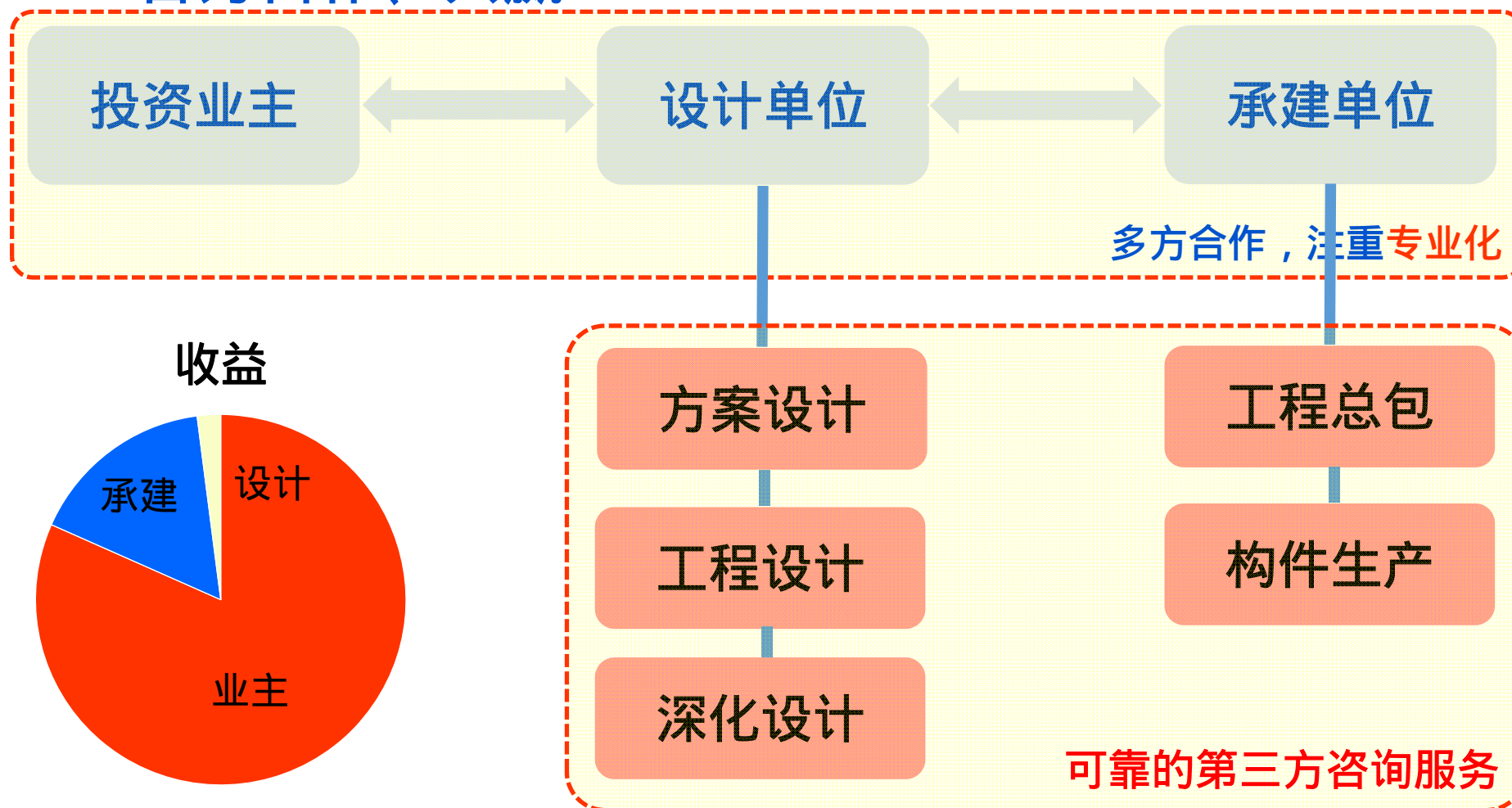
- 提前考虑PC问题，不要先按现浇设计，再拆分
- 考虑综合因素、合理选择技术方案
 - 预制率
 - 连接方式
 - 那些部分预制，构件重量和尺寸
- 比传统设计多出来的工作量
 - 装配方案考虑
 - 施工因素（吊装、运输）
 - 深化设计（构件、支撑等施工验算）
- 方案设计、施工图设计、深化设计互动，设计直接影响工程质量



3.2 施工问题

- 有经验的单位
- 成熟的队伍
- 专业的工人
- 目前预制构件生产资质已经取消，故对于预制构件企业的考虑尤为重要。总包与构件，可能是不同，也可能相同。总包质量纵深责任制
- 工期上，根据不同技术方案，可能有缩短，但有限
- 构件运输与价格有关，一般100km以内
- 会增加专项验收与检测，具体按规范执行即可

