

第五届全国高性能混凝土学术交流会论文

高性能混凝土的 研究与应用

主编 冯乃谦 王 元

辽宁大学出版社

第五届全国高性能混凝土学术交流会论文

高性能混凝土的

研究与应用

主 编

冯乃谦

王 元

副主编

陈翠红

丁建彤

编 委

唐 明

李景欢

金恒刚

辽宁大学出版社

©冯乃谦 王元 2004

图书在版编目 (CIP) 数据

高性能混凝土的研究与应用/冯乃谦, 王元主编. —沈阳: 辽宁大学出版社, 2004
ISBN 7-5610-4635-9

I. 高... II. ①冯... ②王... III. 高强混凝土—学术会议—文集—中国
IV. TU528.31-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 019491 号

出 版 者: 辽宁大学出版社出版

(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮编: 110036)

印 刷 者: 辽宁大学印刷厂印刷

发 行 者: 辽宁大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 34.5

字 数: 820 千字

印 数: 1~500

出版时间: 2004 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2004 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 祝恩民 ✓

封面设计: 刘桂湘

版式设计: 贾 莉

责任校对: 黄 佳 李 军

定 价: 80.00 元

联系电话: 024-86864613

邮购热线: 024-86851850

Email: mailer@lnupress.com.cn

<http://www.lnupress.com.cn>

前 言

自 1998 年在济南召开首届全国高性能混凝土学术交流会以来,我国高性能混凝土的研究、生产和应用取得了显著成就。为总结和推广这些成果,中国硅酸盐学会水泥混凝土制品分会高性能混凝土专业委员定于 2004 年在沈阳召开第五届全国高性能混凝土学术研讨会。本次会议共收到论文 80 余篇,涉及内容十分广泛,实用性强。论文作者都是多年从事混凝土研究、生产和应用的科技工作者及工程技术人员,他们为本届会议提供了许多有价值的论文。在此,我们向所有论文作者表示衷心感谢!

混凝土材料应用与发展的过程,也是人类对自然资源的开发、转移、消耗与报废的过程。在此期间伴随着巨大的资源和能源消耗以及环境的污染,直接威胁着人类的生态环境。因此,混凝土材料与技术的发展,首先要考虑到资源的合理开发和利用,以及材料的再生与循环利用,并逐步提高混凝土材料再生和循环利用的比例,使人类社会和生态环境在高度协调中得以发展。《高性能混凝土的研究与应用》主要讨论了高性能混凝土的研究方法、原材料及制备、体积稳定性、耐久性和在工程上的应用,反映了当前我国高性能混凝土研究的最新成果。随着世界高性能混凝土的发展,跨世界基础设施工程之需要,高性能混凝土的发展前景会更加广阔。

由于编著者缺乏经验,加之时间仓促,本论文集存在一些疏漏或不妥之处在所难免,恳请各位专家批评指正。

第五届全国高性能混凝土
学术交流会论文编辑委员会
2004 年 3 月 12 日

目 录

高性能混凝土

混凝土结构物的耐久性	笠井芳夫(3)
面向 21 世纪的混凝土材料和技术	冯乃谦(11)
世纪混凝土	吴绍章 鹿立云 胡玉初(24)
环境条件对新拌和硬化高性能混凝土	
性能的影响	郭向勇 冷发光 方坤河 丁 威 马冬花(31)
矿渣钢渣复合超量替代水泥高性能混凝土性能研究	孙家瑛 黄成华(37)
水下不分散混凝土研究	张德成 吴 波 余存锋(44)
对高性能混凝土的再认识及全计算配合比设计	王栋民 陈建奎(50)
耐盐侵蚀高性能混凝土的研究	刘红飞 胡 恒 张启春(63)
高性能混凝土增韧方法及其评价方法研究进展	王立久 杨 新(70)
复合矿渣掺合料高性能混凝土的研究与应用	朱效荣 王安岭(78)
微矿粉高性能混凝土的性能及其应用	陈 飞(88)
大流动性高强混凝土的初步探讨	王成林 张洪良 张德成 许 炳 高 新(94)
高性能高流动性道面混凝土	谢红宾 孔 枫 董 波 于红梅(99)
高性能混凝土中高流动性实现方式现状及展望	郑芳宇 王立久(102)
论高强高性能混凝土强度波动规律	于大忠 徐 欣 张蕴颖(109)
大掺量“矿渣微粉+粉煤灰”中低强高性能混凝土配制	
技术与性能研究	唐 华 孟伟峰 薛晓芳 范火义 杨正宏 史美伦(114)

