報告

日本콘크리트工學(JCI) 年次大會 1993(神戶) 參席記

성 용 환
<쌍용양회공업(주) 영업기술부 차장>

김 진 춘
<쌍용양회공업(주) 중앙연구소 주임연구원>

1. 서 론

올해로써 15회째를 맞은 일본콘크리트공학 년차대회는 일본 本州 남쪽에 위치한 국제도시 神戶에서 6월 23일부터 25일까지 3일간에 걸쳐서 개최되었다. 회의장으로 이용된 고오베국제회의장은 세계 최초의 海上文化都市·Portliner안에 위치해 있고, 일본의 新交通시스템인 Portliner(mono-rail)가 주변 역과 직결되어 있었다.

대회의 주요 행사인 「제15회 콘크리트강연회」는 39분과에 438편의 논문이 6개 회의장에서 동시 발표되었고, 「제7회 콘크리트박람회」는 주제별로 3개 전시장에 56건의 제품이 출품되었다. 한편, 특별강연회에서는 「카나다의 콘크리트事情」, 「神戶市의 도시계획」 및 「건축구조물의 制震·免震」등이 발표되어서 많은 관심을 끌었다. 4개 特別委員會報告에서는 「自然環境下의 콘크리트性能硏究委員會」, 「破壞力學의 應用硏究委員會」, 「充塡材의 品質評價委員會」 및 「炭酸化硏究委員會」등의 활동내용을 보고 하였으며, 또한 본 대회 기간중에 「明石海峽大橋 1A anchorage 打設工事」와 「六甲섬의 P&G本社 신축건물 및 섬주변 新交通system」에 대한 見學會가 있었다.

본고에서는 「콘크리트工事 講演會」 및 「콘크리트博覽會」에 대한 槪況과 「明石海峽大橋 1A anchorage 打設工事」의 見學으로 나누어서 소개하고자 한다.

2. 콘크리트工學 講演會 槪況

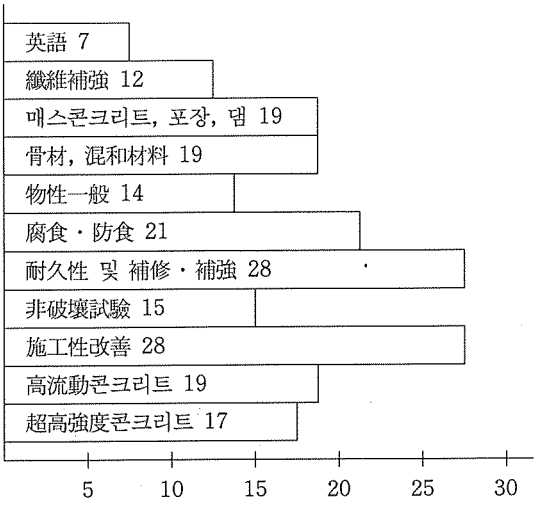
39개 분과에서 438건의 일반 논문과 3건의 특별강연 및 4개 특별위원회의 연구보고가 있었던 '93년차대회의 계획표는 다음과 같이 구성되었다<표-1>.

한편, 각 분과위별로 발표된 논문건수를 材料·施工分野와 構造分野로 나누어서 분석하면 다음과 같다<그림-1>.

