

특집

|| 콘크리트의 공장제품 ||

일본의 콘크리트 제품 현황과 전망

- The Present Condition and Prospects of Concrete Products in Japan -



福澤 公夫*



三井 雅一**



김무한***

1. 서론

콘크리트 제품은 프리캐스트 콘크리트의 일종이며, 일반적으로 공장에서 생산되는 무근 콘크리트, 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 부재를 말한다. 본고는 일본에서의 콘크리트 제품에 대한 기술적 동향을 소개하는 것으로서 일본에서는 콘크리트 제품마다 관계자에 의해 이루어지기 때문에 이를 체계적으로 기술하는 것은 곤란하며, 되도록 광범위한 정보를 전달하고자 하지만 필자들의 지식부족으로 소개할 수 없는 부분도 많이 존재하는 점에 대해 양해를 구하고자 한다. 또한 신기술의 소개에 있어서 그 기술이 어느 정도 새로운 것인지를 나타내기 위하여 현재에 이르기까지의 경위에 대해서도 약간 다루기로 한다.

2. 콘크리트 제품의 종류와 규격

2.1 일본공업규격(JIS)과 콘크리트 제품의 종류

일본공업규격(JIS)은 1949년 공업표준화법으로서 공포되었으며 1950년에는 도목용으로서 석면 시멘트 관이나 원심력 혹은 톨업연한 철근 콘크리트 관, 보도용 슬래브, 건축용으로서는 시멘트 기와, 두꺼운 형태의 스테이트 지붕재가 있다¹⁾. 그 후 대량

생산된 제품에 대하여 순차적으로 JIS화가 석면 스테이트, 목모 시멘트판 보드류 등의 규격이 이루어져 진행되었다.

지금까지 JIS 규격은 콘크리트 제품의 형상·치수·재료의 사양이 규정되어 있어, 공사의 효율화를 도모하기 위해 제품을 대형화하거나 경관·환경 등을 배려하고자 하는 방안 등에 적합하지 않은 상황이었다. 한편 JIS 마크를 각 콘크리트 제품에 표시하기 위한 허거나 절차가 복잡하고 필요이상의 비용이 소모되는 문제점이 있었다. 이와 같은 불합리를 개선하기 위하여 콘크리트 제품의 JIS체계가 2000년부터 2001년에 걸쳐 대폭적인 수정이 이루어졌다.

새로운 콘크리트 제품의 JIS 체계는 그룹 I 「기본규격」, 그룹 II 「구조별 제품군 규격」 및 그룹 III 「용도별성능·추천사양규격」으로 구성되어 있다. 그룹 I 「기본규격」은 <표 1>에 나타난 바와 같이 JIS A 5361 「콘크리트 제품의 종류, 호칭 및 표시」, JIS A 5362 「요구성능과 조사방법」, JIS A 5363 「성능시험방법」, JIS A 5364 「재료 및 제조방법」 및 JIS A 5365 「검사방법 통칙」으로 되어 있으며, 이는 종래 개별 제품 규격의 공통사항을 통합하여 제정된 것이다.

JIS A 5361에서는 콘크리트 제품의 종류를 용도, 구조, 제조방법별로 구분하고 제품의 명칭을 통일화하고 있으며, 이 중에서는 리사이클 재료의 사용을 마크로 표시함으로써 자원의 유효이용촉진에 대한 배려도 이루어지고 있다. 또한 JIS A 5364에서는 재생골재의 사용이나 레디믹스트 콘크리트 제품에 대한 재생골재의 이용도 가능하도록 하는 내용으로 되어 있다. 그룹 II

* 茨城대학교 도시 시스템공학과 교수, 공학박사

** 茨城대학교 세틀라이트 벤처사업연구실 연구원, 공학박사

*** 정희원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 그룹 I 「기본규격」 일람

규격 No.	제정년도	명칭
JIS A5361	2000	종류, 호칭 및 표시에 관한 통칙
JIS A5362	2001	요구성능과 그 조사방법
JIS A5363	2001	성능시험방법 통칙
JIS A5364	2000	재료 및 제조방법의 통칙
JIS A5365	2000	검사방법 통칙

표 2. 그룹 II 「구조별제품규격」 일람

일본공업규격(2000년7월21제정)		포함된 일본공업규격 (2000년10월20일폐지)
JIS A 5371 「프리캐스트 철근콘크리트 제품」	부속서1 (규정)	수로용 철근 콘크리트 관
	부속서2 (규정)	포장용 평판
	부속서3 (규정)	도로용 콘크리트 L형 측구
	부속서4 (규정)	도로용 경계 블록
	부속서5 (규정)	조적 블록
JIS A 5372 「프리캐스트 철근콘크리트 제품」	부속서1 (규정)	수로용 철근 콘크리트 관
	부속서2 (규정)	수로용 원심력 철근 콘크리트 관
	부속서3 (규정)	도로용 상부식 U형측구
	부속서4 (규정)	철근 콘크리트 시트 파일
	부속서5 (규정)	도로용 철근 콘크리트 L형측구
	부속서6 (규정)	철근 콘크리트 말뚝
	부속서7 (규정)	조립 토벽
	부속서8 (규정)	하수도용 맨홀 측과
	부속서9 (규정)	후륜
	부속서10 (규정)	cable trough
	부속서11 (규정)	도로 배수용 조합 암거블록
JIS A 5373 「프리 스트레스 제품」	부속서1 (규정)	PC 전주
	부속서2 (규정)	도로교용 PC 거더
	부속서3 (규정)	경하중 슬래브교용 PC 거더
	부속서4 (규정)	수로용 PC 관
	부속서5 (규정)	PC 말뚝
	부속서6 (규정)	PC 시트 파일

표 3. 그룹 III 「용도별성능·추천사양규격」 일람

No.	발행	명칭
TR A 0003	2000	제2부 : 말뚝
TR A 0009	2001	제3부 : 교량용 제품
TR A 0004	2000	제4부 : 용벽류
TR A 0005	2000	제5부 : 암거
TR A 0010	2001	제6부 : 맨홀
TR A 0011	2001	제7부 : 노면 배수 측구
TR A 0012	2001	제10부 : 전주

표 4. 일본의 시멘트 수요 부문별 판매고

항목 수요 부문	2002년 1월			2001년도 구성비	
	구성비	전년비			
굳지않은 콘크리트	3220	71.0	103.1	48322	72.4
제품	673	14.8	95.0	8830	13.2
토목	354	7.9	99.9	5341	8.0
건축	52	1.1	122.1	737	1.1
기타	237	5.2	96.6	3536	5.3
국내 합계	4536	100.0	101.3	66766	100.0

「구조별 제품군 규격」은 <표 2>에 나타난 바와 같이 JIS A 5371 「프리캐스트 무근콘크리트 제품」, JIS A 5372 「프리캐스트 철근 콘크리트 제품」 및 JIS A 5373 「프리캐스트 프리스트레스 콘크리트 제품」으로 구성되어 있다. 이는 종래의 개별적으로 규정되어 있던 JIS가 제품의 구조에 따라 구분되어 규정된 것이다. JIS화되어 있던 콘크리트 제품은 표준사양의 규정에 따라 제조되는 제품(I종)으로 취급하며 그것들의 표준사양이 부족으로 규정되고 있으며 이를 통하여 일본의 콘크리트 제품의 종류를 알 수 있다.