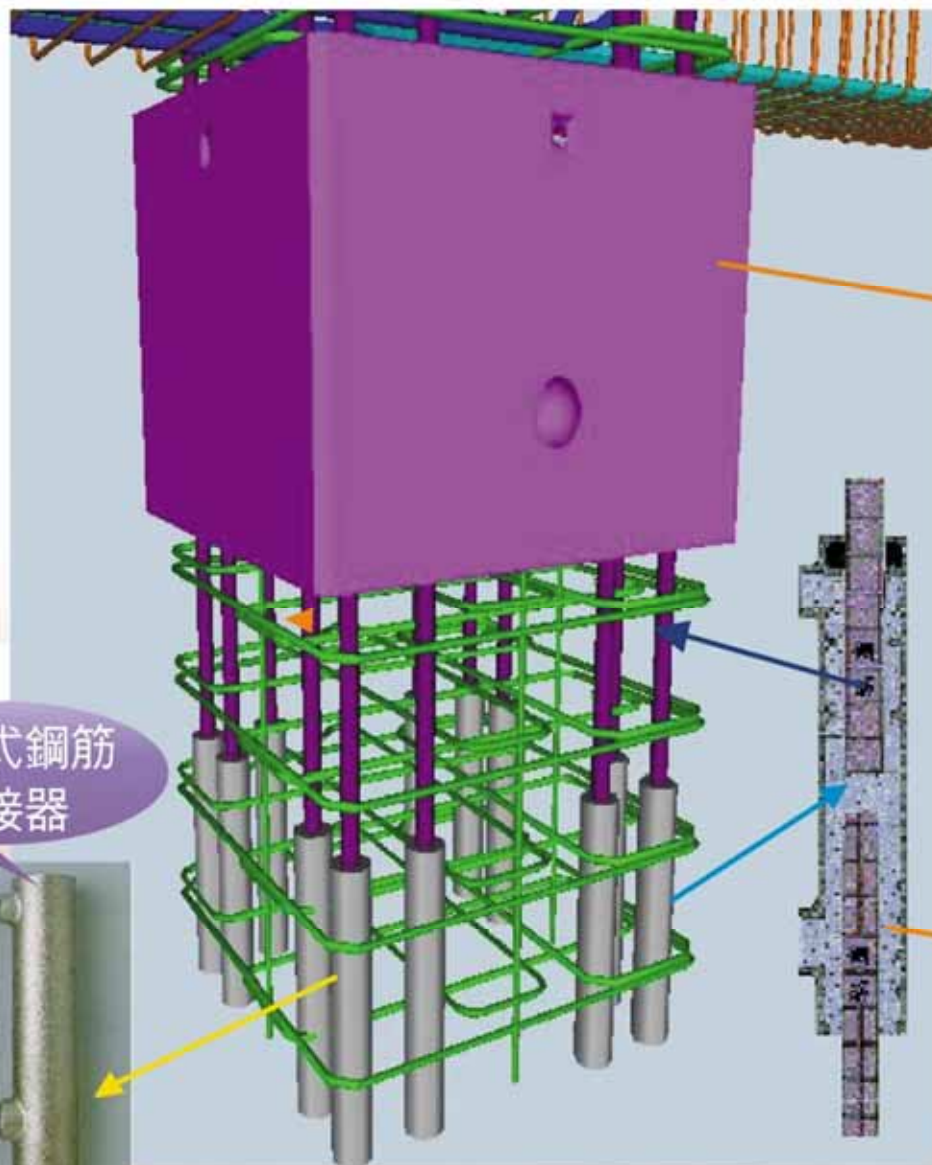
■ 各方合作、共赢



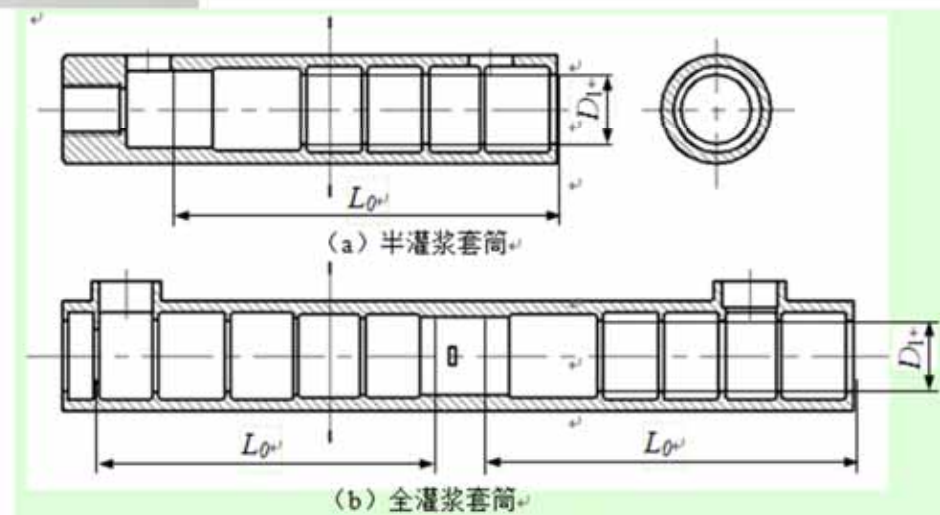
3.3 关键产品——灌浆套筒



3.3 关键产品——灌浆套筒



3.3 关键产品——灌浆套筒





3.3 关键产品——灌浆套筒

- 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355-2015于2015年9月1日实施，与JGJ107区别很大
- 灌浆套筒、灌浆料匹配使用
- 接头性能要求（不分级，均要求断于接头外钢筋）
- 型式检验及报告要求（12个试件，增加3个偏置单向拉伸试件；对试验时间有要求，即要满足灌浆料强度区间）
- 专业队伍施工，施工精度要求高
- 工程验收

