

콘크리트 성능개선을 위한 탈수거푸집공법의 실용화 연구

A Study on the Development of Dewatering Mold Form for Performance Improvement of Concrete

우 광 민* · 이 학 기**

Woo, Kwang-Min · Lee, Hak-Ki

요 약

탈수거푸집공법은 거푸집 표면에 잉여수를 배출시킬 수 있는 구멍을 뚫고 내측에 섬유포를 부착하여 콘크리트 타설시 잉여수 및 혼입공기를 배출시키는 공법으로 시공상의 워커빌리티를 확보하면서 콘크리트 표층부 품질을 강화시킬 수 있다. 따라서 제치장 콘크리트 표면의 강도를 극대화할 뿐만 아니라, 수밀한 콘크리트 표층부를 생성하기 때문에 물이나 공기, 염분 등이 침투하기 어려워 콘크리트의 내구성을 크게 향상시킬 수 있다. 그러나 현재 국내에서는 이론적으로는 제기되고 있으나, 관련규준 및 시공방법에 대한 연구가 부재해 공사현장에서 적용할 기회가 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 물성실험을 통해 탈수거푸집 설계를 위한 기초자료를 제공하고, 이를 바탕으로 한 현장적용실험을 통해 탈수거푸집공법의 실용화 방안을 제안하고자 한다.

키워드 : 탈수거푸집, 제치장 콘크리트, 내구성

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

콘크리트를 혼합할 때에는 주로 시공상의 작업성(workability) 때문에 수화에 필요한 수량보다 많은 혼합수를 사용하고 있다.

이때 발생하는 잉여수는 블리딩 및 시멘트와 골재의 침하, 온도응력이나 건조수축에 의한 균열증가의 주요요인이 되며, 콘크리트의 표면 및 내부조직을 밀실하지 못하게 하는 원인이 되기도 한다. 그 결과 콘크리트 구조물의 강도와 내구성이 현저히 저하되는 현상을 초래함으로써 환경조건이 열악한 경우, 주어진 성능의 저하가 빨라지는 등의 구조물의 유지관리상 여러 가지 문제를 발생시킨다.

또한 철근콘크리트 내구성능의 저하는 환경요인에 많이 좌우되며, 일반 환경에서는 내적요인에 기인하는 열화로 물, 공기, 염화물 등이 있다. 이러한 열화요인의 침입을 방지하기 위해서

각종 혼화재료의 혼입이나, 혹은 표면처리 등의 방법이 시도되고 있지만, 근원적인 해결방법이라고 할 수 없다.

특히 제치장 콘크리트는 콘크리트면 자체가 마감재이므로 미장의 부재로 콘크리트 표면이 대기중에 직접 노출되므로 내구성능 저하 및 수명단축 등 여러 가지 문제가 발생된다.

이에 제치장 콘크리트의 내구성능 향상을 위한 기술개발의 방안으로 일본에서는 탈수거푸집공법을 제안하고 있다.¹⁾ 탈수거푸집공법은 그림 1과 같이 거푸집 표면에 잉여수를 배출시킬 수 있는 구멍을 뚫고 내측에 섬유포를 부착하여 콘크리트 타설시 잉여수 및 혼입공기(Entrapped Air)를 배출시키는 공법으로 현재 국내에는 이론적으로는 제기되고 있으나, 관련규준 및 시공방법이 없기 때문에 공사현장에서 적용할 기회가 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 물성실험을 통하여 탈수거푸집 설계를 위한

1) 일본의 경우 1985년 탈수거푸집공법이 개발되어 현재까지 10개 정도의 공법이 개발되어 시판되고 있다. 대표적으로 Textile Form과 거푸집 이면에 흡수율이 500% 이상인 약제를 도포한 섬유포를 부착하여 잉여수를 흡수하여 탈수하는 Silk Form, 그리고 강제거푸집에 레이저 빔을 이용하여 가는 슬릿을 만들어 탈수시키는 King Plate 등이 있다. 본 연구는 이들 공법 중 가장 일반적으로 사용되고 있는 Textile Form을 연구의 대상으로 하였다.

* 학생회원, 동아대 대학원 건축공학과, 박사과정

** 종신회원, 동아대 건축학부 부교수, 공학박사

기초자료를 제공하고, 이를 바탕으로 한 현장적용실험 및 평가를 통해 탈수거푸집공법의 실용화 방안을 제안하고자 한다.

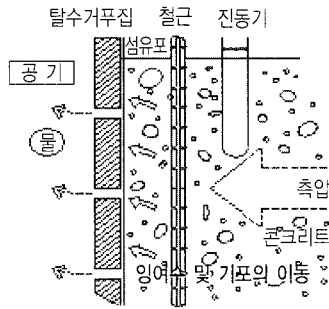


그림 1. 탈수거푸집공법의 원리

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 탈수거푸집공법의 적용에 따른 제치장 콘크리트의 물성파악과 벽식 콘크리트 구조물 시공시 현장 적용 가능성을 평가하기 위하여 실험적 고찰을 하였다.

연구의 진행 순서 및 방법은 다음과 같다.

- (1) 본 연구를 위한 예비적 실험으로 섬유포의 투과율 실험을 통해 본 연구의 목적에 맞는 적절한 섬유포를 선정하였다.
- (2) 탈수거푸집의 탈수정도와 탈수에 의한 표층부 개량효과를 검토하기 위해 거푸집 표면에 작은 구멍을 뚫고 섬유포를 부착시킨 탈수 거푸집을 제작한 후 구멍지름, 구멍간격의 조건을 달리하여 콘크리트 시험체를 제작하였다.
- (3) 내구성능의 평가를 위해 잉여수의 유출량, 반발경도, 초음파에 의한 비파괴검사, 그리고 압축강도 등의 물성을 측정하여 일반거푸집공법과 비교·분석하였다.
- (4) 이상과 같은 물성실험을 바탕으로 탈수거푸집 설계를 위한 최적조건을 도출하고, Euro Form으로 시공중인 APT 현장에 적용하여 일반거푸집공법과 비교·분석하였다.