또한 상기 콘크리트 제품의 일부를 개량한 제품이나 새롭게 개발된 콘크리트 제품에 대해서도 인도시 당사자간의 협의에 따라 정해진 요구성능을 만족하도록 제조하는 제품(II종)으로 취급하고 I종과 동등한 성능이 확보되는 것을 조건으로 JIS에 포함하도록 하였다. 그룹 III 「용도별 성능·추천사양규격」은 종래의 사양규정에서 성능규정으로 변동된 것으로서 <표 3>에 나타난 바와 같이 기술정보(TR)로서 제품규격이 공표되어 있으며 향후 그룹 II의 부속서로서 포함되도록 하는 방향이 검토되고 있다.

2.2 생산량

<표 4>는 일본의 시멘트 수요부문별 판매고를 나타낸 것으로 콘크리트 제품에 이용되는 시멘트는 전 생산량의 약 15%를 차지하고 있다. 이러한 비율은 20년 이상에 걸쳐서 변화하고 있지 않으며 <표 5>는 경제산업성의 통계자료를 기본으로 하여 작성된 주요 콘크리트 제품의 최근 출하고이다.

2.3 콘크리트 제품단체

일본에서는 콘크리트 제품의 종류마다 협회가 조직되어 있으며 그 대표적 협회는 <표 6>에서 보는 바와 같다.

3. 콘크리트 제품의 동향

3.1 콘크리트 파일

3.1.1 RC 파일과 PC 파일

1949년경부터 원심력다짐에 의한 콘크리트 파일의 생산이 활발하게 이루어졌으며 1955년에는 JIS A 5310 「원심력철근콘크리트말뚝」이 제정되었다. 또한 일본 최초의 PC 파일은 <사진 1>과 같이 해수 중 고가도로교 교각의 적용을 목적으로 하여 1962년에 제조되어 현재도 사용되고 있다.

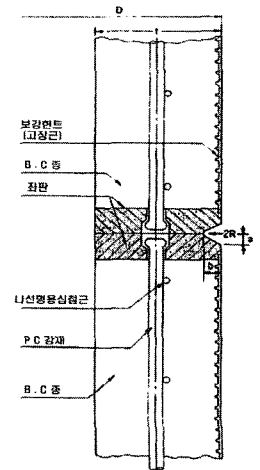


그림 1. 파일의 용접이음부의 일례

표 5-a. 주요 콘크리트 제품의 출하고

주요 시멘트 제품 출하고 I (경제산업성조사)					
원심력 철근 콘크리트 제품			공동 콘크리트 블록(t)	호안용 콘크리트 블록(t)	도로용 콘크리트 제품(t)
관 (t)	전주 (t)	파일 (t)			
1,196,410	872,056	3,656,616	140,087	2,990,513	8,166,667

표 5-b. 주요 콘크리트 제품의 출하고

주요 시멘트 제품 출하고 II						
PC 제품			석면제품		목재 시멘트판 (천매)	기포 콘크리트 제품(m ³)
침목(t)	보·도리(t)	기타(t)	파형 석면 슬레이트(천매)	석면 시멘트판(천매)		
71,463	566,652	855,024	6,771	28,580	12,284	2,457,241

표 6. 일본의 콘크리트 제품

제품협회	연락처		
전국혼관협회	주소 : 東京都 中央區 銀座7-14-3 松慶빌딩 4층	전화 : 03-3543-1441	
(사)콘크리트전주·파일협회	주소 : 東京都 港區 浜松町2-7-15 일본공측2호관3층	전화 : 03-3597-7091	
(사)콘크리트파일건설기술협회	주소 : 東京都 港區 浜松町2-7-15 일본공측2호관3층	전화 : 03-3353-7966	
전국콘크리트 제품협회	주소 : 東京都 新宿區 四谷1-8-8 佐伯千成빌딩	전화 : 03-5689-2771	
(사)전국토목콘크리트블록협회	주소 : 東京都 文京區 本郷타나베빌딩	전화 : 03-5689-0491	
(사)전국건축콘크리트블록공업회	주소 : 東京都 千代田區 岩本町2-17-4	전화 : 03-3851-1076	
인터록킹블록 포장기술협회	주소 : 東京都 千代田區 岩本町2-17-4산치카7층	전화 : 03-3851-3234	



사진 1. 일본 최초의 PC 파일(일본콘크리트공업(주) 제공)

PC 파일은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 파일의 양 끝단을 용접철물을 붙이고 파일과 파일을 용접에 의해 접합하기 때문에 말뚝의 휨강도를 100% 전달할 수 있으며 설계 및 시공상 유리하고, RC 파일로도 대체 가능하여 그 사용량이 급격히 증가하였다. 1968년에 JIS A 5335 「프리텐션방식 원심력 PC 말뚝」과 JIS A 5336 「포스트텐션방식 원심력 PC 말뚝」이 제정되었다.

3.1.2 고강도 콘크리트 파일(PHC 파일)

1970년경부터 고성능 감수제를 다량으로 첨가하여 낮은 물-시멘트비로 제조한 콘크리트를 오토클레이브 양생함으로서 압축강도 80 Mpa 이상의 고강도 콘크리트로 제조한 PC 파일이 개발되었다²⁾. 비용 대 성능비가 매우 높아 생산량이 증가하였으며 1982년에는 JIS A 5337 「프리텐션방식 원심력고강도PC말뚝」이 제정되었다.

3.1.3 외각강관 고강도 콘크리트 파일(SC 파일)

고강도 콘크리트의 휨강도 및 변형성능을 높이기 위한 목적으

로 1976년에는 강관의 내측에 원심력에 의해 팽창 콘크리트를 내부에 넣은 외각강관 고강도 콘크리트 파일이 개발되었다. 이러한 SC 파일은 휨강도가 크고 변형성능이 우수하여 대형 구조물의 기초말뚝으로서 사용되고 있다.