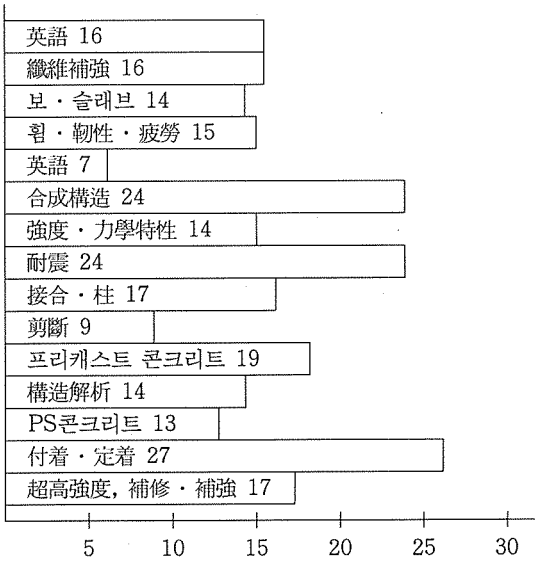
<표－1> 콘크리트공학년차대회 1993(神戶) Schedule

		제1회의장	제2회의장	제3회의장	제4회의장	제5회의장	제6회의장
6월23일(水)	09：20	開會式(제1회의장)：회장인사, 활동의 개황보고					
	13：00	＜充塡材 硏究委報告＞ ＊超高強度콘크리트(構造) ＊超高強度콘크리트(材料) I	非破壞試驗	凍害, 알카리 骨材反應	付着· 定着 I	單纖維 英語 (材料)	Prestressed Concrete
	14：00 17：00	＜自然環境下 硏究委報告＞ ＜炭酸化 硏究委報告＞ ＊超高強度콘크리트(材料) II	施工	物性一般	付着· 定着 II	英語 (構造)	構造解析, 構成法則
6월24일(木)	09：20 13：20	＊高流動콘크리트 I	骨材, 混和材 I	매스콘크리트 포장·댐 I	프리캐스트 콘크리트 I	剪斷	柱
		＊高流動콘크리트 II	骨材, 混和材 II	매스콘크리트 포장·댐 II	프리캐스트 콘크리트 II	接合部	耐震
	14：20	特別講演會(제1회의장)					
	18：50	懇親會(大阪灣의 船上 party)					
6월25일(金)	09：20 12：20	＜破壞力學硏究委報告＞ 合成·混合構造 I	炭酸化, 耐久性 一般補修·補強 (材料)	腐植·防食 I	휨, 靭性, 疲勞	耐震壁	連續維持 (構造)
	13：20	合成·混合構造 II	프레쉬콘크리트, 高強度콘크리트(材料)	腐植·防食 II 連續維持 (材料)	기둥, 슬래브	強度·力學特性, 乾燥收縮·크리이프	高強度콘크리트(構造), 補修·補強(構造)
	17：00	開會式(제1회의장)：우수강연상 발표·표창, 차기개최지로 인수인계					

＊：特定課題임.



<그림－1> 材料·施工分野 발표문(199件)



<그림－2> 構造·設計分野 발표문(239件)

<그림-1>, <그림-2>에서 알 수 있듯이 콘크리트의 시공성 개선연구 및 특수콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있으며, 레미콘과 관련된 분야의 주요 발표내용은 다음과 같았다.

<표-2> 레미콘 관련부야 주요 발표내용

분 야	주 내 용
1) 시공성 개선연구	- 다짐불요 콘크리트 개발 (High Performance Concrete ; HPC) - 불분리성 콘크리트 개발 - 고성능 AE감수제 개발 및 활용 - 콘크리트 제조시스템 개선 (표면수관리방법, 효율적인 mixing 방법)
2) 내구성 향상연구	- 염분 유입관리 - 콘크리트 중성화 방지 - 장기변형 개선
3) 혼화재료 개발	- 고로슬래그 미분말 - Silica Fume 및 Fly Ash
4) 초고강도 콘크리트 개발	- 배합 및 혼합방법 - 혼화재료 선정 - 품질관리 방법
5) 매스 콘크리트	- 온도응력 측정 및 해석 - 수화열 억제 대책 - 저발열형 시멘트 개발

3. 콘크리트 博覽會

콘크리트공학년차대회 1993(神戶)의 주요 행사의 하나로써 개최된 제7회 콘크리트 박람회는 3개 theme에 걸쳐서 48개 회사로부터 56건의 工法, 器機, 製品등 최신의 기술이 출품전시되었다. 전시회의 내용은 ① 환경과 인간이 조화된 콘크리트 ② 해안개발·인공섬 ③ 신기술·신공법·첨단기술등 3개 theme으로 구성되었으며 출품된 전시기술들을 theme별로 요약하면 다음과 같다.

