갱폼 중대재해 사례연구

이기태 · 최순주

한국산업안전공단 산업안전보건연구원

1. 서론

최근 건설기술의 발달로 건설현장이 대형화, 고층화 되어가면서 아파트나 빌딩공사의 경우 외벽 거푸집 공사를 수행함에 있어 대부분의 현장에서 외벽 거푸집에 작업대가 부착되어 모든 작업을 일괄적으로 수행할 수 있는 갱폼(Gang Form)을 사용하고 있어 갱폼 관련 중대재해는 2000년 이후 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 1998~2003년 까지 공단에서 조사한 아파트 건설현장에서의 중대재해 468건 중 거푸집에서 발생한 재해가 127건 이며 그 중에서 갱폼 관련 중대재해가 40건으로 32%를 차지하고 있다. 특히 갱폼 관련 중대재해는 2000년 이후 지속적으로 증가하는 추세에 있어 본 연구에서는 2004년 에서 2005년 9월 까지 발생된 중대재해 18건을 분석하여 갱폼 작업에서의 재해발생 문제점을 파악하고 그 대책(안)을 제시하여 건설재해 예방에 기여하고자 한다.

2. 갱폼(Gang Form)일반

1) 갱폼

갱폼이라 함은 사용할 때마다 작은 부재의 조립, 분해를 반복하지 않고 대형화 단순화하여 한번에 설치하고 해체할 수 있는 시스템화 된 거푸집을 말하며 고층아파트에서와 같이 상 · 하부 동일(평면상의) 단면 구조를 가지고 있는 경우에 많이 사용되고 있다.

2) 갱폼의 구성

o 인양 고리(Crane Hook)

갱폼을 인양하기 위해 만들어진 고리로서 용접부위 결함과 갱폼 설치 및 해체 시 계속되는 충격에 따른 용접부위 파손으로 인한 갱폼의 낙하 위험이 있으므로 충분한 안전성이 검토된 철판 등을 이용한 볼트체결 고정 등 안전성을 확보해야만 하는 상당히 중요한 부재이다

o 상부케이지(거푸집 작업용 케이지)

작업자가 건물 외부에서 작업을 하기 설치한 공간으로 갱폼 설치 및 해체작업 시 사

용하며 상부에 2단의 작업발판이 설치된 공간이다.

o 하부케이지(미장, 견출 작업용 케이지)

콘크리트 타설 후 골조의 마감 작업을 하기위해 거푸집 작업용 케이지 하단에 설치한 케이지로 골조공사와 동시에 마감 작업을 할 수 있으며 하부 2단의 작업발판이 설치된 공간이다.

o 기타 작업발판, 승강사다리, 수직보호망, 안전난간 등

3. 갱폼 작업 관련 중대재해 사례

<표 1> 갱폼 작업으로 인한 중대재해 발생 개요

연번	재해발생 개요	재해발생 원인
1	2004년 9월 25일 (토) 08:00분경 OO건설(주) 소속의 재해자가 아파트 13층 측벽에 설치한 갱폼을 인양장비 (Tower Crane)에 매달지 않은 상태에서 조임 철물(고정철물, 웨지 핀 등)을 해체하던 중 구조물로부터 이탈하면서 약 35.3m 아래 지상바닥으로 추락	인양장비(Tower Crane)에 매달지 않은 상태에서 조임철물 을 해체
2	2004년10월30일(토)09:10분경 경남 진주시 주공아파트 건설공사 현장에서 (주)OO건설 소속의 재해자가 계단실 벽체 갱폼을 해체, 인양 작 업 중 타워크레인으로 걸지 않은 상태에서 폼타이 볼트를 해체하는 순간 갱폼이 벽면에서 이탈하면서 지상 높이 약44M아래로 갱폼과 같이 추락	작업의 편의 및 신속성을 위해 T/C에 매달지 않은 상태에서 조임 철물 해체
3	2004. 10. 10(일) 10:30경 대전시 소재 아파트 신축공사 현장에서 중국인 근로자가 갱폼 최 하단 2번째 또는 3번째 발판(추정)에서 추락	작업발판의 설치상태 불량(구조물과 이격)
4	2004.09.17.(금) 14:40 분경 서울시 소재 아파트 건설현장에서 형틀목공이 지상2층에 설치된 아파트 발코니 갱폼(무게 약 230kg)의 연결 볼 트 4개(상부 2개, 하부 2개)중 상부 볼트 2개를 해체하고 갱폼 상부 인양 고리에 타워 크레인에 매달린 체인블럭 혹 연결 작업 중 하부볼트가 매립된 지상2층 슬래브가 파손되어 갱폼과 같이 재해자가 지상 1층 바닥으로 추락	갱폼을 매달고 있지 않은 상태에서 갱폼을 지지하고 있는 4개의 연결 볼트 중 상부 2개의 연결 볼트를 해체한 상태에서 지상2층 슬래브가 파손되며 하부볼트가 탈락
5	2004년 9월 4일 08시 25분경 광주시 소재 아파트 재건축 현장 내에서갱폼 2단 발판을 다시 고정하기 위한 작업을 하던 중, 해체부위의 발판 이 전도되어 발코니벽체와 작업발판사이로 빠지면서 추락	작업발판의 미 고정으로 인한 발판의전도
6	2004. 7. 13(화) 09:40경 대전시 소재 APT 신축공사 현장에서 형틀 목공이 103동 12층 계단실 외부 거푸집(Gang Form) 해체 및 인양 작업 중 거푸집과 함께 약35m아래 지상으로 추락	작업시간을 단축하기 위하여 갱폼을 크레인에 매달지 아니한 상태에서 갱폼의 연결핀을 먼저 해체

