

**KEROSAKAN DAN KEMEROSOTAN STRUKTUR KONKRIT DI
MALAYSIA**

MOHD ZAKI BIN MOKHTAR

**Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi
sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Kejuruteraan (Awam-Struktur)**

**Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia**

JULAI, 2006

Kepada Allah S.W.T, Pencipta Sekalian Alam

ABSTRAK

Konkrit merupakan di antara bahan bina yang sering digunakan di dalam projek kejuruteraan awam di Malaysia. Di antara alasan penggunaanya adalah faktor ekonomi dan keperluan pembaik pulihan yang rendah sepanjang tempoh kebolehdienstannya. Walau bagaimanapun, konkrit mengalami beberapa kerosakan dan kemerosotan sepanjang hayatnya kerana kekurangan pengetahuan pada sifat dan kelakuannya. Projek ini dikendalikan bagi mengkaji jenis kerosakan struktur konkrit khusus di Malaysia. Data-data utama diperolehi daripada Jabatan Kerja Raya Malaysia dan sebahagiannya dari Pusat Penyelidikan IKRAM, Pihak Berkuasa Tempatan dan selebihnya diperolehi daripada beberapa agensi lain. Daripada kajian ini, punca utama kepada kerosakan konkrit adalah masalah bahan yang telah merekodkan bilangan kes kerosakan tertinggi (39%) dan diikuti oleh masalah geoteknik (19%), kesilapan semasa pembinaan (17%), masalah yang tidak dapat diramalkan (13%) dan kesilapan reka bentuk (12%). Manakala faktor utama kemerosotan konkrit pula adalah pengkarbonatan (85%), serangan ion klorida (9%), serangan sulfat (3%) dan serangan alkali (3%).

ABSTRACT

Concrete is foremost among the construction material used in civil engineering practice in Malaysia. The reasons of its applicable usage are the economic and the minimal maintenance requirement during service. However concrete has been facing several damage and deterioration during its life time due to lack of knowledge in concrete behaviour. This project was conducted to study the types of concrete structure problems specifically in Malaysia. The main data was gathered from Public Work Department of Malaysia and some other data were from IKRAM Research Center, Local Authority, and some other more were through other agencies. From this survey, the major cause of the concrete damage was deterioration of concrete (39%) which contributed the highest numbers of defective concrete case, followed by geotechnical error (19%), construction error (17%), unpredictable factors (13%) and design deficiency (12%) respectively. The major factor for concrete deterioration is carbonation (85%), chloride attack (9%), sulphate attack (3%) and alkali attack (3%) respectively.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGIKTIRAFAN PENYELIA	i
	TAJUK	ii
	PENGIKTIRAFAN PELAJAR	iii
	DEDIKASI	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI GAMBAR	xii
1	PENDAHULUAN	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Kenyataan Masalah	3
	1.3 Matlamat dan Objektif Kajian	3
	1.4 Skop Penyelidikan	4
	1.5 Kepentingan Kajian	4
2	KAJIAN LITERATUR	
	2.1 Pengenalan	5
	2.2 Konkrit	6
	2.2.1 Konkrit In-Situ	7
	2.2.2 Konkrit Pra-Tuang	7
	2.3 Keretakan pada Konkrit	7
	2.4 Faktor Kemerostan Struktur	9
	2.4.1 Kesilapan Reka Bentuk	10
	2.4.2 Kesilapan Semasa Pembinaan	13
	2.4.3 Masalah Mutu Bahan Bina	16
	2.4.4 Masalah Geoteknik	17
	2.4.5 Masalah yang Tidak Dapat Diramalkan	19