상기의 결과를 바탕으로 탈수거푸집공법의 현장적용 가능성 여부를 검토하는 것을 연구의 범위로 하였다.

2. 물성실험

2.1 실험계획 및 방법

(1) 실험계획 및 수준

본 연구는 탈수거푸집의 탈수정도와 탈수에 의한 표층부 개량효과를 검토하기 위해 거푸집 표면에 작은 구멍을 뚫고 섬유포를 부착시킨 탈수 거푸집을 제작한 후 표 1과 같이 구멍지름, 구멍간격의 조건을 달리하여 콘크리트 시험체를 제작하여 이의 물성을 일반거푸집과의 비교·분석을 통해 그 효과를 검토하였다.

시험조건은 구멍지름 $\phi 2 \cdot 3 \cdot 4\text{mm}$, 구멍간격 $25 \cdot 50 \cdot 100\text{mm}$

로 하여 현장적용의 최적조건을 도출하고자 하였다. 실험인자 및 수준은 표 1과 같다.

표 1. 실험인자 및 수준

인 자	콘크리트	거푸집			계
		탈수거푸집		일반거푸집	
		구멍지름 $\phi(\text{mm})$	간 격(mm)		
수 준	보통 콘크리트 W/C=55.3%	$\phi 2$ $\phi 3$ $\phi 5$	25 50 100		
수준수	1	3	3	1	10

(2) 사용재료 및 시험체의 배합

① 콘크리트

콘크리트는 건설현장에서 가장 범용되고 있는 설계기준강도 210kgf/cm^2 , slump 12cm 의 보통콘크리트를 사용하였으며 펌프카를 이용하여 타설하였다.

실험에 사용된 콘크리트의 규격 및 타설방법은 표 2와 같다.

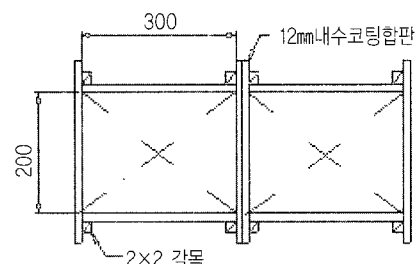
표 2. 콘크리트 규격 및 타설방법

콘크리트		타 설		
종 류	S레미콘사의 보통콘크리트	방 법	펌프카 불타설	
	설계기준강도	210kgf/cm^2	속 도	$10 \sim 20\text{m/h}$
규 격	목표 Slump	12cm	진동기	전기진동기 1대 사용
	Gmax	25mm		

② 거푸집

거푸집 치수는 $200 \times 300 \times 1,000\text{mm}$ 이고, 구멍이 없는 일반 거푸집과 단면에 구멍이 있는 탈수거푸집으로 하였다.

거푸집은 공사현장에서 많이 사용하는 두께 12mm 의 내수코팅 합판을 사용하였고, 모서리와 내면에서 물이 누출되지 않도록 실리콘으로 방수처리를 하였다. 또한, 탈수거푸집은 구멍지름과 구멍간격에 따라 9종류로 하였으며, 섬유포의 투과율 실험을 통해 잉여수는 적절히 투과시키고 시멘트 페이스트의 누출이 없도록 합성섬유(폴리프로필렌제의 섬유)를 선별하여 탈수거푸집의 내면에 부착함으로써 골재나 시멘트 입자의 유출을 방지하였다. 시험체 제작을 위한 탈수거푸집의 설계는 그림 2와 같다.



a) 평면도

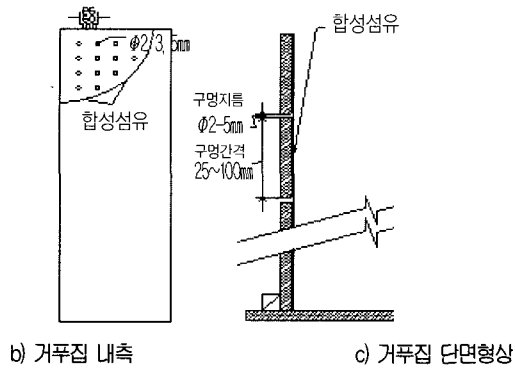


그림 2. 탈수거꾸집의 설계

(3) 시험체의 제작 및 측정

① 시험체의 제작

시험체는 일반 현장과 동일한 조건을 위해 일반 현장타설 레미콘을 사용하였으며, 펌프카를 이용하여 타설하고, 진동다짐하였다. 또한, 현장과 동일한 조건으로 하기 위해 대기 중에서 양생하였다.

② 측정

표 3. 측정항목

측정항목	비고	
탈수량 측정	시간경과에 따른 유출수량의 변화 측정	
표면상태	육안검사 및 SEM촬영	
비파괴검사	반발경도법	N형 슈미트햄머
	초음파전파속도법	종파를 이용한 대칭법
압축강도	KS F 2405	

2.2 실험결과 및 분석

표 4. 실험결과표

시험종류	강재종류	잉여수 유출량(cc)	반발경도 R ₀				초음파전파속도 (km/sec)				압축강도 F _c (kg/cm ²)
			상	중	하	평균	상	중	하	평균	
일반	0	28.81	31.69	33.23	31.24	3.95	3.97	3.97	3.96	234.67	
탈수거꾸집	05-25mm	550	35.09	36.46	34.69	35.41	4.00	4.02	4.03	4.02	270.00
	03-25mm	550	35.89	36.15	35.16	35.73	3.98	4.05	4.07	4.03	235.00
	02-25mm	520	32.50	33.87	34.13	33.50	4.01	4.00	4.04	4.02	255.00
탈수거꾸집	05-50mm	415	35.34	36.90	36.42	36.22	4.10	4.14	4.11	4.12	267.33
	03-50mm	410	32.83	34.69	34.89	34.14	4.07	4.07	4.05	4.06	253.67
	02-50mm	395	32.41	36.39	34.33	34.38	3.97	3.94	3.98	3.98	266.67
탈수거꾸집	05-100mm	320	33.93	35.04	35.61	34.86	3.94	3.97	4.00	3.97	235.00
	03-100mm	305	34.11	35.87	34.28	34.75	4.02	4.08	4.01	4.04	267.33
	02-100mm	285	34.57	34.13	33.38	34.19	4.04	4.13	4.03	4.07	257.00

(1) 탈수량 측정

탈수거꾸집의 타설후 블리딩이 종료할때까지의 탈수과정의 경시변화는 표 1, 그림 3과 같다.

