

이렇듯이 자연 여건 및 생활 관습이 반영된 처마는 우리나라 건축의 중요한 특징 중의 하나로 자리잡게 되었다. 이러한 특징은 농가의 자그마한 살림집뿐만 아니라 공공 건축물에도 그대로 채택되어, 규모가 큰 기와집이라 할지라도 깊은 처마를 가지게 되었다. 기와 지붕은 초가 지붕의 구성에서 발달한 것이며, 처마 구성 기법이 발전함에 따라 곡선 모양이 생겨나고, 그에 따라 형태와 아름다움이 갖추어지게 되었다.

◆ 95 수능 18~20번

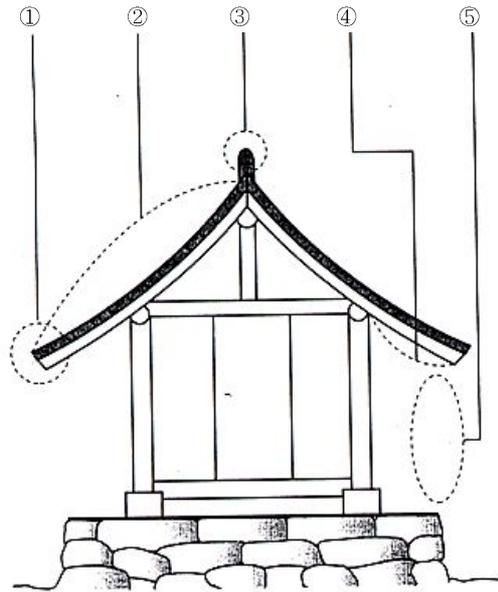
[18~20] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

지붕은 집이 위치하는 지역의 환경과 밀접한 관계를 지니고 있다. 지붕의 형상을 결정짓는 가장 근본적인 조건은 지역의 기후라고 할 수 있다. 지붕의 크기는 ① 처마의 깊이를 어떻게 설정하느냐에 따라 결정된다. 처마의 깊이는 처마 폭에 의해 결정되는데, 처마 폭은 도리로부터 지붕 끝까지의 너비를 말한다. 처마가 깊다 깊지 않다 하는 것은 기둥의 높이에 비해 처마 폭이 얼마나 넓은지를 가늠하여 하는 말이다.

처마를 깊게 잡는 구조는 우리나라 건축의 특색 가운데 하나이다. 그 이유 중의 하나는 태양 때문이다. 무더운 여름은 시원하게, 겨울은 따뜻하게 지내고 싶다는 의지가 작용한 것이다. 우리나라의 중부 지방, 대략 북위 38도선 부근에서의 하짓날 태양의 남중 고도는 약 70도의 각도를 지닌다. 중천에 뜬 태양이 이글거리며 피약별이 쏟아진다. 그러나 깊은 처마가 차양이 되어 그늘을 드리우기 때문에, 방안이나 대청에서는 나무 그늘 밑에서와 같은 시원함과 청량감을 느끼게 된다. 동짓날 태양의 남중 고도는 대략 35도 가량이다. 낮게 뜬 해가 따뜻한 햇살을 방속 깊숙히 투사하여 준다. 따뜻해진 공기는 깊은 처마의 삼각상대에 머무른다. 방의 열을 바깥의 차가운 공기가 빼앗아 가려고 할 때, 이 삼각상대의 따뜻한 온기가 상당한 저항 작용을 하여, 그만큼의 훈기를 유지할 수 있게 해 준다.

처마를 깊게 하는 또 다른 이유로는 건축 자재의 취약성과 생활 관습을 들 수 있다. 목재가 집을 짓는 자재의 중심이 되던 시절에는 습기에 약한 목재가 빗물에 노출되지 않도록 하는 일이 중요하였다. 따라서 낙수율이 되어 나무에 닿지 못하도록 처마를 깊게 하였던 것이다. 더구나 농사를 짓는 데는 깊은 처마가 필요하였다. 농사에 쓰이는 연모나 거둔 곡식을 저장하는 일차적인 장소로 처마 밑이 알맞았기 때문이다. 나아가 작업장으로도 유용한 공간이었기 때문에 처마는 점점 깊어지게 되었다.

18. ㉠은 다음 그림에서 어느 것인가? [0.8 점]



19. 처마를 깊게 하는 이유에 해당하지 않는 것은?

- ① 농경 생활에 필요하기 때문이다.
- ② 집의 규모가 점점 커졌기 때문이다.
- ③ 집을 짓는 주된 재료가 목재이기 때문이다.
- ④ 그늘을 만들어 주고 비를 막아 주기 때문이다.
- ⑤ 여름에는 시원하게 겨울에는 따뜻하게 해 주기 때문이다.

20. 이 글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 지붕의 곡선은 처마의 깊이에 따라 결정된다.
- ② 지붕의 형태는 생활의 필요를 반영한 결과이다.
- ③ 지붕의 구성 재료에 따라서 보은 상태가 달라진다.
- ④ 지붕의 크기는 소유자의 재산 정도에 따라 결정된다.
- ⑤ 지붕의 치장은 건물의 용도와 밀접한 관련을 맺고 있다.

- 정답: 18.④ 19.② 20.②

◆ 12 MDEET 언어추론 17~19번

[17~19] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

전통 목조 건축물은 지붕과 목가구구조의 두 부분으로 나뉜다. 지붕은 기와 등의 각종 마감재와 이를 받치는 서까래로 구성되고, 이 지붕을 떠받치는 목가구구조는 서까래에 직접 맞닿는 도리와 이것을 지지하는 기둥과 보로 구성된다. 기둥은 지면에 수직으로 놓이는 부재이며, 도리와 보는 건물의 정면에서 바라보아 각각 좌우와 전후 방향으로 지면에 대해 수평으로 놓이는 부재이다.

가장 원초적인 목가구구조는 기둥과 도리만으로 구성할 수 있다. 건물을 측면에서 바라볼 때, 도리는 경사 부재인 서까래를 직접 받치고 각 도리에는 기둥이 연결되도록 구성하여야 한다. 경사 지붕을 이루기 위해서는 최상단에 있는 종도리 1개와 낮은 높이에 있는 전·후면 기둥 위의 처마도리 2개를 포함한 3개의 도리가 필수적이다. 이때 종도리와 처마도리의 높이 차이를 이용하여 지붕의 기울기를 결정한다. 측면은 종도리에 연결된 가장 긴 중심 기둥과 전·후면의 2개의 기둥으로 구성되며, 지붕의 하중은 각각의 도리와 기둥을 통해 분산되어 지면으로 전달된다. 이처럼 3개의 도리가 있는 목가구구조를 3량가(三樑架) 구조라고 한다. 3량가 구조는 전통 목가구구조의 기본이 되며 역학적으로 안정되어 있다.

이 경우 건축물의 측면은 3개의 기둥이 존재하는 2칸 구성이 된다. 이때 정면 역시 2칸으로 이루어진 건물을 상정해 보면 그 중앙에 종도리를 받치는 내부 기둥이 하나 놓이게 됨을 알 수 있다. 보는 이러한 건물 내부의 기둥을 없애 공간의 활용도를 높이려는 의도에서 도입되었다. 중앙의 종도리를 받치는 기둥을 지면까지 내리지 않고 마주 선 두 기둥의 상부에서 수평으로 놓인 보와 연결하여 실내 공간에서 내부 기둥을 없앤다. 여기서 보와 종도리를 연결해 역학적으로 내부 기둥의 역할을 하는 것을 대공이라고 하는데, 내부 기둥이 지지해야 하는 지붕의 하중은 대공과 보를 통해 남은 두 기둥으로 분산되어 전달된다. 보의 도입으로 내부 기둥을 없애는 감주(減柱)가 가능해지므로, 3량가 목가구구조의 내부 중단면(정면 중앙의 기둥을 축으로 하여 건물을 건물 측면과 평행하게 수직으로 자른 단면)은 1칸 구조를 가지게 된다. 감주는 내부 기둥에 의한 공간의 분절성을 없앨 수 있지만, 2칸 구조에 비해 역학적 안정성이 다소 떨어진다.

내부 공간을 더 넓히기 위해서는 지붕의 면적도 그에 따라 넓어져야 한다. 서까래가 지탱할 수 있는 하중에는 한계가 있다. 이에 종도리와 양쪽 처마도리 사이에 종도리를 하나씩 삽입하고 종도리와 종도리 사이, 종도리와 처마도리 사이에 서까래를 따로 두어 목가구구조 및 지붕을 확장한 것이 ㉠ 5량가 구조이다. 이때 보를 사용하지 않는다면 중단면의 칸수는 늘어나게 되므로, 보를 도입하여 역학적으로 종도리를 받치는 중대공, 종도리를 받치는 중대공으로 내부 기둥을 대신하게 한다. 이를 통해 목가구구조의 중단면에 있는 내부 기둥들을 제거하는 다양한 감주가 가능해지므로 건물 내부의 공간을 의도에 맞게 구성할 수 있다.

건물의 규모가 커지면서 지붕과 보를 포함하는 건축물 상부의 하중도 같이 늘어나므로 내부 기둥의 수가 늘어나게 된다. 이때 역학적 안정성을 고려하여 일정한 규칙에 의해 내부 기둥을 배치한다. 건물의 외곽열을 이루는 각 기둥의 위치에서 마주 보는 기둥의 위치를 연결하면 건물 내부에 격자 구조를 상정할 수 있다. 정치법(正置法)은 각 연결선이 만나는 정확한 지점에 내부 기둥을 설치하는 방법으로서, 역학적으로 가장 안정된 구조를 만든다.

