

강풍대비 건축물 장식탑의 구조안전점검 매뉴얼

Structure Safety Inspection Manual for Decorative-tower
to Prepare for High Wind

2017. 2.

집필위원 명단

구분	성명	소속	직위
(위원장)	홍성걸	서울대학교	교수
(부위원장)	조봉호	아주대학교	부교수
(위원)	김홍진	경북대학교	부교수
	이두용	아주대학교	박사과정

심의위원 명단

구분	성명	소속	직위
(위원장)	박성무	영남대학교	교수
(위원)	김재요	광운대학교	교수
	윤병익	아이맥스트럭처	대표이사
	이기학	세종대학교	교수
	홍건호	호서대학교	교수

제정자: 대한건축학회회장

제정: 2017년 2월 9일

개정:

고시: 제2017-001호

심의: 건축기준센터 기술기준분과위원회

비고:

본 매뉴얼에 대한 문의는 구조안전성향상기술연구단으로 하실 수 있습니다.

본 매뉴얼의 저작권은 아주대학교 출판부에 있으며, 원문명 및 등록번호(ISBN)는 아래와 같습니다.

· 서명 : 강풍 대비 공작물 구조안전 점검 가이드

· ISBN : 978-89-5899-048-293540

차 례

제1장 일반사항	1
1.1 목적 및 범위	1
1.2 공작물의 유형	3
제2장 관계 법령	8
2.1 공작물 관계 법령	8
2.2 공작물 구조안전 점검표 서식	11
제3장 안전점검 매뉴얼	14
3.1 안전점검 매뉴얼 개요	14
3.2 설계 및 시공단계의 안전점검	14
3.3 유지관리 단계의 공작물 안전점검	24
제4장 태풍 대비 단계별 대응 요령	34
4.1 예방 단계	34
4.2 대비 단계	35
4.3 대응 단계	36
4.4 복구 단계	37
제5장 장식탑 등 공작물의 풍하중 산정	38
5.1 하중의 종류	38
5.2 풍하중의 산정	39

제1장 일반사항

1.1 목적 및 범위

최근 태풍 등 자연재해에 의한 재산 및 인명 피해가 지속적으로 증가하고 있다. 표 1.1은 한반도에서 20세기 이후(1904년~2012년) 발생한 태풍에 의한 인명피해와 재산피해를 나타낸다.

표 1.1 태풍에 따른 인명피해 및 재산피해 순위

(기간 : 1904~2012년)

인명				재산			
순위	발생년도	태풍명	사망·실종 (명)	순위	발생년도	태풍명	피해액 (억원)
1	1936	3693호	1,232	1	2002	루사(RUSA)	51,479
2	1923	2353호	1,157	2	2003	매미(MAEMI)	42,225
3	1959	사라(SARAH)	849	3	1999	올가(OLGA)	10,490
4	1972	베티(BETTY)	550	4	2012	볼라벤(BOLAVEN) & 덴빈(TEMBIN)	6,365
5	1925	2560호	516	5	1995	재니스(JANIS)	4,562
6	1914	1428호	432	6	1987	셀마(HELMMA)	3,913
7	1933	3383호	415	7	2012	산바(SANBA)	3,657
8	1987	셀마(HELMMA)	343	8	1998	예니(YANNI)	2,749
9	1934	3486호	265	9	2000	프라피룬(PRAPIROON)	2,521
10	2002	루사(RUSA)	246	10	2004	메기(MEGI)	2,508

자료: 태풍백서, 국가태풍센터(<http://typ.kma.go.kr>)

재산피해의 경우, 2000년대 이후에 발생한 태풍이 5개로 조사되어 최근의 급격한 도시팽창 및 각종 산업시설의 단지화 등의 이유로 피해가 급증하고 있음을 알 수 있다. 반면에 인명피해는 1987년 태풍 “셀마(HELMMA)”, 2002년 태풍 ‘루사(RUSA)’를 제외하고는 1980년대 이전에 발생하여 인명 피해에 대한 양상의 변천에 특징을 보여주고 있다.

특히 2012년 우리나라에 상륙한 태풍 ‘볼라벤(BOLAVEN)’, ‘덴빈(TEMBIN)’ 등에 의해 장식탑, 광고판, 골프장 철탑과 같은 공작물이 낙하하거나 붕괴하는 사고가 다수 발생하였다.

공작물 중 대표적으로 태풍피해가 다수 발생하는 장식탑은 가시성을 확보하기 위하여 건물의 옥상에 설치되는 경우가 대부분이며, 태풍 등의 강풍에 의하여 전도될 경우 직접적인 공작물의 붕괴 외에도 공작물 낙하에 따른 건축물의 파손, 전선의 절손으로 인한 정전, 보행자의 사상 등 간접적인 피해가 발생할 우려가 크다.

