

토목분야에서의 콘크리트 기술의 발전

Progress and Future Perspectives in Concrete Technology for Infrastructures



변근주*
Keun-Joo Byun



최홍식**
Hong-Sik Choi



김장호***
Jang J. Ho Kim

1. 서 언

콘크리트는 시멘트, 물, 골재, 혼화재료로 구성된 합성재료이다. 콘크리트는 강(鋼)만큼 강도나 인성이 높지는 않지만 건설재료로 가장 많이 사용되고 있는 재료이다. 그 이유는 콘크리트용 재료를 쉽게 현장부근에서 경제적으로 구할 수 있고, 구조의 형상이나 크기를 다양하게 만들 수 있으며, 다른 재료에 비하여 비교적 물의 작용에 대한 저항성이 우수하기 때문일 것이다.

미래는 어떨 것인가? 1980년 Kesler가 그의 논문 'Concrete for the Year 2000'에서 예측한 바와 같이 건설재료의 수요와 공급, 기술적경제적 장점과 같은 시장논리로 볼 때, 건설재료로서 콘크리트는 과거에 매우 중요한 재료였고, 현재에도 매우 유용한 건설재료이며, 미래에도 없어서는 안 될 재료가 될 것이 확실하다.

20세기 후반부터 전 세계적으로 모든 산업분야에 자연생태계 보존과 환경문제가 대두되기 시작했고, 콘크리트 분야도 피해갈 수 없는 상황에 이르게 되었다. 따라서 모든 건설에 사용될 건설재료의 선택은 당연히 환경의 영향을 받기 시작했다.

이런 문제가 불거져 나올 때까지 시멘트와 콘크리트 산업계, 콘크리트 전문가들은 건설 호경기에 편승하여 세상의 환경변화와 기술개발을 뒤로 미룬 채 오직 새로운 사업확장과 공급에만 매달려온 것이 사실이다. 그러나 해결의 희망이 있다는 것이 다행이다.

전문가들의 지혜를 모아 사회기반시설과 건축물의 새로운 설계 개념 및 새로운 구조시스템을 창출하고 새로운 재료 과학기술을 시멘트 및 콘크리트 생산에 접목시키고, NT, IT, BT, CT 등과 의 융합기술을 건설 기술에 도입하고, 친환경 및 지속가능한 구

조 설계, 시공, 유지관리 기술을 개발하여 적용하면 현재 관심을 모으고 있는 환경문제, 자연생태보존, 기후변화문제, 지속가능한 건설의 문제를 대부분 해결할 수 있다.

콘크리트 산업계와 전문가들은 두 가지 관점에서 매우 중요한 시점에 당면해 있다. 하나는 현 상황의 문제를 타개하기 위한 해법들을 누가, 언제, 어떻게 달성할 것인가의 문제이고, 다른 하나는 21세기 동안 건설 산업과 콘크리트 산업을 중흥시킬 미래 콘크리트 기술을 어떻게 창출할 것인가의 문제이다.

이미 선진국들의 콘크리트 관련 학계, 학회, 단체, 연구기관, 산업체들은 광범위하고 치밀한 계획을 세워 추진단계에 있으므로, 본 고에서는 토목분야 콘크리트 기술의 발전과정과 최근 기술 동향을 분석한 후 콘크리트 미래도전 기술을 제안하고, 이런 환경 하에서 한국의 콘크리트 기술과 산업이 나아갈 방향을 제시하고자 한다.

2. 콘크리트 기술의 발전 과정

2.1 콘크리트 기술의 발전

지난 세기 동안 콘크리트 기술은 신재료의 개발, 수화과정의 개선, 혼화재료 기술의 발전, 컴퓨터를 이용한 새로운 설계기술의 개발, 설계기준의 개발, 새로운 콘크리트 구조시스템과 건설기술의 개발 등을 통하여 놀라울 정도로 발전되었고, 그 결과로 콘크리트 문제점의 대부분이 해결된 것도 사실이다. 그러나 아직도 풀리지 않은 문제들이 있다. 즉, 우리는 아직도 콘크리트 구조의 내구성, 균열, 친환경문제, 구조붕괴문제 등을 해결해야 하는 과제를 가지고 있다. 현재까지 콘크리트 기술이 발전해온 과정을 요약하면 <표 1>과 같다.