砼外加剂

聚羧酸系减水剂与水泥的相容性研究	李崇智 冯乃谦 牛全林(123)
CBM 新型高效减水剂的合成	白 杰 王 玲 田 培 高春勇(134)
新型高效缓凝减水剂的研究	朱效荣(139)
HX-1 液体泵送剂的研制与	
应用	郭佩玲 黄 华 史冬青 沈红峰 石 勇 刘 鑫(148)
AKP 型低坍落度损失脂肪族高效泵送剂的研制	贾洪文(155)
新型高效液体防冻剂的研究与应用	李景欢 陈翠红 王 元 金恒刚(158)
缓凝高效减水剂对碾压混凝土性能影响分析	朱育峨(164)

JY 型外掺剂对混凝土性能的影响	杨彦海	李振国	刘 军	王 晴	李和平(173)
------------------------	-----	-----	-----	-----	----------

矿物质混合材

偏高岭土超细粉混凝土的特性	冯乃谦	牛全林	王湘才	刘国栋(183)
粉煤灰与混凝土相关性能的研究	张洪良	王成林	陈营明	张德成 朱春梅(193)
大掺量活性混合材对混凝土孔隙特征的影响				曹 诚(197)
复合矿粉细度对高性能混凝土工作性的影响			尤志洁	杨 隽(201)
高掺量粉煤灰自流平砂浆性能的研究			陈 辉	唐 明(204)
水泥双灰粉砂浆试验研究				李 赫(210)

研究方法

混凝土抗氯离子渗透性能试验方法的研究	高春勇	姚 燕	王 玲	白 杰(217)
混凝土抗渗性能的注水测试参数指标的分析模型	王 元	陈翠红		孙德权(222)
高性能模网混凝土流变性能的研究	王立久	郑晓冬		任铮钺(232)
负温混凝土结构形成、发展的无损检测研究	杨英姿	巴恒静		邓红卫(237)
基于分形理论的混凝土孔隙特征研究			唐 明	巴恒静(246)
用 FRP 加固钢筋混凝土梁的疲劳性能研究	彭明兰	石志飞		宁海永(255)
混凝土结构模型研究综述	王立久	王文亮		曹明莉(261)
论混凝土工程的试验优化设计			唐 明	赵 伟(272)
基于 BP 网络的混凝土耐久性研究			程云虹	刘 斌(279)
矿渣水泥 28d 推测强度的试验研究				陈彦文(284)
纤维高性能混凝土高温残余断裂参数研究	赵莉弘	朋改非	祁国梁	刘叶锋(288)
致密配合比设计实现混凝土高性能化	刘 军	王玲玲	王 元	(295)
利用本地资源对 C60、C70、C80 高强泵送混凝土配制 技术的研究	周春雨	孙咏梅	葛兆明	(302)

体积稳定性

复合超细粉煤灰高性能道路混凝土体积稳定性的

试验研究	高英力	周士琼	尹 健(309)
混凝土高性能减缩剂对混凝土裂缝控制的研究	金恒刚	陈翠红	王 元 李景欢(316)
混凝土的裂缝	吕丽华	柳俊哲	左红军(322)
现浇混凝土楼板非结构裂缝原因的分析与防治	郭同斌	张继慧	仇旭明(325)

耐久性

国内外火灾后结构可靠性评价方法的现状及趋势	王 元	刘 斌(335)
-----------------------------	-----	----------

钢渣微粉对混凝土强度和耐久性的影响研究	孙家瑛(340)
辽宁省混凝土基础设施耐久性的现状分析	王元 陈翠红 李景欢 陈光(346)
混凝土的冻融破坏研究现状	王立久 王丹江(350)
高性能混凝土的抗盐冻性研究	陈翠红 王元 李景欢(357)
关于混凝土冻害问题的探讨	余小燕 梁长江 贾治龙 张玲玲(362)
引气型减水剂和掺合料对道路混凝土抗盐冻性能的 影响研究	刘铁军 李家和 张志春(369)
混凝土的硫酸盐腐蚀及冻融破坏	滕春生 项玉璞(375)
东北制药厂废水对混凝土的腐蚀与防护	王元 陈翠红 金恒刚 陈光(380)
钠盐防冻组分对碱骨料反应的影响	柳俊哲 吕丽华 冯奇 左红军(384)
硫酸盐对硅酸盐水泥的化学腐蚀作用及其防治	贾洪文(389)
引气混凝土质量与混凝土的耐久性	于晓明 项玉璞(393)