가령 정면 3칸, 측면 3칸의 건물에 내부 기둥을 둘 경우 모두 4개의 내부 기둥을 정위치에 둔다. 건물의 출입문이 있는 쪽을 전면, 그 반대쪽을 후면으로 부르는데, 내부 공간에 정치법에 의해 놓이는 기둥의 전·후면 배열을 각각 전열, 후열이라고 부른다. 기둥 전열이나 후열 혹은 전체를 열 단위로 없애는 방식이 감주법이다. 또한 특정 목적에 따라 공간을 나누기 위해서 기둥 전·후열을 약간씩 이동하여 설치하는 방식이 이주법(移柱法)이다. 감주와 이주는 정치에 비해 구조적으로 안정감을 떨어뜨리지만 다양한 공간 연출을 가능하게 해 준다.

17. 위 글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 지붕의 경사는 서까래와 도리의 길이에 따라 정해진다.
- ② 대공은 지붕의 하중을 분산하여 기둥으로 직접 전달한다.
- ③ 종도리는 지붕의 확장에 따라 증가되는 하중을 분산한다.
- ④ 종도리는 목가구구조의 최상단에 건물 측면과 평행하게 놓인다.
- ⑤ 감주는 공간 활용도와 구조의 안정성을 높이기 위해 도입된다.

18. ㉠에 대한 추론으로 적절하지 않은 것은?

- ① 3량가에 비해 보 위의 목가구구조가 복잡해진다.
- ② 보를 사용하지 않으면 중단면에 나타나는 칸수는 4칸이 된다.
- ③ 종도리의 위치를 조절하면 지붕 경사면의 모양에 변화를 줄 수 있다.
- ④ 보를 사용하면 중단면에서 보를 받치는 내부 기둥의 수는 0~3개이다.
- ⑤ 보를 사용하면 3량가보다 큰 규모의 연속적인 내부 공간을 만들 수 있다.

19. <보기>의 ㄱ과 ㄴ에 적용된 기둥 배치법에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

—<보 기>—

ㄱ. 정면 5칸, 측면 3칸 규모의 불전이 있다. 이 건물은 후면의 내부 기둥 중에서 중앙 2개의 기둥 사이에 불단을 두고, 불단 앞으로 중앙 출입문 쪽에 텅 빈 예불 공간을 만들었다. 그리고 일반 불전과는 달리 남은 네 기둥도 정위치보다 뒤에 배치하여 예불 공간을 더욱 넓게 만들었다.

ㄴ. 궁궐의 편전은 정면 3칸, 측면 3칸 규모로 구성된다. 용상(龍床)은 건물 내부의 후면 중앙에 설치하고 내부 기둥을 중앙 출입문 쪽에 2개만을 설치하여 신하가 품계에 따라 자리를 정하는 지표가 되도록 했다.

- ① 정치법은 ㄱ에는 사용되었으나 ㄴ에는 사용되지 않았다.
- ② 전열감주법은 ㄱ에는 사용되었으나 ㄴ에는 사용되지 않았다.
- ③ 후열감주법은 ㄱ에는 사용되었으나 ㄴ에는 사용되지 않았다.
- ④ 전열이주법은 ㄴ에는 사용되었으나 ㄱ에는 사용되지 않았다.
- ⑤ 후열이주법은 ㄴ에는 사용되었으나 ㄱ에는 사용되지 않았다.

◆ 04년 11월 고1 25~28번

[25~28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

63빌딩과 같은 빌딩은 어떻게 강풍이나 건물의 무게를 견딜 수 있을까? 이런 의문점을 풀어 주는 여러 가지 요인 중, 주요 세 가지 개념이 곧 압축력(壓縮力), 인장력(引張力), 벤딩모멘트(bending moment)이다. 압축력은 부재(部材)\*에 길이 방향으로 가해지는 힘이고, 인장력은 재료를 잡아당기는 힘이며, 벤딩모멘트는 부재를 휘려고 하는 힘이다. 사람이 서 있게 되면 무릎 관절은 압축력을 받게 되고, 철봉에 매달려 있으면 팔꿈치 관절은 인장력을 받게 된다. 다이빙 선수가 보드의 끝에 서게 되면 보드는 휘게 되는데 바로 벤딩모멘트가 작용하기 때문이다.

압축력은 건물의 위층, 또는 지붕의 하중(荷重)에 의해서 생긴다. 그리고 하중(荷重)이 커질수록 기둥의 굵기 역시 커져야 한다는 것도 직관적으로 알 수 있다. 30층의 건물이라면 30층에 있는 기둥보다 1층에 있는 기둥이 더 굵어야 한다. 주어진 기둥의 크기가 감당할 수 있는 것보다 더 무거운 하중이 실리면 당연히 건물이 무너진다. 즉 기둥에 주어지는 압축력이 기둥이 감당할 수 있는 ㉠한계치를 넘어서면 기둥이 파괴되는 것이다. 따라서 압축력을 받는 부재들은 길이가 길어지면 파괴 강도가 요구하는 것보다 굵은 재료가 사용된다. 그 결과 부재에 사용되는 재료의 양은 많아지고 건물은 더 무겁고 둔하게 보이는 것이다.

건물의 압축력을 완화시키는 데 응용되는 힘이 인장력이라고 할 수 있다. 자를 위에서 아래로 누르면 자는 휘게 되겠지만 자를 양끝으로 세게 잡아당겼을 경우에는 자는 멀쩡할 것이다. 왜냐하면 인장력에 의해 버클링(힘에 의해 휘는 현상)이 발생하지는 않기 때문이다. 인장력을 받는 부재들은 꼭 필요한 강도만큼의 굵기만 사용하면 된다. 아무리 부재의 길이가 길어도 관계가 없다. 줄과 같이 압축에 저항력을 갖지 못한 부재들은 압축력에는 전혀 저항할 수 없지만 인장력에는 꽤 쓸모 있게 저항할 수 있다. 예를 들어 다리 상판을 긴 줄로 이어 당겨주는 사장교나 현수교 같은 교량은 줄의 인장력으로 다리 상판의 압축력을 완화시킨 경우이다.

벤딩모멘트는 부재를 휘려고 하는 힘인데, 플라스틱 자를 한 손에 잡고 옆으로 당겼을 경우 자가 휘게 되는 경우를 말한다. 낚시대에 고기가 걸리면 낚시대가 휘게 될 경우 낚시대가 지탱해야 하는 힘을 벤딩모멘트라고 한다. 이러한 벤딩모멘트의 특징은 부재의 길이와 지점에 따라 그 크기가 달라진다는 것이다. 즉 다이빙보드의 끝에 선수가 섰을 때 길이가 긴 보드는 짧은 것보다 더 많이 휘다. 또한 같은 길이의 부재라도 지지점에 가까울수록 벤딩모멘트의 크기가 커진다. 따라서 낚시대의 벤딩모멘트는 낚시꾼이 손으로 잡고 있는 부분이 가장 크기 때문에 손잡이 부분이 굵게 제작되는 것이다. ㉡바람이 세게 불 경우를 대비하여 빌딩이나 건축물도 이런 원리를 참고하여 설계한다.

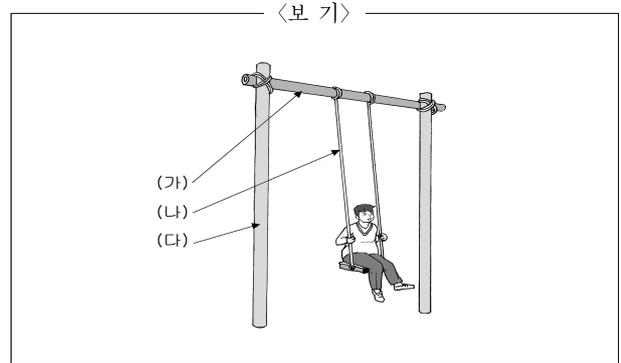
이상의 세 가지 힘의 종류가 어떻게 달라지느냐에 따라 건물의 디자인과 설계가 달라지고 건축에 소요되는 재료의 종류와 양이 결정되는 것이다. 63빌딩의 날렵한 모습은 바로 이런 힘이 역학적으로 조화되어 건축되었기에 세찬 바람에도 의연히 자태를 뽐내고 있는 것이다.

\*부재(部材) : 철재 목재 등 구조물에 쓰이는 재료.

25. 위 글에서 언급한 내용이 아닌 것은? [1점]

- ① 벤딩모멘트는 어떻게 작용하는 것인가?
- ② 건물의 높이와 압축력은 어떤 관계가 있는가?
- ③ 건물의 모양과 인장력과는 어떤 관계가 있는가?
- ④ 건물에서 압축력과 인장력은 어떻게 작용하는가?
- ⑤ 인장력이 발생하는 사례에는 어떤 것들이 있는가?

26. 위 글을 바탕으로 할 때, <보기>의 (가), (나), (다)에 작용하는 힘을 바르게 짝지은 것은?