2014년 이전 장식탑을 포함한 공작물은 법령의 구조설계 기준 미비, 건축주의 안전점검 인식 부족 등으로 인해 태풍 등 강풍에 의한 위험에 노출되어 있었다. 이에 국토교통부에서는 2014년 11월 '건축법 시행규칙'을 개정하여, 공작물의 구조안전 확인을 의무화 하였으며(건축법 시행규칙 제 41조 2항), 공작물 축조 신고필증을 받은 후 매 3년마다 공작물의 유지관리 점검을 의무화하였다.

본 매뉴얼은 건축물의 옥상에 설치되는 장식탑을 중심으로, 최근 개정된 건축법 시행규칙에 따라 강풍 대비 건축물 장식탑의 구조안전점검 매뉴얼을 제시한다.

본 매뉴얼에서 기존에 설치되었거나 향후 설치될 공작물에 대해 제시하는 구조안전 점검의 목적과 방향, 한계 등은 다음과 같다.

1) 매뉴얼의 목적

- 장식탑 등의 공작물에 대한 구조안전 점검 가이드 제시
- 신설된 '건축법 시행규칙'의 공작물 구조안전 점검 관련 서식 작성을 위한 설명 및 예제 제시
- 태풍 등으로 인하여 발생하는 장식탑의 파손과 2차 피해 방지를 위한 단계별 조치 사항에 대한 대응요령 제시

2) 기본 방향

- 구조엔지니어 및 건축주 등 비전문가도 쉽게 활용할 수 있는 장식탑 구조안전 점검 가이드 및 내풍설계 확인서 작성 요령 제시
- 평소 사전 예방 및 대비책의 강화를 통한 재해 유발요인 사전 차단
- 단계별(예방, 대비, 대응, 복구) 점검사항 및 대응요령의 표준정립을 통하여 체계적인 장식탑 관리시스템 구축

3) 법적 근거

- 「건축법 시행령」제118조 제4항
 - 공작물에 대한 구조 안전 확인의 내용 및 방법 등은 국토교통부령으로 정한다.
- 「건축법 시행규칙」제41조 제2항
 - 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장은 제1항에 따른 공작물축조신고서를 받은 때에는 영 제118조제4항에 따라 별지 제30호의2서식의 공작물의 구조 안전 점검표를 작성·검토한 후 별지 제31호서식의 공작물축조신고필증을 신고인에게 발급하여야 한다. <신설 2014.11.28.>
- 「건축법 시행규칙」제41조 제3항
 - 법 제83조제2항에 따라 공작물의 소유자나 관리자는 제2항에 따라 공작물축조신고필증을 발급받은 날부터 3년마다 별지 제31호의2서식에 따라 공작물의 유지·관리 상태를 점검하고, 그 결과를 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다. <신설 2014.11.28.>

4) 매뉴얼의 제한

- 본 매뉴얼은 장식탑 등 공작물의 구조안전에 대한 기초적인 참고자료 제공을 목적으로 하며, 공작물의 안전에 대한 우려가 있거나 구조공학에 대한 구체적인 정보가 필요한 경우, 해당 지역 관청의 건축과나 설계업체, 구조전문가 등에 문의한다.

1.2 공작물의 유형

1) 공작물의 정의 및 범위

건축법 제 83조 1항과 건축법 시행령 제 118조에서 신고를 하여야 하는 공작물은 다음과 같다. 건축법 시행령에서 정하는 공작물은 규모와 구조유형이 상이하며, 강풍에 의한 피해 원인도 다양하다.

본 가이드에서는 일반적으로 건축물 옥상이나 지붕 상부에 설치되는 교회 철탑과 같은 장식탑을 주요 대상으로 한다.

1. 높이 6미터를 넘는 굴뚝
2. 높이 6미터를 넘는 장식탑, 기념탑, 그 밖에 이와 비슷한 것
3. 높이 4미터를 넘는 광고탑, 광고판, 그 밖에 이와 비슷한 것
4. 높이 8미터를 넘는 고가수조나 그 밖에 이와 비슷한 것
5. 높이 6미터를 넘는 골프연습장 등의 운동시설을 위한 철탑, 주거지역·상업지역에 설치하는 통신용 철탑, 그 밖에 이와 비슷한 것
6. 높이 8미터(위험을 방지하기 위한 난간의 높이는 제외한다) 이하의 기계식 주차장 및 철골 조립식 주차장(바닥면이 조립식이 아닌 것을 포함한다)으로서 외벽이 없는 것
7. 건축조례로 정하는 제조시설, 저장시설(시멘트사일로를 포함한다), 유흥시설, 그 밖에 이와 비슷한 것
8. 건축물의 구조에 심대한 영향을 줄 수 있는 중량물로서 건축조례로 정하는 것

2) 장식탑 유형 공작물

철탑은 교회의 장식탑으로 초창기부터 가장 많이 사용된 형태이다. 철탑의 경우, 외장재로 둘러쌓여 있지 않아 풍하중에 의한 수압 면적이 비교적 작으므로 다른 유형에 비하면 강풍에 의한 피해는 크지 않다. 철탑 유형의 장식탑을 일반적으로 종탑으로 칭하며, 교회의 종탑은 앵글 등을 이용해 설치되는 구조부와 상부의 십자가로 구성되어 있다. 그림 1.1은 종탑 대표 사진을 나타낸다.