각 시험체의 탈수량 경시변화 측정결과 타설직후 최초의 10분 간에 전 탈수량의 70~80%가 유출하고, 그 후의 탈수량은 시간의 경과에 함께 줄어든다. 그리고, 타설후 1시간 정도에 대부분의 잉여수의 유출이 완료되었고, 유출량은 구멍직경에 의한 영향보다는 구멍간격에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

또한, 이들 유출수를 모은 매스실린더로부터 유출수의 색을 비교한 결과 타설직후 초기에는 약간의 시멘트색의 물이 나오지만, 그 이후부터 타설의 종료시점까지는 약간의 황색이 있는 투명한 물로서, 시멘트나 골재 입자의 유실은 없는 것으로 확인되었다. 따라서 예비실험에 의해 선택한 합성섬유의 성능은 충분하다고 판단된다.

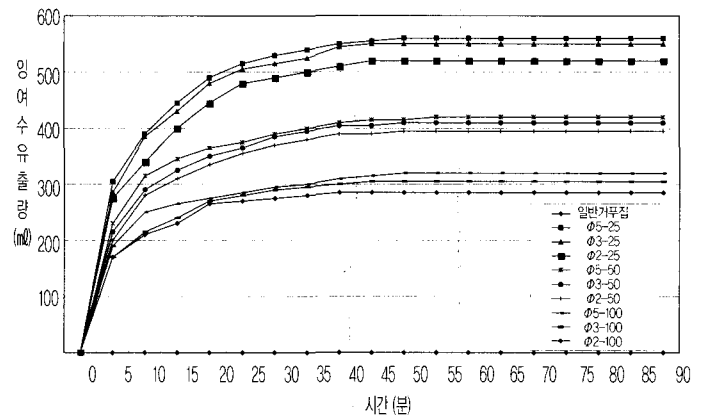


그림 3. 탈수량 경시변화

(2) 표면상태

제치장 콘크리트는 콘크리트 자체가 마감재이므로 표면상태의 양부에 따라 그 성능이 결정되어 진다. 따라서 표면상태의 양부를 판단하기 위해 육안확인 및 SEM(Scanning Electron Microscope)촬영을 통해 표면입자의 밀실한 정도를 파악하였다.

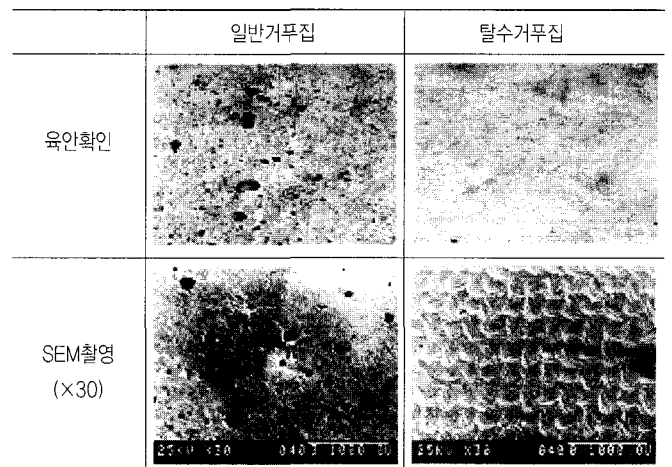


사진 1. 시험체 표면비교

사진 1과 같이 탈수거꾸집의 사용으로 시험체의 타설표면이

모두 일반거푸집을 사용한 시험체의 타설표면보다 훨씬 매끄럽고 깨끗해진 것으로 나타났다. 이는 잉여수의 이동에 따라 거푸집면으로 시멘트의 미립자가 운반되어 콘크리트 표층부 조직을 밀실하게 한 것으로 판단된다.

(3) 반발경도에 의한 비파괴검사

본 실험에서는 슈미트해머(Schmidt Hammer)를 사용하여 시험체의 반발도시험(ASTM C-805-85 : Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete)을 실시하는 방법으로 반발경도를 측정하여 콘크리트 표면입자의 밀실한 정도를 파악하였다.

시험체는 상·중·하로 구분하여 각각 3cm간격으로 20점을 지정하여 타격하였으며, 재령 28일간 기건양생후 측정하였다.

반발경도 측정결과 일반거푸집을 사용한 경우의 반발도는 평균 31로 측정되었으나, 탈수거푸집을 사용한 경우에는 최저 7.2%, 최고 15.9%까지 개선효과가 나타났다. 특히, $\phi 5-50\text{mm}$ 의 조건에서 반발도가 평균 36.22로 일반거푸집에서보다 15.9% 증가하였다.

따라서 탈수거푸집을 사용한 모든 조건에서 측정치가 증가한 것으로 보아 탈수거푸집의 사용으로 표층부 조직이 밀실해진 것으로 판단된다. 또한 표면조직이 밀실하다는 것은 내구성능과 직결되므로 내구성능이 향상될 것으로 판단된다.

