

# 굵은 骨材의 磨耗率에 關한 研究

A Study of Abrasion Rate of Coarse Aggregate.

李 東 榮      全 賢 雨  
Dong Young Lee      Hyun Woo Jun

## Summary

Abrasion rate of coarse aggregates is an important factor to determine aggregates quality. Allowable limit of abrasion rate of coarse aggregates for concrete is 40% according to K.S.

Strength and durability test of concrete with 19 different aggregates were made. From this test, it was found that allowable limit of abrasion rate of aggregates can be increased to 43%.

## I. 結 論

오늘날 콘크리트의 技術은 土木 建築 技術의 顯著한 發展과 더불어 눈부시게 向上되어 왔다.

이것은 콘크리트 施工 및 管理 技術의 革新과 더불어 콘크리트用 骨材의 品質을 保障 하는 試驗의 貢獻

이 크다고 보겠다. 콘크리트用 骨材는 KS<sup>(1)</sup>에서 規定한 所要品質을 가져야하고 選擇은 가장 經濟的인 것 이라야 한다. 그러나 아무리 經濟的인 位置의 骨材라 할지라도 所要品質을 갖지 못한 骨材라면 이는 콘크리트 用으로 도저히 使用할 수 없는 것이다. 그 中에서도 經濟的인 比重을 많이 차지 하는 굵은 骨材의 品質 判定은 所要의 콘크리트를 얻는데 重要한 要素<sup>(2)</sup>가 된다. 굵은 骨材의 硬度和 韌性 等을 알기 爲한 品質判定에 있어 가장 基準이 되는 것은 굵은 骨材의 磨純率<sup>(3)(4)</sup>이라 하겠다.

KS<sup>(1)</sup>에서도 그의 許容限度를 40% 以下로 規定하고 있어 磨耗率 40% 以上되는 굵은 骨材는 不合格品으로 規定하고 있다.

本試驗은 굵은 骨材의 磨耗率의 許容限度 範圍를 究明코저 磨耗率 40% 以上の 굵은 骨材를 使用하였을 때

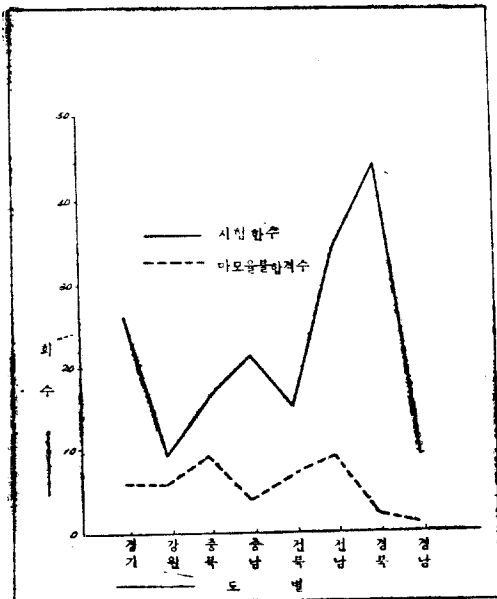


그림 1. 인천부 농업용수원개발사업조사기록부 (1965년도)

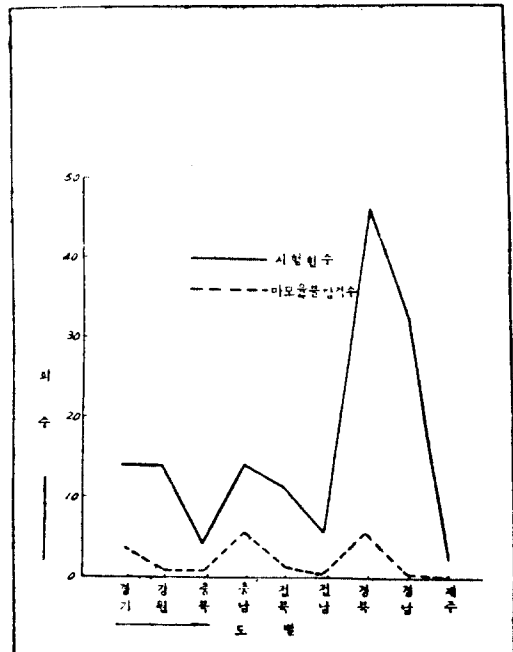


그림 2. 관세원 조사 기록부 (전남서보참소) 1963년

이것이 强度上에 미치는 影響과 이들 骨材를 使用한 콘 크리트가 鹽化物 或은 黃酸鹽 作用에 依한 콘크리트의 物理的 性質에 미치는 影響<sup>9) 10)</sup>을 究明하여 配合改良<sup>4)</sup>을 通하여 磨耗率의 許容限度를 規定하고자 시험한 것이다.