工程应用

耐腐蚀外加剂在南京赛虹桥交通枢纽工程中 的应用	吴绍章 鹿立云 胡玉初 朱丹(403)
高性能混凝土在冻结法混凝土井筒施工中的 应用	王玲 陈文豹 田培 高春勇 白杰(408)
某钢厂大型钢筋混凝土屋面掉落事故分析	郝挺宇 惠云玲(414)
巴东长江大桥主塔承台大体积混凝土配合比试验研究	周明凯 田建平 唐建华(419)
东营黄河公路大桥耐久性设计与施工	张树河 杨秀生 王子沛(425)
自密实高强混凝土在泰达国际会展中心工程中的研究与应用	高育海 于新文(434)
CFRP加固混凝土梁式结构技术及其设计方法	王荣国 戴成琴 刘文博 赵景海(443)
巴东长江大桥主梁 C60 泵送混凝土的试验研究与 应用	王程良 唐建华 李裕双 周明凯(448)
C30 自流平免振商品砼的配合比研究及其在钻孔 桩中的应用	郭佩玲 史冬青 黄华 金永升 季春伟 黄跃虹(454)
两江水电站大坝面板混凝土抗冻耐久性 分析	杜颖 王德库 韩会生 叶远胜 李燕(460)
结构轻骨料混凝土在昆明地区的工程应用及社会 经济效益	李昕成 丁建彤 钟阳 方泰生 甘永辉 郭玉顺 李雪(466)
B5 型高效减水剂在大庆凤阳路跨线桥板梁工程中的应用	高军 范永久(472)
不掺膨胀剂的 95m 超长大体积基础底板的一次整体浇筑	李章建 吕剑锋 熊军(475)
预应力混凝土箱梁弹性模量控制浅析	吴会平 卫彩霞 奚亮(481)
白色路面断板裂缝及黑色路面裂纹处理的新方法	刘世俊 王少波 刘福琦(484)

其 他

环境问题与混凝土技术	冯乃谦	马 骁(491)
混凝土强度按正态分布计有关问题的认识和处理方法	戴镇潮	(506)
重庆地区混凝土碱集料反应调查研究	杨德斌	李 丹(514)
浅述分形在混凝土中的应用	王立久	王兆忠(521)
可循环混凝土集料的特征性能及特征参数	唐 明	张大利(526)
深圳市预拌混凝土行业技术经济浅析	孟伟峰 唐 华 薛晓芳	范火义(532)
清洁生产与高性能混凝土	杨 合	王 晴(536)
有关用于混凝土的不同矿物外加剂的综合评价	李亚铃	(540)