	2.4.5.1	Kesan Letupan	20
	2.4.5.2	Kesan Kemalangan (Perlanggaran)	21
	2.4.5.3	Kesan Gempa Bumi	23
	2.4.5.4	Kesan Kebakaran	24
2.5		Faktor Kerosotan Konkrit	25
	2.5.1	Tindakan Kimia	26
	2.5.1.1	Serangan Sulfat	26
	2.5.1.2	Serangan Asid	29
	2.5.1.3	Serangan Alkali	30
	2.5.1.4	Pengaratan Tetulang Keluli	32
	2.5.2	Tindakan Fizikal	35
	2.5.3	Tindakan Biologi	37
3		METODOLOGI	
	3.1	Mengenal Pasti Masalah	39
	3.2	Pengumpulan Data	39
	3.3	Penganalisan Data	40
	3.4	Penyediaan Laporan	40
	3.5	Kesimpulan dan Cadangan	41
4		ANALISIS DAN KEPUTUSAN	
	4.1	Pengenalan	42
	4.2	Analisa faktor-faktor kerosakan struktur konkrit di Malaysia	43
	4.3	Analisa faktor-faktor kerosotan konkrit di Malaysia	50
5		PERBINCANGAN KEPUTUSAN	
	5.1	Pengenalan	53
	5.2	Faktor Kerosakan Struktur Konkrit	53
	5.2.1	Kesilapan Reka Bentuk	54
	5.2.2	Masalah Bahan Bina	58
	5.2.3	Masalah Geoteknik	59
	5.2.4	Kesilapan Semasa Pembinaan	63
	5.2.5	Masalah yang Tidak Dapat Diramalkan	68
	5.3	Faktor Kerosotan Konkrit	70
	5.3.1	Serangan Sulfat	71
	5.3.2	Serangan Alkali	72
	5.3.3	Pengaratan Tetulang Keluli	73
	5.3.3.1	Pengaratan Tetulang Disebabkan Serangan Ion Klorida	74
	5.3.3.2	Pengaratan Tetulang Disebabkan Proses Pengkarbonatan	75
	5.4	Langkah-langkah Pencegahan	80

6 KESIMPULAN DAN CADANGAN

6.1	Rumusan Kajian	85
6.2	Kesimpulan	86
6.3	Cadangan Bagi Kajian Selanjutnya	86

RUJUKAN

88

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	PERKARA	MUKA SURAT
2.1	Penerangan bagi jenis keretakan pada rajah 2.1	8
2.2	Had kandungan klorida di dalam jenis konkrit	35
4.1	Bilangan kes kerosakan struktur mengikut tahun pembinaan	44
4.2	Bilangan kes kerosakan struktur mengikut negeri	46
4.3	Peratusan masalah kerosakan struktur di Malaysia	49
4.4	Bilangan kes terhadap jenis serangan mengikut tahun pembinaan	51
4.5	Peratusan punca kemerosotan konkrit di Malaysia	52
5.1	Ketebalan penutup konkrit berdasarkan dedahan persekitaran berdasarkan BS 8110: Part 1: 1997	81

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	PERKARA	MUKA SURAT
2.1	Lakaran jenis keretakan yang boleh berlaku pada struktur konkrit	8
2.2	Rajah menggambarkan mekanisma keretakan akibat pembebanan	11
2.3	Menunjukkan sebahagian daripada pelan bangunan	15
2.4	Kesan daripada haba ke atas kekuatan dan modulus konkrit	25
2.5	Mekanisma kerosakan yang disebabkan oleh serangan sulfat	27
2.6	Rajah mekanisma tindak balas alkali-silika	30
3.1	Carta alir perancangan perjalanan Projek Sarjana	41
4.1	Bilangan kes kerosakan struktur mengikut tahun pembinaan	44
4.2	Bilangan kes kerosakan struktur mengikut negeri	48
4.3	Peratusan masalah kerosakan struktur di Malaysia	49
4.4	Bilangan kes terhadap jenis serangan mengikut tahun pembinaan	51
4.5	Peratusan punca kemerosotan konkrit di Malaysia	52
5.1	Bilangan kes kerosakan akibat daripada kebakaran dan gempa bumi mengikut tahun dilaporkan	68
5.2	Bilangan kes pengaratatan tetulang disebabkan proses pengkarbonatan mengikut tahun pembinaan.	75