本試驗에 使用한 骨材는 (그림-1 및 2 참조) 全國 326 個 骨材源 地區中<sup>17)</sup>에서 磨耗率이 35%~60% 되는 곳 19 個地區를 選定, 試料를 採取하여 다음

과 같은 몇가지 研究結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

## II. 使用材料

本試驗에 使用된 材料는 다음과 같다.

가. 시멘트

普通포르랜드 시멘트로써 大韓洋灰株式會社 製品인 제비표와 雙龍洋灰株式會社에서 生産한 雙龍票를 使用하였으며 그의 品質은 表-1 과 같다.

表-1 시멘트의 品質

試驗種目 區 分	比重	粉末度 凝 結		安全性	引張強度 kg/cm <sup>2</sup>		壓縮強度 kg/cm <sup>2</sup>		MgO	SO <sub>3</sub>	ig. Loss	Insol Resid	備 考	
		cm <sup>3</sup> /gr	始發 (分)		終結 (時間)	7日	28日	7日						28日
제 비 표	3.10	2.950	235	4.20	安全	22.1	33.1	221	317	2.83	2.35	1.82	0.32	KS 규격에 맞음
쌍 용 표	3.10	3.020	232	5.35	"	28.0	32.0	252	368	2.25	2.30	0.40	0.10	"

表-2 잔骨材 物理性 試驗結果

種 別 區 分	比重	吸水率	單 位 重 量	N <sup>o</sup> .200 粗 篩 通 率	粗粒率	備 考
漢江 모래	2.63	0.33	1.553	0.96	2.37	

表-3 粒度(Gyadation Curre)

區 分	各筋의 殘量累加百分率						F. M	備 考
	4	8	16	30	50	100		
漢江 모래	-	1.5	5.0	42.0	85.0	100	2.37	

表-4 採取場所 및 試驗結果

種 別 試料名	採 取 場 所	比 重	吸 收 率	單 位 重 量	磨 耗 率		備 考
					100 회	500 회	
1	충남당진군(천서)	2.55	1.60	1.566	8.40	36.20	
2	충남연기군(전동)	2.57	1.96	1.572	10.80	38.17	
3	경기용인군(진위)	2.57	1.55	1.573	9.69	38.80	
4	경북상주군(옥산)	2.56	1.61	1.564	9.80	39.40	
5	경기시흥군(청계)	2.58	2.60	1.589	9.99	41.78	
6	충남서산군(해미)	2.56	1.82	1.298	9.28	42.10	
7	경기고양군(벽계)	2.57	1.95	1.592	10.40	42.80	
8	전북김제군(원명)	2.49	2.67	1.529	14.00	43.80	
9	경북상주군(청리)	2.55	1.78	1.601	14.00	45.96	
10	경기용인군(송정)	2.56	1.56	1.466	13.02	47.00	
11	충남대덕군(유성)	2.47	3.16	1.546	13.76	48.60	
12	경북상주군(양촌)	2.54	2.65	1.487	13.38	48.80	
13	충남서산군(운산)	2.52	2.93	1.543	14.05	49.16	
14	" 대덕군(북명)	2.49	3.13	1.518	16.60	51.40	
15	" 천원군(목천)	2.52	2.67	1.554	16.80	51.80	
16	" 청원군(덕촌)	2.53	2.92	1.512	17.14	53.61	
17	" 연기군(소정)	2.52	2.42	1.548	14.84	57.87	
18	" " (조치원)	2.53	3.06	1.543	14.14	58.50	
19	경북금릉군(입석)	2.56	2.57	1.512	15.72	59.56	

나. 骨 材

1) 잔骨材

잔骨材는 漢江에서 產出되는 漢江 모래를 使用하였으며 그의 品質 및 粒度는 表-2 및 表-3 과 같다.