3.1.4 강화 PHC 파일

1995년 1월에 발생한 兵庫현 남부지방의 지진에서는 콘크리트파일의 전단파괴에 의한 피해가 다수 보고되었다. 이러한 피해를 극복하기 위하여 파일의 나선근 양을 증가시키고 중공부를 콘크리트로 충전하여 전단파괴가 선행되지 않도록 제조한 강화 PHC 파일이 개발되었다. 예를 들어 외부 직경 400 mm의 파일의 경우 종래에는 직경 4 mm의 철선을 50 mm 피치로 배근하였으나 이를 호칭직경 10 mm의 이형철근을 동일한 피치로 배치함으로써 중앙간격을 좁힐 경우 주근 항복시 7배 이상 변형성능이 우수함이 확인되었다.

3.1.5 PRC 파일

그 후 각 제조사에서는 주근에 PC 강재에 더하여 비긴장강재를 배치하고 전단보강근을 다량으로 사용한 PRC 파일을 개발하였다. 각 제조사의 사양이 각기 다른 점으로 인한 사용자의 불편을 해소하기 위하여 1999년에는 콘크리트건설기술파일협회에 의해 표준적 사양이 책정되었다.

3.1.6 고강도 RC 파일

긴장강재를 이용하지 않고 축방향의 이형철근을 다량으로 배치(많은 경우는 단면적의 10%)하고 고강도 나선근($\sigma_{sy} = 685$

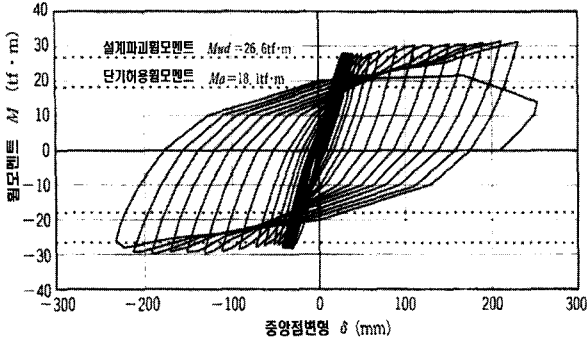


그림 2 고강도 PC 말뚝의 휨모멘트-변형곡선

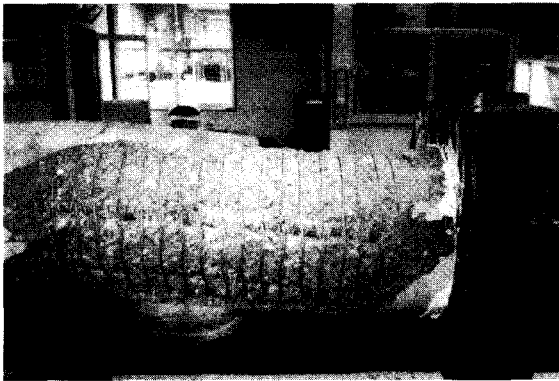


사진 2 고강도 RC 말뚝의 파괴상상(일본콘크리트공업(주) 제공)

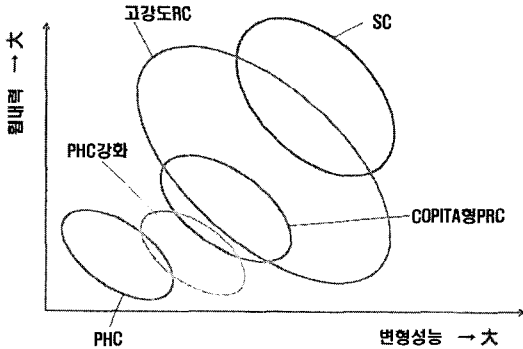
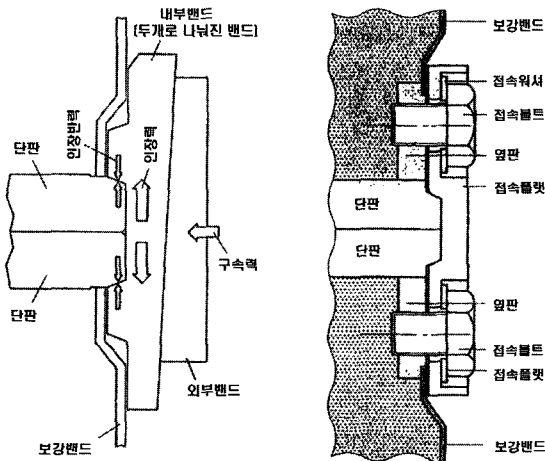


그림 3. 각종 파이프의 성능비교



a. 썩기식

b. 플레이트식

그림 4. PHC 파이프의 무용접이음부

N/mm^2) 및 팽창 콘크리트를 적용한 케미컬 프리스트레스를 도입한 고강도 철근 콘크리트 파이프(고강도 RC 파이프)도 개발되어 있다³⁾. 팽창 콘크리트에 의해 케미컬 프리스트레스가 이루어져 지진시에 필요한 균열강도를 증대시키는 것을 목표로 하고 있다. 이 파이프의 하중-변형곡선의 일례를 <그림 2>에, 시험 후의 상태를 <사진 2>에 나타낸다. 이와 같이 내진성능을 향상시킨 콘크리트파이프의 사용이 기대되며 각종 파이프의 성능비교 및 개요를 <그림 3>에 나타낸다.

3.1.7 무용접이음

PC 파이프는 용접이음을 통한 이음부의 일체화로 인하여 그 수요가 증대했지만 직경이 증가함에 따라 용접에 필요한 시간이 증가하여 시공성이 저하한다. 현장에서 용접시간의 단축 및 시공관리의 용이를 목적으로 1994년경 <그림 4(a)>에 나타낸 바와 같은 PHC 파이프의 무용접이음이 개발되었다. 이러한 이음은 단부금속철물, 내부 링 및 외부 링으로 구성되며 2분할한 링을 소정의 위치에 놓이게 한 상태에서 테이퍼로 연결 후 외부링을 유압자키로 조여 일체화시킨다. 이 외에 <그림 4(b)>에 나타낸 3분할한 링을 외측의 단부철물에 볼트로 고정하는 방식도 개발되고 있다.

3.1.8 저소음공법의 발달

도시지역의 소음 및 진동을 방지하기 위해 타설공법이 규제됨에 따라 선굴착 매설공법이나 파이프의 중공부를 이용하여 굴삭침설하는 등의 각종 저소음공법이 개발되고 있다.