SENARAI GAMBAR

NO. GAMBAR	PERKARA	MUKA SURAT
2.1	Menunjukkan tiang yang gagal	13
2.2	Menunjukkan tiang yang disokong oleh kayu dan bata	15
2.3	Runtuhan berturut-turut yang berlaku akibat daripada kesan letupan	21
2.4	Rajah menunjukkan runtuhan bangunan disebabkan oleh kesan perlanggaran	22
2.5	Serangan sulfat pada tembok penahan	28
2.6	Serangan sulfat pada tiang struktur marin	28
2.7	Pembentukan keretakan peta pada permukaan konkrit hasil daripada tindak balas alkali-silika.	31
2.8	Pengaratan tetulang keluli pada konkrit	33
2.9	Serangan biologi (alga) pada konkrit	38
5.1	Keretakan dikesan pada sambungan tiang dan rasuk	56
5.2	Keretakan dikesan pada <i>korbel</i> di tingkat tiga	56
5.3	Keretakan lepaan di lokasi sambungan di antara tiang dan dinding bata	57
5.4	Keretakan rasuk yang bersambung dengan <i>korbel</i>	57
5.5	Keretakan dikesan pada rasuk dan papak koridor	60
5.6	Keretakan pada 2 tiang utama blok pentadbiran	60
5.7	Keretakan pada tiang 1A	61
5.8	Keretakan pada tiang 1B	61
5.9	Keretakan dinding bangunan blok pentadbiran	62
5.10	Keretakan pada rasuk bumbung blok kantin	62
5.11	Regangan di antara struktur bangunan utama Blok B	66

	dengan struktur tangga	
5.12	Keretakan pada dinding koridor tingkat 2, Blok B	66
5.13	<i>Honeycombed</i> pada rasuk konkrit 1	67
5.14	<i>Honeycombed</i> pada rasuk konkrit 2	67
5.16	Kerosakan pada struktur jembatan konkrit akibat daripada tindak balas alkali-silika	73
5.17	Pengaratan tetulang keluli disebabkan oleh serangan ion klorida	74
5.18	Rajah menunjukkan pengaratan tetulang besi yang ketara di permukaan bawah papak tingkat satu bilik air.	77
5.19	Rajah menunjukkan keretakan dan pengupasan konkrit yang ketara dipermukaan bawah tingkat satu	77
5.20	Rajah menunjukkan lepaan dinding di bahagian luar bilik air didapati mengalami keretakan terutama di bahagian tiang	78
5.21	Rajah menunjukkan tiang konkrit di tingkat bawah bilik air mengalami keretakan	78
5.22	Rajah menunjukkan pengaratan besi tetulang di permukaan bawah rasuk tingkat satu	79
5.23	Gambar menunjukkan kedudukan koridor di belakang bilik air yang terletak di bahagian hujung bangunan mengalami kerosakan konkrit.	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Industri pembinaan dan infrastruktur di Malaysia telah berkembang pesat dari tahun ke tahun di dalam menuju ke arah wawasan negara. Pelbagai jenis pembinaan telah dijalankan dengan berbagai jenis dan rupa di setiap pelosok negara. Bagi sesuatu projek struktur yang telah direka bentuk dan dibina hendaklah berada dalam keadaan yang baik dan selamat dan dapat berfungsi untuk suatu jangka masa kebolehhidmatannya.

Namun bergitu, terdapat beberapa masalah yang timbul pada sesuatu struktur ketika dalam proses pembinaan mahupun pada struktur yang telah siap dibina. Di antara masalah tersebut adalah kegagalan struktur di dalam mencapai fungsinya dan masalah kemerosotan kekuatan bahan. Masalah ini boleh dilihat berlaku pada pelbagai jenis struktur bukan sahaja di Malaysia malahan di seluruh dunia.

Kegagalan boleh berlaku pada pelbagai jenis struktur samada bangunan pencakar langit, jambatan rumah kediaman atau empangan. Kebanyakan daripada runtuh struktur berlaku semasa proses pembinaan dijalankan yang berkemungkinan berpunca daripada bahan-bahan binaan yang kurang berkualiti atau pekerja-pekerja yang kurang terlatih. Tempoh kritikal bagi sesebuah struktur adalah semasa tempoh pembinaan sedang dijalankan. Boleh dikatakan bahawa sempadan bagi kestabilan dan ketakstabilan struktur semasa proses pembinaan boleh berlaku disebabkan hanya satu perkara kecil sahaja. Jadi perhatian yang lebih harus diberikan semasa kerja pembinaan sedang dijalankan.

Walau bagaimanapun, tidak kurang juga bangunan yang mengalami runtuh semasa tempoh perkhidmatannya kerana beberapa faktor seperti kesilapan semasa rekabentuk, lebihan beban dan sebagainya. Di antara contoh bangunan yang mengalami kegagalan semasa hayatnya ialah seperti bangunan Hotel New World di Singapura dan juga Highland Towers di Malaysia.