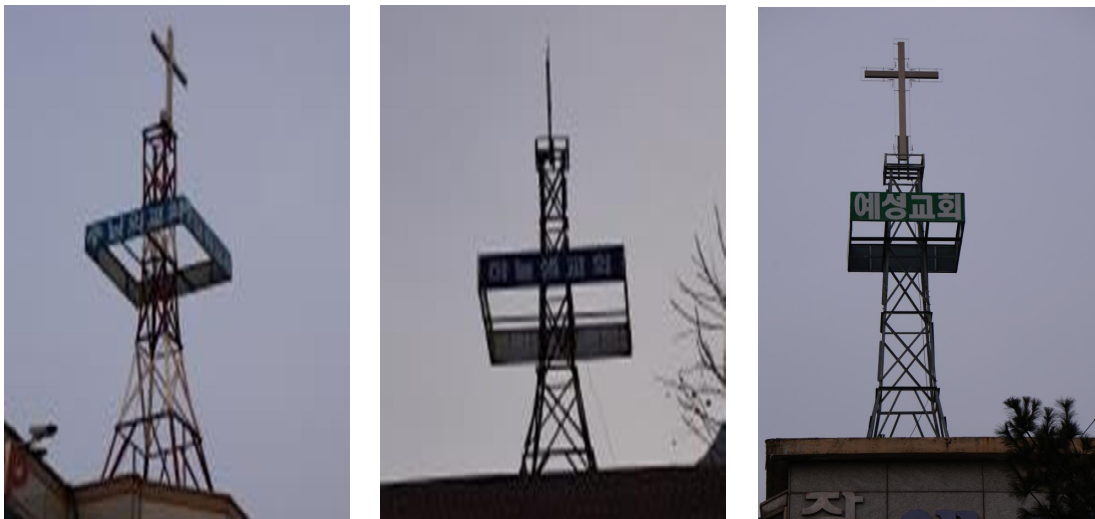


그림 1.1. 종탑형 장식탑 사례

구조 부재는 일반적으로 앵글(ㄱ형강)로 구성되어 있으며, 각 부재는 볼트를 통해 접합된다. 종탑 등 장식탑은 가시성 확보를 위해 주로 건축물의 옥상이나 지붕부에 설치된다. 그림 1.2, 1.3은 장식탑의 접합부 및 지지부 상세를 나타낸다.

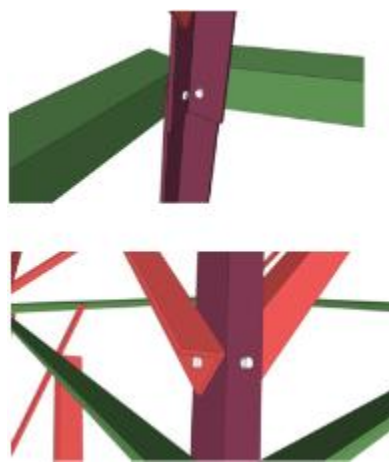


그림 1.2. 접합부 디테일

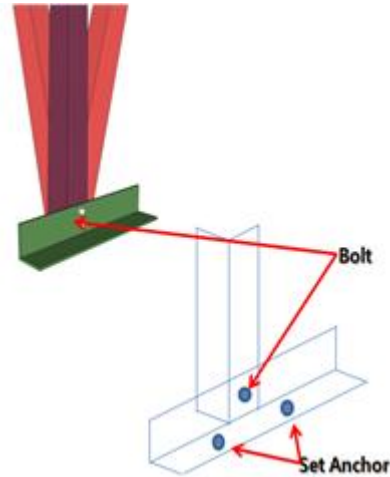


그림 1.3. 지지부 시공 개념

지지부는 일반적으로 앵글로 구성되며, 앵글은 옥상이나 지붕에 앵커를 이용하여 고정하는 것이 일반적이다. 앵커볼트로 안전성이 확보되지 않았다고 시공자가 판단할 시 시멘트 등으로 지지부를 매입하여 보강하기도 한다.

이와 같은 철탑유형의 장식탑은 풍하중이 크지는 않으나, 지지부 앵글이나, 고정을 위한 앵커볼트 등이 부식에 의해 강도를 발휘하지 못하여 강풍에 붕괴되는 경우가 다수 발생한다.