또한 선단부를 확대 굴삭하는 확대근(擴大根)다짐공법도 개발되고 있다. 2001년도에는 파이프전체의 80%가 이러한 저소음공법에 의해 시공되고 있으며(콘크리트파이프건설기술협회조사) 타설공법에 의한 경우도 선굴삭 타격병용공법이 많고 순수 타설공법에 의한 것은 3%에 지나지 않는다.

3.2 콘크리트 관

3.2.1 흡관 및 PC 파이프

1946년경부터 흡관이 수요되기 시작하여 1950년에는 JIS A 5303 「원심력 철근 콘크리트 관」이 규격화되었다. 전술했던 바와 같이 초기의 JIS가 교부되었던 당시에 제정되었으며 흡관은 하수이외에도 상수, 농업용수, 공업용수의 관로재로, 또한 최근에는 정보통신용 등으로도 이용되고 있다. 또한 PC 파이프(프리스트레스트 콘크리트 파이프)는 콘크리트 관 주위를 PC 강선을 이용하여 긴장한 후 고정하여 모르타르를 뿜칠하여 제조한 것으로 1964년의 공업용수협회규격이 책정되었고 1971년에 JIS A 5333 「PC 파이프」가 제정되었다.

3.2.2 설치깊이의 증가와 설계방법

흡관은 <그림 5>에서 보는 바와 같이 그 하층에 철근 콘크리

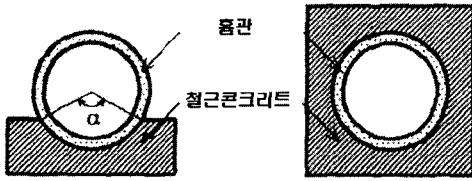


그림 5. 흙관의 설치방법

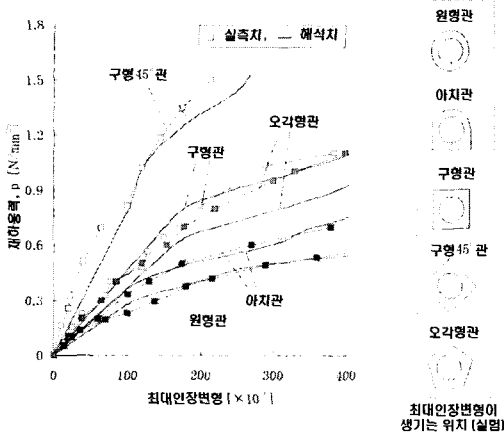


그림 6. 각종 형태의 콘크리트 관의 내하성상

트의 받침대를 제작하여 그 위에 흙관을 설치하는 것이 일반적이며 흙관을 지지하는 각도 α 에 따라 $90^\circ, 120^\circ$ 혹은 180° 고정 기초로 불려진다. 설치깊이가 증가함에 따라 흙관에 작용하는 하중과 지지각도가 증가한다.

지하 매설물의 증가에 따른 설치깊이의 증가나 차량의 대형화에 따라 작용하중이 증가할 경우, 흙관의 전 주변에 걸쳐 철근 콘크리트로 둘러싼 360° 고정기초가 사용된다. 서자들은 360° 고정기초에 관한 구조실험결과를 FEM 해석을 통하여 거동의 재현을 행하고 설계방법을 제안하였다.⁴⁾

3.2.3 각종 형상의 콘크리트 관

360° 고정기초는 현장작업이 수반되므로 비용이 증가하고 공기가 길어지므로 공장 출하시부터 완성된 형상으로 하면 이러한 문제를 방지할 수 있다. 이와 같은 개념에서 외측 형상이 정방형인 파이프가 개발되고 있다. <그림 6>은 그 파이프와 조합시켜 각종 형상의 파이프를 동일한 벽두께로 한 조건에서 지중에 매

설한 상태의 거동을 비교한 실험결과로 정방형 파이프의 내하력이 원형 파이프에 비해 크며 정방형의 파이프를 45° 경사지게 함으로서 내하력을 현저하게 증가시킬 수 있음을 알 수 있다⁵⁾. 이러한 파이프는 이미 실용화 단계에 있으며 후자는 산간부의 도로가 계곡을 가로지를 경우에 매설깊이를 15 ~ 20 m 정도로 하는 배수용 파이프에 이용되고 있다.

3.2.4 가동성 파이프

하수도 관로의 맨홀 등의 구조물 부근의 부등침하 및 되매움 등에 따른 편하중에 의해 소구경 흙관의 이탈 및 분리가 발생하게 된다. <그림 7>은 그 대책을 위해 개발된 가동성 파이프의 예로서 가동부에 배치하였다. 고무의 변형은 주위의 변형을 따르며 최외부에 흙을 가진 박판의 강판을 배치하는 점이 특징이다. 즉, 하중이 증가하여 어느 정도에 도달한 시점에서 흙 부분이 파단되어 그 이하 부분이 변형하기 쉽게 된다. 시공시나 보판시에는 강판의 저항을 위해 불필요한 변형을 방지 할 수 있다. 1995년 1월에 발생한 兵庫현 남부 지진 후 각종 가동성 파이프의 사용이 급증하고 있다.

3.2.5 방균 콘크리트

콘크리트 관은 그 대부분이 하수도 관로로 이용되며 하수 중에는 다양한 세균이 존재하고 특히 유황산화 세균에 의해 생성된 황산에 의해 콘크리트 관 내면이 부식된다고 알려져 있어 광물질을 주원료로 한 저균제를 혼입한 콘크리트 관이 개발되고 있다.⁶⁾

3.2.6 내산성 콘크리트

국내에서 발생하는 하수오염은 약 30%가 유효 이용되며 그 대부분이 매립 처분되고 있다. 특히 대도시 주변에서는 하수도의 보급에 따라 하수오니 발생량을 감당할 수 있는 매립처분지의 확보가 어려워 하수오니의 감소화와 유효이용기술의 개발이 요구되고 있다. 하수오니로 제조한 하수용용 슬래그를 미분말화하여 알칼리 저극제인 물유리를 사용하면 수화반응을 발생시켜 경화체가 된다. 이 콘크리트는 수산화칼슘이 생성되지 않기 때문에 내산성이 우수한 특징을 가지고 있다⁷⁾. 강산성토양 중에 매설된 흙관의 보호재로서 사용된 예가 있다.