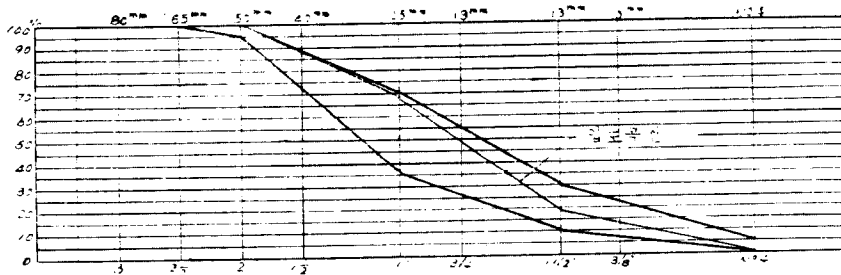


그림 3 세분과율그림표



사진-1 粒度별로篩分析하는 광경



사진-2 Slump 측정광경

表-5 單位시멘트量 312 kg 일때의 配合

試料名	w/C		Slump	잔骨材	굵骨	은시트	멘량	워카빌리	備考
	%	kg							
1	56	180	8.0	585	1.165	312	양호함		
2	57	182	9.5	585	1.174	"	"		
3	57	182	7.0	585	1.174	"	"		
4	61	190	7.0	585	1.169	"	"		
5	56	180	9.5	585	1.193	"	"		
6	60	188	8.0	585	1.169	"	"		
7	60	190	7.0	585	1.174	"	"		
8	55	175	9.0	585	1.137	"	"		
9	56	174	9.5	585	1.179	"	"		
10	56	176	9.0	585	1.170	"	"		
11	57	177	8.0	585	1.178	"	"		
12	56	174	9.0	585	1.174	"	"		
13	56	176	9.0	585	1.174	"	"		
14	60	191	6.0	585	1.137	"	"		
15	56	180	7.0	585	1.151	"	"		
16	58	185	7.0	585	1.156	"	"		
17	56	176	8.0	585	1.169	"	"		
18	56	174	7.0	585	1.156	"	"		
19	59	186	9.0	585	1.169	"	"		

表-6 單位시멘트量 330 kg 일때의 配合

試料名	w/C		Slump	잔骨材	굵骨	은시트	멘량	워카빌리	備考
	%	kg							
1	59	180	9.0	580	1.155	330	양호함		
2	59	180	8.0	580	1.164	"	"		
3	60	182	7.0	580	1.164	"	"		
4	60	182	7.0	580	1.159	"	"		
5	57	172	8.0	580	1.179	"	"		
6	57	188	8.0	580	1.159	"	"		
7	59	180	7.0	580	1.164	"	"		
8	54	164	6.5	580	1.127	"	"		
9	56	186	9.0	580	1.168	"	"		
10	54	178	8.0	580	1.159	"	"		
11	54	178	7.0	580	1.159	"	"		
12	54	168	7.0	580	1.164	"	"		
13	52	173	7.0	580	1.164	"	"		
14	59	180	7.0	580	1.127	"	"		
15	59	178	9.0	580	1.141	"	"		
16	55	168	7.0	580	1.146	"	"		
17	57	188	7.5	580	1.159	"	"		
18	55	180	6.5	580	1.146	"	"		
19	57	188	7.0	580	1.159	"	"		

2) 굵은骨材

本試驗에 使用된 굵은 骨材의 採取場所 및 品質은

表-4 과 같으며 콘크리트 配合에 使用된 굵은 骨材의 粒度는 그림-3 과 같다.

(ㄱ) 굵은골재採取場所 및 試驗結果

(ㄴ) 굵은골재의 粒度

골재의 最大 크기는 50mm 로 하였으며 粒度는 그림-3과 같이 粗粒度(F.M)7.10 되는 標準粒度로 調整하여 使用 하였다.

다. 콘크리트 配合

콘크리트 配合는 表-5 및 表-6과 같으며 다음과 같은 配合條件을 定하였다.

(ㄱ) 單位시멘트量은 312kg/m<sup>3</sup>와 330kg/m<sup>3</sup>로 하였다.

(ㄴ) 굵은 골재의 最大치수는 50mm 로 하였다.

(ㄷ) Slump 値는 8.0±1.0cm 가 되게 單位水量을 調節 하였다.

Ⅲ. 試驗方法

가. 供試體의 製作과 養生

콘크리트 供試體의 製作과 養生은 KSF 2,403(콘크리트의 壓縮 및 引 強度試驗用 供試體를 製作하고 養生하는 方法)에 準하여 行하였다.

나. 壓縮強度試驗은 K.S.F 2,405(콘크리트의 壓縮強度試驗 方法)에 準하였다.