시험체 부위별 반발도는 상부평균 34, 중앙부평균 35, 하부평균 35로 상부보다 중앙부와 하부에서 더 큰 측정값을 보였다. 이는 거푸집에 작용하는 측압의 차이로 인해 부위별 유출량이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

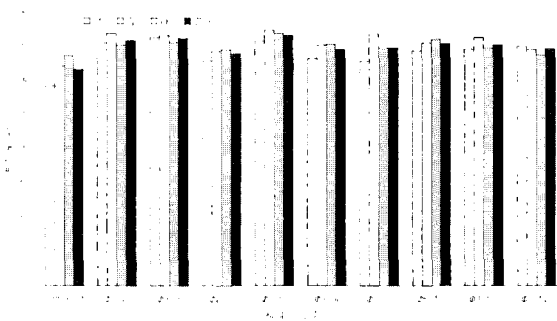


그림 4. 반발경도 측정결과

(4) 초음파에 의한 비파괴검사

일반적으로 콘크리트의 종파 전파속도는 3.50~4.00km/s이며, 완전히 공동인 경우에는 약 0.35km/s, 갇힌 공기에서는 정도에 따라 차이는 있으나 통상 건전부에 비해 20~30%정도 감소한다.

따라서, 콘크리트 내부에 공기층이 존재하게 되면 초음파의 전파속도는 감소하게 되며, 이를 통하여 일반적으로 콘크리트 구조물 내의 균열의 심도나 내부결합을 측정할 수 있다. 본 실험에서는 탈수거푸집을 사용한 제치장 콘크리트 내부조직의 밀실성을

파악하기 위해 상·중·하 각각 일정한 위치 3곳을 지정하여 초음파 전파속도를 측정하였고, 측정값은 평균값으로 하였다.

초음파 전파속도 측정결과 일반거푸집을 사용한 경우 평균 3.96 km/sec로 측정되었고, 탈수거푸집을 사용한 경우 최저 0.3%, 최고 4.1%까지 증가하였다. 특히, $\phi 5-50\text{mm}$ 의 조건에서 평균 4.12 km/sec로 일반거푸집을 사용한 경우보다 4.1%증가하였다.

따라서 탈수거푸집을 사용한 모든 조건에서 측정치가 증가한 것으로 보아 탈수거푸집의 사용으로 내부조직이 밀실해진 것으로 판단된다. 따라서 탈수거푸집의 사용이 내구성능 및 강도개선에 효과 있는 것으로 판단된다.

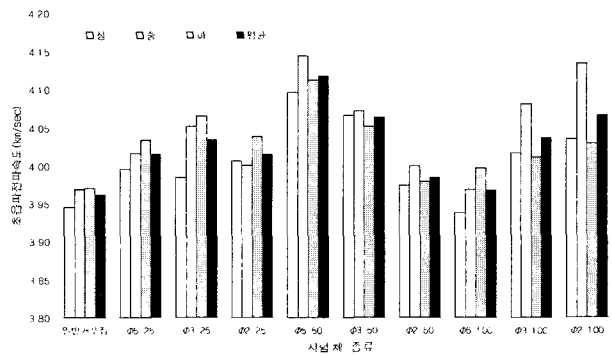


그림 5. 초음파전파속도 측정결과

(5) 압축강도 측정

압축강도 측정결과 일반거푸집을 사용한 경우 평균 234.67(kg/cm²)로 측정되었고, 탈수거푸집을 사용한 경우 최저 0.14%, 최대 15.56%까지 증가하였다. 특히, $\phi 5-25$ 조건에서 평균 270(kg/cm²)로 압축강도가 가장 크게 증가하였다.

이는 탈수거푸집의 사용으로 물시멘트비가 감소되어 반발경도 및 초음파 전파속도의 결과에서 나타나듯이 표면 및 내부조직이 치밀해진 것으로 판단된다.

한편, 반발경도와 초음파속도는 압축강도(Fc)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 압축강도를 추정한 결과 반발경도는 -12%~+10%의 범위에서 오차를 보였고, 초음

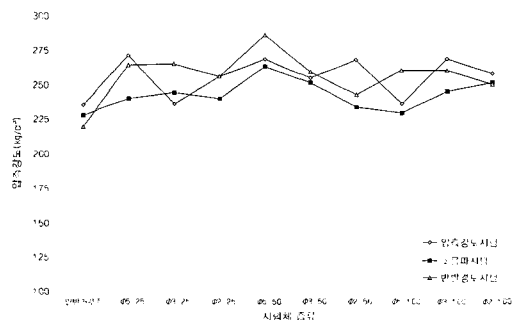


그림 6. 압축강도 측정결과

파속도는 -3.5%~+14.8%의 범위 내에서 오차를 보여 실제 압축강도 시험과 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

따라서 탈수거푸집공법의 사용 시 반발경도 및 초음파에 의한 압축강도의 추정은 유효한 것으로 판단된다.

이상과 같은 탈수거푸집공법을 적용한 제치장 콘크리트 물성에 관한 실험을 수행한 결과 최적조건은 $\phi 5-50\text{mm}$ 와 $\phi 3-50\text{mm}$ 의 조건으로 나타났다.

3. 현장적용실험

3.1 실험계획 및 방법

(1) 적용대상 현장의 개요

본 실험을 수행하기 위한 현장의 조건 및 개요는 표 5와 같다.

표 5. 현장 조건 및 공사개요

현장위치	부산광역시 사하구 장림동
공사명	장림동 신세대 임대 아파트 신축공사
시공사	신세대 건설(주)
공사규모	21층 아파트 5개동 외 부속건물
건물구조	철근 콘크리트 벽식구조
적용구간	1동 1층~3층 : 각 층마다 탈수거푸집을 사용한 2개소의 벽체 제작
실험기간	2001년 9월 1일 ~ 2001년 10월 31일(2개월)

(2) 실험계획 및 수준

본 실험은 탈수거푸집의 현장적용 가능성을 평가하기 위해 물성 실험 결과 최적조건으로 도출된 $\phi 5-50$, $\phi 3-50\text{mm}$ 의 두가지 조건으로 탈수거푸집을 제작하여 실제 Euro Form으로 시공중인 APT 현장에 적용하였고, 이의 물성을 일반거푸집을 적용한 결과치와 비교·분석을 통해 그 효과를 검토하였다. 실험인자 및 수준은 표 6과 같다.