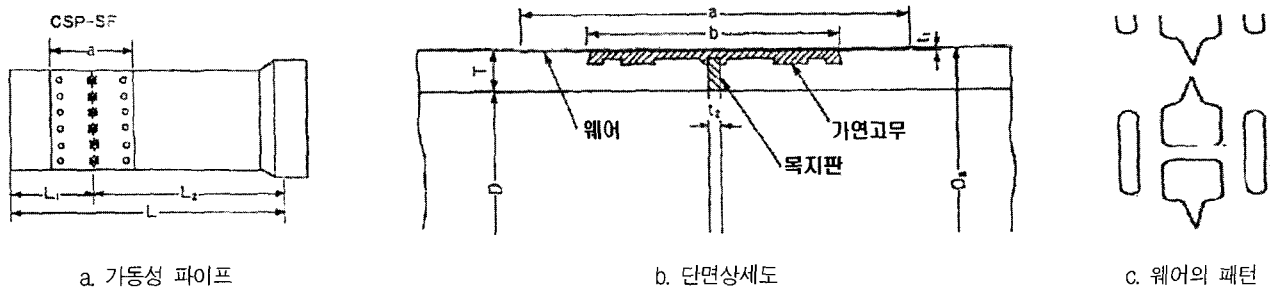
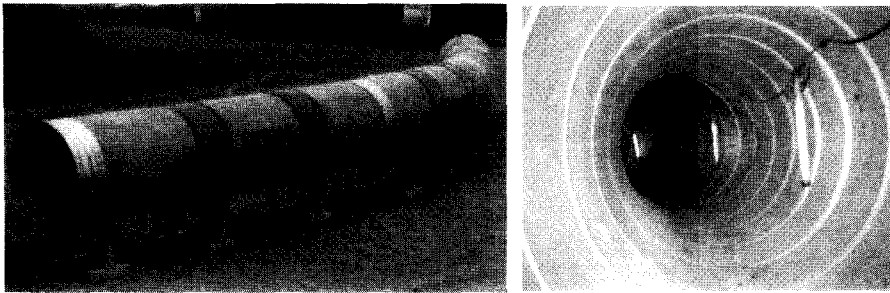


그림 7. 가동성 파이프의 이음부 구조



a. 추진관 b. 시공상황
 사진 3. 급곡선용 콘크리트 추진관(중천훤관공업(주) 제공)

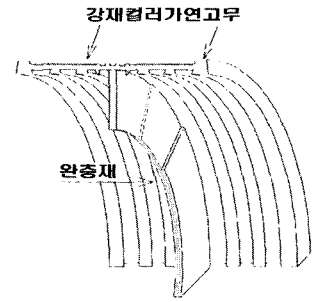


그림 8. 급곡선용 추진관 변형부분의 완충재 배치

3.2.7 추진관

교통량이 많은 도심부에서는 개삭(開削)공법에 의한 공사가 교통장애문제를 발생시키는 이유로 건설성(현재의 국토교통성)은 1996년 8월 개삭공법을 전면적으로 금지하였다. 이와 같은 이유로 비개삭공법인 시일드(Shielded)공법이 채용되어 그 시공이 증가하였으나 많은 비용의 소모를 야기하는 문제가 발생하기도 하였다.

훤관(콘크리트 관)을 추진관으로 이용하는 것은 공사비와 직결되어 경제적 측면에서 유리하므로 그 사용이 증가하고 있다. 그 최초의 공사는 1948년 오오사카(大阪)에서 행해져 비교적 이르게 시작되었음을 알 수 있다. 또한 1950년경부터는 철도의 궤도 하부 공사로 이용되기도 하였다. 그 후 전술한 바와 같이 개삭공법의 규제로부터 추진공법이 현저한 증가를 나타내었으며 최근의 시공기술 및 관 재료의 발전에 의해 도로의 교차점을 따른 직각 시공도 가능해 졌다. <사진 3>은 1본의 콘크리트 관에 복수의 굴곡개소를 가지게 하여 변형이 용이하도록 제조한 급곡선용 콘크리트 관(SR 추진관)이다. 각 굴곡개소에는 <그림 8>에 나타낸 바와 같이 완충재를 배치하여 변형성능의 증가를 도모하고 있으며 내경 1,350 mm의 추진관을 사용하여 곡선반경 31 m의 관로를 시공한 실적이 보고되기도 하였다⁸⁾. 향후 대구경의 급곡선이 나 3차원 곡선의 시공실적도 증가할 것으로 기대된다.

3.3 박스 컬버트(Box Culvert)

3.3.1 박스 컬버트의 개발

일본에서는 박스 컬버트는 1963년 横浜市에서 수로용으로 최초로 사용되었으며⁹⁾ 현재 박스 컬버트는 철근콘크리트제, 케미컬 프리스트레스트 콘크리트제, 프리스트레스트 콘크리트제(포스트텐션 방식, 일반적으로는 정판(頂版)과 저판(底版), 경우에 따라서는 측판(側版))으로 분류된다. 각각의 소형 박스 컬버트에는 철근콘크리트제, 중형에는 케미컬 프리스트레스트 콘크리트제, 대형에는 프리스트레스트 콘크리트제가 경제적으로 판단되고 있다. 최근 박스 컬버트는 대형화되기 시작하였고 현재 내공폭(內空幅) 10 m 정도의 제품도 제조되고 있다. 중공폭(中空幅)이 5 m를 초과하는 박스 컬

버트는 공장에서 복수부재로 분할하여 제조하고 시공현장에서 PC 강봉이나 고장력 볼트 등으로 결합하여 일체화하고 있다. 또한 <사진 4>에서 보는 바와 같이 지반의 변형에 대응한 새로운 가동이음도 개발되고 있다.

3.3.2 추진공법으로의 이용

교통량이 극심하고 교통규제가 불가능한 장소나 오픈컷공법이 선정되지 않는 현장에서는 <사진 5>에서 보는 바와 같이 박스 컬버트를 추진공법으로 하여 시공하는 기술이 개발되고 있다. 특히

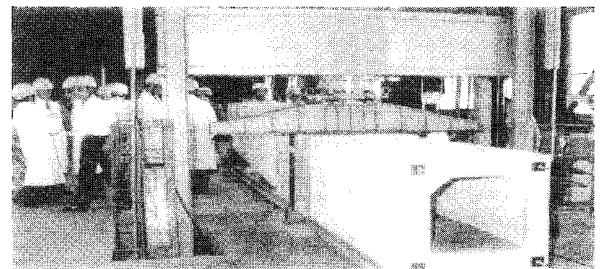


사진 4. 이음부의 휨변형시험(지오스타(주) 제공)