7	2004. 3. 26(금) 07:15분경 부산시 소재의 아파트 신축공사 현장에서 형틀목공인 재해자가 APT 측벽에 설치되어 있는 갱폼을 해체 인양하다가 갱폼과 함께 추락	갱폼을 크레인에 매달지 않은 상태에서 갱폼의 연결핀을 먼저 해체
8	2004. 3. 20(토) 09:40경 부산시 소재 아파트 신축공사 현장에서 재해자가 타워크레인의 후크에 고정하지 않은 상태의 갱폼 내부에서 옆 갱폼을 구조물로부터 분리시키는 도움 작업 중 갱폼 자중과 작업하중 에 잔여 볼트가 절단되면서 갱폼과 함께 추락(H=22.4m)	갱폼을 크레인에 매달지 않은 상태에서 갱폼의 연결핀을 먼저 해체
9	2004. 2. 27(금) 16:40분경 경기도 아파트 신축공사현장에서 형틀목공2명이 아파트104동 18층 3호세대의 전면 발코니에 설치한 갱폼을 인양 장비(Tower Crane)에 매달지 않은 상태에서 조임 철물(고정 볼트, 웨지핀 등)을 해체하던 중 구조물로부터 이탈하면서 재해자와 함께약 44.6M 아래 지상 콘크리트 바닥으로 추락	갱폼을 크레인에 매달지 않은 상태에서 갱폼의 연결핀을 먼저 해체
10	2004. 5. 17(월) 13:50경 대전시 소재 아파트 신축공사 현장에서 형틀목공이 외부 계단실 측면 갱폼을 해체후 인양하는 작업 중, 인근에서 해체 작업 중이던 갱폼과 충돌하여 갱폼 고정 볼트가 절단되면서 갱폼과 함께 약 12.5m 아래로 추락	갱폼을 해체 후 인양하는 작업 중,인근에서 해체작업 중이던 갱폼과 충돌하여 갱폼고정 볼트가 절단
11	2004. 6. 21(월) 오후17:30경 서울 소재 아파트 현장에서 형틀목공이 건물외부 갱폼에 탑승하여 해체작업(볼트 해체) 중에 갱폼과 함께 지면으로 추락(약19m)	갱폼을 크레인에 매달지 않은 상태에서 갱폼의 연결핀을 먼저 해체
12	2005. 3. 9(수) 오후14:10경 서울 소재 아파트 현장에서 형틀반장이 아파트계단 외부 갱폼 설치작업 중 타워크레인을 이용하여 인양한 갱폼의 조립이 되지 않아 수정 작업을 위해 갱폼을 지하주차장 상부 슬래브에 내려놓는 순간 체인블럭(3Ton)의 후크가 갱폼 걸고리에서 이탈되면서 갱폼이 무선 신호 중이던 재해자 쪽으로 전도되어 발생한 재해임	체인블럭 후크의 해지장치 미부착으로 갱폼 걸고리가 후크에서 이탈 되면서 갱폼이 전도
13	2005. 3. 15(화) 08:10경 경기도 소재 아파트 공사 현장 내 아파트 계단실 외벽 갱폼 최 하부 작업발판 상에서 재해자가 기 설치된 갱폼의 수직 보호망을 재 고정하기 위해 안전난간 중간 난간대와 작업 발 판 사이로 몸을 내밀어 작업 중 몸의 균형을 잃고 추락	근로자의 불안전한 행동
14	2005년 3월 29일 (화) 11:10분경 경기도 소재 아파트 신축 공사 현장에서 재해자가 아파트 19층 배면 갱폼을 타워크레인에 고정하지 않은 상태로 해체작업을 하던 중 고정 볼트를 제거하면서 갱폼과 같이 추락하여 50M아래 콘크리트 바닥으로 추락	타워크레인에 매달지 않은 상태에서 조임 철물 해체
15	2005년 4월 6일(수) 09:00경 서울시 소재 아파트 신축 현장에서 재해자가 아파트 3층 발코니 측 외부 견출작업을 갱폼 케이지 작업발판 상에서 진행하던 중 실족하여 지상 1층 바닥으로 추락	작업발판의 설치상태 불량(구조물과 이격)
16	2005. 7. 28(목) 08:40경 전북 군산시 소재 아파트 신축공사 현장에서 형틀목공이 날개벽 갱폼을 타워크레인에 매달지 않고 폼 타이 14개 전부를 해체하여 갱폼의 자중과 피재자의 중량을 버티지 못하고 도괴, 약 25m 하부	타워크레인에 매달지 않은 상태에서 조임 철물 해체