高性能混凝土

混凝土结构物的耐久性

日本大学名誉教授 笠井芳夫

1 配合比、原材料引起的劣化及其对策

1.1 由于用水量过多而产生的收缩裂缝及其对策

混凝土单位用水量过多会带来以下弊端：

(1) 浇注过程中混凝土易离析、产生表面浮浆等，水平钢筋的下端产生间隙，而上端的混凝土沿筋的长度方向容易发生裂缝。

(2) 伴随水分的蒸发，由于水泥浆体中粒子间的毛细管张力的作用而产生收缩。

对策

(1) 调整所用骨科的粒型、级配，以使用水量减少。

(2) 采用 AE 剂、减水剂和流化剂等来减少用水量。

(3) 使用低热水泥、混合材水泥等能使单位用水量降低的水泥品种。

(4) 对于由于混凝土的下沉，钢筋上面的混凝土而沿钢筋走向产生的裂缝，采用及时二次补填的方法（二次浇注）。

1.2 高强混凝土的裂纹及其对策

低水灰比的高强度混凝土，一般来说收缩大易于发生裂纹。

对策

(1) 采用 AE 减水剂等以减少用水量，在同一水灰比情况下，制备低水泥用量的混凝土。

(2) 浇注之后的及时防干燥措施（避免暴露于日光直射、风吹等）。

(3) 为防止冷节点，制定恰当的混凝土浇注方案。

1.3 由水化热产生的裂缝及其对策

(1) 大体积混凝土（厚度 80cm 以上，温度 25℃ 以上）由于水化热发生体积膨胀，当混凝土内部与表面温差大的时候，会发生表层裂缝。

(2) 较高温度的混凝土浇注后，如果由于水化热在 1~2 日内温度还要上升，之后 1 周左右温度下了的话，会发生由表层至内部的裂缝。

(3) 对于大断面的混凝土，由于内部混凝土冷却时收缩，会在其内部发生裂缝的情况。

对策

(1) 使用低热水泥（低热硅酸盐水泥、低热混合水泥）。

(2) 采用高效减水剂降低单方水泥用量。

(3) 大坝等场合，用低热混合材水泥，单位水泥用量尽可能地少（近年用 RCC—碾压

混凝土), 而且内部设置冷水管, 以通过流动冷水的方法来冷却。

(4) 防止混凝土内外部产生大的温差。

(5) 寒冷时用保温垫子覆盖保温; 其他时段用薄膜覆盖, 不要使混凝土受到风吹; 降低混凝土表面与内部的温差。

1.4 含有盐化物原材料引起的盐害及其对策

含有盐化物材料引起的盐害(例如: 海砂、海卵石、海水、近海岸区域的井水、添加剂、防冻剂等带入的盐化物)。

由盐化物引起的钢筋腐蚀

(1) 盐化物虽是中性, 但保护钢筋的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 覆膜会被盐化物中的 Cl^- 破坏, 钢筋由此开始被腐蚀。

$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 覆膜被破坏后, 导致钢筋腐蚀的 $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ 过程就开始了。

(2) 处于潮湿状态的混凝土, Cl^- 越多, 钢筋保护层越薄, 湿度越高的情况下, 腐蚀越快。

对策

(1) 取自海边的骨料要洗净, 要进行规范除盐。

(2) 盐化物的总含量最好控制在 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以下。(最大不得超过 $0.6\text{kg}/\text{m}^3$)。

(3) 采用减水剂和引气剂(AE), 制备低水灰经混凝土并在施工中保证其成为密实的结构(防止外界盐化物的渗入)。

(4) 混凝土中添加防锈剂亚硝酸钙、亚硝酸锂, 等等。

(5) 在混凝土表面涂以水密性、气密性涂层。

1.5 由碱骨料反应引起的裂缝及其对策

1.5.1 关于碱骨料反应

作为引起碱骨料反应的要因一的碱主要是 K、Na。尽管 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 也显碱性, 但是 K、Na 即使在低的含量也能表现出强碱性。

裂缝发生的机理

(1) 碱与安山岩、燧石、蛋白石等反应, 生成吸水性凝胶。

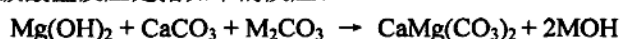
(2) 少量凝胶生成的情况下, 混凝土不发生裂缝。

(3) 吸水性凝胶物质粘性大, 一旦生成量超过某一值, 就会导致发生裂缝。

(4) 碱量较高的情况下, 生成的凝胶粘度小, 能通过毛细孔扩散开, 因而膨胀压力小, 不发生裂缝, 但混凝土强度显著降低。

(5) 在活性骨料与非活性骨料混合使用的时候, 在非活性骨料达到某一百分比时, 膨胀量可以达到最大。这称之为“最不利组合”现象。

(6) 碱碳酸盐反应是指如下的反应。



这里, M 是指 K, Na 或 Li。

1.5.2 碱骨料反应引起的危害

(1) 抗压强度降低。当膨胀受到钢筋的约束, 较大裂缝不能发生的场合, 有抗压强度增大的情况(例: 产生了如同施加预应力一样的效果。)

(2) 在活性骨料表面生成胶状物质, 即使是混凝土不发生裂缝, 强度也降低。

(3) 从裂缝里黄土色的污浊物排出来。

(4) 在结构物的底部，排出雨水的部位等等，这些湿润的地方更易发生裂缝。

(5) 也有由于太阳光照射，温度上升而使碱骨料反应加剧的报道。

(6) 碱骨料反应与盐害共存时，危害加重。

(7) 有当构件断面大时，由于钢筋受到局部膨胀力的作用，而发生断裂的例子。此外，水分由裂缝渗入，钢筋混凝土构件中的钢筋被腐蚀，受膨胀压的作用，钢筋端部箍筋附近，或是螺旋箍筋发生断裂的情况会发生。