2.2 한국 콘크리트 기술의 발전

우리나라 현대 토목기술은 1899년 개통된 경인철도(제물포-

* 정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 명예교수
byun@yonsei.ac.kr

** 정회원, 충청대학 토목공학과 교수

*** 정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수

표 1. 콘크리트 기술의 발전 과정

년도	발전 과정	년 도	발전 과정
1760년대 초	영국의 John Smeaton이 Calder강 감문건설에 콘크리트 사용 (현대 콘크리트의 첫 역사 기록).	1907년	영국, 오스트리아의 Design Regulations 제정.
1824년	영국 Joseph Aspdin이 Portland Cement 제조.	1909년	스위스의 Design Regulations 제정.
1847년	미국 S. Whipple이 'A Work on Bridge Building' 출판.	1910년	미국 ACI의 전신인 National Association of Cement Users가 Standard Building Regulations for the Use of RC(WSD)의 제정.
1851년	H. Haupt가 'The General Theory of Bridge Construction'의 출판.	1926년	프랑스 E. Freyssinet가 PS콘크리트 발명.
1854년	프랑스 J. L.Lambot가 철근콘크리트 모형보트를 파리 박람회에 출품.	1929년	프리스트레스를 도입한 첫 교량인 Plougastel Bridge의 건설.
1855년	프랑스 F. Cignet는 철재봉(iron bar)을 넣은 콘크리트 바닥판으로 특허 취득 후 1869년에 철근콘크리트의 응용에 관한 'Principle of Construction'의 출판.	1930년	스위스 Salginatobel RC아치교 건설.
1867년	프랑스 J. Monier는 철망을 넣어 철근콘크리트로 만든 정원용기 특허 취득, 1873년에 철근콘크리트 수조와 교량 특허, 1877년에 철근콘크리트 보와 기둥 특허 취득.	1931년	미국 AASHO의 'Standard Specifications for Highway Bridges and Incidental Structures (WSD)'의 제정: 1970년대 WSD와 USD의 혼용, 1994년에 LRFD의 도입.
1875년	스위스 기술자이며 RC교량의 선구자인 R. Maillart가 프랑스에 첫 RC교량(지간 16m, 폭 4m)의 건설.	1938년	USSR 설계기준에 강도설계법(USD)의 도입.
1875년	미국의 W.E. Ward가 첫 RC 주먹을 New York에 건설.	1949년	독일에서 Cantilever 공법으로 RC교인 Percha교의 건설.
1886년	독일의 M. Koenen이 'The Theory and Design of Concrete Structures'의 출판.	1952년	J. Muller가 처음으로 match cast-glued segmental 박스 거더 교로 Shelton Road Bridge의 건설.
1897년	미국에 첫 RC 아치 철도교(지간 9.1m)의 건설.	1956년	미국 ACI가 대체설계법으로 USD의 도입.
1898년	R. Maillart는 영국에 Glenfinnan Viaduct를 콘크리트 아치교로 건설.	1957년	영국 기준이 대체설계법으로 USD의 도입.
1898년	프랑스 F. Hennebique는 RC 구조시험방법과 배근방법 특허 취득.	1963년	프랑스 첫 segmental 교량인 Choisy Le Roi교의 건설.
1900년	프랑스 Vienn강을 건너는 Châtelleraulff RC 아치교 건설.	1964년	크로아티아에서 최장경간 콘크리트(PSC) 아치교인 Kirk교(경간장 390m)의 건설.
1903년	미국 AREA의 Specifications for Portland Cement Concrete 제정.	1969년	스위스 취리히에 경간장 40m의 첫 콘크리트 현수교(보도교)건설.
1904년	독일 Building Regulations for RC의 제정(위원장 Mörsch 교수).	1977년	프랑스 첫 PSC 사장교인 Brotonne교(주경간장 320m)를 Precast Concrete Box Girder로 건설.
1906년	프랑스에서 첫 'Specifications for Reinforced Concrete' 출판. C.A.P.Turner가 Flat slab 개발.	1978년	CEB-FIP Model Code for Concrete Structures의 제정.