다. 表-5와 表-6에 明示된 配合比로 供試體를 製作하고 다음의 試驗을 하였다.

(ㄱ) 壓縮強度 試驗은 材令 7日 28日에 對하여 強度測定하였고

(ㄴ) 耐久性에 關한 試驗을 위해서는

(1) NaCl 6%, MgSO<sub>4</sub> 4%, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6%, 各各의 溶液에 製作된 콘크리트 供試體를 脫型即時 侵蝕시켜 材令 28日과 91日의 壓縮強度를 測定하여 比較檢討하였다.

(2) 溶液에 試料를 侵蝕 하기前에 木材로 格子網을 만들어 函에 넣고 溶液이 供試體 上下邊에 完全히 侵蝕하게 空間을 두어 溶液養生시켰다.

(3) 溶液에 侵蝕시킨 供試體를 材令 91日 마다 供試體의 減量을 測定했다.

(ㄷ) 굵은 골재의 磨耗率 變化를 檢討하기 爲하여 天然狀態의 굵은 골재를 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% 溶液에 90日間 侵蝕시킨 後 다시 磨耗率 試驗을 施行하여 腐蝕의 程度를 比較 檢討하였다.

Ⅳ. 試驗結果

가. 壓縮強度 試驗

水中養生(水温 21°C±3)시킨 壓縮強度 試驗結果는 表-7 및 表-8과 같다.

나. 耐久性에 對한 壓縮強度 結果 化學藥品에 侵蝕시킨 후 材令 28日 및 91日의 強度試驗結果는 表-9

表-7 單位시멘트量 312 kg 일때

試料名	磨耗率 (%)	強度 壓縮強度 kg/cm <sup>2</sup>		強度 44%		備考
		7日	28日	7日	28日	
1	36.20	155	229	100	100	
2	38.17	154	228	99	99	
3	38.80	153	226	98	98	
4	39.40	152	219	98	96	
5	41.78	150	210	97	92	
9	42.10	149	187	96	82	
7	42.80	144	206	93	90	
8	43.80	143	205	92	89	
9	45.96	121	180	79	78	
10	47.00	112	179	77	78	
11	48.60	117	179	75	78	
12	48.80	117	178	75	77	
13	49.16	116	178	74	77	
14	51.40	115	178	74	77	
15	51.80	115	177	74	77	
16	53.61	113	176	72	76	
17	57.84	103	169	66	74	
18	58.50	102	165	65	72	
19	59.49	100	160	64	70	

表-8 單位시멘트量 330kg/m<sup>3</sup> 일때

試料率	磨耗率 (%)	強度 壓縮強度 kg/cm <sup>2</sup>		強度 (%)		備考
		7日	28日	7日	28日	
1	36.20	198	239	100	100	
2	38.17	197	238	99	99	
3	38.80	197	238	99	99	
4	39.40	188	228	95	95	
5	41.78	186	225	94	94	
9	42.10	136	215	98	90	
7	42.80	178	225	90	94	
8	43.80	177	224	89	93	
9	45.96	135	200	68	84	
10	47.00	133	199	67	83	
11	48.90	131	198	66	82	
12	48.80	130	197	65	81	
13	49.16	129	195	65	81	
14	51.40	129	194	65	80	
15	51.80	128	194	64	80	
19	53.61	128	193	64	80	
17	57.84	127	182	63	76	
18	58.50	127	180	61	75	
19	59.46	119	179	60	74	

와 같다.

表-9 化學藥品에 侵蝕시킨 경우의 強度  
(單位시멘트量 312kg/cm<sup>3</sup>)

種類 村令 磨耗率 試料名	NaCl 9%		MgRO4 4%		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 9%		備考	
	28日	91日	28日	91日	28日	91日		
	kg/ cm <sup>2</sup>	kg/ cm <sup>2</sup>	kg/ cm <sup>2</sup>	kg/ cm <sup>2</sup>	kg/ cm <sup>2</sup>	kg/ cm <sup>2</sup>		
4	39.4	207	210	213	221	105	212	
7	42.8	205	210	206	216	203	210	
8	43.8	200	209	199	210	198	203	
14	51.40	179	192	178	185	175	198	
16	53.61	170	188	174	180	174	172	