Sejak dulu lagi kod-kod peraturan telah ditulis oleh Hammurabi (Raja Babylon) bagi mengenakan hukum ke atas orang yang terlibat dalam pembinaan struktur yang mengalami kegagalan. Prinsip-prinsip beliau yang terkenal adalah '*Make a mistake, Pay for it*' dan '*Do a wrong thing, Suffer for it*'. Kod-kod tersebut telah diguna pakai semula dan diterbitkan dalam bentuk buku sebagai panduan dan peraturan pada masa kini. Dari contoh ini kita dapat melihat bahawa kesedaran tentang runtuh bangunan telah lama wujud dan sejak itu peraturan mula dicipta.

Jika dilihat, kes yang dilaporkan meningkat dari tahun ke tahun. Dan yang menjadi persoalannya mengapa bilangan ini terus meningkat. Bangunan-bangunan yang telah dibina berkurun lamanya seperti Taj Mahal di India dan piramid di Mesir, ia masih lagi mampu berdiri teguh walaupun jika dibandingkan dengan bilangan kepakaran yang dimiliki oleh kita sekarang adalah jauh melebihi bilangan kepakaran yang dimiliki oleh mereka. Oleh yang demikian, perkara ini didapati

menarik untuk diuraikan dengan harapan agar masalah yang berlaku dapat diselesaikan.

1.2 Kenyataan Masalah.

Kes-kes kerosakan struktur banyak dilaporkan dari masa ke semasa. Kadang-kala, masalah ini terus berulang walaupun kerja pembaikpulihan telah dilakukan. Masalah yang dikaji oleh penulis adalah masalah kerosakan dan kemerosotan struktur konkrit yang masih banyak berlaku sehingga ke hari ini. Masalah ini bukan sahaja memberikan kesan negatif pada pemilik dan pengguna malah turut manjejaskan imej negara. Oleh kerana ia merupakan satu masalah yang amat serius, kajian haruslah dilakukan dengan harapan dapat membantu menyelesaikan masalah ini kelak.

1.3 Matlamat Dan Objektif Kajian

Kajian projek sarjana ini dijalankan adalah bagi mengenal pasti dan memahami dengan lebih jelas tentang faktor-faktor yang membawa kepada kerosakan struktur di Malaysia.

Di antara objektif kajian ini ialah:

1. Mengetahui punca-punca kerosakan dan kemerosotan struktur konkrit yang berlaku di Malaysia.
2. Mengkategorikan kes kerosakan struktur yang berlaku di Malaysia.

1.4 Skop Penyelidikan

Kajian ini hanya tertumpu kepada struktur konkrit yang telah siap dibina di Malaysia. Rekod-rekod kerosakan dan kemerosotan struktur konkrit ini hanya diperolehi daripada agensi-agensi dan pihak yang berkaitan dengan industri pembinaan seperti Jabatan Kerja Raya Malaysia, pihak berkuasa tempatan dan Dewan Bandaraya Kuala Lumpur. Berdasarkan data yang diperolehi, analisis dan semakan dilakukan oleh penulis sebelum beberapa kesimpulan dapat diambil.

1.5 Kepentingan Kajian

Masalah kerosakan struktur sering kali berlaku di Malaysia tidak kira sama ada ia melibatkan projek yang kecil ataupun yang besar. Masalah ini secara berterusan membelenggu industri pembinaan. Persoalan demi persoalan terus diajukan mengenai mutu hasil kerja yang kurang memuaskan walaupun sesuatu projek tersebut baru sahaja siap dibina.

Menyedari kepentingan untuk menyelesaikan masalah ini, penulis berhasrat untuk membantu di dalam menyelesaikan masalah ini. Kajian terhadap kerosakan dan kemerosotan struktur konkrit ini dilakukan bagi mengenalpasti masalah utama yang sering berlaku di Malaysia. Masalah ini akan dikaji secara keseluruhan bagi projek-projek yang telah siap dibina di seluruh Malaysia. Penulis berharap agar dapat mengenalpasti punca utama berlakunya kerosakan struktur dan mencadangkan langkah-langkah pencegahan dengan harapan dapat mengurangkan dan sekaligus menyelesaikan masalah ini.