노량진)의 건설로부터 출발했고, 대부분의 시설물들이 철근콘크리트 구조로 건설되었다. 20세기 초반부터 국내에 철도, 도로, 교량, 항만, 댐, 발전소, 터널, 상하수도시설들이 전국적으로 건설되기 시작했다. 그러나 1970년대부터 건설 산업이 국가경제의

주력산업으로 자리매김하면서부터 콘크리트 기술은 콘크리트 재료, 구조시스템, 구조물 설계기술, 건설기술, 설계기준 등 전 분야에 걸쳐서 현재까지 발전해 왔고, 그 개요는 <표 2~표 7>와 같다.

표 2. 콘크리트 관련 설계기준의 변천

년도	변천 과정	년 도	변천 과정
1960년 이전	일본의 콘크리트 표준시방서, 도로교 표준시방서, 철도공사표준시방서의 적용	1977년	콘크리트 표준시방서의 개정(WSD, USD의 병용) 프리스트레스 콘크리트 표준시방서 제정
1962년	철근콘크리트 표준시방서의 첫 제정(WSD, 일본기준 참조), 강 도로교 설계표준시방서의 첫 제정(일본기준 참조), KS D 3504(철근)의 규격 제정.	1982년	콘크리트 표준시방서의 개정(USD의 우선사용, ACI 기준반영)
1966년	강철도교 설계표준시방서의 첫 제정(일본기준 참조)	1989년	콘크리트 표준시방서의 개정(USD, RC와 PSC 기준의 통합)
1968년	무근 및 철근콘크리트 표준시방서의 개정(USD의 개념도입, 일본, ACI기준 반영)	1996년	콘크리트 표준시방서의 개정(내구성 기준 추가)
1972년	콘크리트 도로교 설계표준시방서의 제정(일본기준 반영)	1999년	콘크리트 구조설계기준, 콘크리트 표준시방서의 통합개정(토목과 건축분야의 통합)
* 각국의 설계기준		- 독 일	German Code of Practice for RC, DIN : 1045
- 미 국	ACI 318-08	- 러시아	Specifications for Steel Reinforcement (USSR)
- 영 국	BS Code of Practice for RC, CP 110 and BS 8110	- 프랑스	Technical Specifications for the Theory and Design of RC Structures, CC-BA
- 캐나다	National Building Code of Canada	- 일 본	コンクリート標準示方書

표 3. 사용재료의 변천

사용 재료	년도	변천 과정
콘크리트 강도	1960년 이전	$f_{ck} = 14 \sim 21$ MPa
	1960 ~ 1980년	$f_{ck} = 21 \sim 24$ MPa(RC) $f_{ck} = 30 \sim 45$ MPa(PSC)
	1990년 이후	$f_{ck} = 21 \sim 30$ MPa(RC) $f_{ck} = 30 \sim 45$ MPa(PSC)
철근의 강도	1980년 이전	SD 240
	1980년 이후	SD 300 ~ SD 400 ~ SD 500 W
PS강재	1980년 이전	PS강선
	1980 ~ 1990년	PS강봉, PS강 스트랜드 사용
거푸집과 동바리	1970년 이전	목재거푸집, 합판, 통나무동바리
	1970년 이후	거푸집에 FRP, 플라스틱, 석고보드, 아크릴 수지, 투명염화비닐계수지, 문양표면거푸집, 단열거푸집, 영구거푸집, 탈수거푸집, 잉여수 배출 및 흡수형 거푸집, 시스템거푸집(현장/공장 조립형 handset form, flying form, climbing form, 이동식 거푸집, slip form, sliding form) 등의 사용 강관동바리, steel frame shoring, 시스템동바리 사용