	지상으로 추락	
17	2005. 1. 22(토) 09:40경 부산시 소재 주상복합 신축공사 현장에서 형틀목공이 7층 바닥 슬래브 상에서 측벽 갱폼 인양과정을 지켜보고 있던 중 상승하던 무인 타워리프트 붐(Boom)이 휘어지면서 하강하여 붐(Boom)에 두부를 강타당하여 사망한 재해임	타워리프트의 적정 인양 하중보다 중량의 갱폼 인양으로 붐이 꺾임
18	2005. 6.25(토) 14:40분경 인천시 소재 아파트 신축공사 현장에서 형틀목공이7층 계단실 우측 갱폼 인양작업을 하기위해 갱폼 벽체볼트를 해체하고, 왼쪽 의 갱폼으로 이동하여 두 갱폼을 고정한 웨지핀을 해체하는 순간 계단실의 정면 갱폼이 재해자와 함께 높이 약 18.5M 아래로 추락	타워크레인에 매달지 않은 상태에서 조임 철물 해체

o 이상 18건의 갱폼 작업 관련 중대재해 중 갱폼의 해체 또는 인양과정 중에 인양장비에 매달지 않은 상태에서 조임 철물, 연결 핀을 해체하여 갱폼이 붕괴, 탈락되어 작업자가 함께 추락, 사망한 경우가 11건으로 61%를 차지하고 있으며 갱폼과 구조물 사이로 추락이 2건 11% 등으로 나타나 갱폼 사고의 원인 중 인양장비에 매달지 않은 채로 조임 철물, 연결 핀을 해체하는 것이 가장 중요한 원인으로 나타타고 있다.

4. 갱폼 관련 중대재해 발생원인

1) 인양장비로 지지하지 않은 상태에서 조임 철물, 연결핀 등의 과다 해체

상기의 재해사례에서와 같이 갱폼에서의 중대재해 중 60% 이상이 인양장비에 지지하지 않은 상태에서 조임 철물이나 연결 핀 등을 과다하게 해체함으로써 갱폼의 하중을 지지하지 못하여 갱폼이 구조물에서 붕괴, 탈락되며 이러한 방법으로 작업을 하는 가장 큰 이유는 자재 인양 등 많은 작업을 해야 하는 타워크레인 등 인양장비의 사용시간을 최소화 하기위한 것으로 인양장비에 지지하지 않은 상태로 사전에 가능한 많은 조임 철물과 연결핀을 해체하는 과정에서 재해가 발생

2) 갱폼의 설치상태 미흡

갱폼과 구조물과의 이격 거리가 50Cm 이상이 되거나 작업발판을 고정하지 않고 걸쳐 놓은상태로 설치, 갱폼 내부 상하 이동 사다리 미설치 등 갱폼의 설치상태 불량

3) 갱폼의 인양방법 불량

갱폼 인양작업 시 작업방법의 불량으로 옆에 설치되어 있는 갱폼을 충격하여 옆에 설치된 갱폼이 탈락

4) 정격하중 이상의 중량 인양

인양장비의 정격하중 이상의 중량물을 인양하는 과정에서 인양장비의 붐 꺾임, 붕괴 · 도괴 등 재해발생

5. 예방대책

1) 갱폼의 중량과 볼트의 지지력 등 주요 부위에 대한 구조 검토

인양장비에 지지하지 않은 상태로 조임 철물과 연결핀을 과다 해체하는 과정에서 재해가 발생 하므로 갱폼의 중량과 볼트의 지지력 등에 대한 검토가 반드시 필요하다. 갱폼의 경우 제작사와 현장의 조건, 사용 장소 등 모든 변수가 작용하므로 제작사의 설계도서와 현장의 사용조건 등에 의거하여 갱폼의 중량과 그에 따른 안전 인양 하중 등을 검토 하여야 하며 아래에 갱폼의 중량과 전단 볼트에 대한 검토하는 방법을 예시하였다.

