

# 인발법을 이용한 고강도 콘크리트 구조물의 강도평가방법

## Evaluation for High Strength Concrete using Pullout Test

고 훈 범\*

Ko, Hune-Bum

### Abstract

Out of all the nondestructive test (NDT) methods, the pullout test is one of the most reliable techniques for estimating the strength of concrete under construction. However the pullout test inevitably produces significant surface damage because of the inherent test mechanism and costs too much for using measurement devices. In the view of construction engineers and inspectors, the main purpose of NDT methods for concrete is to verify whether the concrete strength of structure members exceeds the target strength or not.

In this paper, a new pullout test method, which involves a pre-installed breaking bolt, with pre-determined breaking torques corresponding to the target strength of concrete, is introduced with related test data. The three types of test, the rebound hammer test, the pullout test, and the new pullout test with breaking bolt, were carried out on wall specimen with three types of concrete strengths. Our results show that concrete strength as evaluated by the pullout test with breaking bolt was similar with cylinder test results. Therefore it can be said that the new pullout test with breaking bolt is a useful method for checking the concrete strength without any surface damages in construction site.

키워드 : 고강도 콘크리트, 비파괴시험, 인발시험

Keywords : high strength concrete, non-destructive test, pullout test

## 1. 서 론

콘크리트 강도를 비파괴적으로 평가하는 방법으로 반발경도 측정법, 펄스속도시험법, 윈저테스트, 인발법 등이 제안되고 있다. 그러나 비파괴 적으로 콘크리트 강도를 정확하고 간편하게 그리고 경제적으로 평가할 수 있는 시험법은 아직 확립되지 않은 것이 현실이다. 물론 국내외적으로 콘크리트 강도를 비파괴적으로 평가하는 방법으로 슈미트해머에 의한 반발경도법이 널리 사용되고 있으며 부분적으로 펄스속도시험법도 이용되고 있다. 이 시험들은 콘크리트 강도를 간편하게 측정할 수 있는 장점을 가지고 있으나 오차가 크며, 저강도 및 고강도의 콘크리트에 대해서는 적용하기 쉽지 않은 단점을 가지고 있다. 따라서 기존의 콘크리트 평가기법을 좀 더 세심하게 검증해 볼 필요가 있으며, 또한 향후 우리현실에 맞는 신뢰성 높은 콘크리트 강도평가기법 개발이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구는 이러한 비파괴 시험방법 중에 ASTM, 캐나다표준국에서 추천되고 있는 인발법을 콘크리트 강도평가에 활용하기 위한 것이다. 기존의 인발법이 고가의 장비와 복잡함, 그

리고 시험 후 콘크리트 표면에 대한 보수 등의 단점을 가지고 있는데 이러한 단점을 보완하여 현장에서 사용하기 편리하고 경제적인 인발법을 제시하고자 하는데 그 목적이 있다. 이러한 연구목적을 달성하기 위하여 강도특성에 맞도록 파단형 인발볼트를 고안하고 강도수준을 보통강도, 고강도, 초고강도 모의 벽체 시험체를 제작하여 각 재령(1일-7일, 14일, 21일, 28일)에 대하여 공시체 강도와 인발볼트 파단여부로 특정강도 도달여부를 판정하고 파단형 인발볼트의 유효성을 검증하고자 하였다.

## 2. 인발법에 대한 현황 및 제안

인발법(Pull-out Test)은 현재 ASTM C 900에 규정되어 있으며 시험방법에 대한 이론적 배경은 ACI 208.1R-03에 설명되어 있다. 인발법에 대한 개요는 그림 1과 같다. 인발법은 콘크리트 타설전 거푸집에 미리 Head를 설치하고 거푸집 탈형 후 Head를 인발하는데 그때 측정된 인발하중을 콘크리트 강도로 환산하여 콘크리트 강도를 확인하는 방법이다. 그림 2는 인발법에 대한 파괴 메커니즘을 나타내고 있다. FEM해석을 통하여 해석된 인발파괴전의 압축응력 궤도와 인장응력 궤도를 보여주고 있다(Stone and Carino 1984).

\* 인하공업전문대학 건축과 부교수, 정회원  
이 논문은 2007학년도 인하공업전문대학 교내연구비지원에 의하여 연구 되었음.

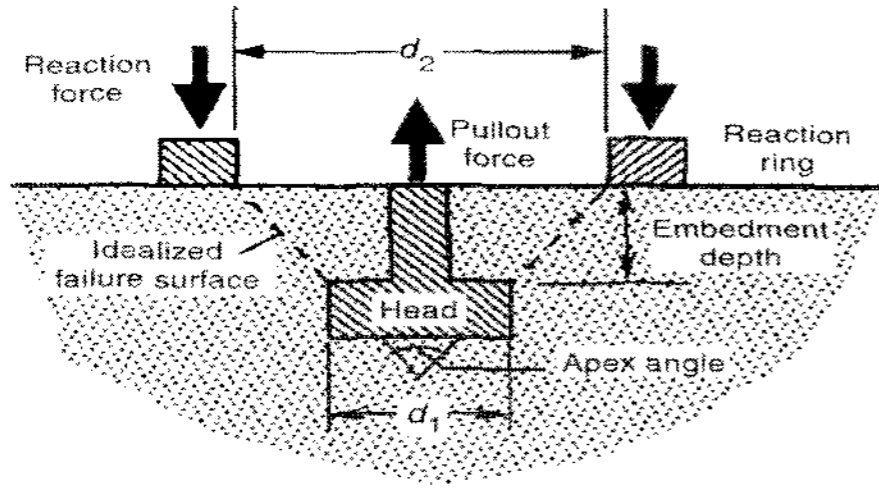


그림 1. 인발법(ASTM C 900)