표 4. 콘크리트 교량 건설공법의 변천

년도	변천 과정
1970년 이전	현장타설 동바리 공법(FSM)
1970년 이후	콘크리트 교량의 건설에 <표 5>의 건설공법과 <그림 1>의 적용기간 채택
1981년	원효대교는 FCM으로 건설
1983년	영동1교는 FSM으로 건설(첫 PS 스트랜드 사용)
1984년	금곡천교는 ILM, 노량대교는 MSS, 강변북로교량은 PSM으로 건설 1962년부터 프리캐스트 거더 공법이 적용

표 5. 콘크리트 교량 건설공법

동바리를 사용한 공법	현장 타설 공법	전체 지지식	
		지주 지지식	거더 지지식
동바리를 사용하지 않는 공법	현장 타설 공법	캐뮬레버공법 (FCM공법)	이동식 작업차에 의한 가설 이동식 가설트러스에 의한 가설
		이동식 비계공법 (MSS공법)	상부이동식 하부이동식
		압출공법 (ILM공법)	집중압출공법 분산압출공법
	프리캐스트 공법	프리캐스트 거더공법	크래인을 이용한 가설 거더설치기를 이용한 가설 기타가설공법
		프리캐스트 세그먼트 공법 (PSM 공법)	크래인을 이용한 가설(assembly truss를 이용하는 span by span method) 거더설치기를 이용한 가설 기타 가설공법

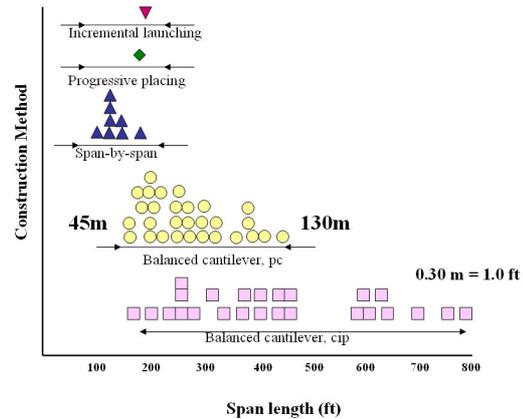


그림 1. Span ranges of box girder bridges for various construction method

표 6. 콘크리트 구조설계방법의 변천

년도	변천 과정
1970년대 중반 이전	기계식 계산기, 전동계산기, 계산자를 이용한 수계산으로 설계
1970년대 후반 ~ 1990년	FORTRAN언어를 이용하는 전자계산기로 설계, FEM의 도입, PC의 보급, KISTRAS등 각종 설계 소프트웨어로 설계, Plotter사용
1990년 이후	<표 7>과 같은 구조해석기법을 도입한 구조해석 및 S/W를 이용하여 모든 설계를 전자계산기로 수행

2.2.1 콘크리트 교량 형식의 변천

콘크리트 교량형식은 구조형식, 재료구성, 시스템 가설구조공법, 시대의 변천에 따라 변하게 된다<표 8>.

주요형식별 및 공법별로 국내에서 처음으로 건설된 주요 교량을 열거하면 <표 9>과 같다.

표 8. 교량 형식의 변천

년도	변천 과정
1910-1960년	RC 슬래브교, RC T형교, RC 라멘교, RC 아치교, 게르버 거더교
1960-1980년	PSC 슬래브교, PSC I형 거더교, PSC π형교, RC박스거더교, RC 중공슬래브교, 콘크리트-강합성 거더교
1980년 이후	PSC 박스거더교, PSC 사장교, 프리플렉스 거더교, PSC 라멘교, Extradosed Bridge, Hybrid Bridge, 콘크리트 사장교, 초고강도 RPC 아치교, 조립교 PSC 박스거더교, FRP 교량

2.2.2 토목기술의 분야별 주요 콘크리트 구조

대부분의 사회기반시설은 콘크리트 구조로 건설되는 것이 일반적이기 때문에 콘크리트의 적용대상구조가 다음과 같이 매우 다양하다.