(가)	(나)	(다)
① 인장력	압축력	벤딩모멘트
② 압축력	인장력	벤딩모멘트
③ 인장력	벤딩모멘트	압축력
④ 벤딩모멘트	인장력	압축력
⑤ 벤딩모멘트	압축력	인장력

27. <보기>를 참고할 때, ㉠의 ‘-치’와 의미가 다른 것은?

< 보 기 >

치<sup>1</sup>(值) 『일부 명사 뒤에 붙어』 ‘값’의 뜻을 더하는 접미사  
 치<sup>2</sup> 『일부 명사 또는 명사형 뒤에 붙어』 ‘물건의 뜻을 더하는 접미사

- ① 세균이 기준치를 초과하여 검출되었다.
- ② 월별 해외 수출량은 사상 최고치를 기록했다.
- ③ 성적이 기대치보다 훨씬 높아 기분이 좋았다.
- ④ 한국인 신장의 평균치는 10년 전보다 높아졌다.
- ⑤ 장맛비로 무너진 건물은 한 마디로 날림치였다.

28. 위 글의 ㉡을 뒷받침할 수 있는 예로 적절한 것은? [1점]

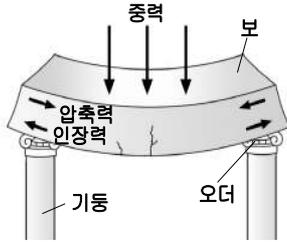
- ① 구름다리를 설치하여 빌딩과 빌딩을 연결시킨다.
- ② 대부분의 도시 빌딩은 직육면체의 모양으로 지어진다.
- ③ 고층 건물의 엘리베이터는 건물의 중앙에 위치시킨다.
- ④ 건물의 기둥은 주로 둥근 원형의 모양으로 만들어진다.
- ⑤ 고층 건물의 경우 윗부분으로 갈수록 모양을 가늘게 설계한다.

◆ 09년 3월 고2 27~30번

[27~30] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가) 건물은 크게 지붕, 벽, 바닥의 세 부분으로 **㉠** 나뉜다. 이 중에서 구조적으로 가장 취약한 부분은 어디일까? 답은 지붕이다. 그것은 바닥에 놓인 벽들은 주먹으로 잘 격파되지 않지만, 2장의 벽들 위에 걸쳐 올려놓은 벽들은 주먹으로 격파되는 사실을 통해서도 알 수 있다. 이러한 사실은 지붕을 안정되게 만드는 일이 그만큼 어렵다는 사실을 말해 준다. 지붕 아래의 실내 공간이 넓으면 넓을수록 지붕을 지탱하기 위해 필요한 힘은 기하급수적으로 늘어난다.

(나) 지붕을 구조적으로 안정되게 만들기 위해서는 기둥과 기둥 사이에 걸쳐 놓은 보가 인장력에 강해야 한다. 보에는 지붕의 무게에 비례하는 강한 중력이 가해진다. 그러면 보의 위쪽에는 보를 축소시키



고자 하는 압축력이 생기고, 보의 아래쪽에는 보를 늘이고자 하는 인장력이 생긴다. 인장력이 지속적으로 증가하면 보는 결국 부러지고 만다. 인장력에 강한 재료가 없었던 과거에는 인장력을 견디는 힘이 돌보다 강하면서도 무게는 가벼운 목재를 이용하거나, 돌 또는 벽돌을 사용하되 인장력을 최소화할 수 있는 지붕 형태를 만들어 지붕 아래쪽에 조금이라도 더 넓은 공간을 확보하고자 했다.

(다) 그리스 신전은 기둥들이 5~6m 간격으로 서 있다. 이는 돌로 만들어진 보가 인장력을 견딜 수 있는 최대 간격이다. 보에 가해지는 힘은 기둥과 기둥 사이의 간격을 의미하는 경간의 제공에 비례한다. 따라서 경간이 두 배가 되면 그 힘은 네 배가 되고, 그에 대처하려면 보의 두께를 네 배로 늘여야 한다. 그런데 그렇게 보를 만들면 보의 무게가 다시 네 배로 증가해 보에 가해지는 힘도 네 배로 늘어나게 된다. 그리스 신전은 그러한 악순환을 막기 위해 최대 경간값을 계산해 기둥을 세우고, 나무로 **㉡** (박공형) 모양의 경사지붕을 만들어 중력이 양쪽의 경사면을 따라 **㉢** 나뉘어 흐르도록 함으로써 보에 가해지는 힘을 최소화했다. 그리고 기둥과 보가 맞닿는 부분에 있는 오더를 보면 장식을 가미해 기둥의 끝자락을 넓혀 놓았는데, 이것은 구조적 안정성을 높이기 위한 장치이다.

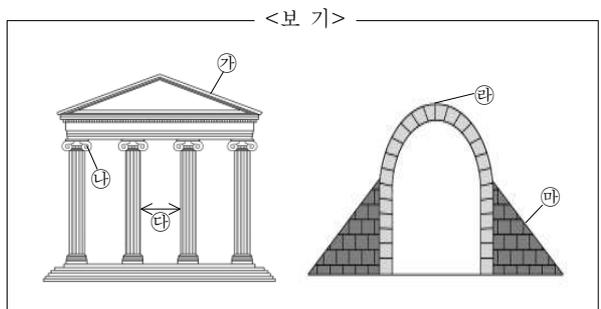
(라) 로마 시대에는 기둥을 촘촘히 세우는 그리스 건축 방식을 사용하지 않고 지붕 아래 커다란 공간을 만들기 위해서 아치 기술을 발전시켰다. 아치란 창문, 출입구, 지붕 등을 둥글게 만들어 인장력이 발생하지 않도록 하는 방법이다. 아치 구조는 건축물에 수직으로 작용하는 힘이 그 구조를 따라 땅으로 흘러가도록 하는 장점도 갖고 있다. 그렇다고 아치가 무조건 안정적인 것은 아니다. 아치에서는 수직으로 작용하는 힘의 방향이 사선 방향으로 바뀌기 때문에 옆으로 벌어지려는 힘이 생겨난다. 이에 대처하기 위해서는 아치 구조 옆에 측벽을 설치해야 한다. 측벽이 없으면 옆으로 벌어지려는 힘 때문에 아치는 무너지고 만다.

(마) 박공형이나 아치 등의 경사지붕에 비해 평지붕은 고층화가 가능해 공간의 효율적 이용이 가능하다. 그럼에도 평지붕은 19세기에 들어서야 비로소 보편화될 수 있었다. 그 이유는 인장력에 강한 철이 그 시기에 등장했기 때문이다. 19세기 말에는 보를 압축력에 강한 콘크리트로 만들고 인장력이 작용하는 보의 아래 부분에 철을 묻어서 일체화시키는 철근 콘크리트 공법이 개발되었다. 그로 인해 평지붕이 더욱 널리 쓰이게 되었으며, **㉣** 온갖 형태의 건축물을 만드는 것이 가능해졌다.

27. (가)~(마)의 중심 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① (가) : 벽, 바닥에 비해 구조적으로 취약한 지붕의 특성
- ② (나) : 보에 작용하는 여러 힘의 생성 과정의 차이점
- ③ (다) : 그리스 신전에 사용된 지붕 건축 방식의 원리와 특징
- ④ (라) : 로마 시대에 사용된 아치 구조의 원리와 특징
- ⑤ (마) : 공간의 효율적 이용을 가능하게 한 평지붕의 보편화

28. 위 글을 토대로 <보기>에 관해 설명한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① 가는 중력이 양쪽 경사면을 따라 흘러내리기 때문에 평지붕에 비해 보에 가해지는 중력이 작다.
- ② 나 는 기둥이 지붕의 무게에 비례해서 커지는 중력의 영향으로부터 벗어나도록 해 준다.
- ③ 다 를 넓히면 보에 가해지는 힘이 커져 보가 부러질 위험이 커진다.
- ④ 라 의 지점에 수직으로 가해지는 중력은 아치 구조를 따라 땅으로 흘러 내려가게 된다.
- ⑤ 바 는 옆으로 벌어지려는 힘에 대처해 구조를 안정적으로 지탱시켜 준다.

29. '철근 콘크리트 공법'을 사용함으로써 **㉣**이 가능해진 이유로 가장 적절한 것은?

- ① 기둥을 다양한 형태로 만들 수 있게 되었기 때문에
- ② 중력을 건물의 구조를 강화하는 데 활용하게 되었기 때문에
- ③ 인장력보다 압축력에 약한 돌의 문제점이 보완되었기 때문에
- ④ 대형 경사지붕을 제작할 수 있는 신소재가 개발되었기 때문에
- ⑤ 압축력과 인장력으로 인한 구조적 문제가 해결되었기 때문에

30. ㉠, ㉡와 의미가 유사한 것을 <보기>에서 찾아 적절하게 연결한 것은?

<보기>  
 가. 그 식당의 좌석은 흡연석과 금연석으로 나뉘어 있다.  
 나. 그 아이는 21이 7로 나뉘면 3이 된다는 것을 몰랐다.  
 다. 사업의 이익금은 모두에게 공평하게 나뉘어야 한다.  
 라. 군대 병력이 여러 지역으로 나뉘어 배치되었다.

- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | ㉠ | ㉡ |   | ㉠ | ㉡ |
| ① | 가 | 나 | ② | 가 | 라 |
| ③ | 나 | 다 | ④ | 나 | 라 |
| ⑤ | 다 | 라 |   |   |   |

적재된 가구와 사람들의 무게 등이 이에 속한다. 건물의 높이와 층수가 높아질수록 무게는 비례해서 증가하므로 중력작용에 의한 연직하중을 견디기 위해서는 맨 아래층은 넓게 하고 꼭대기로 갈수록 점점 면적을 감소시키는 것이 자연스럽다. 건물에 작용하는 두 번째의 외력은 바로 바람이다. 건물이 높아질수록 바람의 세기가 증가한다. 꼭대기로 갈수록 주변 건물에 의한 저항력이 감소하므로 바람의 속도가 제법 크다. 또한 바람과 더불어 지진이 발생하면 건물의 밀동이 흔들리게 되고, 이 때 뉴턴의 법칙에 따라 건물의 질량과 지진에 의한 건물 밀동 가속도가 곱해져 하중으로 작용한다.

이러한 기본적인 외력에 저항하는 효율적인 구조를 만드는 것이 고층 건물 구조 설계의 핵심이다. ㉠ 인간은 종종 자연에서 문제의 해결점을 찾게 되는데, 고층 건물 구조의 효율적인 모델을 제시하는 것은 키가 큰 나무다. 자연은 나무의 형태와 구조를 통해 고층 건물 구조의 설계 방향을 제시하고 있는 것이다.

우선 큰 나무는 밀동의 단면적이 크고 나무 뿌리가 나무의 줄기만큼이나 깊고 넓게 뻗어 있다. 이 때문에 중력 방향으로의 자체 하중에 견딜 수 있으며, 바람에 넘어지지 않는 기초가 되는 것이다. 한편 일반적인 나무가 속이 꽉 차 있는 것과 달리, 건물은 내부를 우리가 사용하기 위해 어느 정도 속이 비어 있어야 한다. 가장 좋은 방법은 속을 완전히 비워 원통형을 만드는 것으로, 이는 건물의 안정성에도 매우 유리하다. 건물은 또한 창문이 필요하기 때문에 둘레에 적당한 개구부가 필요하다. 결국 건물 외피에 구멍이 난 튜브가 고층 건축 구조물로 가장 적합하다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 간단한 개념을 고층 건물에 적용시킨 것이 바로 '튜브 시스템'이라 불리는 고층 구조 시스템이다. 여의도에 있는 쌍둥이 빌딩과 ㉡ 뉴욕의 세계무역센터가 바로 튜브 시스템을 이용한 고층 구조물로, 바람과 지진 등으로 발생하는 수평 방향의 힘은 튜브형의 구조가 안정적으로 지탱하고 중력 방향의 힘은 건물 안쪽에 위치한 몇 개의 수직 기둥으로 견디게 만들었다.

근래에는 건물 전체를 하나의 튜브로 만들어 횡력에 저항하는 방법 외에도 몇 개의 튜브를 묶은 형태, 튜브의 안쪽에 다시 튜브를 배치한 형태, 그리고 바깥쪽에 대각선 방향으로 제법 큰 가새를 덧대서 횡력에 더욱 강한 구조를 만드는 등 기본적인 튜브 시스템을 변화시킨 다양한 방법이 모색되고 있다.

◆ 05년 11월 고2 40~43번

[40 ~ 43] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

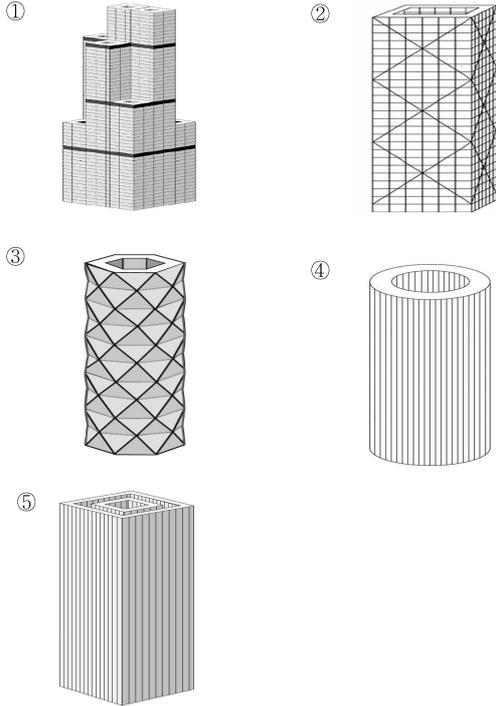
'하늘을 찌를 듯이' 서 있는 마천루들을 두고 어떤 이들은 부의 상징이라 하고, 또 다른 이들은 좁은 땅을 활용하기 위한 경제적 방법이라 하기도 하지만, 건축가들은 '현대 건축의 꽃'이라고 말한다. 인간이 수천 년 동안 터득한 지혜와 첨단 기술이 고층 건물의 구조 안에 고스란히 녹아있기 때문이다.

구조물은 외력에 대해 적절한 저항력을 가져야 본래의 형태를 유지할 수 있으며, 우리가 편안하게 사용할 수 있다. 고층 건물에 작용하는 외력은 대체로 크게 두 가지 종류로 나눌 수 있다. 첫째는 중력에 의한 연직하중으로, 건물의 자체하중, 건물 안에

40. 위 글을 정리한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- |                 |                 |   |
|-----------------|-----------------|---|
| ○ 논의 대상         | 고층 건물의 구조 시스템   | ① |
| ○ 고층 건물의 안정성    | 외력에 대한 저항성과 관련  | ② |
| ○ 외력의 종류        | 중력에 의한 연직하중, 바람 |   |
| ○ 연직하중의 극복 방안   | 위로 갈수록 면적을 감소시킴 | ③ |
| ○ 바람의 극복 방안     | 뉴턴의 법칙을 활용      | ④ |
| ○ 고층건물구조 효율적 모델 | 키가 큰 나무         | ⑤ |
| ○ 고층건물에 적합한 시스템 | 튜브 시스템          |   |

41. 튜브 시스템을 이용한 건물의 구조를 단순화하여 나타낸 그림이다. [A]에서 확인할 수 없는 것은?



42. ㉠의 사례로 적절하지 않은 것은? [1점]

- ① 누에에서 명주실을 뽑아 비단을 생산한다.
- ② 곤충의 더듬이를 응용하여 레이더를 제작한다.
- ③ 거북의 갑피에서 아이디어를 얻어 거북선을 만든다.
- ④ 새의 비행을 관찰하여 하늘을 나는 기계를 고안한다.
- ⑤ 물고기의 동작을 연구하여 유선형의 선체를 설계한다.

43. <보기>와 관련지어 ㉡의 붕괴 원인을 추론한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

〈보 기〉

현대 건축의 상징물이었던 세계무역센터가 수직으로 힘없이 주저앉았다. 이 빌딩이 붕괴되는 것을 보면서 제기되는 의문은 세 가지다.

첫째, 보잉 767 여객기가 충돌한 것은 110층 건물의 60층과 85층 근처였다. 그런데 상층부만 무너지지 않고 왜 건물 전체가 주저앉았는가 하는 점, 둘째, 충돌 즉시 무너지지 않고 왜 시간이 경과한 뒤 주저앉았는가 하는 점, 셋째, 첨단 철골구조인 '튜브구조'가 왜 견디지 못했는가 하는 점이다.

- ① 철골구조가 지진, 바람 이외의 다른 요소에 약한 것은 아닐까.
- ② 건물 밑 부분의 단면적을 충분히 확보하지 못했던 것은 아닐까.
- ③ 위로 갈수록 면적을 줄이는 것에 문제가 있는 것은 아닐까.
- ④ 건물 외피에 구멍이 난 튜브가 붕괴의 원인은 아닐까.
- ⑤ 인간의 첨단 기술도 한계가 있는 것은 아닐까.

[37 ~ 41] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

초고층 건물은 높이가 200미터 이상이거나 50층 이상인 건물을 말한다. 이런 초고층 건물을 지을 때는 건물에 ㉔ 작용하는 힘을 고려해야 한다. 건물에 작용하는 힘에는 수직 하중과 수평 하중이 있다. 수직 하중은 건물 자체의 무게로 인해 땅 표면에 수직 방향으로 작용하는 힘이고, 수평 하중은 바람이나 지진 등에 의해 건물에 가로 방향으로 작용하는 힘이다.

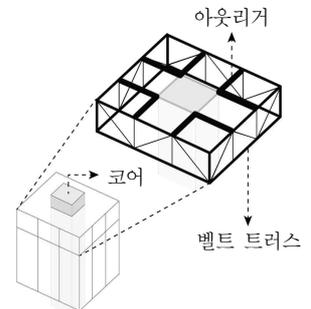
수직 하중을 견디기 위해서 ㉕ 고안된 가장 단순한 구조는 ㉖ 보기둥 구조이다. 보기둥 구조는 기둥과 기둥 사이를 가로 지르는 수평 구조물인 보를 설치하고 그 위에 바닥판을 놓은 구조이다. 보기둥 구조에서는 설치된 보의 두께만큼 건물의 한 층당 높이가 높아지지만, 바닥판에 작용하는 하중이 기둥에 집중되지 않고 보에 의해 ㉗ 분산되기 때문에 수직 하중을 잘 견딜 수 있다.