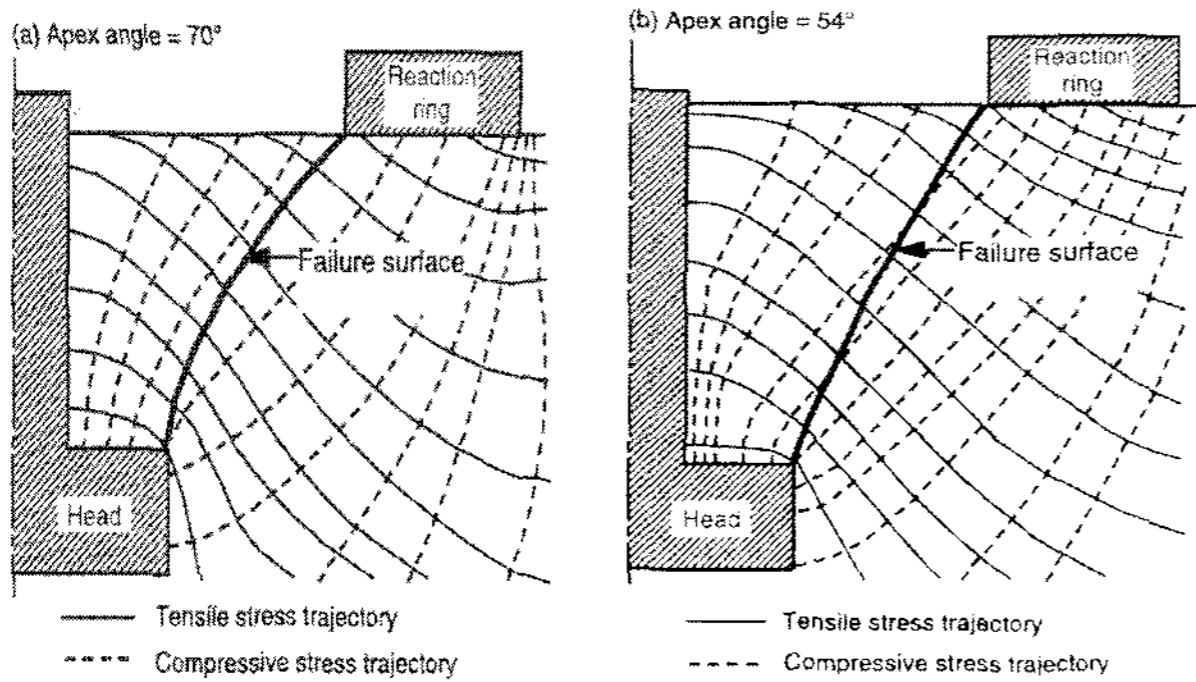


그림 2. 인발법의 파괴 메커니즘

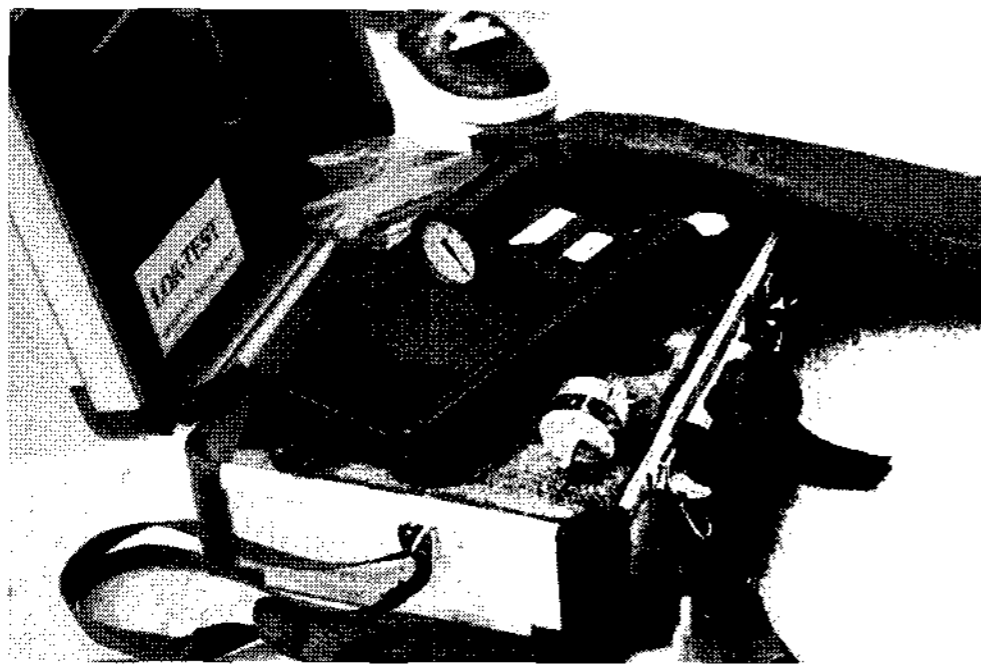


사진 1. 기존 인발시험장비(시판제품)



사진 2. 기존 인발법의 시험광경

구미에서는 이러한 인발법을 위한 시험장치가 제품으로 시판되고 있으며 현장에서도 사용되고 있지만, 국내에서는 몇몇

연구기관과 특수한 극소수의 현장을 제외하면 거의 사용되고 있지 않은 실정이다. 하지만 최근 국내건설사도 해외현장에서 초고층 콘크리트 구조물에 대하여 거푸집 제거시기의 조정을 통한 공기단축을 목적으로 구조체의 조기강도를 확인하기 위하여 인발법을 적용 하고 있다(김규동의, 2007).

사진 1은 현재 국내에서도 시판되고 있는 외국산 인발시험장치를 나타내고 있으며, 사진 2는 인발시험 광경을 보여주고 있다. 이러한 기존의 인발법은 다른 비파괴시험방법과 비교해서 정확성이 높고 콘크리트의 물성을 직접 시험한다는 점에서 장점을 가지고 있으나 시험장비가 고가이며 시험방법이 복잡하고 시험 후 시험했던 곳을 보수해야 하는 단점을 가지고 있다. 이러한 이유로 기존 인발법에 대한 대안으로 새로운 개념을 제시하고 모의시험을 통하여 효용성을 입증하고자 하였다. 일반적으로 건설현장의 기술자나 감리자의 관점에서 비파괴시험의 기본 목적은 콘크리트 구조체의 압축강도 값보다는 목표강도에 도달했는지의 여부이다.

본 연구에서는 기존 인발법의 장점을 살리며 단점을 최소화시킬 수 있고 목표강도에 도달하면 인발볼트가 파단되는 새로운 개념의 인발법을 제안하고자 한다. 그림 3은 시판되는 인발법의 상세를 나타내고 있는데 기존의 인발법은 그림의 3처럼 인서트를 설치하고 인발장치를 통하여 인서트를 인발하여, 그림 4처럼 콘크리트가 콘 모양으로 뿜혀 나올 때의 정량적인 인발강도를 측정하고 콘크리트 강도를 추정하는 방식인데 반하여 제안된 새로운 인발법은 그림 6과 같이 파단형 인발볼트(상용화된 볼트에 콘크리트 강도에 부합하는 홈을 미리 제작한 볼트)를 기존의 인발법과 같은 순서로 설치하고 간단한 인발장치를 통하여 그림 5와 같이 콘크리트 구조체가 목표강도에 도달하면 인발볼트가 파단이 되고, 목표강도에 도달하지 않으면 기존의 인발법과 마찬가지로 콘크리트 콘이 뿜혀 나오게 되도록 고안되어 졌다. 결과적으로 인발볼트의 파단여부로 쉽게 콘크리트 강도의 도달여부를 파악할 수 있게 된다. 물론 목표강도에 따라 인발볼트 홈의 직경(d)만 변화시키면 된다. 그림 7은 고가의 측정장치(로드셀, 하중측정장치)가 필요 없는 새로운 개념의 인발장치를 보여주고 있다.

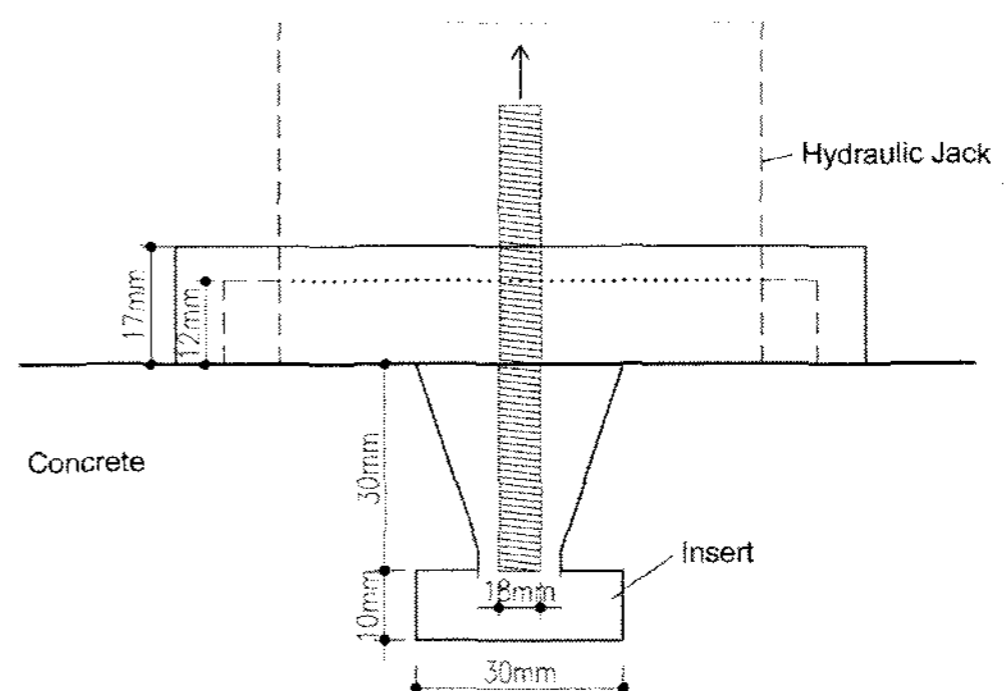


그림 3. Pull-out Test 상세치수(시판제품)