- 1) 도로 분야: 교량, 콘크리트 포장, 암거, 터널라이닝, 옹벽,

표 7. 콘크리트 구조의 구조해석기법

Structural System	Types of Structures	Recommended Methods of Analysis
Framed Structures	2-D Frames Continuous Girders Rahmens Arches Cable-Stayed Bridges	(i) Beam Theory (ii) 2-D Frame analysis: Displacement Method
	3-D Frames Space Structures Curved Girders 3-D Rahmens	(i) 3-D Frame Analysis: Displacement Method (ii) Combinations of Grillage Analysis and 2-D Frame Analysis: Displacement Method (iii) Theory of Flexure and Torsion (iv) 3-D Finite Element Method
Grid Structures	T-Girders Box Girders	(i) Structural Analysis considering Load Distribution (ii) Grillage Analysis: Homberg, Leonhardt, Guyon-Massonnet, etc. (iii) Approximate Method of Bridge Design Code (iv) Grillage Analysis: Influence Lines, Displacement Method
Plate Structures	Solid Slabs Voided Slabs	(i) Theory of plates - Isotropic plates: Olsen Method - Orthotropic plates: Guyon-Massonnet - Skew plates: Olsen, Nielsen, H.Vogt - Code Moment Coefficients (ii) Grillage Analysis - Displacement method (iii) Finite Element Method
	Flat Slabs Flat Plates	(i) Simplified Method of Design Code (ii) Combination of Grillage Analysis and 2-D Frame Analysis: Displacement Method (iii) 3-D Frame Analysis: Displacement Method (iv) Finite Element Method

표 9. 교량 형식별 및 건설 공법별 주요 교량

년도	형식	위치
1910년	RC T형교	나주 안영교 (현존교량 중 가장 오래된 교량)
1923년	RC 라멘교	창원 외동교
1924년	RC 아치교	화순 연덕교
1936년	RC 게르비교	광진교(최근 철거되었음)
1946년	RC T형보	안동 범흥교, 함천 나정교 (광복후 첫교량, 첫 RC 말뚝시공)
1962년	PSC I형 거더교	가평 구운교
1966년	RC 중공슬래브교	정선 용탄소교/대교
1981년	PSC 박스 거더교	월효대교 (첫박스거더교, FCM, Dywidag 공법)
1983년	PSC 박스 거더교	금곡천교(ILM 공법)
1984년	PSC 박스 거더교	노량대교(MSS 공법)
1984년	PSC 연속슬래브교	김천교(FSM 공법)
1986년	PSC 합성 거더교	월계천 철도교(첫 PSC 철도교)
1987년	콘크리트사장교	88올림픽대교(사장교, FCM)
1994년	PSC 박스 거더교	강변북로 강변교(PSM)
2000년	PSC 라멘교	서해대교
2000년	Extradosed 교	북한강교
2004년	조립식 PSC 중공슬래브교	전북 아전교