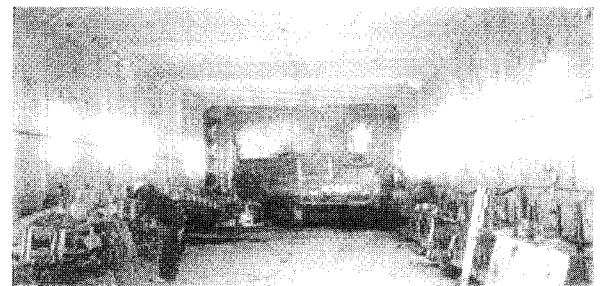


사진 5. 박스 컬버트의 추진공법(옥 콘크리트공업(주) 제공)



그림 9. 박스 컬버트를 이용한 우수 저류시설

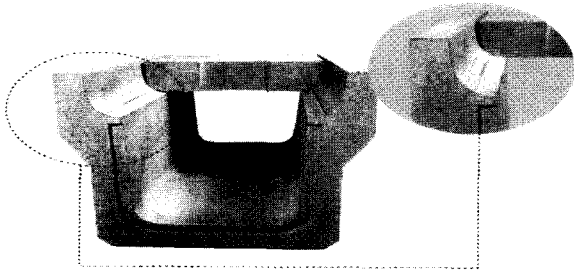
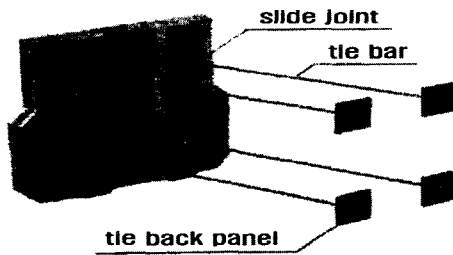
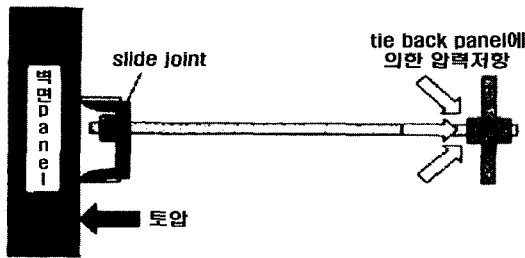


사진 6. 덮개를 개량한 측구(전국 리폼측구공업회 제품)



a. 스킨 플레이트 보강재



b. 슬라이드 조인트

그림 10. 보강재의 스킨 플레이트 접합부의 일례

지하도나 수로공사의 경우 주·야간을 불문하고 공사를 추진할 수 있어 주목되고 있다.

3.3.3 공동구(共同溝)의 이용

기계력의 정비에 따라 종래 현장타설에서 시공되고 있는 구조물의 프리캐스트화가 진행되고 있다. 최근의 인프라조정의 확대에 인하여 도시의 라이프 라인(Life line)으로서 중요한 역할을 담당하는 공동구가 각지에 제조되고 있다. 공동구는 한정되어 있는 공기 상황에서 이용기업체의 조정을 위한 시간을 필요로 하므로 콘크리트 제품을 이용한 시공 선정이 바람직하여 2련(連) 혹은 3련의 공동부(空洞部)를 가지는 상자형(箱型)의 블록을 연결하여 복수의 지하도(地下道)를 시공하는 경우가 증가하고 있다.

3.3.4 저류(貯留) 박스

일본에서는 하천유역의 도시화가 진행됨에 따라 유역의 보수(保水) 기능이 저하하여 집중호우시 하천의 범람이 문제가 되고 있다. 또한 지하의 저류시설은 누수의 문제를 야기하며 건설되고 있다. 이러한 저류시설의 건설비용을 낮추기 위한 일환으로 하프 프리캐스트(Half Precast)에 의한 시공기술이 요구되어 <그림 9>에서

보는 바와 같은 박스 컬버트의 사용이 증가하고 있다.

3.4 그 외 콘크리트 제품

본 절에서는 전 절의 분류에는 포함되어 있지 않은 콘크리트 제품과 그에 대한 새로운 기술을 소개하기로 한다.

3.4.1 보차도경계(步車道境界) 블록

인력으로 시공이 이루어져 왔던 차도경계 블록도 최근에는 기계력을 갖춘 시공이 증가하고 있으며 기계력을 유효하게 사용함으로써 기존의 블록보다 큰 규격의 차도환경 블록이 제조되어 사용되고 있다. 또한 대형화에 따라 60cm의 차도경계 블록을 2m로 함으로서 노무비의 70% 저감효과가 나타나기도 하였다.¹⁰⁾

3.4.2 측구(側溝)

철근 콘크리트 U형은 JIS A 5303(철근 콘크리트 U형)으로 규정되어 현재 일본의 도로용 측구로서 일반적으로 사용되고 있다. 그 덮개에 대해서는 상부에 룬(輪)하중이 작용하지 않는 경우(I종)와 작용하는 경우(II종)로 구분되어 있다. 측구의 내측에 FRP 층을 형성하여 눈의 배제를 용이하도록 하고 가변 측구 분기를 설치하여 물을 확보함으로써 눈이 쉽게 흘러내리도록 한 측구 등 내하력의 향상을 도모하는 다수의 개량제품이 개발되고 있다. 또한 측구의 덮개에 관한 연구도 진행되고 있으며 <사진 6>에 나타난 바와 같이 측구와 덮개 접합면을 곡면으로 하여 덮개의 덜경거름을 막아 소음의 저감을 도모하는 제품도 개발되고 있다.

3.4.3 포장용 블록

포장용 블록으로는 콘크리트 슬래브나 인터록킹 블록이 있으며 특히 인터록킹 블록은 각 콘크리트 제품생산자에 의해 고안되어 다양한 제품이 개발되어 왔으며 투수성 인터록킹 블록도 그 중 하나로 공원이나 광장에 넓게 적용되고 있다. 최근에는 보수성 블록도 개발되고 있으며 이는 물을 저류(貯留)하기 쉽고 또한 장기간에 걸쳐 그 물이 증발하기 때문에 최적의 세공구조를 가진 콘크리트 블록이다. 이 블록은 현재 열섬현상 문제가 심각한 도심부 등에서 온도상승을 억제하는 기술로서 주목되고 있다.¹¹⁾

3.4.4 친수호안 블록과 근자연공법

하천용 블록은 친수성호안의 재료로 이용되어 왔으나 현재까지의 하천개수방법이 개선되어 자연의 상태를 유지해가면서 하천환경정비를 행하는 근자연공법이 주목되고 있다. 이 공법은 1980년경부터 스위스의 취리히주나 독일의 파이엘른주 등에서 개발되었으며 1996년 건설성은 전체 하천에 대하여 근자연공법에 의한 개수를 의무화하여 콘크리트의 사용을 원칙적으로 사용 금지하도록 하였다. 이러한 이유로 콘크리트 블록으로 제방 등을 보강한 위에 토양을 피복하여 식물이 번성하도록 함으로서 콘크리트의

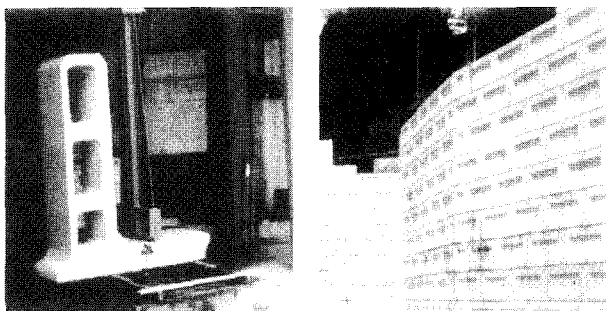
표면이 보이지 않도록 고안한 블록이 사용되었다.