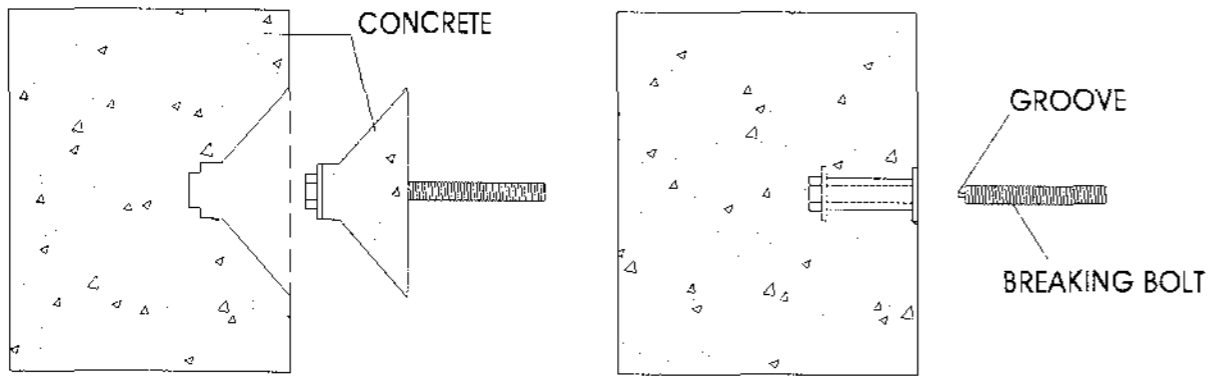


그림 4. 콘크리트의 뿔힘 현상 그림 5. 인발볼트의 파단

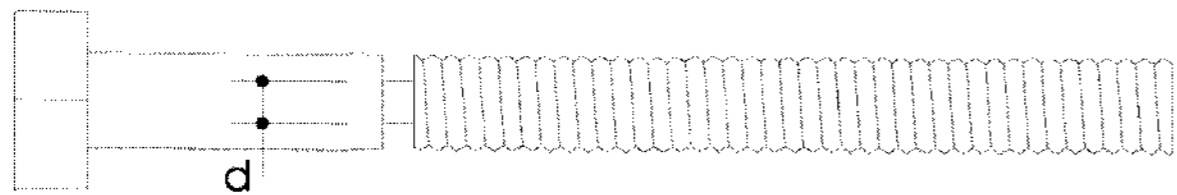


그림 6. 파단형 인발볼트

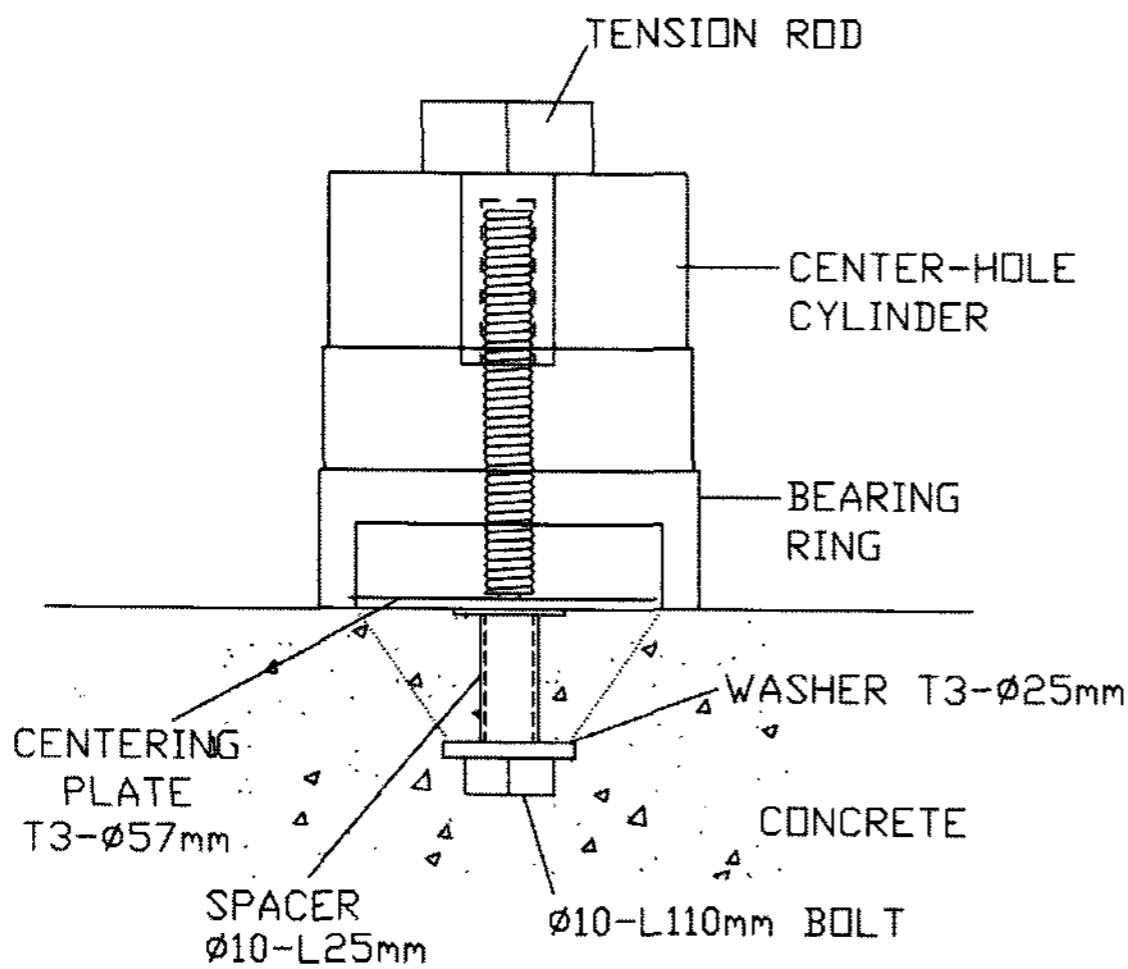


그림 7. 새로운 인발시험 장치

### 3. 실험개요

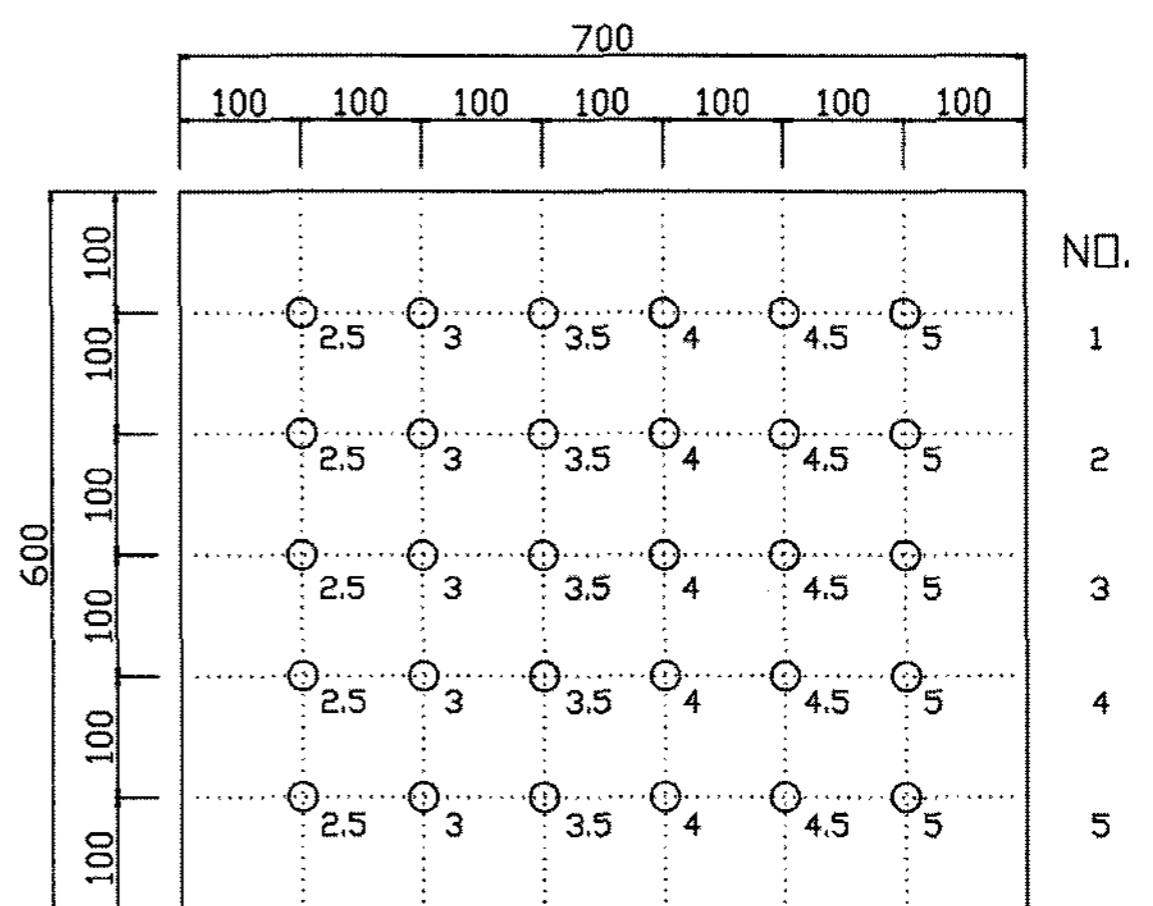
새로운 개념의 인발시험법에 대한 효용성을 검증하기 위하여 현장과 같은 조건으로 모의시험벽체를 제작하고 인발시험을 실시하였다. 그리고 인발법과 비교하기 위하여 비파괴 검사법으로 가장 많이 사용하는 반발경도법(슈미트해머법)과 공시체에 대한 압축강도시험도 함께 이루어 졌다. 강도수준은 타설 후 1주일간의 초기재령 강도가 매일 점진적인 변화와 다양한 강도수준에 도달할 수 있도록 목표강도가 20MPa, 40MPa, 60MPa인 보통강도(N), 고강도(H), 초고강도(S) 배합을 사용하였다. 콘크리트 배합과 굵지 않은 콘크리트의 성질은 표 1과 같다. 콘크리트 강도를 판별하기 위한 10종류의 직경(2.5-8mm)을 가진 인발볼트를 매입하기 위하여 700×600×200mm의 모의 시험벽체 3개와 총 90개