对策

(1) 不使用活性骨料

(2) 无法避免使用活性骨料的情况下，要选用低碱硅酸盐水泥，高炉矿渣水泥 B 种，粉煤灰水泥 B 种等（理由：低碱水泥对活性骨料的反应活性有抑制作用；高炉矿渣对水泥中的碱有稀释作用，且能将碱金属固定住）。

(3) 使用碱骨料反应抑制剂（锂化合物 LiCo_3 ；磷酸盐 $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ 等等）。

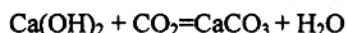
(4) 对发生裂缝的部位，沿裂缝切成“V”形口，注入环氧树脂后，再将裂缝全面涂刷覆盖，防止雨水的渗入和裂缝的发展。

2 由环境引起的劣化及其对策

2.1 中性化（碳酸化）的危害及其对策

2.1.1 中性化的机理

混凝土中含有多量的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，呈碱性，受空气中的 CO_2 作用，而发生中性化。



影响中性的因素

(1) 在混凝土接缝处、裂缝处局部中性化快。

(2) 掺混合材水泥中性化快（高炉矿渣与水泥中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应；粉煤灰以 SiO_2 为主要成份，同水泥中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应，降低了碱性）。

(3) W / C 大的混凝土中性化快（原因：水泥浆中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浓度低，空隙率高）。

(4) 处于潮湿状态的混凝土中性化慢（原因： CO_2 向内部扩散慢； $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 能够从内部得到补充）。

(5) 处于水中、土中的混凝土，如果环境介质不含有多量的有害酸性物质，不易发生中性化（有害酸性物质）。

(6) 室内较室外中性化快（原因：室内由于人居住等原因， CO_2 浓度较高）。

(7) 一般情况下，外墙各方位的中性化程度有差异，北面小，东面、西面大（原因：北面墙面常处于潮湿的状态）。

(8) 近年来出现了排水管的腐蚀情况（原因：排水管中的有机物多了，酸性菌更易繁殖了）。

(9) 含盐化物的混凝土一旦发生中性化，混凝土受到的损害更大。

对策

(1) 要使施工成为混凝土结构物具有高密实度，降低 CO_2 的扩散速度

（例：采用低 W / C，施工时避免发生离析、接缝等）。

(2) 对混凝土进行面层装修施工(例:气密性涂层,贴面砖,抹表面砂浆;但水泥砂浆涂料无效果)。

(3) 酸性温泉的场合,不要使用混凝土。强酸性土壤的场合,结构物与土接触部分要用耐酸性树脂包覆,或进行表面耐酸涂层处理。

(4) 对于排水管,要作耐酸衬里。

中性化与钢筋腐蚀的对策

混凝土内部 pH 值在 12—13.5 的程度,当 pH 值降到 10 以下时,钢筋有被腐蚀的危险。

铁的各氧化物体积不同。依氧化物的种类不同,可以变成原体积的 2~6 倍的程度。如知道了铁氧化的组成,对推定腐蚀过程很有帮助。

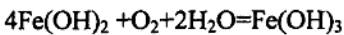
钢筋腐蚀机理

钢筋(Fe)同空气中 O_2 和 H_2O 反应,发生锈蚀,生成铁的氧化物。

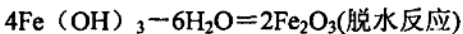
在常温下,铁与 O_2 和液体水共存下,生成红铁锈(铁的氧化物)。



$Fe(OH)_2$: 氢氧化亚铁,白色,微溶于水。



$Fe(OH)_3$: 氢氧化铁、红褐色,不溶于水



Fe_2O_3 : 三氧化二铁,红铁锈)