3.3 关键产品——墙板连接件



“ 三明治 ” 墙板

3.3 关键产品——墙板连接件



预制夹芯保温外墙版制作照片



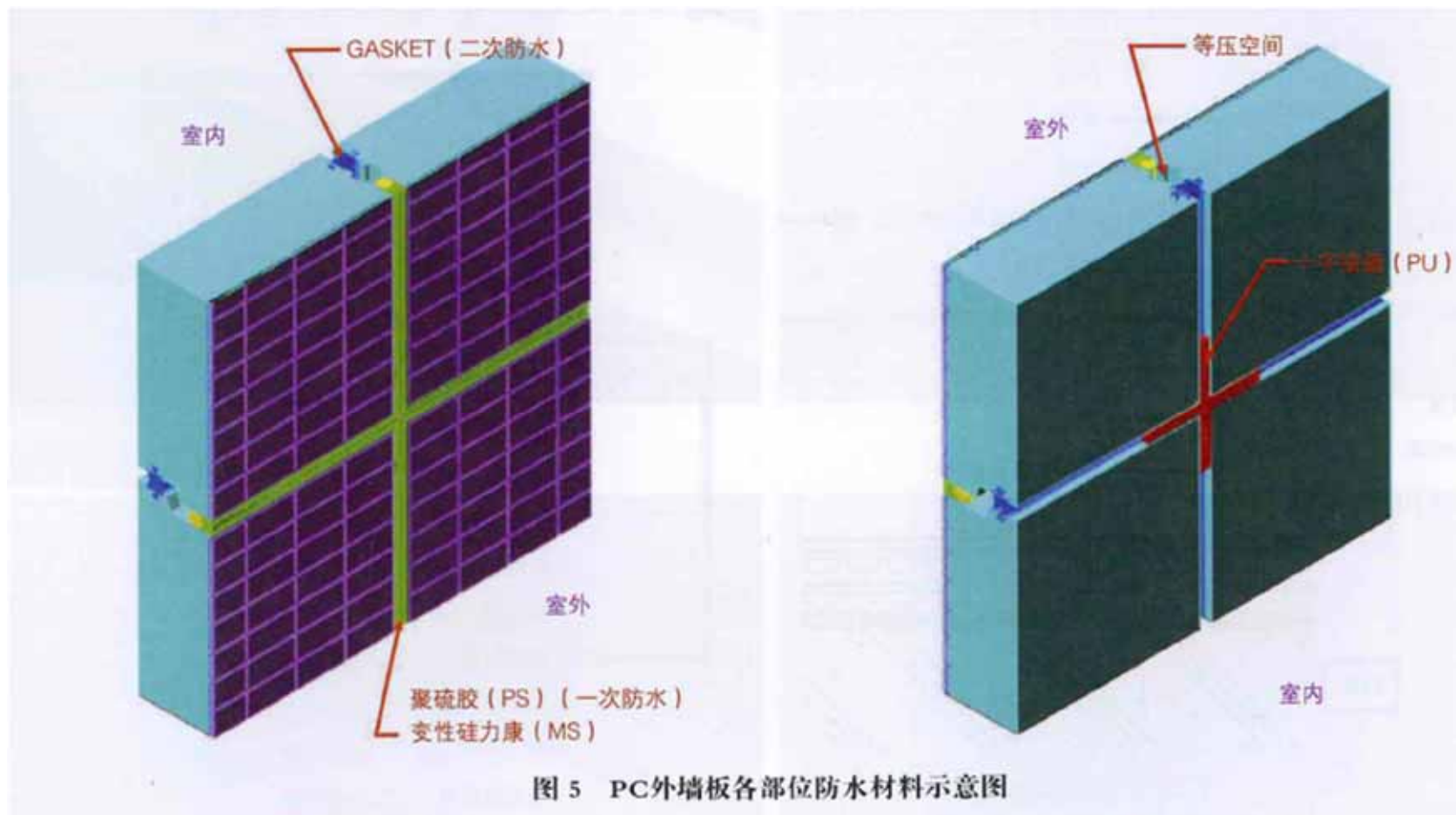


3.3 关键产品——墙板连接件



- 选用成熟可靠产品
- 按产品技术手册进行设计、摆放
- 产品性能必要检验
- 施工质量保证

3.3 关键产品——胶与防水



图片来源：《台湾地区润泰预制建筑工法防水体系技术介绍》

尹衍梁，詹耀裕，黄綢辉，《混凝土世界》，2014(1)。下载网址：t.cn/RwssWib



图 9 PC板四周断水填缝照片



图 10 排水管施工完成照片



图 11 以小工具控制泡棉条到要求深度



图 12 在需填缝两侧涂布底剂

图片来源：《台湾地区润泰预制建筑工法防水体系技术介绍》
尹衍梁，詹耀裕，黄綢辉，《混凝土世界》，2014(1)。下载网址：t.cn/RwssWib



图 15 灌注时需注意枪嘴的角度



图 16 选择符合宽度深度的小工具将表面平整修饰



图 17 撕除美纹纸后的完成照片



图 18 预制内侧需先填封密封胶才能现浇

图片来源：《台湾地区润泰预制建筑工法防水体系技术介绍》
尹衍梁，詹耀裕，黄綢辉，《混凝土世界》，2014(1)。下载网址：t.cn/RwssWib

3.3 关键产品——吊装与锚固配件





3.4 其他建议与展望

- 培育建筑工业化发展全产业链
- 积极推广EPC总承包模式
- 提前考虑，综合测算
 - 花该花的钱，不省不该省的钱
 - 靠技术方案、合理规划节省
 - 不扣材料与配件价格
- 实施过程中加强沟通，协调各方关系
- 预制率、预制方案因地制宜