(30개×3배합)의 공시체가 제작되었다. 모의시험벽체와 인발볼트의 매입위치는 그림 8과 같다. 모의 시험벽체와 공시체는 타설 후 7일간은 양생포로 습윤 양생을 실시하고 그 이후에는 공기 중에 노출시켰다. 모의 시험벽체에 대한 인발시험과 반발경도시험은 콘크리트 타설 후 7일 동안은 매일 이루어 졌으며 그 이후에는 14일, 21일, 28일에 이루어져 총 10회를 실시하였다. 또한 각 시험재령에서 3개의 공시체가 연마되어 압축강도시험이 실시되었다. 인발시험은 각 시험재령에 대하여 5개의 인발볼트를 대상으로 실시되었으며 파단형 인발볼트가 연속적으로 3개가 파단되거나 또는 콘크리트가 뿔쳐 나오면 그 직경에 대해서는 그 다음 재령에서 다시 시행하였다. 또한 인발볼트의 파단여부와 상관없이 그림 7의 Center-hole cylinder의 상부에 로드셀을 설치하여 인발하중도 함께 측정하였다. 반발경도 시험은 각 재령에 대하여 모의시험벽체 측면에서 실시하였다.

사진 3은 거푸집에 설치된 파단형 인발볼트 설치상황을 보여주고 있으며 사진 4는 파단형 인발볼트의 상세를 나타내고 있다. 사진 5는 새로운 인발시험장치를 이용한 파단형 인발볼트에 대한 인발시험광경을 보여주고 있다. 사진 6은 그림 4와 그림 5와 같이 콘크리트 강도가 목표강도에 도달 할 경우 인발볼트의 파단상태와 도달하지 못할 경우 인발볼트와 함께 콘크리트의 뿔힘을 보여주고 있다.

표 1. 콘크리트 배합 및 굵지 않은 콘크리트의 성질

Type	Mix Proportion(kg/m <sup>3</sup> )				W/C (%)	Air (%)	S/A (%)	Ad (%)	Temp. (°C)	Slump (cm)
	W	C	S	G						
N	207	245	705	1053	60	3.0	40	0	9	10
H	183	424	667	1055	41	2.9	39	1.5	18	9
S	167	555	606	1062	30	3.0	36	2.2	25	5