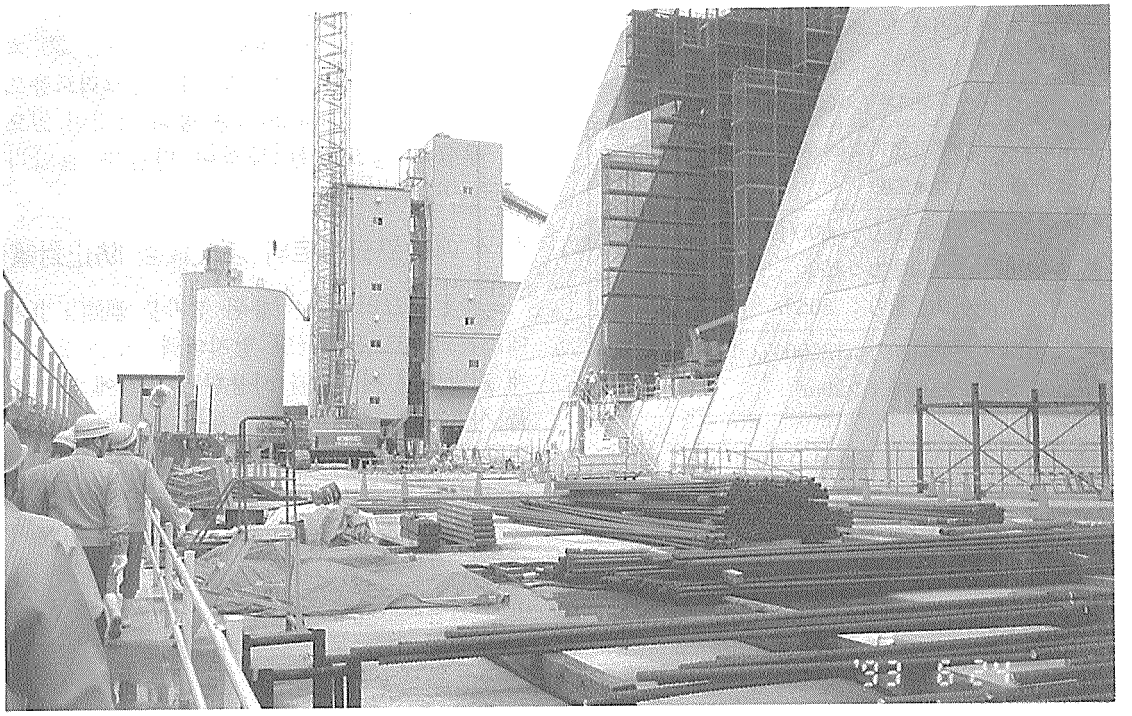
<표-3> 전시회 출품내용

theme	참가	전 시 내 용
1) 환경과 인간이 조화된 콘크리트	8	- Half PC工法과 고기능성 콘크리트 - 다짐불요 콘크리트(NVC) - 지구환경보호와 시공합리화를 위한 플라스틱 거푸집 - 도시환경개선을 목적으로한 屋上綠化工法 - 콘크리트에 관한 recycle기술 - 高流動콘크리트용 分離低減劑
2) 해안개발·인공섬	9	- 에폭시로 도포한 방청철근 - 해양콘크리트의 維持管理system - 龜裂診斷과 靜的破碎方法 - 해안작업용 대형작업선 - 녹이슬지 않는 콘크리트용 보강섬유 - 防食pannel
3) 신기술·신공법·첨단기술	39	- 고성능 AE감수제 - 超流動콘크리트 - 超高強度콘크리트용 혼화제 - 기둥과 보의 접합부를 보강하는 고강도 전단철근 - 콘크리트 보수공법 및 보수재료 - 콘크리트 자동 응결시험 장치 - 콘크리트 구조물의 내구성 진단기술 - precooling공법 - 환경개선과 절약화를 위한 혼화재료 - 레미콘 시험업무의 자동화 - 투수성 거푸집 - grouting불요 포스트텐숀 긴장재 - 최신 콘크리트 解體技術 - 콘크리트 2차제품용 생산관리시스템 - 가변식 진동시스템
합 계	56	

<표-3>으로부터 알 수 있듯이 전시회 출품내용들도 콘크리트 품질의 高性能化, 시공의 省力化 및 기존 콘크리트에 대한 維持管理기술로 집약될 수 있다.

