

# 目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌謝	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
第一章 緒論	1
§1-1 研究動機	2
§1-2 研究目的	2
§1-3 研究方法	2
§1-4 研究範圍	3
第二章 文獻回顧	4
§2-1 常溫濕拌混凝土之接觸層	4
§2-2 骨材與水泥基材間界面之微觀結構	4
§2-3 過渡區之形成原因	5
§2-4 過渡區的理論	6
§2-5 常溫濕拌混凝土過渡區的結構	7
§2-6 常溫濕拌混凝土過渡區的強度	8
§2-7 過渡區對混凝土性質的影響	8
§2-8 過渡區所呈現之混凝土特性	9
第三章 水泥之水化反應	12
§3-1 卜特蘭水泥之製造過程與物化性質	12
3-1-1 卜特蘭水泥之製造與組成	12
3-1-2 卜特蘭水泥之化學成分與物理性質	12
§3-2 卜特蘭水泥之水化機理	14
3-2-1 卜特蘭水泥在常溫下之水化機理	14
3-2-2 硬固漿體的結構	16
§3-3 強塑劑之化學成分及作用機理	17
3-3-1 強塑劑之化學成分	17
3-3-2 強塑劑之作用機理	19
3-3-3 G、F 型強塑劑之比較	19
3-3-4 強塑劑對混凝土的影響	20
§3-4 飛灰之反應機理及其對混凝土的影響	21
3-4-1 飛灰之來源及成分	21
3-4-2 飛灰與水泥漿體的反應機理	21
3-4-3 飛灰對混凝土之影響	22

§3-5 硫酸鹽的侵蝕機理-----	23
第四章 試驗計畫與試驗方法-----	29
§4-1 試驗材料-----	29
§4-2 試驗設備-----	29
§4-3 試驗流程-----	31
§4-4 試驗計畫-----	32
4-4-1 使用材料(Used Materials)-----	32
4-4-2 配比性質(Mix proportions)-----	32
4-4-3 養護條件(Curing condition)-----	32
4-4-4 試體製作與取樣方法-----	33
4-4-5 超音波試驗-----	33
4-4-6 電阻量測試驗-----	33
4-4-7 CH 含量試驗-----	33
4-4-8 SEM 觀測-----	34
4-4-9 SEM 立體觀測-----	34
第五章 常溫濕拌混凝土過渡區之基本性質試驗結果與討論-----	46
§5-1 混凝土過渡區水化產物隨齡期之發展-----	46
§5-2 混凝土過渡區孔隙結構隨齡期之變化-----	49
§5-3 混凝土過渡區水化產物緻密程度隨齡期之變化-----	51
§5-4 混凝土過渡區孔隙結構與巨觀行為之關係-----	52
第六章 常溫濕拌混凝土過渡區加速劣化(耐久性)之試驗結果與討論-----	65
§6-1 加速劣化前後混凝土過渡區水化產物及孔隙結構隨齡期之發展-----	65
§6-2 加速劣化前混凝土之抗壓強度、CH 含量、超音波速及電阻值之發展-----	66
§6-3 加速劣化後混凝土之抗壓強度、超音波速及電阻值的發展-----	69
第七章 混凝土中骨材與水泥漿界面處水化產物之發展-----	87
§7-1 常溫濕拌混凝土骨材與水泥漿界面處水化產物之發展-----	87
§7-2 常溫濕拌混凝土中骨材與水泥漿界面處水化產物之組成成分分析-----	91
第八章 結論與建議-----	143
參考文獻-----	146

## 表目錄

表 3-1 水泥成分及其含量百分比-----	24
表 3-2 標準卜特蘭水泥之典型成分及其性質-----	24
表 3-3 各種單礦物對卜特蘭水泥性質之影響-----	25
表 4-1 卜特蘭第一型水泥與飛灰之化學成分及物理性質-----	36
表 4-2 粗骨材篩分析表-----	37
表 4-3 細骨材篩分析表-----	37
表 4-4 粗細骨材之物理性質-----	38
表 4-5 強塑劑基本性質-----	38
表 4-6 使用骨材之物化性質-----	38
表 4-7 混凝土之配比性質-----	38
表 7-1 蜂巢狀及片狀石頭之 EDS 值比較表(2000 倍)-----	95
表 7-2 擦拭後 W/B=0.54 各齡期骨材部分之 EDS 值比較表(2000 倍)-----	96
表 7-3 擦拭後 W/B=0.54 各齡期水泥漿部分之 EDS 值比較表(2000 倍)-----	97
表 7-4 擦拭後 W/B=0.54 各齡期骨材部分與純石頭之 EDS 值比較表(10000 倍)-----	98