3.4.5 보강토 공법용 콘크리트 판

수직 벽면을 형성하는 방법으로 텔아메공법이 도입되어 있으며 스킨 플레이트와 보강재의 접합부위 혹은 보강재를 고안한 공법이 몇몇 개발되어 있다. <그림 10>은 그 일례를 나타낸 것으로 배면토가 침하할 경우 보강재가 침하할 수 있도록 설계하여 보강재 접합부에 응력이 발생하지 않도록 고안한 것이다.

3.4.6 프리캐스트 웅벽용 블록

<사진 7>에서 보는 바와 같이 대형 웅벽을 구축하기 위해 중공부를 가진 T형 혹은 더블 T형의 부재를, 그 중공부에 기초부로부터 세워 올린 철근을 설치할 수 있도록 적재하고 그 중공부에 콘크리트를 타설하여 일체화하는 프리캐스트 웅벽공법으로 비숙련 작업원도 확실한 작업을 수행할 수 있는 특징이 있다.



a. 부재의 예와 그 시험 상황 b. 웅벽 시공의 예, 높이 5m

사진 7. 프리캐스트 웅벽공법용 부재(전국 골콘협회 제공)

3.4.7 포러스 콘크리트 제품

포러스 콘크리트는 대표적인 환경부하저감제품으로 생태계를 고려한 콘크리트 블록이다. 포러스 콘크리트를 수중에 존치시키면 그 속에 미생물이나 조류(藻類)가 정착하기 용이하게 되어 수질정화와 생물의 서식에 효과가 있는 것으로 나타났다. 사전에 식물의 종묘를 혼합한 모르타르에서 제작한 식생 블록도 개발되고 있으며 포러스 콘크리트를 이용한 침투제, 저류(貯留) 박스 등의 제품개발도 이루어지고 있다.¹²⁾

3.4.8 프리캐스트 콘크리트 커튼월

국내에서는 1960년대 후반부터 철골조의 초고층 건축물이 건축되기 시작하였으며 그와 더불어 커튼월의 기술이 향상되어 그 보급이 증가하였다. 초기의 커튼월은 자중과 지진 발생시의 변위 문제 등으로 인하여 금속계가 많이 사용되어왔으며 1970년대에 들어 프리캐스트 콘크리트 커튼월이 본격적으로 사용되기 시작하여 현재에는 국내 고층 건축물의 약 70%가 프리캐스트 콘크리트 커튼월이다. 프리캐스트 커튼월은 일반적으로 경량 1종 콘크리트로 제작되어 배근밀도가 $2t/m^3$ 이며 최근에는 보다 가벼운

커튼월의 필요성이 부가되어 초경량 인공골재를 사용한 제품도 사용되고 있다. <사진 8>에서 보는 바와 같이 초경량 인공골재는 폐기물을 재생이용한 것과 유리 폐기물로부터 얻어진 비중 0.7 정도의 초경량 인공골재가 실용화되어 있고 그 사용에 따라 비중 약 1.1, 압축강도 30 MPa 정도의 콘크리트가 생산 가능¹³⁾하며 현재 많은 판매실적이 보고되고 있다.

3.4.9 폴리머계 콘크리트 제품

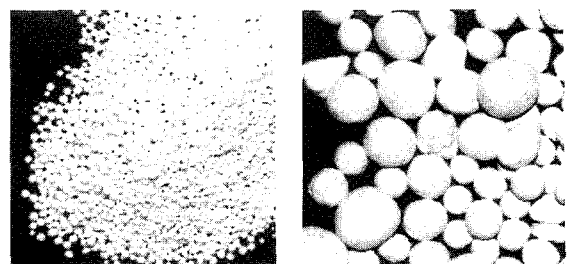
폴리머(수지)를 콘크리트 제품에 적용하는 기술은 오래 전부터 진행되어 왔으며 그 대표적인 것으로 경화 콘크리트에 수지를 함침시켜 중합한 폴리머 함침 콘크리트(PIC) 제품이 있다. 최근 구조물의 내구성 향상을 목적으로 폴리머 함침 콘크리트 제품의 저투수성을 이용하여 매설구조물이나 방사성 폐기물 용기 등이 개발되고 있다.¹⁴⁾ 또한 비빔수를 일절 사용하지 않고, 경화시에 물을 생성하는 열경화성수지를 사용하여 경화체의 공극을 감소시킴으로서 높은 휨강도(200 MPa)를 얻을 수 있는 폴리머 시멘트 복합체(MDF)가 개발¹⁵⁾되고 있으며 최근에는 이를 자동차 부품의 금형(金型)으로 적용하는 등 그 용도를 확대하고 있다.

3.4.10 전파흡수 콘크리트

텔레비전 고스트(텔레비전 화면이 이중으로 겹쳐나오는 현상) 장애의 대책으로서 텔레비전 전파를 흡수하는 페라이트 타일을 벽면에 붙이는 방법이 있으며, 외벽 콘크리트 자체에 전파흡수성을 갖추도록 제작한 전파흡수 콘크리트 커튼월이 개발되어 현재 고층건물에 적용되고 있다. 또한 자외선을 흡수하는 특수한 혼화재료를 혼입하여 제조한 유해자외선을 흡수하는 콘크리트 슬래브 및 이를 이용한 도로용 블록의 개발도 진행되고 있다.