Rujukan

- [1] Jacob Feld. *Lessons from Failures of Concrete Structures*. Detroit, Michigan. 1964
- [2] S.C. Patodiya. New Trends in Achieving Durability of Concrete. *International Symposium on Innovative World of Concrete*. August 30-September 3, 1993. Bangalore, India: Indian Concrete Institute. 1993. 2-23 – 2-34.
- [3] Dov Kamainetzky. *Design and Construction Failures. Lessons from Forensic Investigations*. New York. 1991
- [4] Sidney Mindess, J. Francis Young, David Darwin. *Concrete*. 2nd Edition. Upper Saddle River. N. J. 2002
- [5] R.N. Raikar. *Learning From Failure. Deficiencies in Design, Construction and Service*. New Bombay, India. 1987
- [6] R.N. Raikar. Need for Trained Supervisors for Concrete Industry. *The Indian Concrete Journal*. 1997. Volume 71(10): 537-540
- [7] D. Jungwirth. A Comprehensive Conception for Quality Assurance. *Proceeding of the Second International RILEM/CEB Symposium*. June 12-14, 1991. 65-72
- [8] R.L. Malik. Quality Assurance in Design and Construction. *The Indian Concrete Journal*. 1997. Volume 71(8): 433-437
- [9] Ir. Hon Too Fang. Foundation Problems In Limestone Areas. *Journal of The Public Department*. 1983. Disember: 26-32.
- [10] Ir. R. Selvarajah. Sungei Kuantan Barrage Problems In The Construction of The Foundation. *Journal of The Public Department*. 1983. Disember: 104-108.
- [11] Vanessa S. Berg and Dale S. Preece. Reinforced Concrete Structure Failure Mechanisms Resulting from Explosively-Induced Overpressures. *International Society of Explosives Engineers*. 2004. Volume 1.

- [12] Anil K. Chopra. *Dynamics of Structures. Theory and Application to Earthquake Engineering*. New Jersey. 1995
- [13] Da Huo, Guanghui Li, Dongwei Wang and Fang Fu. Reliability Analysis of Existing Frame Structure Based on Failure Correlation.
- [14] S.C. Gupta and V. Thiruvengadam. Assessment of Fire Damage: A Case Study. *International Symposium on Innovative World of Concrete*. August 30-September 3, 1993. Bangalore, India: Indian Concrete Institute. 1993. 4-275 – 4-292.
- [15] Ir. Tham Kum Weng and Ir. Choo Kok Beng. Durability of Concrete Structure. *CEC/Prof. Chin Fung Kee Memorial Continuing Education Workshop on Rehabilitation and Repair of Structures*. April 16-17, 1992. Kuala Lumpur Malaysia
- [16] A.M. Neville. *Properties of Concrete*. Third Edition. Burnt Mill, Harlow. 1981.
- [17] Brian Pritchard. Concrete Deterioration. *CEC/Prof. Chin Fung Kee Memorial Continuing Education Workshop on Rehabilitation and Repair of Structures*. April 16-17, 1992. Kuala Lumpur Malaysia.
- [18] Tang Mingshu, Deng Min, Lan Xianghui and Han Sufen. Studies on Alkali-Carbonate Reaction. *ACI Material Journal*. 1994. Volume 91, No.1. 26-29.
- [19] Dr. Ho Nyok Yong, Mr Chieng King Wu, Dr. Ting Seng Kiong and Dr. R. Sri Ravandrarajah. Corrosion Induced Cracking in Concrete. *International Conference on Concrete Engineering and Technology*. October 8-10, 1991. Kuala Lumpur, Malaysia: 1991. 2-16 – 2-24.
- [20] S. Muralidharan, R. Vedalakshmi, V. Saraswathi, James Joseph and N. Palaniswamy. Studies on The Aspects of Chloride Ion Determination in Different Types of Concrete Under Macro-cell Corrosion Condition. *Building and Environment*. 2005: 1275-1281.
- [21] K.Ganesh Babu. High Performance Concrete. *International Symposium on Innovative World of Concrete*. August 30-September 3, 1993. Bangalore, India: Indian Concrete Institute. 1993. 3-169 – 3-179.
- [22] Peter H. Emmon. *Concrete Repair and Maintenance Illustrated*. Kingston. R.S. Means Company, Inc. 1993
- [23] W.H. Ransom. *Building Failures; Diagnosis and Avoidance*. E & F.N. Spon Ltd, London. 1981

- [24] Hubert Woods. *Durability of Concrete Construction*. Detroit, Michigan: American Concrete Institute. 1968