## 圖目錄

圖 2-1	Diagrammatic representation of interactions at the aggregate-matrix interface-----	11
圖 2-2	Ollivier-Grandet 模型-----	11
圖 2-3	Zimbelmann 模型-----	11
圖 3-1	水泥製造程序-----	26
圖 3-2	水泥熟料與單礦物之水化速率-----	27
圖 3-3	典型卜特蘭水泥水化放熱曲線-----	28
圖 3-4	強塑劑之作用機理-----	28
圖 4-1	拌和機-----	39
圖 4-2	電子秤(120kg)-----	39
圖 4-3	電子秤(12kg)-----	39
圖 4-4	電子秤(150g)-----	40
圖 4-5	坍流度試驗儀-----	40
圖 4-6	抗壓試驗機-----	40
圖 4-7	φ 10×20cm 試體模-----	41
圖 4-8	烘箱-----	41
圖 4-9	超音波試驗儀-----	41
圖 4-10	電阻量測儀-----	42
圖 4-11	掃描式電子顯微鏡(SEM)-----	42
圖 4-12	直流噴射鍍膜儀-----	42
圖 4-13	C-S-H, CH, AFt, AFm 微觀晶相圖-----	43
圖 4-14	烘箱式熱處理電器爐-----	44
圖 4-15	立體鏡與測微尺-----	44
圖 4-16	混凝土試片取樣位置-----	45
圖 4-17	兩個不同高度的地點在航照上所呈現的視差變化-----	45
圖 4-18	物體表面 TB 之頂點與底點在立體對上的視差-----	45
圖 5-1	飽和石灰水養護下過渡區之微觀晶相圖-----	54
圖 5-2	飽和石灰水養護之微觀晶相圖-----	55
圖 5-3	飽和硫酸鈉養護之微觀晶相圖-----	56
圖 5-4	0.54 水膠比, 飽和石灰水養護下之孔隙結構分佈圖-----	57
圖 5-5	0.65 水膠比, 飽和石灰水養護下之孔隙結構分佈圖-----	58
圖 5-6	0.45 水膠比, 飽和石灰水養護下之孔隙結構分佈圖-----	59
圖 5-7	0.45 水膠比, 飽和硫酸鈉溶液侵蝕之孔隙結構分佈圖-----	60
圖 5-8	0.54 水膠比, 飽和石灰水養護下 1 天齡期之相對高度比較圖-----	61
圖 5-9	0.54 水膠比, 飽和石灰水養護下 7 天齡期之相對高度比較圖-----	61
圖 5-10	0.54 水膠比, 飽和石灰水養護下 14 天齡期之相對高度比較圖-----	62

圖 5-11	0.54 水膠比，飽和石灰水養護下 28 天齡期之相對高度比較圖-----	62
圖 5-12	0.54 水膠比，飽和石灰水養護下 56 天齡期之相對高度比較圖-----	63
圖 5-13	飽和石灰水養護下不同齡期抗壓強度，CH 含量，超音波速及電阻值之變化-----	64
圖 6-1	不同水膠比在飽和石灰水養護 14 天之微觀晶相圖-----	71
圖 6-2	不同水膠比在飽和硫酸鈉養護 14 天之微觀晶相圖-----	72
圖 6-3	飽和石灰水養護 14 天加速腐蝕後之微觀晶相圖-----	73
圖 6-4	飽和硫酸鈉養護 14 天加速腐蝕後之微觀晶相圖-----	74
圖 6-5	不同配比及養護條件之孔隙率變化-----	75
圖 6-6	不同配比及養護條件之抗壓強度發展-----	75
圖 6-7	不同配比及養護條件之 CH 含量變化-----	76
圖 6-8	不同配比及養護條件下不同試體量測之超音波速變化-----	76
圖 6-9	不同配比及養護條件下同一試體量測之超音波速變化-----	77
圖 6-10	不同配比及養護條件之電阻值變化-----	77
圖 6-11	不同配比及養護條件下加速腐蝕之抗壓強度發展-----	78
圖 6-12	飽和石灰水養護下加速腐蝕之超音波速變化-----	79
圖 6-13	飽和硫酸鈉養護下加速腐蝕之超音波速變化-----	80
圖 6-14	飽和石灰水養護下加速腐蝕之電阻值變化-----	81
圖 6-15	飽和硫酸鈉養護下加速腐蝕之電阻值變化-----	82
圖 6-16	飽和石灰水養護下各齡期第 1 次與第 15 次之超音波速變化-----	83
圖 6-17	飽和硫酸鈉養護下各齡期第 1 次與第 15 次之超音波速變化-----	84
圖 6-18	飽和石灰水養護下各齡期第 1 次與第 15 次之電阻值變化-----	85
圖 6-19	飽和硫酸鈉養護下各齡期第 1 次與第 15 次之電阻值變化-----	86
圖 7-1	蜂巢狀石頭之 2000 倍全視圖-----	99
圖 7-2	片狀石頭之 2000 倍全視圖-----	99
圖 7-3	蜂巢狀石頭 10000 倍之微觀晶相圖-----	100
圖 7-4	片狀石頭 10000 倍之微觀晶相圖-----	100
圖 7-5	W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天各種處理下之 2000 倍全視圖-----	101
圖 7-6	W/B=0.54 飽和石灰水養護 7 天各種處理下之 2000 倍全視圖-----	102
圖 7-7	W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天各種處理下之 2000 倍全視圖-----	103
圖 7-8	W/B=0.54 飽和石灰水養護 28 天各種處理下之 2000 倍全視圖-----	104
圖 7-9	W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天齡期末處理之 10000 倍微觀晶相圖----	105
圖 7-10	W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天齡期擦拭後之 10000 倍微觀晶相圖----	106
圖 7-11	W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天齡期研磨後之 10000 倍微觀晶相圖----	107
圖 7-12	W/B=0.54 飽和石灰水養護 7 天齡期末處理之 10000 倍微觀晶相圖----	108
圖 7-13	W/B=0.54 飽和石灰水養護 7 天齡期擦拭後之 10000 倍微觀晶相圖----	109
圖 7-14	W/B=0.54 飽和石灰水養護 7 天齡期研磨後之 10000 倍微觀晶相圖----	110
圖 7-15	W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天齡期末處理之 10000 倍微觀晶相圖----	111