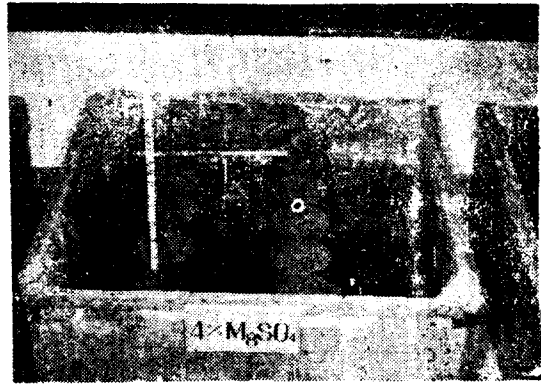


사진-3 용액속에 침식한 硯경

表-10 磨耗率試驗結果(500回轉의 경우)

試料名 區分	6	9	10	11	12	13	17	18	19
天然狀態	42.10	45.96	47.00	48.60	48.80	49.16	57.84	58.50	59.46
侵蝕後	44.50	48.50	49.80	55.00	55.20	57.10	59.20	59.20	91.20

다. 굵은 骨材의 耐久性 試驗結果 굵은 骨材를 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% 溶液에 90日間 侵蝕後 磨耗率試驗을 實施한 바 그 結果는 表 10 과 같다.

라. 供試體 減量測定結果

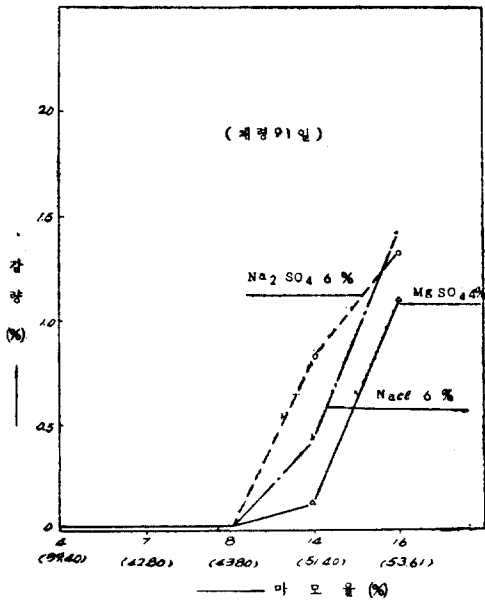


그림-4 아모늄벤지 제간 硯경

### V. 考 案

가. 強度에 對하여

1) 骨材의 磨耗率에 따른 콘크리트 強度變化를 檢討하여 보면 磨耗率 增加에 反比例 하여 強度는 低下되어 그 比率은 그림-5 와 같다.



사진-4 90日間 용액속에 침식후 硯경

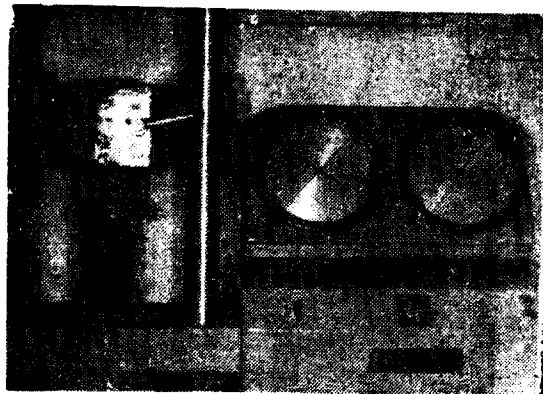
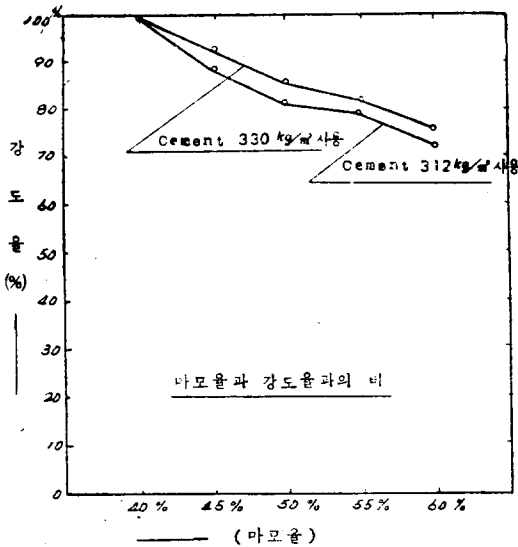


사진-5 콘크리트 압축강도 시험 硯경



위 그림-5에서 보는바와 같이 磨耗率에 對한 強度의 變化는 單位시멘트량을 增加시킬 수록 強度低下率을 줄일 수 있음을 보여 주고 있다.