(3) 사용재료

① 콘크리트

타설된 콘크리트는 표 7과 같이 S레미콘사의 보통콘크리트를 사용하였으며 펌프카를 이용하여 타설하였다.

표 6. 실험인자 및 수준

인자	콘크리트	거푸집			계
		탈수거푸집		일반거푸집	
		구멍지름 ϕ (mm)	간격(mm)		
수준	보통 콘크리트 W/C=55.3%	$\phi 3$ $\phi 5$	50		
수준수	1	2	1	1	3

콘크리트		타설		
종류	S레미콘사의 보통콘크리트	방법	펌프카 붓타설	
규격	설계기준강도	240kgf/cm ²	속도	10~20m/h
	목표 Slump	15cm	진동기	전기진동기 1대 사용
	Gmax	25mm		

표 7. 콘크리트 규격 및 타설방법

② 거푸집

거푸집은 공사현장에서 많이 사용하는 Unit화 된 Euro Form으로 구멍이 없는 일반 거푸집과 단면에 구멍이 있는 탈수거푸집으로 하였다.

또한, 탈수거푸집은 물성실험결과 최적안으로 도출된 $\phi 5-50$, $\phi 3-50\text{mm}$ 의 두가지 조건으로 하였으며, 잉여수는 적절히 투과시키고 시멘트 페이스트의 누출이 없도록 탈수거푸집의 내면에 합성섬유를 부착하였다.

(4) 측정

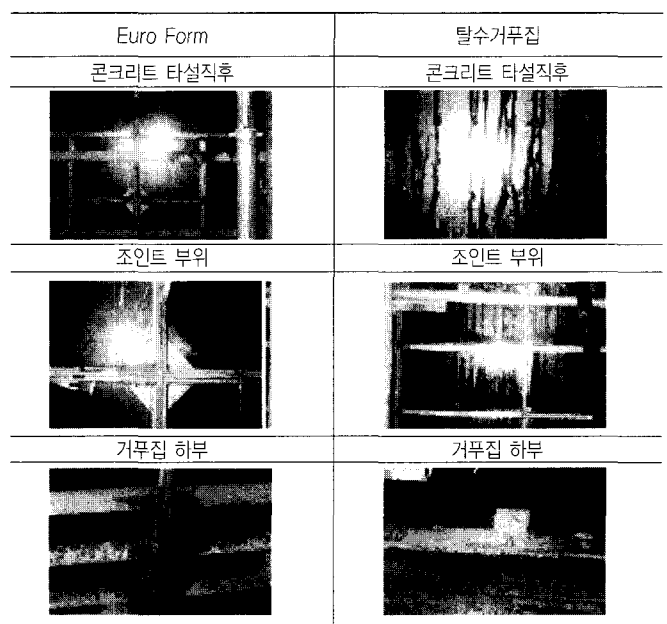
콘크리트 측압에 따른 잉여수 유출량의 차이를 고려하여 벽체의 0.5, 1.2, 2.0m 지점에서 상·중·하로 구분하여 측정하였고, 측정항목은 표 8과 같다.

표 8. 측정항목

측정항목	비고	
탈수상황	육안검사	
표면상태	육안검사, SEM촬영	
비파괴검사	반발경도법	N형 슈미트햄머
	초음파전파속도법	종파를 이용한 대칭법

3.2 실험결과 및 분석

(1) 탈수상황



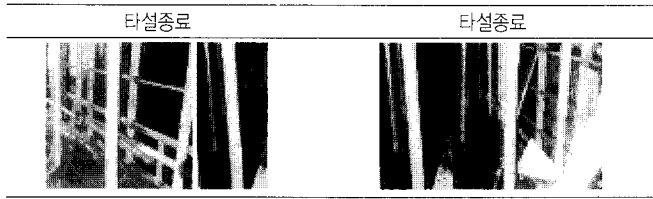


사진 2. 탈수거푸집의 탈수상황

탈수거푸집의 콘크리트 타설 후 블리딩이 종료할 때까지의 탈수상황을 살펴본 결과 각 시험벽체는 타설 직후 최초의 10분간에 대부분의 잉여수가 유출되었고, 이후 시간의 경과와 함께 유출량이 줄어들었다. 그리고 타설 후 1시간 정도에 대부분의 잉여수 유출이 완료되었다. 이는 물성시험의 결과와 유사하게 나타나 현장적용시험은 유효한 것으로 판단된다. 사진 2와 같이 Euro Form의 경우 거푸집의 조인트 부위와 거푸집 바닥면으로 잉여수와 함께 시멘트 페이스트 등이 함께 유출되었으나, 탈수거푸집의 경우 거푸집의 조인트 부위와 거푸집 바닥면으로부터의 잉여수 및 시멘트 페이스트의 유출이 거의 없는 것을 확인하였다.

(2) 표면상태

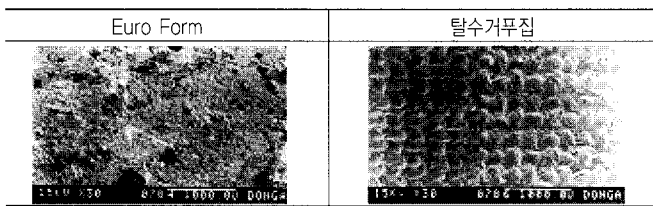


사진 3. 표면상태 비교 - SEM 촬영(×30)

사진 3과 같이 육안확인 및 SEM 촬영을 통한 표면상태 측정 결과 탈수거푸집을 사용한 벽체의 타설표면이 모두 일반거푸집을 사용한 벽체의 타설표면보다 훨씬 매끄럽고 깨끗해졌다. 이는 물성시험의 결과에서 살펴본 바와 같이 탈수거푸집공법의 사용으로 제치장 콘크리트 표층부의 조직의 개량효과가 있음을 확인하였다.