배수구조, 방호벽, 환기터널, 침매터널 등

- 철도 및 도시철도 분야 : 교량, 지하박스(개착터널), 터널 라이닝, 도상, 침목, 암거, 옹벽, 배수구조, 정거장, 환기 시설, 고가철도, 경전철, 차량기지 등
- 공항 분야 : 활주로, 유도로, 계류장의 콘크리트 포장, 지하도, 공동구, 배수구조, 관제탑, 터미널 빌딩, 고가도로, 격납고 등
- 수공 분야 : 콘크리트댐, 댐여수로, 도수터널, 수력발전소, 가배수터널, 보, 취수문, 수제공, 양수장, 취입보, 집수암거, 수로, 방조제, 배수갑문, 갑거, 갑문, 하구언, 운하구조, 수로터널, 저수터널, 빗물펌프장, 표면차수벽 석괴댐, Roller Compacted Concrete Dam 등
- 항만분야 : 안벽, 물양장, 잔교(옹벽식, 잔교돌핀식), 방파제(대형 블록식, 케이슨식), 관제탑, 방사제, 파계제, 호안, 도류제, 독크와 갑문, 등대, 창고, 세관시설, 콘크리트 함괴 등
- 환경/상하수도 분야 : 취수시설, 정수장, 침전지, 여과지, 가압장, 배수지, 양수장, 소독지, 응집지, 송수관로, 암거, 배수로, 복개구조, 하수도, 측구 등
- 에너지 분야 : 원자력발전소의 격납구조, 지하폐기물 처리장, 폐기물저장용기, 지하 유류 저장고, 지하식품저장고, LNG 탱크, 지중선공동구, 도수터널, 수압연직터널, Shield 터널 세그먼트 등

3. 콘크리트 기술의 최근동향

3.1 최근 기술 동향

화석연료의 사용증가로 대기 중에 CO₂량이 증가하면서 탄산화 문제가 야기되었고, 해안 및 해양구조의 건설 증가로 염해문제까지 제기되면서 콘크리트 구조의 내구성 관련 기술과 저탄소 녹색성장 관련 기술 등이 이슈로 부각되기 시작했다. 따라서 사회구조와 사회환경의 변화, 기후변화 등에 대응하기 위한 콘크리트 신기술 등이 쉬지 않고 연구 개발되고 있다.

콘크리트 기술의 발전은 고강도 및 고성능콘크리트, 구조용 경량콘크리트, 섬유보강콘크리트, 내구성, 콘크리트 재료역학과 파괴역학, 비선형 구조해석기술, 콘크리트 부재의 설계이론과 설계기준, 설계 및 시공자동화, 장대교량과 초고층건축물 등을 중심으로 이루어졌고, 최근에는 친환경 및 지속가능한 콘크리트 기술, NHT:BT:NT 기술과의 접목기술, 화재 및 폭발해석, 성능기반설계기준의 개발에 관심이 집중되고 있다.

3.2 콘크리트 재료분야의 기술동향

재료분야에서는 <그림 2>와 같은 nano-particle로 구성되는 Nanoconcrete, 단위질량 1,300 kgf/m³ ~ 2,000 kgf/m³ 이고 18 ~ 42 MPa의 강도를 가지는 구조용 경량 콘크리트, 100 ~ 200 MPa의 강도를 가지는 초고강도 및 고성능콘크리트, 스마트 콘크리트 등이 활발하게 연구되고 있다.

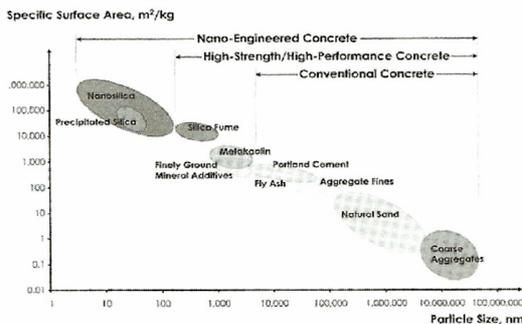


그림 2. The particle size and specific surface area scale related to concrete materials.

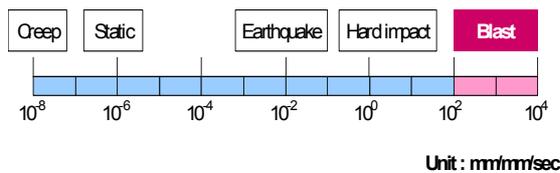


그림 3. Strain rates associated with different types of loading

3.3 콘크리트 역학분야의 기술 동향

콘크리트 역학분야에서는 콘크리트를 복합재료로 고려하여 탄성계수를 추정할 수 있는 수학적 추정모델, 현재까지도 설계기준과 연구자에 따라 큰 차이를 보이는 콘크리트의 시간의존성 거동 모델, 콘크리트의 온도균열을 저감시키기 위하여 열유동 경계조건과 대류 경계조건, 복사열 경계조건을 도입한 유한요소 열전달 해석기법, 내구성 영향인자들을 동시에 고려하는 내구성인자연동 해석과 내구성-구조안전성 연동해석기법, <그림 3>과 같이 높은 변형률 속도(strain rates)를 가진 하중 즉, 폭발하중을 받는 구조의 폭발거동 해석기법(blast analysis) 등에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