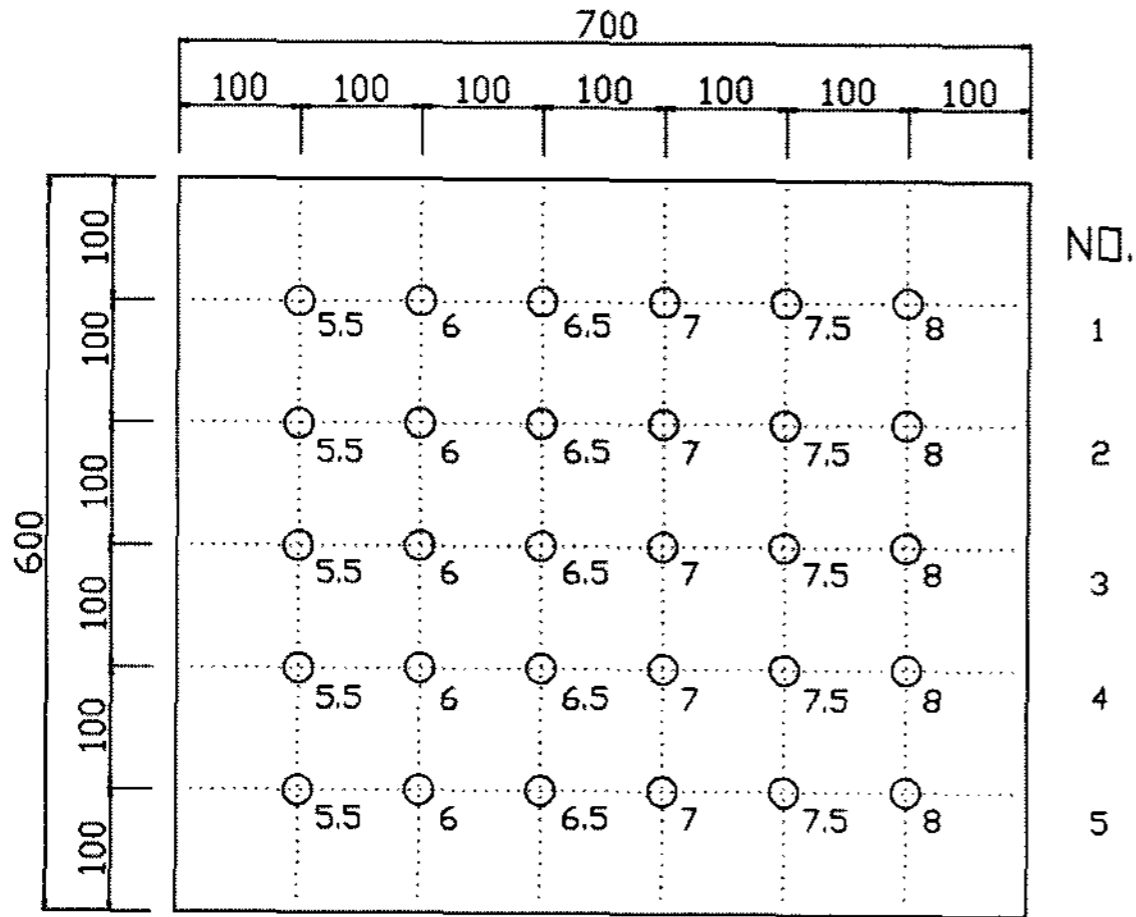


그림 8. 모의 시험 벽체

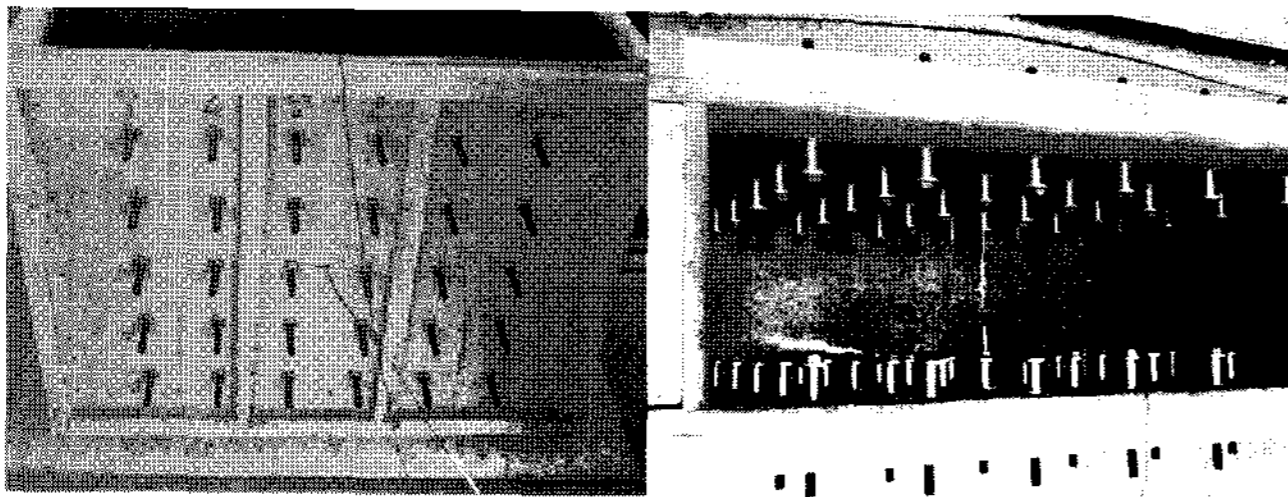


사진 3. 파단형 인발볼트 설치상황

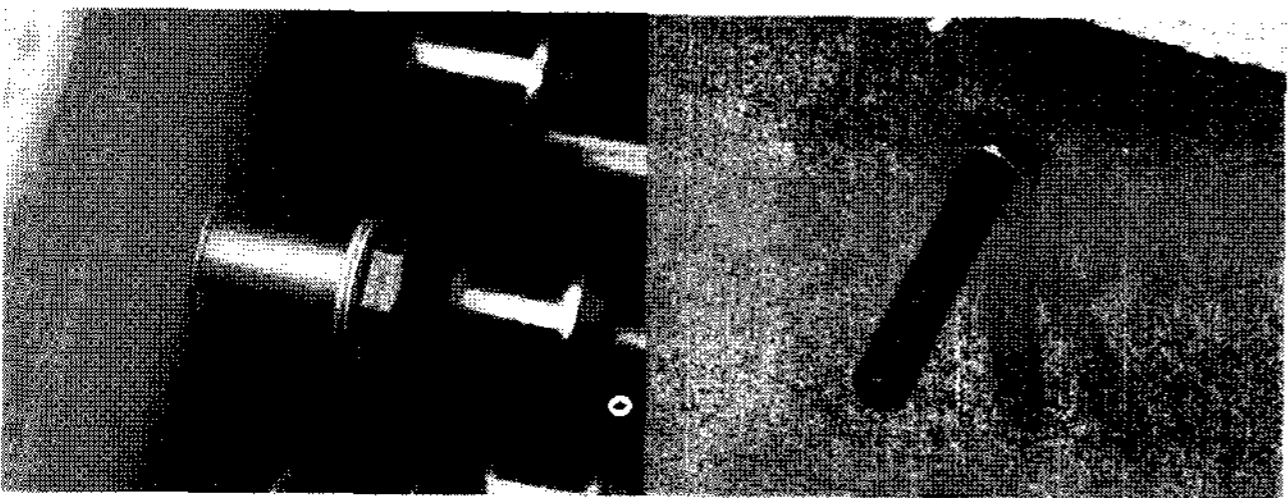


사진 4. 파단형 인발볼트 설치상황 상세

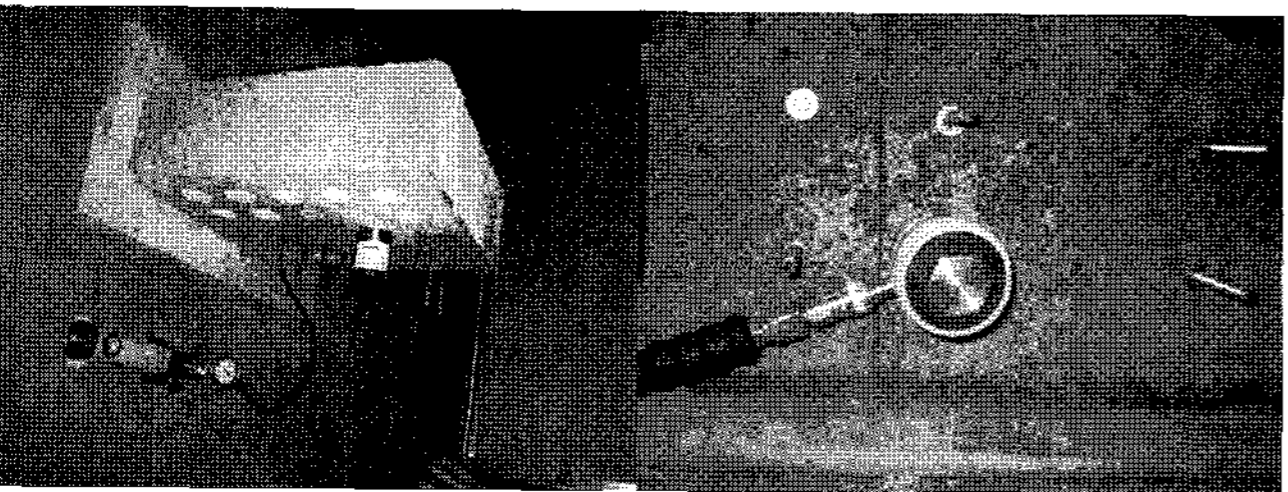


사진 5. 파단형 인발볼트에 대한 인발시험

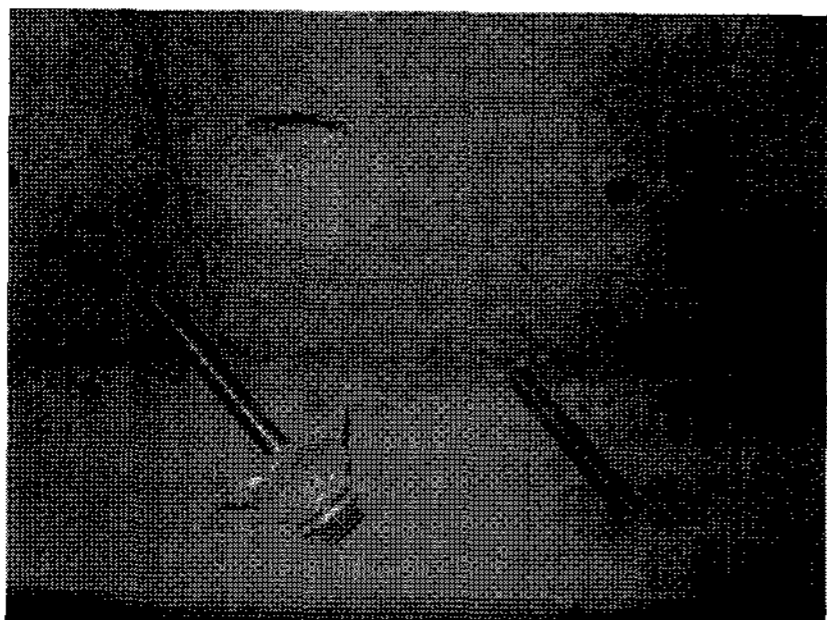


사진 6. 파단형 인발볼트에 대한 시험결과

#### 4. 실험결과 및 고찰

표 2는 각재령에 따른 콘크리트 공시체에 대한 압축강도, 반발경도, 인발하중을 보여주고 있다. 콘크리트 공시체에 대한 압축강도 시험 결과를 살펴보면 각각의 28일강도가 보통강도인 경우 15MPa, 고강도인 경우 34MPa, 초고강도인 경우 60MPa를 보여주었다. 전체적으로 초고강도인 경우를 제외하고 목표강도보다 조금 낮은 강도를 보여주고 있는데 실험실 온도가 예상보다 낮았던 것이 원인이라고 판단된다. 인발시험은 각 시험재령에 대하여 5개의 인발볼트를 대상으로 이루어졌으며 파단형 인발볼트는 콘크리트의 목표강도 도달여부에 따라 볼트가 파단되거나 콘크리트가 뽑혀 나오는데 콘크리트가 뽑혀 나오면 그 직경에 대해서는 더 이상 인발시험을 하지 않고 그 다음 재령에서 다시 시행하였다. 인발볼트가 파단되는 경우는 연속적으로 3개에 대하여 인발시험을 실시하였으며 남은 인발볼트는 그 다음 재령에서 실시하였다. 표 2의 인발하중은 인발볼트가 파단되지 않은 경우의 콘크리트의 뽑힘 현상이 발생되었을 때만 측정된 값이다.