■ 갱폼 중량(12m x 3m, 발판 4단 측벽기준) 산출

가) 갱폼의 중량 검토

<표 2> 갱폼의 중량 산출 표

품 명	규격 및 산출근거		중량(Kg)
갱폼 (MAIN FORM)	1)SKIN PLATE	700 X 3000 X 3.2t X 2SH	105.5Kg
	2)RIB	10600 X 3000 X 2t X 1SH	582Kg
	3)수평보강	□- 50 X 30 X 2.1t X 12M X 11EA	330Kg
	4)SOLDIER	①□- 60 X 30 X 2.1t X 4M X 2EA X 20EA	432Kg
		②□- 50 X 30 X 2.1t X (12M+3M)	37.5Kg
	5)WALER	① Φ139.8 X 2.9t X 1200L	117.5Kg
		② Φ114.3 X 2.7t X 1200L	89.2Kg
	6)수직 FRAME	75 X 6t X 3M X 2EA	21.2Kg
코너브라켓 (CORNER BRACKET)	상 부	①□- 50 X 30 X 2.1t X 9.5M	23.75Kg
		②□- 60 X 30 2.1t X 1.3M	3.512Kg
		③ 보강 Plate	0.17Kg
	하 부	①□- 50 X 30 X 2.1t X 11.82M	29.55Kg
		② 보강 Plate	0.5Kg
	57.48Kg X 2EA		114.96Kg
발판 브라켓	상 부	①□- 50 X 30 X 2.1t X 6.6M	6.5Kg
		②□- 60 X 30 2.1t X 0.8M	2.16Kg
		③ 보강 Plate	0.17Kg
	하 부	①□- 50 X 30 X 2.1t X 10.83M	27.08Kg
		② 보강 Plate	0.5Kg
	46.41Kg X 7EA		324.87Kg
인양고리	Round Bar	Φ22 X 0.8M	2.38Kg
	Angle	50 X 50 X 6t X 0.45M X 2EA	3.98Kg
	6.36Kg X 4EA		25.44Kg
핸드레일	수 평	①□- 30 X 30 X 2.1t X (12M+1.6M) X 6단	150.96Kg
	수 직	②□- 30 X 30 X 2.1t X 9.1M X 2EA	33.67Kg
WALER CLAMP	Φ5"(상부용)	0.75Kg X 40EA	30Kg
	Φ4"(하부용)	0.65Kg X 40EA	26Kg
유공발판	폭 : 500 m/m	10Kg/M X 14M X 4단	560Kg
사다리	27.49Kg X 3EA		82.47Kg
잡자재류	Plate 外		240Kg
TOTAL			3303.27Kg

상기 산출 식에 의거 갱폼 측벽부위 중량은 3,303kg ÷ 36㎡= 91.8kg/㎡

나) 하부 전단볼트의 전단력 검토 : ø12mm, @600

o 상부 GANG FORM의 전체하중을 하부 전단 BOLT가 전부 부담하는 것으로 검토하면 된다.
전단 볼트의 성능 : 허용 전단응력(f_s) = 924kgf/㎠

o 하중계산
전단 볼트1개당 작용하는 전단력은 전단 BOLT 1개당 부담하는 면적(A)에 갱폼의 자중(ω)을 곱하여 구하면 된다.
V = ω·A = 91.8kgf/㎡×(0.6m×3.0m) = 165kgf (60cm간격으로 19개 설치)

o 내력 검토

$$A(bolt) = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1.2)^2}{4} = 1.13㎠$$

$$\sigma_s = \frac{V}{A} = \frac{165}{1.13} = 146kgf/㎠$$

$$\sigma_s = 146 \times 1.3 = 189.8 \ kgf/㎠$$

$$\frac{\sigma_s}{f_s} = \frac{189.8}{924} = 0.21 < 1.0 \rightarrow O.K.$$

하부의 전단 볼트는 간격을 60cm로 하면 충분히 안전.