4. 콘크리트 기술의 미래과제

4.1 21세기 사회의 요구조건과 콘크리트 기술의 미래과제

콘크리트 구조의 건설이 사회에 미칠 수 있는 환경충격을 최소화하고, CO₂ 배출량을 감소시키고 에너지 소비량을 감소시킬 수 있는 환경 친화적 기술을 개발할 필요가 있다.

단기적인 대책으로는 자원재활용을 극대화하는 산업생태환경(industrial ecology) 보존을 고려하고, CO₂ 배출량을 감소시키기 위하여 시멘트 생산과정에 광물질 미분말(mineral powder)의 사용량을 증가시켜 클링커 계수를 낮추는 안을 고려할 수 있을 것이다. 또한 장기적인 대책으로 콘크리트 구조물의 내구성을 증진시켜 장수명화를 추구하는 등의 지속가능한 콘크리트 기술을 개발하여야 할 것이다. Wilson의 개념을 도입하여 Mehta는 <그림 4>와 같은 지속가능한 기술개발 개념을 제안하였다. 즉 <그림 4>는 사회의 사회경제학적 요구, 인간의 가치, 물리학과 생명과학을 고려하는 기술 자료 축적의 3축이 공유하는 TSD(technology for sustainable development)의 공간을 극대화하는 지속가능한 기술을 개발할 필요가 있다.

4.2 기술적인 도전과제

콘크리트 기술은 21세기에 들어서서 기술의 패러다임을 크게 변화시키고 있다. <그림 5>에서 볼 수 있듯이 콘크리트 기술은 기술의 대량생산시대, 품질관리시대를 거쳐 다른 기술 분야와 마찬가지로 가치에 초점을 맞추는 디자인 시대로 콘크리트 기술의 패러다임이 변모하기 시작하였다. 디자인 시대는 환경적인 이슈, 디자인 공간의 확장, 지속가능한 기술, 증가되는 사회의 기대치, 미학적 충격 등을 추구하는 새로운 발상의 시대이다. 콘크리트 산업 분야와 콘크리트 전문가들은 이 시대의 흐름과 기대를 간파

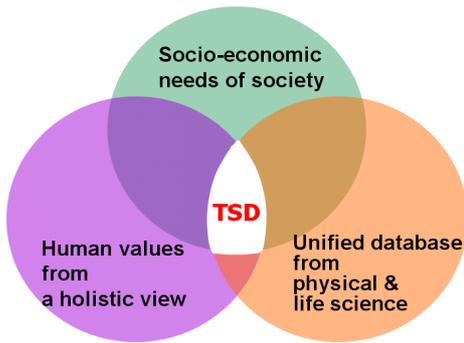


그림 4. Evolution of technology for sustainable development

해서는 안되며, 이런 기초를 바탕으로 콘크리트 기술의 성능, 고품질, 고내구성, 지속가능성, 산업경쟁력, 건설 산업분야에의 이익증대 기여, 국가 경제성장에 기여할 수 있는 방안을 이끌어 내야 한다.