<표－4> 明石海峽大橋 1A 下部工에 사용된 콘크리트 要求性能

기 호	사 용 구 분	골재 크기 (mm)	압축강도(kg/cm²)		Slump (cm)	단 위 시멘트량 (kg/m³)	단열온도 상 승 량 (℃)
			설계강도	배합강도			
L1	基礎頂部	40	240	300	11±2.5	260	25
L2	基礎地下連續壁 (水中콘크리트)	40	370	560	24±1.5	430	50
L3	基礎側壁	20	300	360	12±2.5	365	45
L4	基礎側壁內部 (RCC)	40	90	180	VC値 30±10秒	130	17
L5	基礎 (L4의 外周部)	40	180	220	2±1.5	190	22
L10	Anchorage軀體 (高流動콘크리트)	40	240	300	Flow 55±5	260	25



<그림－3> 明石海峽大橋 1A 定着部 施工場面

4. 明石海峽大橋 見學

4. 1 공사개요

本州四國連絡橋公團이 건설중인 明石海峽大橋는 세계 최대의 현수교로써 143만m³의 콘크리트가 소요되며 主塔基礎部 및 양쪽 定着部에 高流動콘크리트가 개발되어 적용되고 있었으며, 대규모 매스콘크리트의 품질관리가 철저히

<표-5> 콘크리트 Plant의 설비개요

설 비	용 량
1차 저장설비 (원재료)	-세골재 : 1000m³ Silo*4基 -조골재 : 1130m³ Silo*4基 -시멘트 : 1500ton Silo*1基 -물 : 246m³ Silo*1基 -혼화재 : 10m³ Silo*4基 4m³ Silo*1基
2차 저장설비 (원재료)	-세골재 : 125m³ *2槽 -조골재 : 125m³ *2槽 -시멘트 : 70m³ *1槽, 40m³ *1槽 -물 : 4m³ *1槽
計量器	-세골재 : 7000kg *1基(2種累積) -조골재 : 6000kg *2基 -시멘트 : 2850kg *1基, 1000kg *1基 -혼화재 : 40kg *1基, 25kg *1基 -후첨가제 : 25kg *1基, 15kg* 2基
Mixer	油壓可變式 2軸 強制 mixer : 6m³ *2基
얼음 製造設備	-製造能力 : 60t/日 -貯藏能力 : 100t -輸送能力 : 80t/h
冷水 製造設備	-製造能力 : 180000kcal/h *2基 -冷水탱크 : 20m³

시행되고 있는 것이 인상적이었다.

본장에서는 神戶側 定着部 1A의 시공과 관련된 콘크리트공사를 중심으로 소개하고자 한다.

4. 2 콘크리트의 요구특성 및 제조설비 개요

明石海峽大橋의 下部工 부위별로 구조상의 기능, 품질, 시공성을 만족시킬 수 있도록 여러 종류의 콘크리트가 사용되었으며 각 콘크리트의 요구성능과 제조설비 개요는 다음과 같다 <표-4>, <표-5>.

4. 3 高流動콘크리트의 開發과 施工

定着部 軀體工事는 철근과 강재가 高密度로 배치되여 있고, 1일 최대 약 1900m³를 타설해야 하는 대규모 공사이기 때문에 일반적으로 사용한 流動化콘크리트 보다도 품질이 우수하고 작업효율이 좋은 高流動콘크리트를 개발 적용하고 있었다.

개발된 高流動콘크리트는 High Performance Concrete(약칭 ; HPC)의 범주에 속하는 콘크리트로써 ① 저발열형 시멘트 사용 ② 최대 시멘트 사용량 제한 ③ 매스콘크리트용으로 최대골재크기 40mm사용 등의 특징이 있으며 배합과 강도발현 특성이 다음과 같았다 <표-6>.