위의 식에서 전단 볼트를 4개(볼트 간격 3m)설치 했을 때

$$\frac{\sigma_s}{f_s} = \frac{950.5}{924} = 1.02 < 1.0 \rightarrow N.G.$$

즉, 12m x 3m 갱폼의 경우 ø12mm 볼트를 최소 5개 이상 설치(존치)해야 갱폼의 지지가 가능한 것으로 판단된다. 그러나 현장에서의 작업 실태를 보면 크레인 등의 지지 없이 4개 이하, 심지어 2개의 볼트만 남겨두고 미리 볼트를 해체 하는 작업을 하는 경우가 있으며 이러한 작업방법이 갱폼 붕괴의 가장 큰 원인이 되고 있다.
이상에서 갱폼의 중량과 전단 볼트에 대한 구조검토를 하는 방법을 예시하였으며 갱폼에서의 재해를 예방하기 위해서는 위에서 언급한 갱폼에 대한 구조 검토가 선행 되어야 한다.

2) 갱폼의 해체 및 인양 작업방법 및 작업순서 준수

갱폼 해체 및 인양작업 시에는 작업 전에 계획을 수립하고 작업계획서에 의거하여반드시 갱폼을 인양장비에 고정한 상태(걸이 작업)에서 갱폼의 각종 조임 철물을 순차적으로 해체 후 인양하도록 하며, 갱폼 걸이작업이 선행되지 않은 상태에서는 조임 철물의 임의해체를 금지 한다. 또 타워크레인을 사용하여 갱폼 조립작업 시에는 반드

시 고정용 볼트를 완전히 체결한 후 타워크레인을 분리시키는 등 안전수칙을 철저히 준수 한다

3) 현장에 적합한 갱폼의 설치

갱폼을 제작, 설치하기 전에 구조물에 대한 설계도를 충분히 검토하여 현장에 적합한 갱폼을 제작, 설치하여 구조물과 갱폼사이의 간격을 20cm 이내가 되도록 하고 작업발판의 폭은 40cm이상 확보하며 갱폼 내부 작업발판 간 상·하 이동을 위해 필요한 안전(수직)사다리를 설치하여 갱폼과 세대 내부로의 이동이 용이한 별도의 안전통로를 설치한다.

4) 타워크레인 등 인양장비에 충격 최소화

타워크레인 등 인양장비를 이용하여 갱폼 인양 시에는 인양장비의 작업반경에 따른 정격하중 이내의 중량물을 인양하고 구조물에서 갱폼의 박리작업을 할 때 와이어로프의 길이가 느슨할 경우 갱폼의 낙하 거리가 길어지면서 충격하중도 커지게 되므로 타워크레인, 또는 데릭 등에 충격하중이 최소화 되도록 와이어로프가 팽팽히 당겨진 상태에서 박리작업을 하여 인양장비의 붐 꺾임, 붕괴·도괴 등을 방지한다.

5) 갱폼 조립·해체 작업계획서 작성 및 작업자 교육

갱폼 조립·해체 작업 전에 작업계획서를 작성하고 특별 안전보건교육과 정기교육을 통하여 해당 작업자에게 올바른 작업방법과 안전수칙 등 지속적인 교육실시.

6. 결론

2004년에서 2005년 9월까지 갱폼 작업에서 발생한 중대재해 18건을 분석해본 결과 60%이상인 11건이 갱폼의 해체 또는 인양과정 중에 갱폼이 붕괴, 탈락되어 작업자가 함께 추락, 사망한 것으로 나타나고 있으며 이러한 사고가 반복되어 발생되는 가장 큰 원인은 타워 크레인이나 데릭 등 인양장비에 매달지 않은 상태에서 콘크리트 벽체와 갱폼을 고정하고 있는 볼트를 미리 해체하여 갱폼이 붕괴되는 것으로 나타났다. 이러한 재해를 예방하기 위해서는 갱폼 제작사의 설계도서와 현장의 사용조건 등에 의거하여 갱폼의 중량과 그에 따른 안전 인양 하중 등의 검토와 안전 작업방법의 준수 등 다음과 같은 대책이 필요하다

(1) 갱폼의 중량과 볼트의 지지력 등 주요 부위에 대한 구조 검토
(12m x 3m 갱폼의 경우 ø12mm 볼트를 최소 5개 이상 설치(존치))

(2) 작업방법 및 작업순서 준수

(3) 현장에 적합한 갱폼의 설치
(4) 타워크레인 등 인양장비에 충격 최소화
(5) 갱폼 조립·해체 작업계획서 작성 및 작업자 교육

참고문헌

1) KOSHA Code, "갱폼(Gang form) 제작 및 사용에 관한 안전지침", 2005.12
2) 한국산업안전공단, "건설 중대재해 사례와 대책", 2004~2005
2) 한국산업안전공단, "갱폼 작업안전 지침서", 2000.12