台湾地区预制混凝土技术发展及工程应用

尹衍梁[1] 詹耀裕[2] 赖宜政[2]

[1]台湾润泰集团 [2]沛丰建筑工程(上海)

1. 前言

台湾地区过去营建产业，由于营建厂商为数极多，在剧烈竞争下，常以价格决定一切，而忽视了厂商对其它价值诸如质量、进度、安全、卫生、技术能力、工艺水平、顾客服务精神等之履行能力；而劳动人力的不足也是台湾营建产业在开发过程中面临的一大课题。预制混凝土技术的开发应用可做为营建生产力的提升策略，同时经由高度机械化来取代劳力，提高营建产业生产力，不仅可以解决劳力短缺问题，同时可以改善产业生态，提升工程质量，改进工作环境，缩短营建工时。

台湾建筑工程以钢筋混凝土构造为主，占全部建筑比例百分之八十以上。1970 年代，政府亦曾推动房屋建筑工业化，大量使用预制工法于集合住宅，惟早期技术尚未成熟，致使施工质量不良，市场需求快速萎缩；近年来预铸建筑工法技术已有显着之精进，民间建筑预制工艺亦渐渐推展。1985 年开始，台湾润泰集团营建团队引进芬兰 Partex 全套预制生产技术及干混砂浆生产线，外加日本抗震设计技术，及自创钢筋加工技术、先进信息科技技术的运用等等，将台湾地区的预制混凝土工艺充分发挥并不断的创新研发，已经成为台湾建筑产业复合化工法的先驱。该工法已充份且成功地运用到民用建筑、工业建筑、大型卖场建筑、高科技无尘室建筑及公共工程建筑等，累计营建的总建筑面积约达 400 万平方米以上。

2. 台湾地区预制混凝土技术开发有以下几个方向：

- 使用高性能混凝土及高强度钢筋
- 套筒式钢筋连接器及超高早强无收缩水泥砂浆
- 钢筋自动化技术开发
- 预制施工吊装及安全防护
- 自创预制格子板技术
- 预制隔震工法开发
- 预制节点设计 3D 模拟运用
- 预制外墙面饰效果技术开发

2.1 使用高性能混凝土及高强度钢筋

2.1.1 混凝土材料：一般建筑工程的钢筋混凝土构造使用混凝土强度等级约 C25~C35；采用预制混凝土工艺普遍采用 C40~C60，部份预制高层建筑或特殊结构则采用 C80~C100 强度等级混凝土。此外,预制构件的节点，经常是钢筋交错密集,自充填混凝土(SCC,又称免振捣混凝土)的开发运用,有效解决工地预制接点不易浇灌充实的难题。

图 1. 自充填混凝土于预制工程整浇情形

2.1.2 钢筋材料：一般建筑工程的钢筋强度等级使用 SD280 及 SD420；采用预制混凝土工艺则将钢筋等级提升至 SD490.

2.1.3 使用高性能混凝土及高强度钢筋两者新材料的结合,是否可以应用在实际工程上,必须经过实验验证.试验结果：预制工法试件与传统工法试件比对无明显差异。

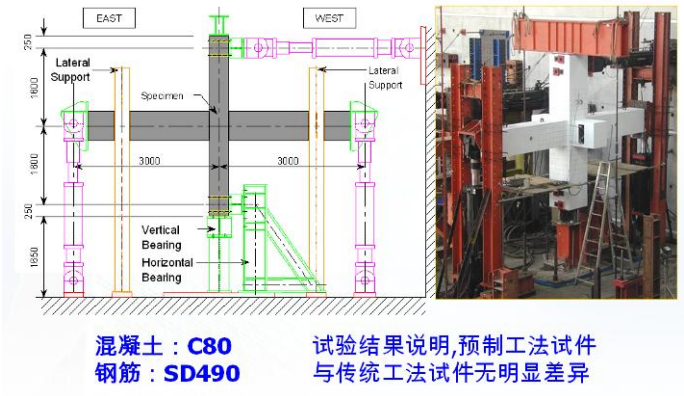

图 2. 高强混凝土与高强钢筋结构性能试验

2.2 套筒式钢筋连接器及超高早强无收缩水泥砂浆

预制构件竖向钢筋续接是预制混凝土工艺的关键技术，早期这一项技术所使用的材料皆仰赖日本进口；有鉴于这一技术的重要性以及材料间搭配运用的适切性,台湾观摩日本技术，自主开发套筒式钢筋连接器及超高早强无收缩水泥砂浆，钢筋连接试件已完全通过规范要求反复载重试验，自 2005 年 6 月起全面采用自主开发产品至今,已累计使用在 24 个装配式预制项目，钢筋套筒灌浆连接接头的使用量约计达到 14 万个。