2) 單位시멘트량은 312kg 使用하였을 경우 材令 28日 強度를 200kg/cm<sup>2</sup>를 基準 한다면 表-7에서 보는 바와 같이 磨耗率이 43% 까지의 굵은 骨材로 所要強度를 얻을 수 있겠다.

3) 單位시멘트량을 330kg 로 增加시켜 使用했을 경우는 表-8에서 보는 바와 같이 磨耗率이 45% 까지의 굵은 骨材로 所要強度를 얻을 수 있음을 보여 주고 있다.

나. 耐久性에 對하여

1) 콘크리트 供試體를 水中養生 시킨 경우와 化學 藥品溶液에 侵蝕 시킨 경우와의 強度를 比較해 보면 그 推勢는 비슷하며 다음과 같다.

表-11

試料名	磨 材 令 磨 耗 率 (%)	標 準 (水中)		NaCl 9%		MgSO <sub>4</sub> 4%		MaSO <sub>4</sub> 9%		備 考
		28日	91日	28日	91日	28日	91日	28日	91日	
		4	39.4	219	—	207	210	213	221	
7	42.8	206	—	205	210	206	216	203	210	
8	43.8	205	—	200	209	199	210	198	203	
14	51.40	178	—	179	192	178	185	175	189	
16	53.61	176	—	170	188	174	180	174	172	

2) 耐久에 對한 強度의 變化 表-10에서 보는 바와 같이 單位 시멘트량이 312kg 일때, 標準養生 일 때와 流酸鹽에 侵蝕 시킨 경우에 關하여 比較하여 보면 表-11와 같다.

위 結果에서 보는 바와 같이 本시험을 통해 磨耗率이 콘크리트의 耐久性에 미치는 影響이 顯著한 結果는 찾을 수 없으므로 1)항에 記述한 바와 같이 強度上으로 보아 磨耗率 許容限度를 決定해도 좋을 것으로 生覺된다.

3) 減量變化를 보면 뚜렷한 變化는 생기지 않으나 磨耗率이 減少함에 따라 供試體의 表面에 多小 化學 變化한 것을 찾을 수 있으나 強度上으로 큰 變化는 없다.

4) 骨材의 耐久性에 對해서는 表-11에 나타난 바와 같이(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%) 溶液에 侵蝕시켰을 경우 磨耗率이 增加된다.

## VI. 結 論

磨耗率이 35~60% 되는 굵은 骨材를 가지고 콘크리트의 強度와 鹽化物 或은 黃酸鹽作用에 의한 콘크리트의 腐蝕이 콘크리트의 物理的 性質에 미치는 影響을 試驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

가. 굵은 骨材의 磨耗率과 콘크리트 強度는 反比例 即 磨耗率이 增加할수록 強度는 低下된다.

나. 굵은 骨材의 磨耗率增加에 對한 콘크리트 強度 低下는 單位시멘트량이 어느 程度 콘크리트 強度를 增加시킬 수 있다.

다. 單位시멘트량을 312kg 使用할 경우 굵은 骨材의 磨耗率許容限度를 43% 까지 높일 수 있겠다.

라. 굵은 骨材磨耗率이 45% 까지는 콘크리트 配合 設計를 통하여 單位시멘트량을 增加시켜 使用할 수 있겠다.

## 引用 文 獻

1. 韓國工業規格 土建編(高工部 1969)
2. 콘크리트標準示方書(農林部 1969)
3. 콘크리트骨材特集 日本セメント技術協會(1964.9)
4. 콘크리트材料配合設計法 岸本進(1966.3)
5. Concrete manual bureau of reclamation(1968)
6. 土地改良の爲のコンクリト 配合設計 岡部三郎 薄井廣(1959)
7. 國立建設研究所年報, 骨材源調査統計表(1963年度)
8. 試驗研究報告書, 土聯農業土木研究所(1965年度)
9. 鐵筋コンクリトの耐久性, 鹿啟建設研究所(1966.3)
10. Cement & Concrete No. 200 (1965. 6) 알카리骨材反應을 일으킨 콘크리트例 林國逸
11. Cement & Concrete No 252 (1968.2) ロサンゼルス試驗による 粗骨材의 すりへり 減量に關する 2.3 の考察 奥國徹 中野毅弘