此外,铁还可与多种氧化物反应面生成氧化铁。

2.2 环境引气的盐害及其对策

(1) 海盐粒子的扩散(离海岸越近,海盐粒子浸入越多)。

(2) 深入海中的柱子等结构物,(由于毛细作用,海水被吸上来,盐化物被浓缩部分产生的腐蚀严重)。

(3) 完全浸入海中的结构物,深程度浸入的部分反而腐蚀慢。(原因:混凝土的碱性高, O_2 比空气中少)。

(4) 寒冷地区的道路上撒除冰盐带来的腐蚀(例: $CaCl_2$, $NaCl$ 使冰点下降,但对桥梁有钢铁的部位腐蚀大)。

(5) 混凝土断面上盐化物的状况(例:混凝土表面由于受到雨水冲洗作用,盐化物浓度低,距表面 30mm 的部位反而盐化物浓度高)。

对策

(1) 在近海岸区域,不使用露面混凝土;用砂浆面砖等进行表面装修。

(2) 海水能浸及的部位,混凝土保护层要在 100mm 以上,钢筋混凝土用环氧树脂涂刷。此外,也有电化学阴极保护方法。

(3) 电化学防腐原理

铁(Fe)与空气中水分接触时, Fe_2^+ 和 e 生成,如图中所示, $Fe(OH)_3$ (红铁锈)生成。为了停止这一过程,施加外部电流,可抑制这一过程。防腐蚀电流施加方式,如图所示的电流阳极方式:有以 Zn 系、 Al 系等为阳极的方式,或外部电源的方式。

(4) 在寒冷地区、除冰盐尽可能少用,可采用防滑链。

2.3 混凝土冻害及其对策

冻害的分类：初期冻害（浇注后3日之内的冻害）与长龄期硬化混凝土的冻害。

初期冻害的机理：浇注后强度还比较低的情况下混凝土受到冻害作用，水泥浆体中的水分的膨胀9%，冻结终了，结构组织变得脆弱，强度显著降低。

硬化混凝土的冻害及其机理

(1) 由水的冻结产生的体积膨胀可以认为与未硬化混凝土的状况相同，但是硬化浆体对膨胀有约束作用。

(2) 冻害的影响由于冻结温度与冻结融解的交互作用而不同（理由：尽管随温度下降，冰的体积缩小，但温度下降使更小孔隙中的水因结冰而膨胀，总的来看是产生膨胀。）

容易遭受冻害的部位

- (1) 建筑物，女儿墙上面，凸出部分的上面。
- (2) 寒冷地区的混凝土路面，屋顶上混凝土板，冷冻室的地面。
- (3) 结构物南面与北面比较，前者受的冻害大（理由：南面一年间受的冻融次数多）。
- (4) 湿润状态的混凝土比干燥状态的更易受冻害。

初期冻害的对策

- (1) 采用引气混凝土，含气量5%。
- (2) 保温养生，初始抗冻强度达到 5N/mm^2 ；要防止冻结。
- (3) 保温垫子覆盖。
- (4) 使用早强型水泥（喷射水泥、铝酸盐水泥等）或使用早强剂。
- (5) 在必要的情况下，一定要使用抗冻剂。
- (6) 采用低 W/C ，单方用水量尽可能少的混凝土来施工。

硬化混凝土的冻害及其对策

- (1) 用引气混凝土，含气量在4%的程度。
- (2) 气泡间隔系数200~250mm以上。
- (3) 采用低 W/C 、单方用水量尽可能少的混凝土来施工。
- (4) 尽可能不要做成易受冻害的结构型式。

2.4 不均匀沉降引起的裂缝及其对策

不均匀沉降是指由于地基软，结构物不以整体下沉，而是部分下沉的现象。

- (1) 由于不均匀沉降，倾斜方向发生裂缝。
- (2) 由于基础下沉，导致桩桩下端受到拉力，导致桩端头受拉而破坏的情况也有。

对策

- (1) 选地质状况良好的地点。
- (2) 将地下结构物作为整体刚性结构，以便荷载分散地传到地基。
- (3) 混凝土桩基要正规施工。
- (4) 对有地下室的建筑物，有必要特别加以注意。
- (5) 尽可能设计地下室减少软弱地基层的原度。
- (6) 地基改良（例：化学注浆法、纸板排水法、砂桩法）