(2) 반발경도에 의한 비파괴검사

표 9. 반발경도 측정결과

검사항목	층	반발경도 R _o											
		3일				7일				28일			
		상	중	하	평균	상	중	하	평균	상	중	하	평균
일반 거푸집	1층	28.04	28.69	29.32	28.68	30.05	31.22	31.17	30.81	34.22	34.11	34.41	34.25
	2층	27.48	28.34	28.58	28.13	27.80	28.23	28.75	28.26	30.59	31.23	31.60	31.14
	3층	27.26	28.09	28.42	27.92	28.02	28.20	28.61	28.28	31.29	31.89	31.32	31.50
	평균	27.59	28.37	28.77	28.25	28.62	29.22	29.51	29.12	32.03	32.41	32.44	32.30
	○3-50mm	1층	37.22	38.31	38.92	38.15	38.88	39.41	39.44	39.24	41.71	42.54	41.98
2층	37.50	38.42	39.14	38.35	38.68	39.32	38.72	38.91	36.36	39.85	39.79	38.67	
3층	36.97	38.16	38.37	37.83	38.85	39.78	38.65	39.43	39.65	39.88	39.78	39.77	
평균	37.23	38.30	38.81	38.11	39.14	39.50	38.94	39.19	39.24	40.76	40.52	40.17	
○5-50mm	1층	35.47	38.05	37.89	37.14	37.58	37.33	37.89	37.60	40.90	41.71	45.42	42.68
	2층	34.92	38.22	38.13	37.09	37.15	37.00	38.02	37.39	39.10	38.16	40.43	39.23
	3층	36.83	37.78	37.32	37.31	37.85	37.20	38.45	37.83	39.52	40.05	41.54	40.37
	평균	35.74	38.02	37.78	37.18	37.53	37.18	38.12	37.61	39.84	39.97	42.46	40.76

표 9와 그림 7에서 재령 3일에 일반 Euro Form을 사용한 벽체의 반발경도는 평균 28.25로 측정되었고, 탈수거푸집을 사용한 벽체의 경우에는 $\phi 3-50\text{mm}$ 일 때 34.93%, $\phi 5-50\text{mm}$ 일 때 31.62%의 개선효과가 나타났다. 재령 7일의 경우, 일반 Euro Form을 사용한 벽체의 반발경도는 평균 29.12로 측정되었고, 탈수거푸집을 사용한 벽체의 경우에는 $\phi 3-50\text{mm}$ 일 때 34.60%, $\phi 5-50\text{mm}$ 일 때 29.16%의 개선효과가 나타났다.

재령28일의 경우, 일반 Euro Form을 사용한 벽체의 반발경도는 평균 32.30로 측정되었고, 탈수거푸집을 사용한 벽체의 경우에는 $\phi 3-50\text{mm}$ 일 때 24.39%, $\phi 5-50\text{mm}$ 일 때 26.21%의 개선효과가 나타났다. 따라서 탈수거푸집을 사용한 벽체의 반발경도는 재령에 상관없이 일반거푸집을 사용한 벽체보다 크게 증가되었다.

그림 8과 같이 재령 3일과 7일의 재령 28일에 대한 상대강도는 일반거푸집을 사용했을 때 0.87, 0.90, $\phi 3-50\text{mm}$ 일 때 0.95, 0.98, $\phi 5-50\text{mm}$ 일 때 0.91, 0.94로 나타나, 탈수거푸집공법의 적용으로 초기강도 발현율을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

이상의 결과를 살펴보면 탈수거푸집공법의 사용으로 콘크리트 타설초기 효과적으로 잉여수를 제거할 경우 표면조직이 밀실해져 향후 제치장 콘크리트의 내구성능 향상뿐만 아니라 조기강도 발현에도 효과가 있는 것으로 판단된다.

시험체 부위별 반발경도는 물성시험 결과에서 살펴본 바와 같이 상부보다 중앙부와 하부에서 더 큰 측정값을 보이는 것으로 나타나 물성시험의 결과는 유효한 것으로 판단된다.