선진국의 콘크리트 전문가 집단은 향후 콘크리트 산업을 주도할 새로운 미래기술의 창출에 열을 올리고 있다. 그 중의 하나로 미국 ACI가 구축한 「Vision 2030: A Vision for the U.S. Concrete Industry」를 들 수 있다. 이 계획은 미국만이 아니라 우리나라 콘크리트 산업과 전문가들도 추구해야 하는 도전과제라고 할 수 있기 때문에, 이 계획과 국내의 여건을 고려한 콘크리트의 미래도전 과제를 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 생애주기 전과정의 기술향상(process improvements)
- 2) 건설 성능향상(product performance)
- 3) 에너지 효율제고(energy efficiency)
- 4) 환경성능의 제고(environmental performance)
- 5) 설계회사와 건설회사의 이익증대를 위한 기술개발과 기술지원(technological innovation for contractors and consulting companies)
- 6) 건설 및 콘크리트 산업의 사회적 인식제고(industry

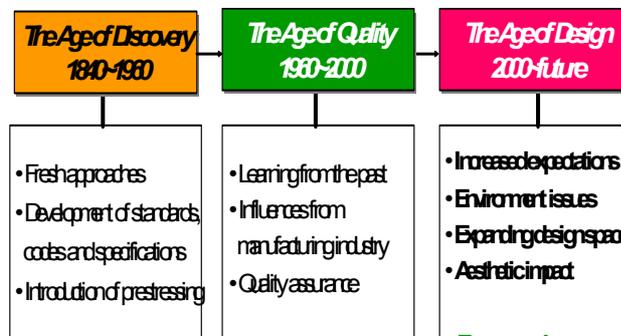


그림 5. 21st century concrete technology

image)

- 7) 제도개선(institutional improvements)
- 8) 교육과 고용(education and employment)

5. 결 론

콘크리트 기술과 산업은 국가의 경제발전과 타 산업분야에 활력을 불어 넣을 수 있는 기간산업임에 틀림이 없다. 그러나 그동안 새로운 기술 개발을 위한 투자부족, 연구부족, 사회변화에의 대응력 부족 등의 시련을 맞기도 하였으나 최근 정부의 연구지원으로 다시 활기를 띠기 시작하였다. 콘크리트 기술의 최근 동향과 미래 도전기술에서 기술한 바와 같이 앞으로 콘크리트 전문가는 기후변화, 환경요구조건, 저탄소녹색성장분야, 설계 및 구조 시스템 분야, 콘크리트 재료 분야, 콘크리트 제조 및 시공 분야, 콘크리트 구조의 보수보강 분야, 새로운 한국형 설계기준의 개발 분야, 새로운 첨단 기술과의 융합 분야 등에서 새로운 기술을 연구 개발해야 될 것이다.

과거로부터 현재까지 콘크리트는 중요한 건설재료로써의 역할을 담당하였고, 앞으로도 더욱 필수불가결한 건설재료로 우뚝 설 것이고, 사회로부터 영구히 사랑을 받는 친환경적 지속가능한 건설재료로 발전할 것이다.

참고문헌

1. ACI, Nanotechnology of Concrete, ACI SP-254, 2008.
2. ACI, Roadmap 2030: The U.S. Concrete Industry Technology Roadmap, ACI, 2002.
3. ACI, Building Code and Commentary, ACI 318-08, 2008.
4. Boyd, A.J., Mindess, S., and Skalny, J., Cement and Concrete-Trends and Challenges, ACS, 2002.
5. Concrete Bridge Development Group, Concrete Bridges, 1997.
6. Hassoun, MN. and Al-Manaseer, A., Structural Concrete: Theory and Design, John Wiley & Sons, 2005.
7. Metha, P.K. and Monteiro, P.J.M., Concrete : Micro-structure, Properties, and Materials, McGraw-Hill, 2006.
8. Neville, A.M., Concrete : Neville's Insights and Issues, Thomas Telford, 2006.
9. Ryall, M.J., Parke, G.A.R., and Harding, J.E., Manual of Bridge Engineering, The Institution of Civil Engineers, 2000.
10. 대한토목학회, 한국토목사, 대한토목학회, 2001.

담당 편집위원 : 권기주(한국전력공사 전력연구원) kyeunkjoo@kepeco.co.kr