위에서 아래 방향으로만 작용하는 수직 하중과 달리 수평 하중은 사방에서 작용하는 힘이기에 때문에 초고층 건물의 안전에 미치는 영향이 수직 하중보다 훨씬 크다. 수평 하중은 초고층 건물의 안전을 위협하는 주요 요인인데, 바람은 건물에 작용하는 수평 하중의 90% 이상을 차지한다. 건물이 많은 도심에서는 넓은 공간에서 좁은 공간으로 바람이 불어오면서 풍속이 빨라지는 현상이 발생해 건물에 작용하는 수평 하중을 크게 만든다. 그리고 바람에 의해 공명 현상\*이 발생하면 건물이 매우 크게 흔들리게 되어 건물의 안전을 위협하게 된다.

건물이 수평 하중을 견디기 위해서는 기본적으로 뼈대에 해당하는 보와 기둥을 아주 단단하게 붙여야 하지만, 초고층 건물의 경우 이것만으로는 수평 하중을 견디기 힘들다. 그래서 등장한 것이 ㉘ 코어 구조이다. 코어는 빈 파이프 모양의 철골 콘크리트 구조물을 건물 중앙에 세운 것으로, 코어에 건물의 보와 기둥들을 강하게 접합한다. 이렇게 하면 외부에서 작용하는 수평 하중에도 불구하고 코어로 인해 건물이 크게 흔들리지 않게 된다. 그런데 초고층 건물은 그 높이가 높아질수록 수평 하중이 커지고 그에 따라 코어의 크기도 커져야 한다. 코어 구조는 가운데 빈 공간이 있어 공간 활용의 효율성이 떨어지기 때문에 현대의 초고층 건물은 ㉙ 코어에 승강기나 화장실, 계단, 수도, 파이프 같은 시설을 설치하는 경우가 많다.

그런데 초고층 건물의 높이가 점점 높아지면 코어 구조만으로는 수평 하중을 완벽하게 견뎌 낼 수 없다. 그래서 ㉚ 아웃리저-벨트 트러스 구조를 사용하여 코어 구조를 보완한다. 아웃리저-벨트 트러스 구조에서 벨트 트러스는 철골을 사용하여 건물의 외부 기둥들을 삼각형 구조의 트러스로 짜서 벨트처럼 둘러싼 것으로 수평 하중을 ㉛ 지탱하는 역할을 한다.

삼각형 구조의 트러스로 외부 기둥들을 연결하면 외부에서 작용하는 힘이 철골 접합부를 통해 전체적으로 분산되기 때문에 코어에 무리한 힘이 가해지는 것을 예방할 수 있다. 그리고 아웃리저는 콘크리트를 사용하여 건물 외벽에 설치된 벨트 트러스를 내부의 코어와 ㉜ 견고하게 연결한 것으로, 아웃리저와 벨트 트러스



<아웃리저 - 벨트 트러스 구조>는 필요에 따라 건물 중간중간에 여러 개가 설치될 수 있다.

그런데 아웃리거는 건물 내부를 가로지를 수밖에 없어서 효율적인 공간 구성에 방해가 된다. 이런 단점을 극복하기 위해 ㉔ 아웃리거를 기계 설비층에 설치하거나 층과 층 사이, 즉 위층 바닥과 아래층 천장 사이에 설치하기도 한다.

초고층 건물은 특수한 설비를 이용하여 바람으로 인한 건물의 흔들림을 줄이기도 하는데 대표적인 것이 TLCD, 즉 동조 액체 기동형 댐퍼이다. TLCD는 U자형 관 안에 수백 톤의 물이 채워진 것으로 초고층 건물의 상층부 중앙에 설치한다. 바람이 불어 건물이 한쪽으로 기울어져도 물은 관성의 법칙에 따라 원래의 자리에 있으려 하기 때문에 건물이 기울어진 반대 쪽에 있는 관의 물 높이가 높아진다. 그렇게 되면 그 관의 아래로 작용하는 중력도 커지고, 이로 인해 건물을 기울이지게 하는 힘을 약화시켜 흔들림이 줄어들게 된다. 물이 무거울수록 그리고 관 전체의 가로 폭이 넓어질수록 수평 방향의 흔들림을 줄여 주는 효과가 크다. 하지만 그에 따라 수직 하중이 증가하므로 TLCD는 수평 하중과 수직 하중을 함께 고려하여 설계해야 한다.

\* 공명 현상: 진동체가 그 고유 진동수와 같은 진동수를 가진 외부의 힘을 받아 진폭이 뚜렷하게 증가하는 현상.

37. 밑글의 내용에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 수직 하중은 수평 하중과 달리 사방에서 건물에 가해지는 힘이다.
- ② 건물이 높아질수록 건물에 가해지는 수직 하중은 증가한다.
- ③ 보기둥 구조에서 보의 두께는 한 층당 높이에 영향을 준다.
- ④ 넓은 공간에서 좁은 공간으로 바람이 불어오면 풍속이 빨라진다.
- ⑤ 공명 현상은 건물에 가해지는 수평 하중을 증가시키는 요인이 된다.

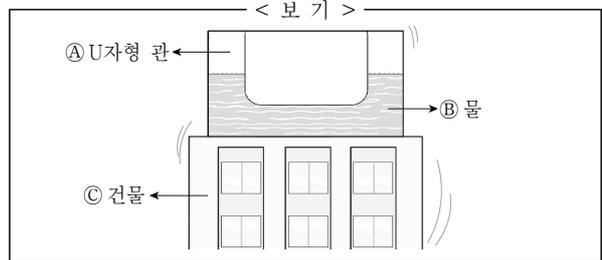
38. ㉑ ~ ㉓을 설명한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉑은 기둥과 기둥 사이에 설치한 수평 구조물 위에 바닥판을 놓는 구조이다.
- ② ㉑에서 보는 건물에 작용하는 수직 하중이 기둥에 집중되는 것을 예방한다.
- ③ ㉑에서 코어는 건물의 높이가 높아짐에 따라 그 크기가 커져야 한다.
- ④ ㉑에서 트러스는 아웃리거와 코어의 결합력을 높여 수평 하중을 덜 받게 한다.
- ⑤ ㉑과 ㉓을 함께 사용하면 건물에 작용하는 수평 하중을 견디는 힘이 커진다.

39. 문맥을 고려할 때, ㉒와 ㉔의 이유로 가장 적절한 것은?

- ① 건물의 외부 미관을 살리기 위해서
- ② 건물의 건설 비용을 줄이기 위해서
- ③ 건물의 공간을 효율적으로 활용하기 위해서
- ④ 건물에 작용하는 외부의 힘을 줄이기 위해서
- ⑤ 필요에 따라 공간의 용도를 변경하기 위해서

40. [A]를 바탕으로 <보기>의 'TLCD'를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① A가 한쪽으로 기울어도 B는 원래의 자리에 있으려 할 것이다.
- ② A가 왼쪽으로 기울면 오른쪽 관에 있는 B의 높이가 왼쪽보다 높아질 것이다.
- ③ A 전체의 가로 폭이 넓어질수록 C가 수평 하중을 견디는 효과가 작아질 것이다.
- ④ A 안에 있는 B의 양이 많을수록 C에 작용하는 수직 하중이 증가할 것이다.
- ⑤ A에 채워진 B의 무게가 무거울수록 C의 수평 방향의 흔들림을 줄여 주는 효과가 클 것이다.

41. a ~ c의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① a: 어떠한 현상을 일으키거나 영향을 미침.
- ② b: 연구하여 새로운 것을 생각해 냄.
- ③ c: 갈라져 흩어짐.
- ④ d: 어떤 상태나 현상을 그대로 보존함.
- ⑤ e: 굳고 단단함.

## ◆ 25년 5월 고3 10~13번

[10~13] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

건물에 외부의 힘이 작용하면 건물에는 특정 위치를 기준으로 반복적으로 움직이는 운동인 진동이 발생한다. 그래서 건물을 설계할 때는 이러한 건물의 진동을 줄이거나 없애는 제진 시스템을 적용하는데, 그중 **자기 유변 유체**를 활용한 제진 시스템은 건물의 진동 크기에 따른 제진에 효율적이다. 자기 유변 유체는 구성 입자가 쉽게 움직이는 액체에 마이크로미터 단위의 자성 입자를 섞은 물질이다. 이 유체는 주변에 자기장이 형성되면 자성 입자가 자기장의 방향으로 배열되면서 유체가 운동에 저항하는 성질인 점성이 커지는 특징이 있다.

자기 유변 유체를 활용한 제진 시스템은 기본적으로 건물이 진동하는 가속도를 측정하여 자기장을 생성함으로써 건물의 진동에 대응한다. 이러한 대응은 가속도 감지기, 제어기, 감쇠기에서 응답 인식 과정과 감쇠 제어 과정을 순환하며 이루어진다.

응답 인식 과정은 건물에 외부 힘이 작용했을 때 나타나는 건물의 진동 상태를 가속도의 크기로 산출하는 과정이다. 건물이 진동으로 흔들리기 시작하면서 한쪽으로 움직이면, 먼저 가속도 감지기 내부에서는 특정 질량을 가진 질량체가 관성에 의해 건물의 운동 방향과 반대 방향으로 압전소자에 힘을 가한다. 이렇게 힘을 받은 압전소자에서는 전압이 발생한다. 이때 발생한 전압은 크기가 매우 작아 왜곡이 일어나기 쉽다. 그래서 자체 전원을 지닌 제어기에서 가속도 감지기로 전류를 보내 가속도 감지기에서 발생한 전압을 증폭시켜 수신한다. 이후 제어기는 수신한 전압의 값을 토대로 건물의 가속도의 크기를 산출한다.