표 2. 시험결과

재령	콘크리트 강도 (MPa)			반발경도			인발하중(kN)		
	N	H	S	N	H	S	N	H	S
1	0.4	2.4	15.0	0	28.1	41.5	-	11	36
2	2.0	11.5	31.8	17.5	34.6	42.7	4.3	16.2	42.1
3	4.9	18.9	36.1	16.8	29.2	38.9	5.6	18.3	42.1
4	6.0	21.5	43.8	26	38.9	46.2	7.8	20.5	47.8
5	7.1	24.0	46.5	27.8	31.4	42.8	10.6	23.3	47.5
6	7.2	24.7	49.9	25.8	32.3	42.3	10.1	26.1	53.1
7	9.0	28.5	51.8	32.8	37.2	44	10.1	26.1	51.5
14	11.5	32.2	59.0	39.7	44.1	43.5	13	27.7	47.9
21	13.9	35.7	58.1	28.4	46	44.7	15.5	26.9	58.7
28	15.0	33.9	59.8	32	43.7	49.5	19.4	31.1	42.5

주) N:보통강도, H:고강도, S:초고강도

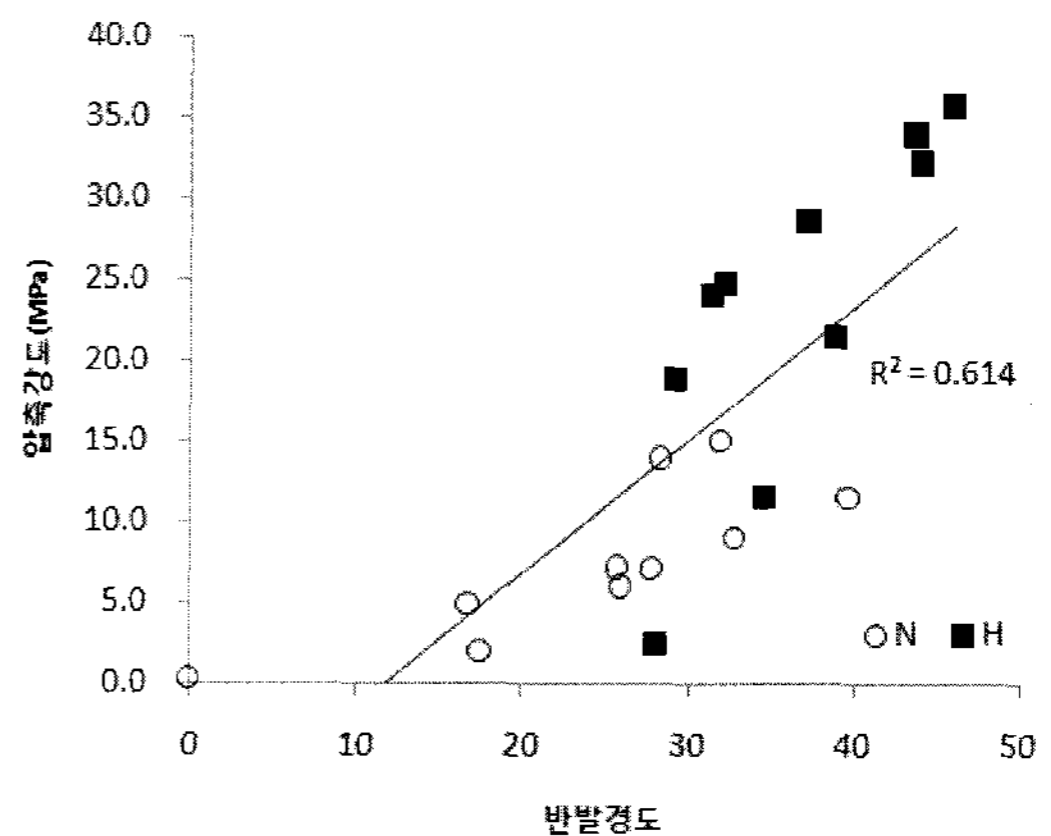


그림 9. 압축강도와 반발경도 관계

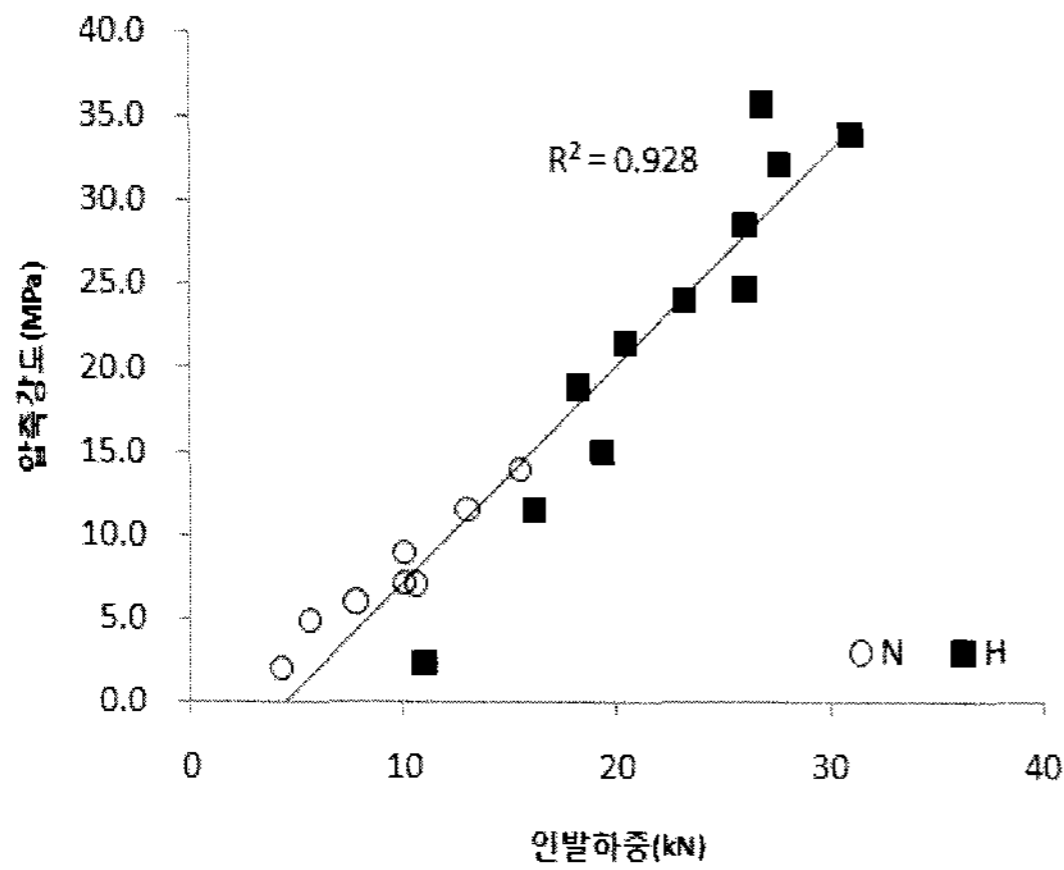


그림 10. 압축강도와 인발하중관계

그림 9와 10은 보통강도와 고강도 콘크리트 시험체의 시험결과에 대하여 콘크리트 공시체에 대한 압축강도, 반발경도, 인발하중과의 상관관계를 나타내었다. 선형회기분석을 통하여 콘크리트강도와 인발하중과의 상관관계( $R^2=0.928$ )가 반발경도와 인발하중과의 상관관계( $R^2=0.614$ ) 보다 훨씬 높다는 것을 알 수 있다. 그러므로 인발시험을 통한 콘크리트 강도 평가는 매우 정도가 높다고 할 수 있다.

각각 다른 직경을 가진 인발볼트에 대한 인장시험, 공시체에 대한 압축강도 시험, 그리고 인발시험 결과를 표 3~5에 나타내었다. 인발볼트의 파단실험결과를 살펴보면 보통 콘크리트 강도 시험체의 재령 3일에서 콘크리트 강도가 4.9MPa인 경우 직경 2.5mm인 인발볼트는 전부 파단 되었으며, 재령 14일에서 콘크리트 강도가 11.5MPa를 초과하면 직경 4.0mm인 인발볼트가 파단 되었음을 알 수 있다. 고강도 콘크리트 강도 시험체의 재령 3일에서 콘크리트 강도 18.9MPa인 경우 직경 4.5mm인 인발볼트는 전부 파단 되었으며, 재령 14일에서 콘크리트 강도가 32.2MPa를 초과하면 직경 5.0mm인 인발볼트가 파단 되었음을 알 수 있다. 초고강도 콘크리트 시험체의 재령 3일에서 콘크리트 강도 36.1MPa인 경우 직경 6.0mm인 인발볼트는 전부 파단 되었는데 아쉽게도 6.5mm를 초과하는 인발볼트의 시험에서는 강도에 따른 파단 여부를 명확하게 구분 할 수 없어서 좀 더 상세한 시험이 이루어져야 한다고 판단된다. 그림 11-12는 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5mm의 직경을 가진 인발볼트의 인장하중(선)과 인발시험시 측정된 값(점)을 측정 위치별(그림 8 참조)로 표시 하였다. 측정 위치는 단지 시험 순서를 의미한다. 콘크리트가 뽑히는 경우와 인발볼트가 파단된 경우를 모두 표시하였는데 볼트 위치가 1, 2번인 경우가 각 재령에서 처음 인발시험을 하기 때문에 대부분 콘크리트가 뽑힌 경우이다. 인발볼트가 파단되는 경우 볼트의 인장하중을 거의 초과하는 것을 그림을 통하여 알 수 있다. 이러한 결과는 파단형 인발볼트를 사

용하여 볼트가 파단이 될 경우 콘크리트 강도가 목표강도에 도달 했다고 정확하게 판단할 수 있으며 현장에서는 그 다음 공정을 진행할 수 있다는 것을 의미한다.