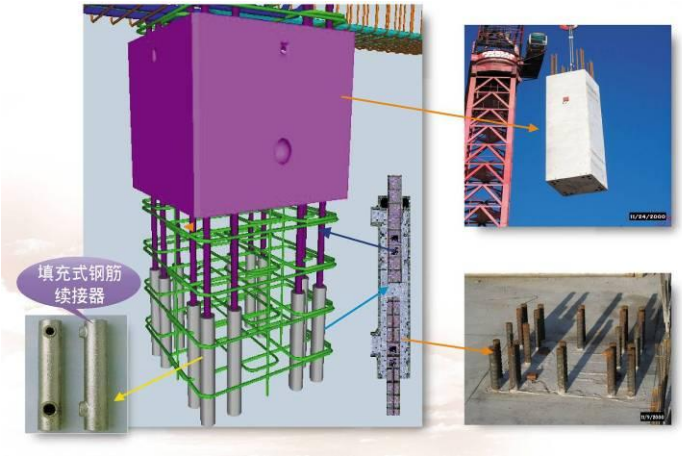

图 3. 预制柱竖向钢筋续接示意图

2.3 钢筋自动化技术开发

在建筑工程中,钢筋加工绑扎需仰赖钢筋技术工种,若某种程度让钢筋笼加工使用自动化技术,并利用机器产制半成品,那麽就可以不需倚赖钢筋技术工，因此在质量上与管理上也都更容易控制。自动化钢筋笼技术的应用有：

(1)自动化柱箍筋： “一笔式箍筋”与 “组合式多螺箍”

(2)自动化梁箍筋： “点焊钢丝网箍筋”与 “连续方螺箍”

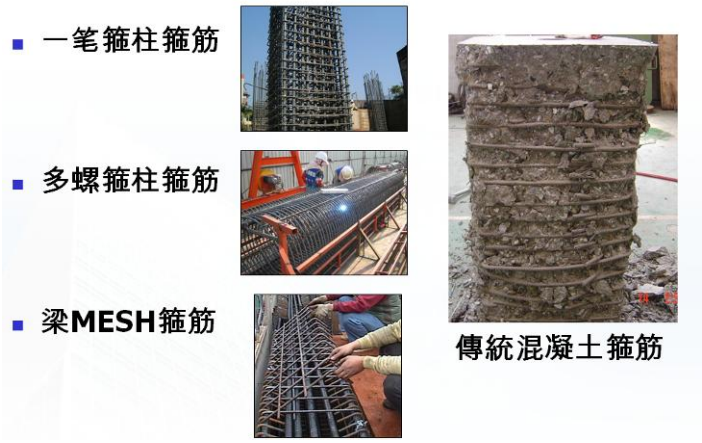

图 4. 钢筋加工技术开发

2.4 预制施工吊装及安全防护

为达成预制施工吊装的快速、精准、安全，施工过程的配套工艺的开发也是一项重要的研究；这一方面的开发有：

- 预留插筋定位装置开发
- 多点平衡吊具开发
- 快速组装及拆卸的重型门式脚手架,作为水平构件的支撑
- 大梁跨柱顶支承座的临时角钢牛腿
- 高空作业防坠栏杆及防护配件先行

图 5. 吊装工具的研发

2.5 自创预制格子板技术

一般高科技晶圆厂及面板厂洁净室空间为达到回风及抗微震需求,结构上常采用格子版工艺建造,传统格子版建筑作法采用木模版及脚手架支撑作法，工地材料组件多,致使环境杂乱,工程质量、工期及安卫管理经常达不到业主要求.采用预制创新工法，可以同时满足质量、工期及安卫管理上的需求.