3.4.11 FRP 로드형 보강재를 이용한 제품

탄소섬유 또는 아라미드섬유 등의 고성능섬유 사용에 관한 기술도 개발·실시되어 길이 8.0m, 폭 2.5m의 보행자용 슬래브 교각이 탄소섬유를 긴장재로 한 프리텐션 방식으로 시공된 사례가 있다. 또한 구조물이 비자기성을 유지해야 하는 경우, FRP 로드를 사용하며 방위시설국의 기초말뚝 및 기둥 등에 이를 적용된 사례가 보고되어 있다.



a. 잔골재 b. 굵은골재

사진 8. 초경량 인공골재(크리스탈크레이(주) 제공)

4. 향후의 전망

일본의 사회기반 시설은 이미 어느 정도 진보되어 있을 뿐더러 최근 장기간의 불황에 의해 건설투자금액이 현저하게 저하됨에 따라 콘크리트 제품 업계도 하락지세를 나타내고 있는 실정이다. 이와 같은 현실에 직면하여 콘크리트 제품이 어떠한 방향으로 나아가야 할 것인지에 대하여 아직은 확실한 해답을 제시하기는 힘들지만 일본을 둘러싼 정세와 향후 과제를 고려하여 콘크리트 제품의 전망을 기술해 보기로 한다.

4.1 유지가능한 개발(Sustainable Development)의 실현

1992년 브라질의 리우데자네이루에서 국연(國連)주체로 “유지가능한 개발(Sustainable Development)”을 주제로 하는 「환경과 개발」 회의가 개최되었으며 2001년 4월에는 이러한 배경 중에 「그린(Green) 구입법(購入法)」이 실행되었다.

이는 국가가 환경물품의 조달 및 정보 제공과 환경물품의 수요 창출을 도모하기 위해 필요 사항을 입안하여 환경부하가 적고 지속적 발전이 가능한 사회를 구축하기 위한 방안이다.

콘크리트 제품의 경우에도 환경부하저감 제품의 개발이 이루어져 재생골재 및 에코시멘트, 금속생산 부산물인 슬래그, 화력발전에 의해 발생하는 석탄회(플라이 애쉬) 등의 활용이 기대되고 있다. 또한 매립처분에 대한 엄격한 규제 및 매립 처분지의 부족으로 인해 증가하는 하수오니 및 일반 폐기물의 소각회를 용융한 슬래그에 대한 개발도 이루어지고 있으며 이를 포장의 하층노반재 혹은 콘크리트 골재로서 적용하는 사항에 관한 검토가 이루어지고 있다. 서자들도 도시쓰레기 소각회 용융슬래그를 시멘트 대체재로서 재생 이용하는 검토에 관한 연구를 진행하고 있다.¹⁷⁾

또한 환경개선제품의 기능적 측면에 대한 개발도 중요하며 그 일례로서 보수성블록을 들 수 있다.

4.2 소자화(少子化)·고령화(高齡化)의 추진

일본은 소자화(少子化)·고령화(高齡化)를 추진함에 따라 숙련 노동자가 격감하고 있으며 이에 따라 콘크리트 공사의 성력화(省力化)가 요구되고 있다. 기술개발을 통한 콘크리트 제품제조의 성력화를 기본으로 하여 현장의 성력화(省力化)를 가능하도록 하는 콘크리트 제품의 출현이 기대되며 전술한 바와 같이 프리캐스트 옹벽 등과 같은 비숙련자에 의해서도 구조물을 완전·완벽하게 건설 가능하도록 하는 시스템을 개발해야 한다.

4.3 국제화의 추진

현재는 각국의 규정을 국제적 규격에 적용할 수 있도록 조정하

고 있는 국제화 시대이며 콘크리트 제품에 있어서도 성능규정화의 적극적 추진이 이루어져야 할 것이다. 이를 위해서는 단체의 검사를 통해 구조물의 성능을 보증할 수 있는 구조시험이 개발, 내구성 보증을 위한 데이터의 축적, 국제적 기술협력 및 상호교류가 필요할 것으로 판단된다. □

참고문헌

1. 辻正哲, “콘크리트製品の規格と多様化”, 콘크리트技術の展開, セメント協會, 1989, pp.182~186.
2. 福澤公夫, “콘크리트의 고강도화への挑戦”, 콘크리트工學, Vol.30, No.10, 1992. 10, pp.100~107.
3. 大岩健治郎, “耐震性を向上させた既製コンクリート杭” 七木技術, Vol.55, No.2. 2000. 2, pp.42~49.
4. 福澤公夫, 沼尾達弥, 岩松幸雄, 平野貴規, “콘크리트卷立てヒューム管の力學的性状”, 土木學會論文集, Vol.15, No.433, 1991. 8, pp.167~176.
5. K.Fukuzawa, K.Yasuhara, T.Numao, K.Satoh, T.Hattori, M.Mitau and H.Takabatake, “The Structural Behavior of Spun Concrete Box-Culverts Buried Deep Underground”, BIBM-16, 1999, pp.73~78.
6. 前田照言, “防菌콘크리트”, 콘크리트工學, Vol.36, No.1, 1998, pp.30~32.
7. 新田智博, 杉山武, 石田泰之, 石森正樹, “下水溶融スラグを用いた耐酸性콘크리트の諸物性”, 콘크리트工學年次論文集, Vol.22, No.2, 2000.
8. 服部恵光, 急曲線推進用콘크리트管の開発, 土木技術, Vol.55, No.2, 2000. 2, pp.87~89.
9. 鶴見콘크리트, “ソルミ式ボックスカルバート”, セメント・コンクリート, No.467, 1986, pp.58~65.
10. 北陸地方建設局編, 土木用콘크리트工場製品による省力化對策事例集, 1992. 5.
11. アイエルビー社HP, <http://www.ilb.co.jp/>
12. 須田ゆうみ, 岡本享久, “環境・景觀に配慮したコンクリート製品”, 土木技術, Vol.55, No.2, 2000. 2, pp.37~41.
13. K.Fukuzawa, T.Numao, T.Kimura, T.Honma and S. Yamamoto, “Strength of Mortar Made by Ultra Light-weight Aggregate”, Proc. of the 2nd International Symposium on prefabrication, 2000, pp.62~67.
14. 鶴田健, “ポリマー含浸콘크리트製品の開発の経緯と適用例”, 土木技術, Vol.55, No.2, 2000. 2.
15. 長谷川正木, 前田直己, 河野俊夫, 小林忠司, “超高曲げ強度を持つ新種ポリマー・シメント複合體開發”, シメント・コンクリート論文集, Vol.48, 1994, pp.820~825.
16. Wignarajah Sivakumaran, 田中秀男, 山田哲夫, “電波吸収コンクリートカーテンウォール”, 콘크리트工學, Vol.36, No.11, 1998. 1, pp.19~23.
17. 日刊工業新聞, 2002年9月20日付.