감쇠 제어 과정은 응답 인식 과정에서 산출한 가속도의 크기에 따라 건물의 운동 에너지를 열에너지로 전환하여 건물의 진동을 줄이는 과정이다. 감쇠기는 자기 유변 유체가 들어 있는 밀폐된 원통 실린더 안에, 실린더 내부 벽면에 밀착하여 실린더 양쪽 끝을 왕복하며 이동하는 피스톤이 들어가 있는 장치이다. 이 피스톤에는 한쪽 끝에서 반대쪽 끝까지 이어지는 가늘고 긴 구멍이 나 있다. 건물이 진동하면 실린더 안에서 피스톤이 건물의 운동 방향으로, 실린더 끝 쪽으로 이동한다. 이때 피스톤이 이동하는 쪽 실린더 공간에 들어 있는 자기 유변 유체는 피스톤이 밀어내는 압력에 의해 피스톤의 구멍을 통과하여 피스톤이 이동하는 방향의 반대쪽 실린더 공간으로 이동하며 마찰을 일으킨다. 이 과정에서 발생한 마찰로 인해 건물의 운동 에너지가 열에너지로 전환되면서 감쇠가 일어난다.

만약 응답 인식 과정에서 산출한 가속도의 크기가 제어기에 입력된 기준값보다 크면, 제어기에서는 감쇠기로 전류를 보내 피스톤 주변에 자기장을 생성하여 감쇠기의 자기 유변 유체의 점성이 커진다. 이때 전류의 크기와 자기장의 세기는 비례하며, 유체의 점성의 크기는 자기장의 세기에 비례한다. 이로 인해 피스톤이 이동하는 방향과 반대 방향으로 작용하는 감쇠기의 감쇠력도 증가하게 된다. 이후 응답 인식 과정에서 지속적으로 건물의 가속도의 크기를 산출하여 그 크기가 제어기에 입력된 기준값보다 작아지면 제어기는 감쇠기로 전류를 보내지 않아 **① 감쇠기는 자기 유변 유체가 지닌 기준 점성의 크기만으로 건물의 진동을 감쇠시킨다.**

이러한 과정들을 순환하며 작동되는 자기 유변 유체를 활용한 제진 시스템은 일상의 작은 진동부터 지진으로 인한 큰 진동까지 건물의 진동 상태에 맞게 제진을 할 수 있는 것이다.

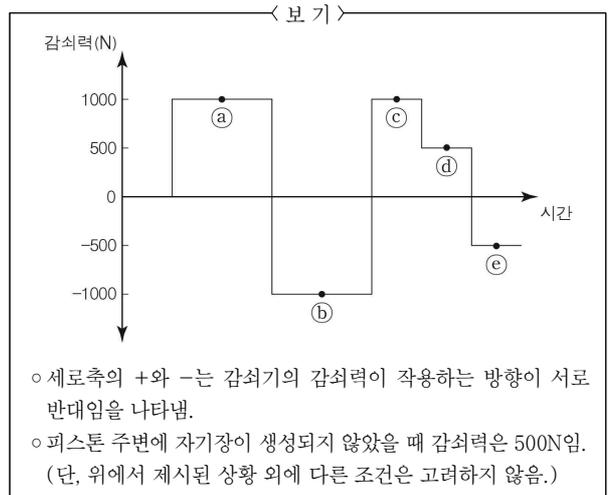
10. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 건물에 외부의 힘이 작용하면 진동이 발생한다.
- ② 감쇠기의 피스톤에는 가늘고 긴 구멍이 나 있다.
- ③ 제진 시스템의 제어기는 자체 전원을 지니고 있다.
- ④ 압전소자에서 발생한 전압의 크기는 왜곡이 일어날 수 있다.
- ⑤ 가속도 감지기는 제어기에서 산출한 가속도의 크기를 수신한다.

11. 자기 유변 유체에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 주변에 형성된 자기장에 영향을 받는 물질이다.
- ② 건물의 진동에 비례하여 전류를 생성하는 물질이다.
- ③ 유체가 운동에 저항하는 성질인 점성을 지닌 물질이다.
- ④ 마이크로미터 단위의 자성 입자가 액체에 섞여 있는 물질이다.
- ⑤ 건물의 제진 시스템에서 감쇠를 조절하기 위해 사용되는 물질이다.

12. <보기>는 시간에 따른 감쇠기의 감쇠력 변화를 설명하기 위한 그래프이다. 윗글을 이해한 학생이 ㉠~㉡에 대해 보인 반응으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① 건물의 진동이 시작될 때 가속도 감지기의 질량체가 압전소자에 힘을 가한 방향은 ㉠에서 피스톤이 이동하는 방향과 반대이겠군.
- ② ㉡에서 피스톤이 이동하는 방향은 ㉣에서 자기 유변 유체가 이동하는 방향과 서로 다르겠군.
- ③ ㉢부터 ㉣ 사이에서 자기 유변 유체의 점성은 크기가 작아졌겠군.
- ④ ㉣와 ㉤ 사이에서 제어기는 감쇠기로 전류를 보내지 않겠군.
- ⑤ ㉤에서 가속도 감지기 내부의 압전소자에서 발생한 전압의 값은 ㉠일 때보다 작아졌겠군.

13. 윗글을 읽고 ㉠의 이유를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 제어기에서 더 이상 건물의 가속도 크기를 산출하지 않기 때문이다.
- ② 감쇠기의 자기 유변 유체가 더 이상 움직일 수 없게 되었기 때문이다.
- ③ 감쇠기의 마찰로 인해 건물의 운동 에너지가 열에너지로 모두 전환되었기 때문이다.
- ④ 가속도 감지기에서 산출한 가속도의 크기가 제어기에 입력된 기준값보다 커졌기 때문이다.
- ⑤ 피스톤 주변에 자기장이 생성되지 않아 자기 유변 유체의 자성 입자의 배열이 풀렸기 때문이다.

◆ 17-9평 25~30번

[25~30] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

‘콘크리트’는 건축 재료로 다양하게 사용되고 있다. 일반적으로 콘크리트가 근대 기술의 ㉠ **산물**로 알려져 있지만 콘크리트는 이미 고대 로마 시대에도 사용되었다. 로마 시대의 탁월한 건축미를 보여 주는 판테온은 콘크리트 구조물인데, 반구형의 지붕인 돔은 오직 콘크리트로만 이루어져 있다. 로마인들은 콘크리트의 골재 배합을 달리하면서 돔의 상부로 갈수록 두께를 점점 줄여 지붕을 가볍게 할 수 있었다. 돔 지붕이 지름 45m 남짓의 넓은 원형 내부 공간과 이어지도록 하였고, 지붕의 중앙에는 지름 9m가 넘는 ㉡ **원형**의 천장을 내어 빛이 내부 공간을 채울 수 있도록 하였다.

콘크리트는 시멘트에 모래와 자갈 등의 골재를 섞어 물로 반죽한 혼합물이다. 콘크리트에서 결합재 역할을 하는 시멘트가 물과 만나면 ㉢ **점성**을 띠는 상태가 되며, 시간이 지남에 따라 수화 반응이 일어나 골재, 물, 시멘트가 결합하면서 굳어진다. 콘크리트의 수화 반응은 상온에서 일어나기 때문에 작업하기에도 좋다. 반죽 상태의 콘크리트를 거푸집에 부어 경화시키면 다양한 형태와 크기의 구조물을 만들 수 있다. 콘크리트의 골재는 종류에 따라 강도와 밀도가 다양하므로 골재의 종류와 비율을 조절하여 콘크리트의 강도와 밀도를 다양하게 변화시킬 수 있다. 그리고 골재들 간의 접촉을 높여야 강도가 높아지기 때문에, 서로 다른 크기의 골재를 배합하는 것이 효과적이다.

콘크리트가 철근 콘크리트로 발전함에 따라 건축은 구조적으로 더욱 견고해지고, 형태 면에서는 더욱 다양하고 자유로운 표현이 가능해졌다. 일반적으로 콘크리트는 누르는 힘인 압축력에는 쉽게 부서지지 않지만 당기는 힘인 인장력에는 쉽게 부서진다. 압축력이나 인장력에 재료가 부서지지 않고 그 힘에 견딜 수 있는, 단위 면적당 최대의 힘을 각각 압축 강도와 인장 강도라 한다. 콘크리트의 압축 강도는 인장 강도보다 10배 이상 높다. 또한 압축력을 가했을 때 최대한 줄어드는 길이는 인장력을 가했을 때 최대한 늘어나는 길이보다 훨씬 길다. 그런데 철근이나 철골과 같은 철재는 인장력과 압축력에 의한 변형 정도가 콘크리트보다 작은 데다가 압축 강도와 인장 강도 모두가 콘크리트보다 높다. 특히 인장 강도는 월등히 더 높다. 따라서 보강재로 철근을 콘크리트에 넣어 대부분의 인장력을 철근이 받도록 하면 인장력에 취약한 콘크리트의 단점이 크게 보완된다. 다만 철근은 무겁고 비싸기 때문에, 대개는 인장력을 많이 받는 부분을 정확히 계산하여 그 지점을 ㉣ **위주**로 철근을 보강한다. 또한 가해진 힘의 방향에 수직인 방향으로 재료가 변형되는 점도 고려해야 하는데, 이때 필요한 것이 포아송 비이다. 철재는 콘크리트보다 포아송 비가 크며, 대체로 철재의 포아송 비는 0.3, 콘크리트는 0.15 정도이다.