### 5. 결 론

기존의 인발법이 정확도가 높으며 콘크리트의 본질적인 물성을 파악할 수 있는 실험인데도 불구하고 고가의 측정장비와 복잡한 시험과정, 시험 후 표면마감을 해야 하는 번거로운 단점이 있어 현장에서의 사용은 소극적일 수밖에 없다. 이러한 단점을 극복하기 위해 새로운 개념의 인발법을 제안하였다. 새로운 인발법의 유효성을 확인하기 위하여 본 연구에서는 보통강도, 고강도, 초고강도 콘크리트의 모의 시험벽체에 대하여 1-7일, 14일, 21일, 28일 재령에서 인발시험과 반발경도시험을 실시하고 현장 양생조건의 공시체 압축강도와 비교하였다. 실험결과 인발법은 반발경도법과 비교하여 매우 정도 높은 시험법이라는 것이 증명되었다. 결과적으로 파단형 인발볼트를 사용하면 콘크리트 구조체 강도의 목표강도 도달여부를 쉽게 판단할 수 있으며 모의 벽체시험을 통하여 그 효용성을 확인하였다. 특히 5.0mm이하의 파단형 인발볼트를 사용한 새로운 개념의 인발시험은 현장에서 충분히 콘크리트 구조체의 강도를 파악하는데 효율적으로 사용될 수 있으리라 판단된다. 물론 제안된 새로운 개념의 인발법은 향후 파단형 인발볼트 및 시험법의 규격화가 필요하며, 이를 위해 더 많은 실험자료의 축적이 필요하다.

표 3. 보통강도 시험체에 대한 인발시험결과

Age (day)	Concrete strength (Mpa)	Tensile Load (kN)	d (mm)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
1*	0.4	-	-	-	-	-	-	-
2	2.0	6.1	2.5	P	-	-	-	-
3	4.9	6.1	2.5	-	F	F	F	-
		8.8	3.0	P	-	-	-	-
4	6.0	6.1	2.5	-	-	-	-	F
		8.8	3.0	-	F	F	F	-
		11.9	3.5	P	-	-	-	-
5	7.1	8.8	3.0	-	-	-	-	F
		11.9	3.5	-	P	-	-	-
6	7.2	11.9	3.5	-	-	F	F	F
		15.6	4.0	P	-	-	-	-
7	9.0	15.6	4.0	-	F	P	-	-
14	11.5	15.6	4.0	-	-	-	F	F
		19.7	4.5	P	-	-	-	-
21	13.9	19.7	4.5	-	F	P	-	-
28	15.0	19.7	4.5	-	-	-	F	F
		24.3	5.0	P	-	-	-	-

표 4. 고강도 시험체에 대한 인발시험결과

Age (day)	Concrete strength (Mpa)	Tensile Load (kN)	d (mm)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
1	2.4	6.1	2.5	F	F	F	-	-
		8.8	3.0	F	F	F	-	-
		11.9	3.5	P	-	-	-	-
2	11.5	6.1	2.5	-	-	-	F	-
		8.8	3.0	-	-	-	F	-
		11.9	3.5	-	F	F	F	-
		15.6	4.0	P	-	-	-	-
3	18.9	6.1	2.5	-	-	-	-	F
		8.8	3.0	-	-	-	-	F
		11.9	3.5	-	-	-	-	F
		15.6	4.0	-	F	F	F	-
4	21.5	19.7	4.5	P	-	-	-	-
		15.6	4.0	-	-	-	-	F
		19.7	4.5	-	F	F	F	-
5	24.0	19.7	4.5	-	-	-	-	F
		24.3	5.0	-	P	-	-	-
6	24.7	24.3	5.0	-	-	P	-	-
7	28.5	24.3	5.0	-	-	-	P	-
14	32.2	24.3	5.0	-	-	-	-	F
		29.4	5.5	P	-	-	-	-
21	35.7	29.4	5.5	-	P	-	-	-
28	33.9	29.4	5.5	-	-	P	-	-

주) F: 인발볼트의 파단, P: 콘크리트의 뿔침, -: 시험하지 않음

표 5. 초고강도 시험체에 대한 인발시험결과

Age (day)	Concrete strength (Mpa)	Tensile Load (kN)	d (mm)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
1	15.0	6.1	2.5	F	F	F	-	-
		8.8	3.0	F	F	F	-	-
		11.9	3.5	F	F	F	-	-
		15.6	4.0	F	F	F	-	-
		19.7	4.5	F	F	F	-	-
		24.3	5.0	F	F	F	-	-
2	31.8	29.4	5.5	F	P	-	-	-
		6.1	2.5	-	-	-	F	-
		8.8	3.0	-	-	-	F	-
		11.9	3.5	-	-	-	F	-
		15.6	4.0	-	-	-	F	-
		19.7	4.5	-	-	-	F	-
3	36.1	24.3	5.0	-	-	-	F	-
		29.4	5.5	-	-	F	F	-
		35.0	6.0	F	F	P	-	-
		6.1	2.5	-	-	-	-	F
		8.8	3.0	-	-	-	-	F
		11.9	3.5	-	-	-	-	F
		15.6	4.0	-	-	-	-	F
		19.7	4.5	-	-	-	-	F
4	43.8	41.1	6.5	-	P	-	-	
5	46.5	41.1	6.5	-	-	P	-	
6	49.9	41.1	6.5	-	-	-	P	
7	51.8	41.1	6.5	-	-	-	-	
14	59.0	47.7	7.0	P	-	-	-	
21	58.1	47.7	7.0	-	P	-	-	
28	59.8	47.7	7.0	-	-	P	-	