2.5 由于过荷载引起的裂缝及其对策

高速公路上钢筋混凝土桥，由于大型车辆的通行桥面发生裂缝的情况为多。

对策

(1) 在设计时就考虑到将来的交通量（车辆的最大载重量，交通频度），保证足够的安全系数的基础上，进行设计。

(2) 如有超过当初设计标准的重型车辆通过较多的情况，应加以限制。

(3) 用声波探测法或其他方法即早发现结构物的损伤，并制定对策。

2.6 交变荷载作用引起的裂缝及其对策

交变荷载强度超过混凝土强度的 60% 时，就可导致混凝土的破坏。

(1) 在交变荷载作用下的道路桥，铁路桥等发生疲劳裂缝。

对策

(1) 避免超过疲劳强度的荷载作用。

(2) 当由疲劳引发裂缝时，尽快早钢筋等加固。

(3) 在设计时将将来交通量，或使用状态估好测算。

3 施工引起的裂缝及其对策

3.1 由养护不足引起的裂缝及其对策

(1) 浇注的楼板等早期受到干燥时，就会发生裂缝。

(2) 提前脱模的混凝土可能发生裂纹；早期受到月光直射，风吹的混凝土发生裂缝。

(3) 过早的拆掉梁、楼板的支撑柱，由于自重作用梁板变形，严重时发生裂缝。

(4) 竣工之后立即使用空调；电子板片制造厂的地板裂缝和变形严重。

(5) 楼板，梁于早龄期加以荷重，发生损害（挠曲、裂缝）。

对策

(1) 壁、梁柱等的侧面模板至少要保持 4~5 天后才能拆模。

(2) 浇注后的混凝土楼板上用塑料薄膜覆盖。

3.2 养生不足导致强度与耐久性低及其对策

(1) 过早脱模干燥影响了正常水泥。

(2) 养生温度低，初期受到冻害。

对策

(1) 防止早令期混凝土受到干燥。

(2) 寒冷时期，要充分进行温度管理，防止冻害。

3.3 保护层不足导致裂缝及其对策

(1) 由于施工图不齐全（配筋不规则，模板支护不良）等原因，不能充分保证保护层厚度（由于沿箍筋、带筋保护层不足，出现一直到达钢筋的裂缝）。

(2) 楼板下面等处常有保护层厚度严重不足的情况，这些地方由于钢筋锈蚀，不断有

混凝土剥落。

(3) 模板内用于支撑钢筋的金属件，根部没有保护层会被锈蚀。

对策

(1) 要规范地进行设计，避免保护层不够的情况。

(2) 钢筋的绑扎、模板支护的工序要严谨，不能简单化。

(3) 在浇筑混凝土楼板时，要慎重，不能将绑扎的配筋踩乱；安装穿过混凝土的电气配管时，不要影响到底面钢筋的保护层。

(4) 为保证保护层厚度，用于支撑底层钢筋的金属件要用可靠的方法进行防腐处理，或是采用不锈钢件。

3.4 先后浇注的混凝土接缝不良导致的冷接缝及其对策

模板内浇注至某一高度的混凝土变硬后，于后面浇筑的混凝土不能粘接为一整体，称为冷接缝。

(1) 先后浇注的混凝土重合部分，由于受到间隔时间、施工温度、混凝土配合比等因素的影响，多有新、旧混凝土未能粘结在一起的情况。

(2) 一般情况下，冷接缝下面的部分， W/B 较大，透气性大，中性化快。在 W/B 大时、单位用水量多时，变得显著。

对策

(1) 制定确切的施工计划，掌握好先后两层混凝土浇筑的时间间隔。

(2) 如果在第一层浇注后，隔了较长时间才浇注第二层，就要在浇筑第二层之前先浇注一层砂浆，并捣固密实，以保护层间结合得牢固。

3.5 不适当的振捣作业引起的不良情况及其对策

(1) 过分的振捣和用棒捣固可使混凝土离析，产生浮浆，进而表面裂缝发生。

(2) 楼板、梁的上层水平筋周围的混凝土下沉，钢筋下部产生间隙，钢筋上面沿钢筋长度方向出现裂缝。

(3) 振捣不足的情况下，会产生蜂窝麻面和孔洞。

对策

(1) 制定正确的施工计划，掌握好先后两次浇注的时间间隔。

(2) 壁、柱的第一层混凝土浇注后，如和第二层浇注间隔了较长时间，就要在浇注第二层之前先浇一层砂浆，并捣固密实，保证层间的完全结合。

3.6 模板变形、漏水产生的不良情况及其对策

受混凝土侧压的作用，柱、壁的模板变形，发生漏水现象，适硬化后的混凝土出现表面弯曲变形等，漏水部分由于水泥浆不足，出现蜂窝麻面、空洞等缺陷。

对策

(1) 混凝土配比、断面尺寸

(2) 混凝土浇注中一旦发现模板变形、漏水情况，尽快停止浇注；做防止变形、漏水的养生处理。