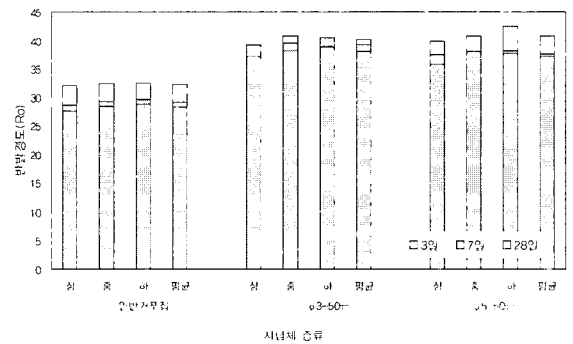


그림 7. 부위별 반발경도

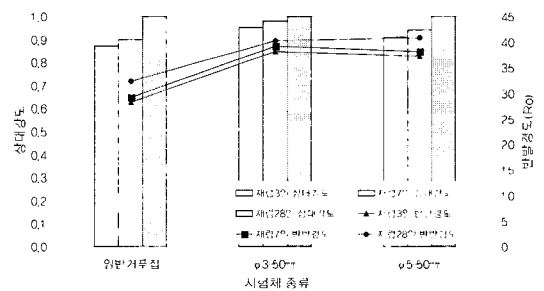


그림 8. 재령에 따른 반발경도와 상대강도

(3) 초음파에 의한 비파괴검사

표 10. 초음파 전파속도 측정결과

측정위치	경사항목	초음파 전파속도 (km/sec)											
		3일				7일				28일			
		상	중	하	평균	상	중	하	평균	상	중	하	평균
일반 거푸집	1층	3.55	3.65	3.56	3.59	3.91	3.86	3.93	3.90	4.11	4.13	3.97	4.07
	2층	3.73	3.70	3.57	3.67	3.89	3.85	3.91	3.88	4.10	4.12	4.03	4.08
	3층	3.65	3.61	3.67	3.64	3.90	3.85	3.93	3.89	4.15	4.11	4.08	4.11
	평균	3.64	3.65	3.60	3.63	3.90	3.85	3.92	3.89	4.12	4.12	4.03	4.09
φ3-50mm	1층	3.77	3.73	3.84	3.78	3.95	4.05	4.09	4.03	4.20	4.21	4.24	4.22
	2층	3.76	3.76	3.79	3.77	3.96	4.02	4.03	4.00	4.21	4.25	4.20	4.22
	3층	3.76	3.76	3.78	3.77	3.97	4.02	4.05	4.01	4.15	4.28	4.32	4.25
	평균	3.76	3.75	3.80	3.77	3.96	4.03	4.06	4.02	4.19	4.25	4.25	4.23
φ5-50mm	1층	3.72	3.80	3.77	3.76	3.90	4.00	3.98	3.96	4.19	4.25	4.17	4.20
	2층	3.75	3.80	3.73	3.76	3.91	3.94	3.97	3.94	4.23	4.20	4.23	4.22
	3층	3.67	3.71	3.72	3.70	3.91	3.97	3.98	3.95	4.15	4.20	4.21	4.19
	평균	3.71	3.77	3.74	3.74	3.91	3.97	3.98	3.95	4.19	4.22	4.20	4.20

표 10과 그림 9에서 재령 3일에 일반 Euro Form을 사용한 벽체의 초음파전파속도는 3.63km/sec로 측정되었고, 탈수거푸집을 사용한 벽체의 경우에는 φ3-50mm일 때 3.85%, φ5-50mm일 때 3%의 개선효과가 나타났다.

재령 7일의 경우, 일반 Euro Form을 사용한 벽체의 초음파 전파속도는 3.89km/sec로 측정되었고, 탈수거푸집을 사용한 벽체의 경우에는 φ3-50mm일 때 3.17%, φ5-50mm일 때 1.51%의 개선효과가 나타났다. 재령 28일의 경우, 일반 Euro Form을 사용한 벽체의 초음파전파속도는 4.09km/sec로 측정되었고, 탈수거푸집을 사용한 벽체의 경우에는 φ3-50mm일 때 3.42%, φ5-50mm일 때 2.80%의 개선효과가 나타났다. 따라서 탈수거푸집을 사용한 벽체의 초음파전파속도는 재령에 상관없이 일반거푸집을 사용한 벽체보다 크게 증가되었다.

그림 10과 같이 재령 3일과 7일의 재령 28일에 대한 상대강도는 일반거푸집을 사용했을 때 0.89, 0.95, φ3-50mm일 때 0.89, 0.95, φ5-50mm일 때 0.89, 0.94로 나타나 반발경도 측정결과와는 달리 초기강도 발현율은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 살펴보면 탈수거푸집공법의 사용으로 내부 조직이 밀실해진 것으로 판단되며, 향후 내구성능 향상 및 강도개선에도 효과가 있을 것으로 판단된다.

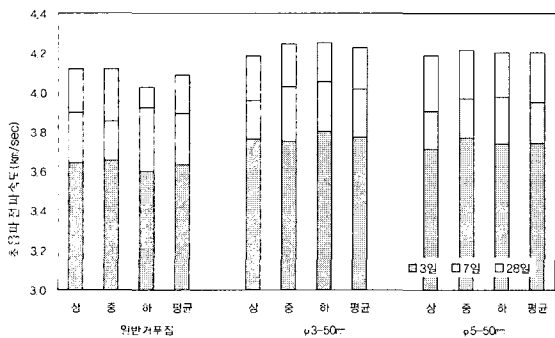


그림 9. 부위별 초음파전파속도

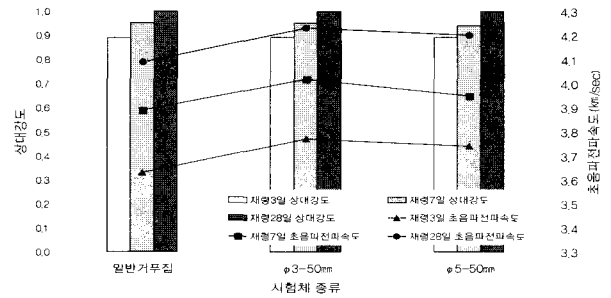


그림 10. 재령에 따른 초음파전파속도와 상대강도

4. 탈수거푸집공법의 현장 적용성 평가

4.1 거푸집의 요구성능

(1) 안전성

탈수거푸집공법은 합판거푸집, 메탈폼, 플라스틱폼 등 기존의 거푸집에 간단히 구멍만 뚫어 사용할 수 있으므로 거푸집에 요구되는 힘강도 및 강성 등의 안전성능은 기존의 거푸집과 동일하거나 미세한 차이를 보일 것으로 판단된다. 또한 콘크리트 타설시 탈수거푸집의 구멍으로 잉여수를 배출시킴으로써 거푸집에 작용하는 측압을 감소시켜 안전성 확보에 효과가 있을 것으로 판단된다.

(2) 수밀성

현장적용실험에서 탈수상황을 살펴본 결과, Euro Form 등에서 문제시되던 거푸집 조인트 부위와 거푸집 하부로부터의 시멘트 페이스트의 유출이 거의 없는 것으로 확인되었다. 따라서 탈수거푸집공법의 적용으로 수밀성을 확보할 수 있다.