주) F: 인발볼트의 파단, P: 콘크리트의 뿔침, -: 시험하지 않음

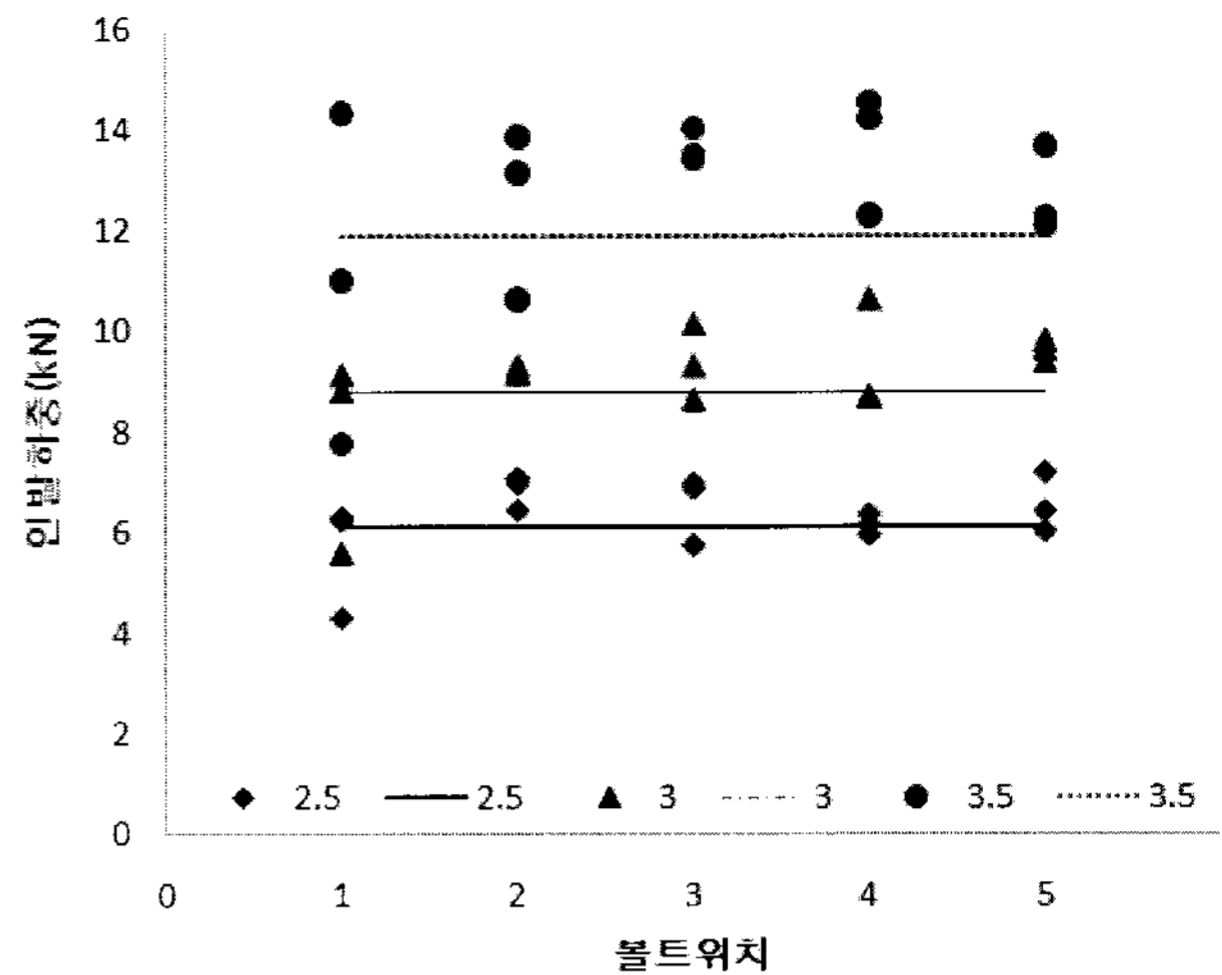


그림 11. 볼트직경과 압축강도와 인발하중관계

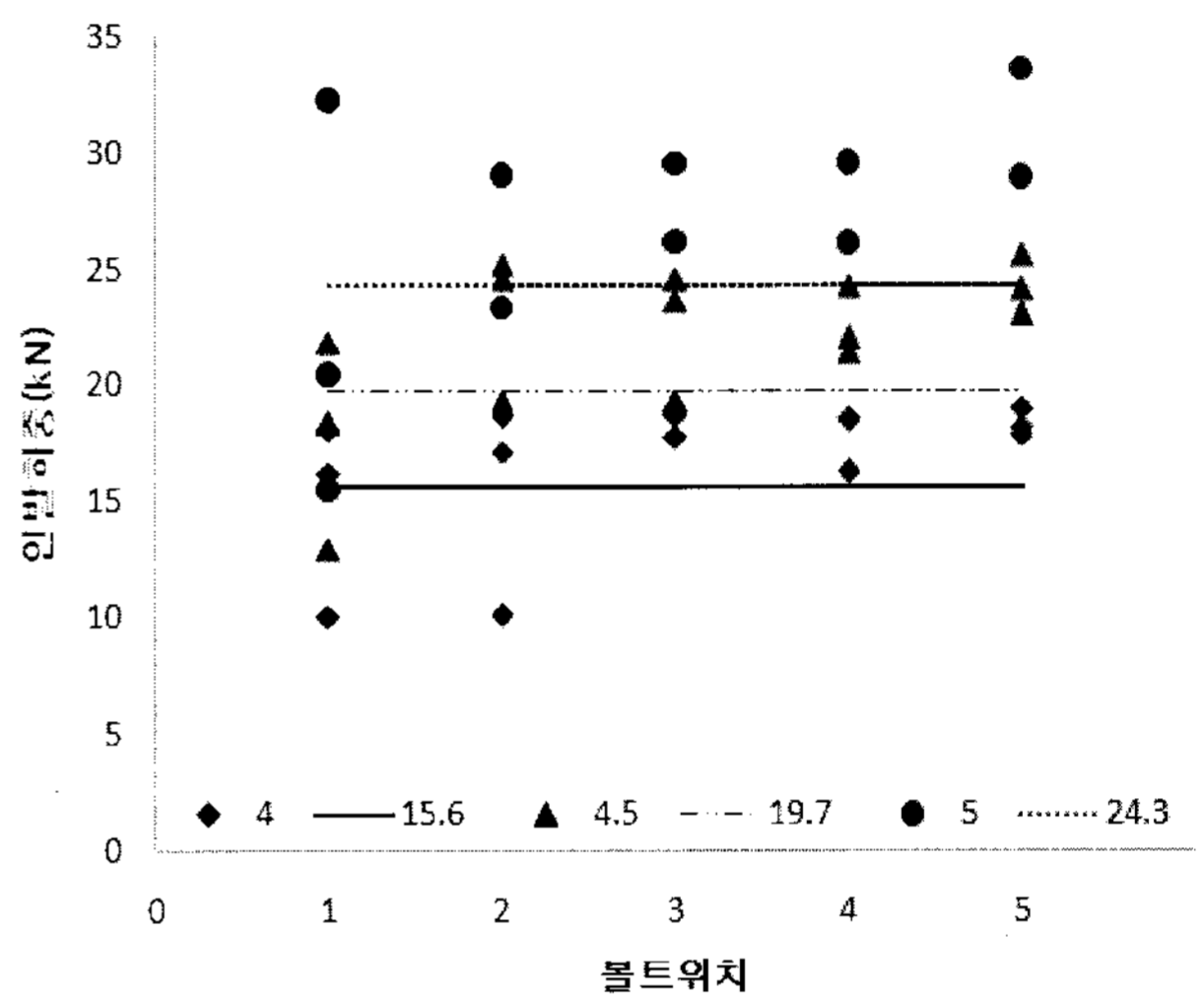


그림 12. 압축강도와 인발하중관계

참고 문헌

1. 김규동외, Pull-Out Test를 이용한 콘크리트 구조물의 조기강도 평가기술, 한국콘크리트학회 2007년 봄학술발표회 논문집, 한국콘크리트학회, pp.1087-1090, 2007.4
2. ACI committee 228, In-Place Methods to Estimate Concrete Strength, America concrete institute, pp. 6-9, Sep. 2004.
3. ASTM, Standard Test Method for Pullout Strength of Hardened Concrete, (ASTM C 900-82), Annual Book of ASTM Standards, V. 04.02, ASTM, Philadelphia, pp.582-585. 1983.
4. Bickley, J.A., The Variability of Pullout Tests and In-Place Concrete, Concrete International, 1982
5. Kierkegaard-Hansen, P., Lok-Strength, Nordisk Betong (Stockholm), V.19, No.2, pp.9-11, 1975.
6. Komatu et al., Variability of in-place Concrete Strength Evaluated by Pullout Test, Proc. JIA, No.1068, 1986(in Japanese)

7. Leslie, J.R. and Cheesman, W.J. , An Ultrasonic Method of Studying deterioration and Cracking in Concrete Structures, ACI Journal (No.46-2), Sep. 1949
8. Malhotra, V.M. and Carrette, G., Comparison of Pullout Strength of Concrete with Compressive Strength of Cylinders and Cores, Pulse, Velocity, and Rebound Number, ACI JOURNAL, May-June, pp.161-170. 1980
9. Ottosen, N.S., Non-linear Finite Element Analysis of Pull-out Test, Journal of Structural Division, ASCE, Vol.107, No.ST4, April 1981
10. Popovics, S., Strength and Related Properties of Concrete, A Quantitative Approach, John Wiley & Sons, New York, pp. 535, 1998
11. Richards, O., Pullout Strength of Concrete, Reproducibility and Accuracy of Mechanical Tests, STP-626, ASTM, Philadelphia, pp.32-40, 1977
12. Stone, W.C., Carino, N.J., Comparison of Analytical with Experimental Internal Strain Distribution for the pullout Test, ACI Journal, Proc. V.81, No.1, pp.3-12, Jan.-Feb.1984
13. Stone, W.C., Carino, N.J. and Reeve, C.P. Statistical Methods for In-Place Strength Predictions by the Pullout Test, ACI Journal, Proc. V.83, No.5, Sep-Oct. 1986

(접수 2008. 4. 6, 심사 2008. 6. 3, 게재확정 2008. 6. 10)