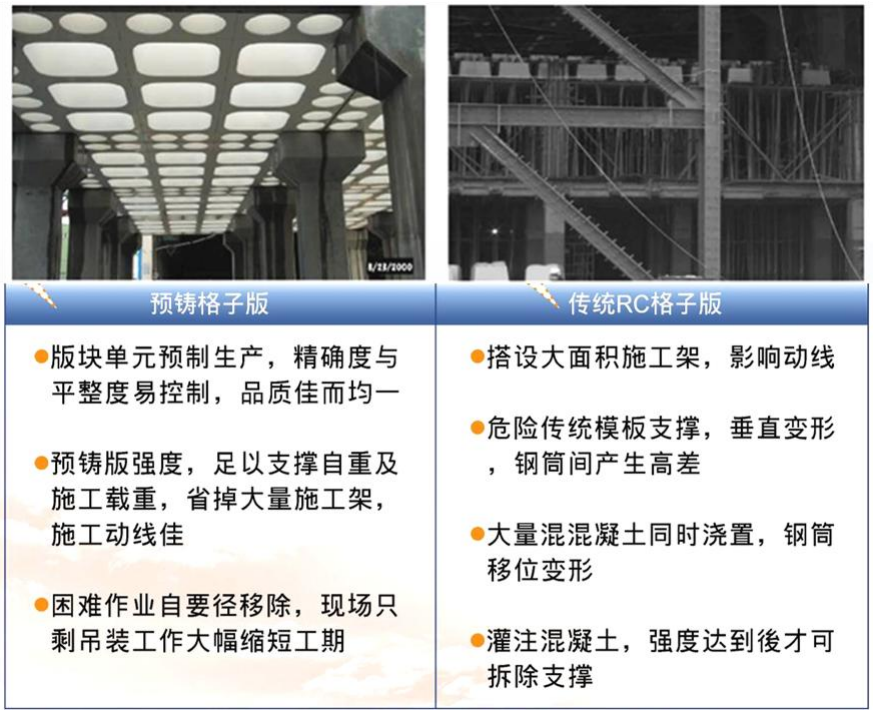

图 6. 预制格子版与传统 RC 格子版的差异

2.6 预制隔震工法开发

台湾地区处于多地震带，长期饱受地震威胁，历经 921 强震后，更加深国人对建筑物之耐震能力之要求。预制+隔震工法的开发,是台湾建筑史上一项重要的新指标。

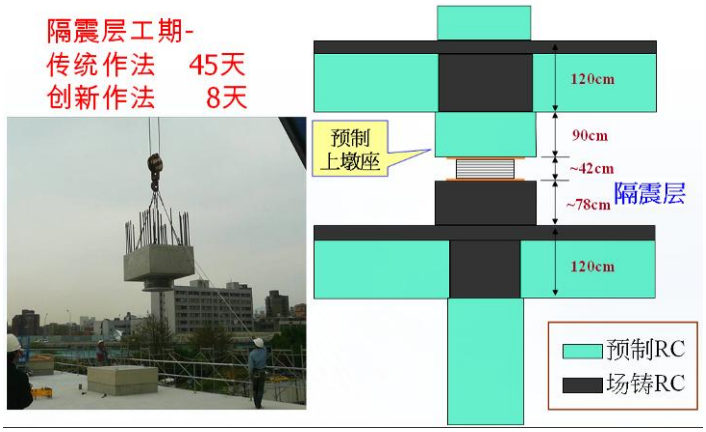

图 7. 预制隔震工法示意

2.7 预制节点设计 3D 模拟运用

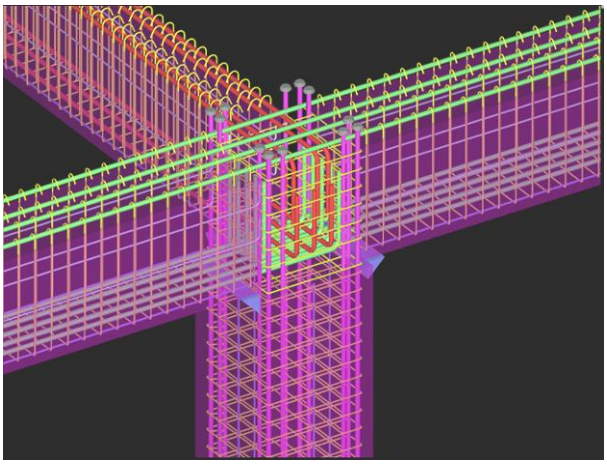

图 8. 预制接头 3D 模拟组合示意图

2.8 预制外墙面饰效果技术开发

预制外墙版使用面饰材料通常选用瓷砖及石材,透过生产技术的开发,如水洗石露面工艺、橡胶造型模的翻模技术等,建筑外观可以有多样式的选择.

图 9. 造型饰面预制外墙版吊装情形

3. 实际工程应用案例

3.1 高科技厂房-百日建厂

图 10. 富士康沛鑫半导体厂房工程

图 11. 预制施工吊装时程记录

3.2 高科技洁净室建筑

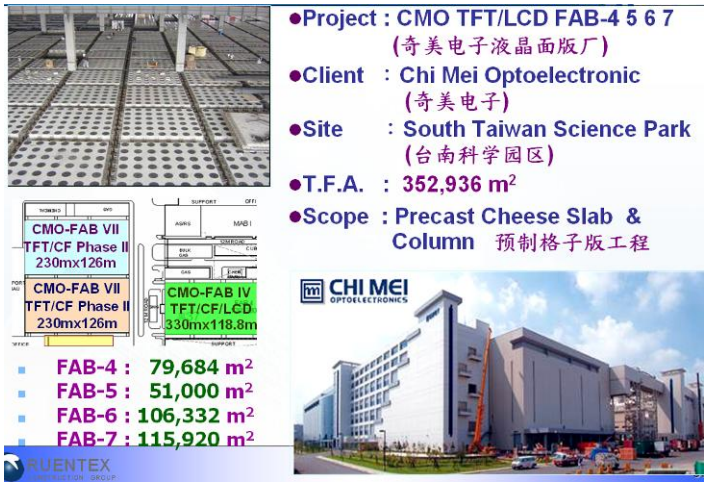

图 12. 奇美电子面板厂预制格子版工程

3.3 公用及商用建筑

图 13. 台北听障奥运体育场采用复合化预制工法

3.4 预制住宅楼

- 楼层数：地下3层，地上38层
- 工法：装配式RC框架+基层隔震
- 建筑面积：65,550 m2
- 混凝土C80；钢筋SD490
- 地上层结构工期：2008.01 - 2008.11