강도가 높고 지지력이 좋아진 철근 콘크리트를 건축 재료로 사용하면서, 대형 공간을 축조하고 기둥의 간격도 넓힐 수 있게 되었다. 20세기에 들어서면서부터 근대 건축에서 철근 콘크리트는 예술적 ㉤ **영감**을 줄 수 있는 재료로 인식되기 시작하였다. 기술이 예술의 가장 중요한 근원이라는 신념을 가졌던

르 코르뷔지에에는 철근 콘크리트 구조의 장점을 사보아 주택에서 완벽히 구현하였다. 사보아 주택은, 벽이 건물의 무게를 지탱하는 구조로 설계된 건축물과는 달리 기둥만으로 건물 본체의 하중을 지탱하도록 설계되어 건물이 공중에 떠 있는 듯한 느낌을 준다. 2층 거실을 둘러싼 벽에는 수평으로 긴 창이 나 있고, 건축가가 ‘건축적 산책로’라고 이름 붙인 경사로는 지상의 출입구에서 2층의 주거 공간으로 이어지다가 다시 테라스로 나와 지붕까지 연결된다. 목욕실 지붕에 설치된 작은 천창을 통해 하늘을 바라보면 이 주택이 자신을 중심으로 펼쳐진 또 다른 소우주임을 느낄 수 있다. 평평하고 넓은 지붕에는 정원이 조성되어, 여기서 산책하다 보면 대지를 바다 삼아 항해하는 기선의 갑판에서 있는 듯하다.

철근 콘크리트는 근대 이후 가장 중요한 건축 재료로 널리 사용되어 왔지만 철근 콘크리트의 인장 강도를 높이려는 연구가 계속되어 프리스트레스트 콘크리트가 등장하였다. 프리스트레스트 콘크리트는 다음과 같이 제작된다. 먼저, 거푸집에 철근을 넣고 철근을 당긴 상태에서 콘크리트 반죽을 붓는다. 콘크리트가 굳은 뒤에 당기는 힘을 제거하면, 철근이 줄어들면서 콘크리트에 압축력이 작용하여 외부의 인장력에 대한 저항성이 높아진 프리스트레스트 콘크리트가 만들어진다. 김벌 미술관은 개방감을 주기 위하여 기둥 사이를 30m 이상 벌리고 내부의 전시 공간을 하나의 층으로 만들었다. 이 간격은 프리스트레스트 콘크리트 구조를 활용하였기에 구현할 수 있었고, 일반적인 철근 콘크리트로는 구현하기 어려웠다. 이 구조로 이루어진 긴 지붕의 틈새로 들어오는 빛이 넓은 실내를 환하게 채우며 철근 콘크리트로 이루어진 내부를 대리석처럼 빛나게 한다.

이처럼 건축 재료에 대한 기술적 탐구는 언제나 새로운 건축 미학의 원동력이 되어 왔다. 특히 근대 이후에는 급격한 기술의 발전으로 혁신적인 건축 작품들이 탄생할 수 있었다. 건축 재료와 건축 미학의 유기적인 관계는 앞으로도 지속될 것이다.

25. 윗글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 건축 재료의 특성과 발전을 서술하면서 각 건축물들의 공간적 특징을 설명하고 있다.
- ② 건축 재료의 특성에 기초하여 건축물들의 특징에 대한 상반된 평가를 제시하고 있다.
- ③ 건축 재료의 기원을 검토하여 다양한 건축물들의 미학적 특성과 한계를 평가하고 있다.
- ④ 건축 재료의 시각적 특성을 설명하면서 각 재료와 건축물들의 경제적 가치를 탐색하고 있다.
- ⑤ 건축물들의 특징에 대한 평가가 시대에 따라 달라진 원인을 제시하고 건축 재료와의 관계를 설명하고 있다.

26. 윗글의 내용에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 판테온의 돔에서 상대적으로 더 얇은 부분은 상부 쪽이다.
- ② 사보아 주택의 지붕은 여유를 즐길 수 있는 공간으로도 활용되었다.
- ③ 킴벨 미술관은 철근 콘크리트의 인장 강도를 높이는 방법을 이용하여 넓고 개방된 내부 공간을 확보하였다.
- ④ 판테온과 사보아 주택은 모두 천창을 두어 빛이 위에서 들어올 수 있도록 하였다.
- ⑤ 사보아 주택과 킴벨 미술관은 모두 층을 구분하지 않도록 구성하여 개방감을 확보하였다.

27. 윗글을 바탕으로 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 당기는 힘에 대한 저항은 철근 콘크리트가 철재보다 크다.
- ② 일반적으로 철근을 콘크리트에 보강제로 사용할 때는 압축력을 많이 받는 부분에 넣는다.
- ③ 프리스트레스트 콘크리트에서는 철근의 인장력으로 높은 강도를 얻게 되어 수화 반응이 일어나지 않는다.
- ④ 프리스트레스트 콘크리트는 철근이 복원되려는 성질을 이용하여 콘크리트에 압축력을 줌으로써 인장 강도를 높인 것이다.
- ⑤ 콘크리트의 강도를 높이는 데에는 크기가 다양한 자갈을 사용하는 것보다 균일한 크기의 자갈만 사용하는 것이 효과적이다.

28. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 탐구한 내용으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

철재만으로 제작된 원기둥 A와 콘크리트만으로 제작된 원기둥 B에 힘을 가하며 변형을 관찰하였다. A와 B의 윗면과 아랫면에 수직인 방향으로 압축력을 가했더니 높이가 줄어들면서 지름은 늘어났다. 또, A의 윗면과 아랫면에 수직인 방향으로 인장력을 가했더니 높이가 늘어나면서 지름이 줄어들었다. 이때 지름의 변화량의 절댓값은 높이의 변화량의 절댓값으로 나누어 포아송 비를 구하였더니, 일반적으로 알려진 철재와 콘크리트의 포아송 비와 동일하게 나왔다. 그리고 A와 B의 포아송 비는 변형 정도에 상관없이 그 값이 변하지 않았다. (단, 힘을 가하기 전 A의 지름과 높이는 B와 동일하다.)

- ① 동일한 압축력을 가했다면 B는 A보다 높이가 더 줄어들었을 것이다.
- ② A에 인장력을 가했다면 높이의 변화량의 절댓값은 지름의 변화량의 절댓값보다 컸을 것이다.
- ③ B에 압축력을 가했다면 지름의 변화량의 절댓값은 높이의 변화량의 절댓값보다 작았을 것이다.
- ④ A와 B에 압축력을 가했을 때 줄어든 높이의 변화량이 같았다면 B의 지름이 A의 지름보다 더 늘어났을 것이다.
- ⑤ A와 B에 압축력을 가했을 때 늘어난 지름의 변화량이 같았다면 A의 높이가 B의 높이보다 덜 줄어들었을 것이다.

29. 윗글과 <보기>를 읽고 추론한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

철골은 매우 높은 강도를 지닌 건축 재료로, 규격화된 직선의 형태로 제작된다. 철근 콘크리트 대신 철골을 사용하여 기둥을 만들면 더 가는 기둥으로도 간격을 더욱 벌려 세울 수 있어 훨씬 넓은 공간 구현이 가능하다. 하지만 산화되어 녹이 슨다는 단점이 있어 내식성 페인트를 칠하거나 콘크리트를 덧입히는 등 산화 방지 조치를 하여 사용한다.

베를린 신국립미술관은 철골의 기술적 장점을 미학적으로 승화시킨 건축물이다. 거대한 평면 지붕은 여덟 개의 십자형 철골 기둥만이 떠받치고 있고, 지붕과 지면 사이에는 가벼운 유리벽이 사면을 둘러싸고 있다. 최소한의 설비 외에는 어떠한 것도 천장에 닿아 있지 않고 내부 공간이 텅 비어 있어 지붕은 공중에 떠 있는 느낌을 준다. 미술관 내부에 들어가면 넓은 공간 속에서 개방감을 느끼게 된다.

- ① 베를린 신국립미술관의 기둥에는 산화 방지 조치가 되어 있겠군.
- ② 휘어진 곡선 모양의 기둥을 세우려 할 때는 대체로 철골을 재료로 쓰지 않겠군.
- ③ 베를린 신국립미술관은 철골을, 킴벨 미술관은 프리스트레스트 콘크리트를 활용하여 개방감을 구현하였겠군.
- ④ 가는 기둥들이 넓은 간격으로 늘어선 건물을 지을 때 기둥의 재료로는 철골보다 철근 콘크리트가 더 적합하겠군.
- ⑤ 베를린 신국립미술관의 지붕과 사보아 주택의 건물이 공중에 떠 있는 느낌을 주는 것은 벽이 아닌 기둥이 구조적으로 중요한 역할을 하고 있기 때문이겠군.