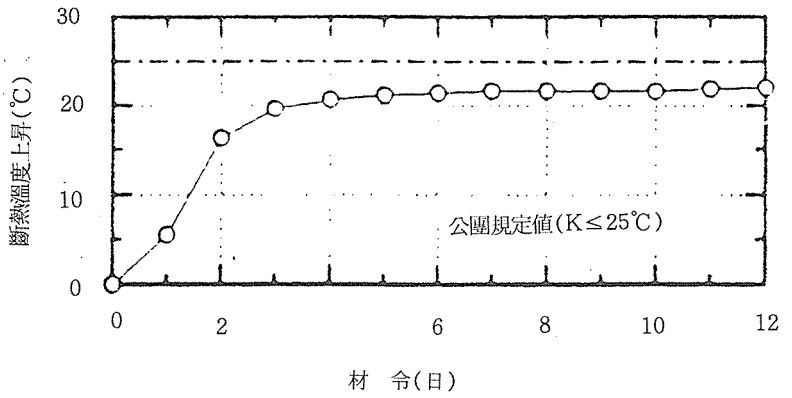
4. 4 매스콘크리트의 溫度龜裂 防止對策

高流動콘크리트가 적용된 정착부 軀體工事의 매스콘크리트 온도균열 방지대책으로는 2성분계 저발열형 시멘트를 사용함과 동시에 냉각수를 사용하고 조골재 · 세골재를 pre-cooling하여 사용함으로써 콘크리트 혼합직後 온도를 制御하였다. 또한, 타설후에 상승하는 수화발열은 pipe cooling system을 적용함으로써 초기 1주일 정도의 콘크리트 단열온도상승량을 규정치(K≤25℃)이하로 관리할 수 있었으며 그 결과의 한 例를 보면 다음과 같다.

<표-6> 배합표 및 강도 발현 특성

W/C (%)	S/A (%)	Air (%)	단위재료량(kg/m³)					혼화재*2		압축강도(kg/cm²)			
			W	C	석회석	세골재	조골재	A1	A2	7ds	28ds	91ds	180ds
55.8	36.0	4.0	145	260	150*1	615	1137	3.3	0.012	266	364	454	516

*1 : 微粉末 *2 : A1 ; 高性能AE減水劑 A2 ; AE補助劑



<그림-4> 단열온도상승치 측정결과

5. 종합소감

5. 1 행사구성

일본콘크리트공학(JCI)년차대회의 진행구성은 한국콘크리트학회(KCI)의 학술발표대회의 구성과 큰 차이가 없었지만 규모와 발표내용에서는 KCI와 큰 차이가 있었다. 특히, 특별위원회의 활동결과보고와 영어논문발표부분은 그들이 공동관심사에 대한 합동연구로 기술개발을 신속하게 추진함으로써 국제경쟁력을 확보하려는 노력과 자국내에서도 국제언어인 영어로 논문을 발표한다는 것은 일본이 국제무대의 중심에서 활동하려는 의도가 얼마나 강한지 느낄 수 있었다.

5. 2 콘크리트분야 新기술 개발동향

초고강도콘크리트, 수중불분리성콘크리트, 다짐불요콘크리트(HPC) 및 초저발열형 콘크리트등에 대해서 국내에서는 아직도 기술정보입수 또는 실험실적 실험결과가 보고되고 있는 수준이지만 일본에서는 위와 같은 新콘크리트가 현장에 적용되고 있었으며, 이들 新콘크리트에 대한 현장에서의 性能評價가 한창 진행중이였다.

한편, 戰後 고도성장기를 맞이해서 대량의 콘크리트造 구축물이 건설된 후 20~30년이 경과한 지금 補修·補強을 요하는 대상이 많아졌다. 따라서, 산업사회가 고도성장기에서 저성장안정기로 접어들면서 이들 낡은 구조물을 철거하고 재건축하기보다는 安定性과 使用性을 向上시켜서 재사용할 수 있는 補修·補強工法에 대한 연구와 관련 재료개발이 활발하였다.

5. 3 맺음말

일본이 콘크리트연구에 대한 국제화와 新콘크리트를 실용화시키기 위해서 産學硏이 공동으로 연구노력하는 것을 볼 때, '94년 건설시장이 개방되는 시점 이후부터는 新콘크리트 및 補修·補強과 관련된 외국제품들이 우리 건설현장을 누빌것은 자명한 일이다. 전자나 기계등 첨단산업분야가 국제화의 대열에서 탈락되지 않기 위해서 부단히 노력해야 하는 것이 결코 남의 일이 아니라는 것을 직접 보고 체험할 수 있는 좋은 기회였다.