图 14. 蓝海项目大楼

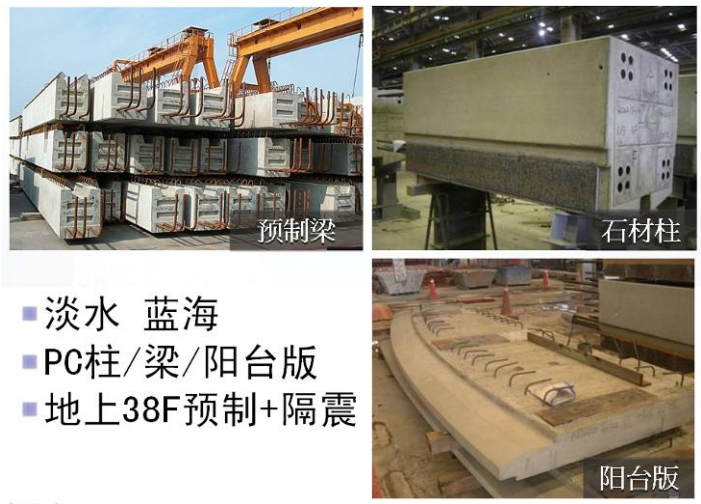

图 15. 蓝海项目预制构件成品

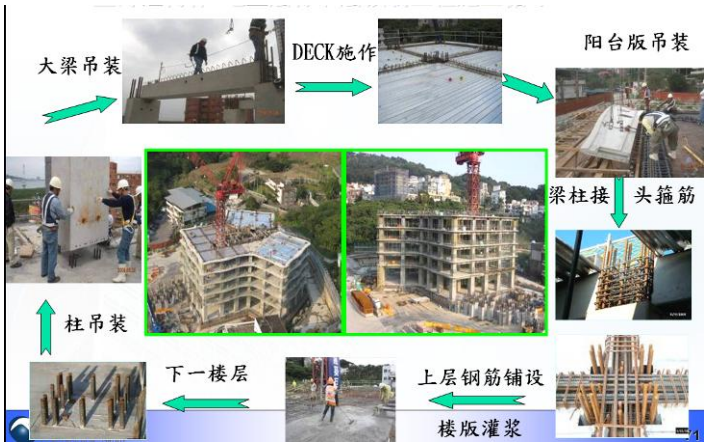

图 16. 地上标准层预制工程施工循环

3.5 预制外墙版应用

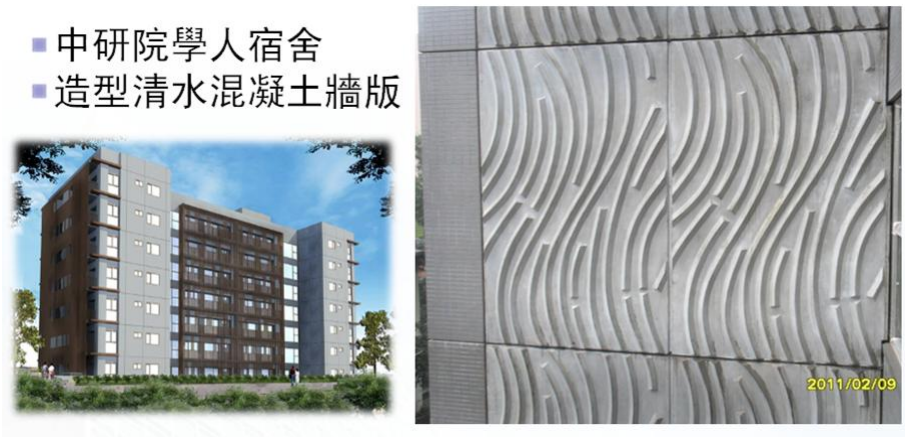

图 17. 外墙采用流水造型

4. 结束语

建筑工艺的开发经常来自客户需求导向，而预制工艺的精进,不只注重系统的探讨,更要重视细节。装配式、产业化、标准化是方法不是目的，我们并不追求预制率，预制工法应朝复合化及自动化发展以满足多样化之市场需求及降低对劳力之依赖，同时经由预制工法的应用来达到合理的施工成本、改善工作环境、维护施工安全、简化工作项目及增加管理效能，力图将营造产业推向另一个新纪元.