圖 7-16 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天齡期擦拭後之 10000 倍微觀晶相圖	112
圖 7-17 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天齡期研磨後之 10000 倍微觀晶相圖	113
圖 7-18 W/B=0.54 飽和石灰水養護 28 天齡期未處理之 10000 倍微觀晶相圖	114
圖 7-19 W/B=0.54 飽和石灰水養護 28 天齡期擦拭後之 10000 倍微觀晶相圖	115
圖 7-20 W/B=0.54 飽和石灰水養護 28 天齡期研磨後之 10000 倍微觀晶相圖	116
圖 7-21 蜂巢狀石頭 mapping 用之 2000 倍 SEM 圖及 EDS 位置	117
圖 7-22 片狀石頭 mapping 用之 2000 倍 SEM 圖及 EDS 位置	117
圖 7-23 W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天齡期擦拭後之 mapping 用之 2000 倍 SEM 圖及 EDS 位置	118
圖 7-24 W/B=0.54 飽和石灰水養護 7 天齡期擦拭後之 mapping 用之 2000 倍 SEM 圖及 EDS 位置	118
圖 7-25 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天齡期擦拭後之 mapping 用之 2000 倍 SEM 圖及 EDS 位置	119
圖 7-26 W/B=0.54 飽和石灰水養護 28 天齡期擦拭後之 mapping 用之 2000 倍 SEM 圖及 EDS 位置	119
圖 7-27 蜂巢狀石頭之 2000 倍 mapping 圖	120
圖 7-28 片狀石頭之 2000 倍 mapping 圖	121
圖 7-29 W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天齡期擦拭後之 2000 倍 mapping 圖	122
圖 7-30 W/B=0.54 飽和石灰水養護 7 天齡期擦拭後之 2000 倍 mapping 圖	123
圖 7-31 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天齡期擦拭後之 2000 倍 mapping 圖	124
圖 7-32 W/B=0.54 飽和石灰水養護 28 天齡期擦拭後之 2000 倍 mapping 圖	125
圖 7-33 純石頭之 10000 倍 mapping 圖	126
圖 7-34 W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天之 10000 倍 mapping 圖	127
圖 7-35 W/B=0.54 飽和石灰水養護 7 天之 10000 倍 mapping 圖	128
圖 7-36 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天之 10000 倍 mapping 圖	129
圖 7-37 W/B=0.54 飽和石灰水養護 28 天之 10000 倍 mapping 圖	130
圖 7-38 W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天水泥漿之 10000 倍 mapping 圖	131
圖 7-39 W/B=0.54 飽和石灰水養護 7 天水泥漿之 10000 倍 mapping 圖	132
圖 7-40 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天水泥漿之 10000 倍 mapping 圖	133
圖 7-41 W/B=0.54 飽和石灰水養護 28 天水泥漿之 10000 倍 mapping 圖	134
圖 7-42 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天 C-S-H 單點之 15000 倍 SEM 及 EDS	135
圖 7-43 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天 C-S-H 整體之 15000 倍 SEM 及 EDS	136
圖 7-44 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天 C-S-H 整體之 15000 倍 mapping 圖	137
圖 7-45 W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天 AFm 單點之 15000 倍 SEM 及 EDS	138
圖 7-46 W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天 AFm 整體之 15000 倍 SEM 及 EDS	139
圖 7-47 W/B=0.54 飽和石灰水養護 1 天 AFm 整體之 15000 倍 mapping 圖	140
圖 7-48 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天擦拭後各元素之 10000 倍 mapping 圖	141
圖 7-49 W/B=0.54 飽和石灰水養護 14 天擦拭後各元素之 10000 倍 mapping 圖(續)	143