30. ㉠~㉥을 사용하여 만든 문장으로 적절하지 않은 것은?

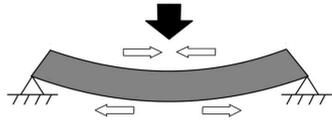
- ① ㉠: 행복은 성실하고 꾸준한 노력의 산물이다.
- ② ㉡: 이 건축물은 현대 미술관의 원형이 되었다.
- ③ ㉢: 이 물질은 점성 때문에 끈적끈적한 느낌을 준다.
- ④ ㉣: 그녀는 채소 위주의 식단을 유지하고 있다.
- ⑤ ㉤: 그의 발명품은 형의 조언에서 영감을 얻은 것이다.

◆ 25년 7월 고3 10~13번

[10~13] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

긴 다리 위에 자동차가 가득할 때, 다리는 어떻게 무게를 지탱할 수 있을까? 다리에 가로놓이는 부재인 보는 주로 콘크리트로 만드는데, 다양한 방법을 통해 콘크리트가 더 큰 하중을 버티도록 설계하여 무게를 지탱하게 할 수 있다. 하중 등의 외력이 부재에 작용할 때 그 반작용으로 부재 내부에는 저항하는 힘인 내력이 발생한다. 응력은 내력을 부재의 단면 면적으로 나눈 것으로, 단위면적당 내력의 크기이다. 응력에는 물체를 늘어나게 하는 힘인 인장력에 의해 발생하는 인장응력, 이와 반대로 물체를 압축하는 힘인 압축력에 의해 발생하는 압축응력 등이 있다. 외력이 증가하면 응력도 증가하지만, 부재가 견딜 수 있는 최대한의 응력인 강도보다 응력이 커지면 부재에 균열이 발생한다. 이후 응력이 더 증가하면 부재가 파괴되는 극한 상태에 도달한다.

큰 하중이 보에 작용하면 보가 아래로 휘어지면서 변형이 일어난다. 하중에는 부재 자체 무게 등의



고정된 값인 고정하중과 구조물 위에서 이동하는 사람이나 자동차의 무게 등 변화하는 값인 활하중이 있으며, 이 둘을 더한 것을 사용하중이라고 한다. 하중에 의한 변형이 일어나면 보의 상단에는 압축력이 작용하여 길이가 짧아지고, 하단에는 인장력이 작용하여 길이가 길어진다. 보의 재료인 콘크리트는 압축에는 강하지만 인장에는 약한 재료로, 인장응력이 생기는 부분에는 인장에 강한 철근이나 강연선 등의 강재를 배치하여 인장응력을 부담하게 하는 방법이 개발되어 왔다. 이러한 콘크리트 보강법에는 철근 콘크리트와 프리스트레스트 콘크리트가 있다.

철근 콘크리트는 콘크리트의 아래쪽에 강재인 철근을 배치한 것으로, 하중을 받으면 콘크리트는 압축력에, 철근은 인장력에 저항한다. 하중이 증가하여 인장응력이 인장강도보다 커지면 콘크리트에 회복할 수 없는 균열이 생겨 구조물의 내구성이 저하된다. 반면에 프리스트레스트 콘크리트는 하중에 의해 발생하게 될 인장응력이 정해진 한도까지 상쇄되도록 미리 압축응력을 가한 것이다. 압축력과 인장력은 작용 방향이 반대이므로 압축응력을 미리 준 만큼 하중에 의해 발생하는 인장응력은 상쇄된다. 이를 위해 인장응력이 생기는 부분에 고강도 강재를 배치하고 인장하여 그 반작용으로 콘크리트에 압축응력을 미리 가한다. 이때 가해지는 압축응력을 긴장력이라고 한다.

프리스트레스트 콘크리트는 완전 긴장 콘크리트와 부분 긴장 콘크리트로 나눌 수 있다. 완전 긴장 콘크리트는 사용하중이 작용할 때 발생하는 인장응력이 상쇄되도록 긴장력을 강하게 준 것으로 부재에는 압축응력만 작용한다. 부재에 압축응력만 작용할 때 부재의 전 단면이 하중에 저항한다. 하지만 완전 긴장으로 설계된 구조물이더라도 사용하중이 계획한 무게보다 커지면 균열이 생길 수 있으며, 큰 긴장력이 도입되기 때문에 고정하중만 작용할 때 중앙부에 솟음이 발생한다. 부분 긴장 콘크리트는 완전 긴장 콘크리트보다 작은 긴장력을 준 것이다. 고정하중만 작용할 때 발생하는 인장응력이 상쇄되도록 긴장력을 준 것으로 부재에는 압축응력만 작용한다. 이때 부재의 전 단면이 하중에 저항한다. 사용하중이 작용할 때 부재에 균열이 발생하지만, 철근 콘크리트에 비해 균열폭이 작고 활하중이 제거되면 긴장력에 의해 균열이 폐합되는 회복 가능한 특성이 있어 내구성이 우수하다. 고정하중만 작용할 때 부재가 경미하게 솟거나 수평을 ㉔ 이루게 설계할 수 있다.

프리스트레스트 콘크리트에서 긴장력을 도입하는 방식에는 ㉑ 프리텐션 방식과 ㉒ 포스트텐션 방식이 있다. 프리텐션 방식은 강재에 인장력을 가해 늘어난 상태에서 콘크리트를 타설\*하고, 콘크리트가 굳으면 강재의 인장력을 풀어 준다. 콘크리트에 부착된 강재가 수축하면서 원래의 모양으로 돌아가려는 힘이 콘크리트에 마찰력으로 전달되어 긴장력을 주는 방식이다. 포스트텐션 방식은 콘크리트를 타설하고 난 후에 강재를 인장하는 방식이다. 콘크리트 내에 강재를 삽입할 관을 배치하고 콘크리트를 타설한다. 콘크리트가 굳으면 관에 강재를 삽입하고 인장한 후 양 끝을 정착장치로 고정한다. 콘크리트 양 끝의 정착장치가 서로 당기는 힘에 의해 콘크리트에 긴장력이 도입된다. 이처럼 프리스트레스트 콘크리트는 콘크리트의 약점을

보완하기 위해 제작 과정에서 부재에 압축응력을 주는 방법인 것이다.

\* 타설: 건물을 지을 때 구조물의 거푸집과 같은 빈 공간에 콘크리트 따위를 부어 넣음.

10. 윗글을 통해 답을 찾을 수 없는 질문은?

- ① 강재의 인장력을 강하게 만드는 요인은 무엇인가?
- ② 부재의 아래쪽에 강재를 배치하는 이유는 무엇인가?
- ③ 압축응력으로 인장응력이 상쇄되는 이유는 무엇인가?
- ④ 부분 긴장 콘크리트의 내구성이 우수한 이유는 무엇인가?
- ⑤ 완전 긴장 콘크리트의 부재에 솟음이 발생하는 요인은 무엇인가?

11. ㉑과 ㉒의 공통점으로 가장 적절한 것은?

- ① 활하중이 작용하기 전에 부재에 긴장력을 가한다.
- ② 강재의 인장력을 풀어 부재에 긴장력을 발생시킨다.
- ③ 정착장치가 서로 당기는 힘으로 부재에 긴장력을 가한다.
- ④ 강재가 수축하면서 전달되는 마찰력으로 부재에 긴장력을 가한다.
- ⑤ 콘크리트가 굳은 후에 강재를 인장하여 부재에 긴장력을 발생시킨다.

12. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

< 보 기 >

교량 A에 설치된 보에 하중에 의한 균열이 심해져 기존 보를 철거하고 새로운 보를 제작하고자 한다.

설치될 보에 가해질 것으로 예상되는 하중은 고정하중 15kN, 활하중 15kN이며, 이를 바탕으로 설계된 콘크리트 보강법에 따른 균열하중\*은 다음과 같다.

구분	㉑ 철근 콘크리트	프리스트레스트 콘크리트	
		㉒ 완전 긴장	㉓ 부분 긴장
균열하중 (kN)	25	35	30

\* 균열하중: 콘크리트 부재에 균열이 발생하기 시작하는 하중. (단, 모든 상황은 극한 상태 이내의 상황이라고 가정하며 다른 요소는 고려하지 않음.)

- ① 교량 A에 설치된 보의 인장응력이 인장강도보다 커진 상황이었겠군.
- ② ㉑ 방식으로 보를 제작했을 때 예상되는 사용하중이 작용한다면 보의 상단 길이가 짧아지겠군.
- ③ 활하중이 25kN으로 늘어난다면 ㉒ 방식으로 제작한 보에는 인장응력이 발생하겠군.
- ④ 활하중이 10kN으로 줄어든다면 ㉒ 방식으로 제작한 보의 부재의 전 단면이 하중에 저항하겠군.
- ⑤ ㉒ 방식으로 보를 제작했을 때 15kN의 활하중이 지속적으로 가해진다면 보에 발생한 균열은 폐합되지 않겠군.

---

13. ㉔와 문맥상 의미가 가장 가까운 것은?

- ① 그림의 다양한 색깔이 조화를 이루었다.
- ② 성실했던 친구는 마침내 꿈을 이루었다.
- ③ 그는 마라톤 완주라는 목표를 이루었다.
- ④ 어머니는 평생 바라던 소원을 이루었다.
- ⑤ 물과 향료가 향수의 주성분을 이루었다.