- 长期合作伙伴，可靠的设计、施工与第三方咨询



3.4 其他建议与展望

- 重视技术、重视标准
- 结合自身特点，开拓新领域，开发新体系
 - ✓ 楼梯、空调板等局部装配技术
 - ✓ 其他现浇工业化技术（铝模板、新型模架体系等）
 - ✓ 混凝土框架结构高档住宅、公寓
 - ✓ 低多层新结构体系
 - ✓ 干式连接装配结构
 - ✓ 停车库（P+R）、卖场、物流园等公共建筑
 - ✓ 物流库
 - ✓ 工业建筑、厂房



- 全国建筑行业最大的综合性研究和开发机构
- 国家建筑工程技术研究中心设在我院，承担大量国家科研项目
- 主编重要规范并拥有解释权
- 全国超限高层建筑工程抗震设防审查专家委员会办公室设在我院
- 检测鉴定领域行业最权威的国家建筑质量监督检验中心设在我院
- PKPM系列软件为我院开发

■ 建筑工业化领域的优势

- 行业内研究及技术领域的领先地位，标准的解释权
- 丰富的专家资源与技术队伍
- 熟悉行业发展动态及业内开发、设计、施工、构件生产、产品供应商各个环节的企业实力及人员

我们做不到的，可以找到最合适做这个的人

- 复杂结构设计、试验研究与咨询经验丰富，与多个国际知名单位有良好合作传统
- 发挥自身优势，与绿建、BIM等结合

■ 建筑工业化领域主要业务

- 项目技术策划
- 第三方咨询（特别是业主的首个项目、复杂项目、EPC项目）
- 项目方案设计、初步设计、施工图设计及深化设计、构件加工图
- 项目BIM策划、设计与应用
- 建筑工业化新技术的合作研发、标准服务与技术推广
- 工程与产品检测
- 机械设备与配件



谢谢！



PPT电子版下载方式

关注微信公众号gcjsbz

输入sh1602获得下载地址



欢迎关注微信公众号
“工程建设标准与实践” (gcjsbz)