(3) 간이성

탈수거푸집공법은 가공 및 조립과정에서 기존 거푸집 공법에 구멍을 뚫고 내측에 섬유포를 부착하는 공정이 추가되고, 거푸집 해체시 섬유포가 콘크리트면에 부착되지 않도록 세심한 주의가 필요한 단점이 있다. 그러나 마감을 위한 콘크리트 면에 대한 바탕처리를 생략할 수 있어 마감공정의 공기를 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

(4) 전용성

탈수거푸집공법은 거푸집 해체 후, 섬유포만 교체하여 간단히 재사용할 수 있으며, 내측에 섬유포를 부착함으로써 거푸집 패널의 손상을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 또한 현장적용실험에서 초기강도 발현이 우수한 것으로 나타나 거푸집의 존치기간을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

4.2 거푸집의 조립 및 해체

탈수거푸집공법은 기존의 거푸집공법에 구멍을 뚫고 섬유포를 부착하는 공정이 추가된다. 이러한 추가공정에 대해 탈수거푸집을 공장제작할 경우 제조과정에서 이들 공정을 수행할 수 있으므로 거푸집의 조립 및 해체공정은 큰 차이가 없을 것으로

판단된다. 다만 거푸집이 반복사용될 것을 고려할 때, 1회 사용 후 섬유포를 제거하고 부착하는 공정이 추가되므로 간단히 섬유포를 부착·제거하고, 전용횡수를 향상시킬 수 있도록 적절한 섬유포를 개발하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 특히 거푸집의 조립 및 해체시 탈수거푸집의 내면에 부착된 섬유포를 손상시키지 않도록 세심한 주의가 요망된다.

4.3 콘크리트 타설

탈수거푸집공법의 적용으로 콘크리트 타설시 충분한 Workability를 확보하면서 조기에 효과적으로 잉여수 및 혼입 공기를 제어하여 고품질을 콘크리트를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

그리고 현장적용실험 결과 콘크리트 타설시 거푸집에 작용하는 축압과 진동기 등에 의한 충격에 별다른 피해상태는 없는 것으로 확인되었다.

4.4 타설면의 평활성

탈수거푸집공법의 적용으로 기대할 수 있는 가장 큰 효과는 타설표면의 평활성 확보와 표면강도의 확보에 따른 별도의 마감공정이 필요하지 않다는 것이다. 따라서 벽체의 마감공정을 단축함과 동시에 충분한 콘크리트 구조물의 품질을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

4.5 품질 개선효과

표면상태의 확인과 반발경도 및 초음파전파속도의 측정결과에서 알 수 있듯이, 탈수거푸집공법의 적용으로 표면 및 내부조직이 밀실해지고 미관이 향상되었다. 특히 표면강도가 크게 증가되어 콘크리트 열화의 주요원인인 물, 염화물 등의 외적환경요인의 침투를 효과적으로 차단할 것을 기대되며, 향후 콘크리트의 내구성능을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합하면, 탈수거푸집공법은 기존의 거푸집공법의 요구성능을 충분히 만족하면서, 고품질의 콘크리트를 획득할 수 있어 향후 거푸집공법으로 적용하는데 있어 충분히 경쟁력이 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

탈수거푸집공법의 물성과의 및 현장적용 가능성 평가를 위한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 표면상태 확인결과 탈수거푸집의 사용으로 일반거푸집의 경우보다 표면조직이 치밀해진 것으로 나타났다.
- (2) 반발경도 측정결과 탈수거푸집의 사용으로 표면조직이 밀실해져 향후 내구성 향상 및 조기강도 발현에도 효과가 있는 것으로 나타났다.
- (3) 초음파전파속도 측정결과 탈수거푸집의 사용으로 내부조직이 밀실해져 향후 내구성 향상 및 강도증진에도 유효한 것으로 나타났다.
- (4) 현장적용실험결과 기존의 Euro Form을 개량하여 간단히 탈수거푸집공법을 활용할 수 있는 것으로 나타났다.
- (5) 이상의 실험결과 탈수거푸집공법의 사용으로 내구성능, 강도, 미관 등을 만족하는 제치장 콘크리트를 얻을 수 있음을 확인하였고, 현장에서의 실용화가 가능한 것으로 나타났다.

따라서 일반 건축물뿐만 아니라 토목구조물에 많이 적용되는 제치장 콘크리트의 성능을 획기적으로 향상시킬 것으로 판단되며, 특히 벽식구조 아파트 외벽체의 거푸집공법으로 활용가능성이 매우 높은 것으로 판단된다. 본 연구는 탈수거푸집공법의 실용화방안을 모색하기 위한 기초적인 연구로 콘크리트 표층부의 내구성능에 영향을 미치는 표면으로부터의 흡수율, 중성화 및 염분침투 깊이, 동결융해 시험 등의 내구성능과 관련된 다양한 평가기준을 활용하지 못한 한계를 가진다. 따라서 향후 연구에서는 이들 평가기준의 보완과 함께 합성섬유의 물성과 부착방법 및 경제성 분석에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 이학기, "건축시공기술사 해설", 예문사, 1998
2. 강병희 외16, "건축학전서7, 건축재료", 대한건축학회, 1997
3. 정재동, "콘크리트 재료공학", 1998
4. 한국콘크리트학회 "최신콘크리트공학", 普成閣, 1995
5. 정재동, 유공거푸집을 이용한 콘크리트표층부 치밀화에 관한 실험적연구(I), 대한건축학회, 1999

Abstract

Dewatering mold form get many holes on the surface to drain excessive water from combine concrete. While fiber is adhered to the forms inter surface, that makes it possible to improve concrete workability by draining excess water through the holes. We can expect the outer layer to solidify and to compact and get improvement of concretes durability. Maybe, it is valuable enough that dewatering mold form is put to practical use.

On this study, the purpose is to obtain fundamental data for effective dewatering mold and properties of exposed concrete with the form, and ultimately, is to propose practical theory.

Keywords : Dewatering Mold Form, Exposed Concrete