교회 등의 장식탑으로 구조프레임 외부에 외장재를 둘러싸는 유형의 공작물은 가장 흔한 유형의 공작물이다. 이러한 장식탑은 흔히 종각으로 불리고 있다. 종각형 장식탑은 가시성이 뛰어나 최근 가장 많이 쓰였던 유형이나, 외장판에 의해 둘러싸여 폐단면을 갖고 있는 특징 때문에 풍하중에 취약한 단점이 있어, 2012년 태풍 볼라벤과 덴빈 발생 시 다수의 붕괴사례가 발생하였다. 그림 1.4 는 종각형 장식탑의 대표 사진을 보여 준다.

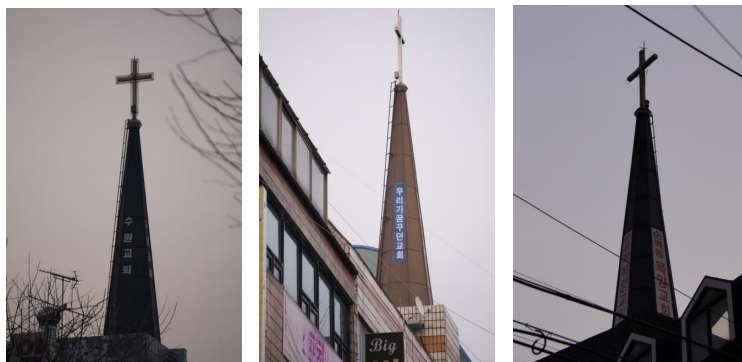


그림 1.4. 종각형 장식탑 사례

종각은 종탑 등 다른 장식탑들과 마찬가지로 앵글(ㄱ형강)로 구조부재가 구성된다. 일반적으로 8각형 외형을 형성하므로, 8개의 앵글 부재를 용접 접합하여 구성된 정8각형 보프레임과 angle에 나무나 알루미늄부재(주로 나무 사용)를 덧대어 만든 기둥부재가 구조부재로 형성되며, 보프레임과 기둥은 볼트를 이용해 접합한다. 외장판 부착을 위해 기둥부재에 접합되는 나무의 부식을 방지하기 위해 별도의 판을 씌우고 외장판과 스크류 볼트로 접합한다.

종각형 장식탑은 앞서 살펴본 종탑형 장식탑에 비해 상대적으로 풍하중이 크게 발생하며, 외장재에 의해 둘러싸여 있어 지지부나 구조부재의 부식을 파악하기 어려워, 태풍 등 강풍 발생 시 전도 사고에 매우 취약한 공작물 유형이다. 그림 1.5~1.6은 종각형 장식탑의 시공 과정을 나타낸다.



그림 1.5. 종각의 외장판 시공 모습



그림 1.6. 종각 지지부 시공 모습

교회의 장식탑으로 구조물 십자가는 종각형 장식탑 함께 가장 많이 쓰이는 유형이다. 종각과 비교하여 비교적 풍하중이 작아 최근에 가장 많이 시공되고 있는 유형이며, 내부프레임과 외부프레임으로 구성된다. 외부프레임은 가시성을 높이기 위하여 원통, 직육각형 등 다양한 형태를 지니며, 외력을 받아주는 내부프레임과 연결되는 특징이 있다. 내부 프레임은 앞서 살펴본 종탑형 구조물이 사용된다. 그림 1.7은 구조물 십자가형 공작물의 사례들을 나타낸다.

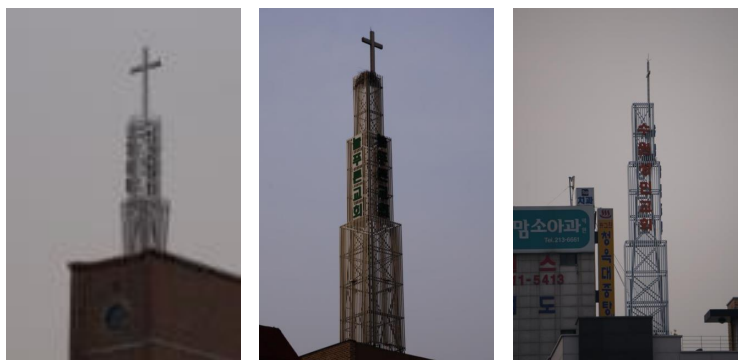


그림 1.7. 구조물 십자가 사례

종탑, 종각, 구조물십자가에 해당되지 않는 기타 유형의 장식탑으로, 그림 1.8의 유형이 이에 해당된다.



그림 1.8. 기타 장식탑 유형 사례

3) 기타 유형 공작물

광고게시대(건축물 부착)나 광고게시판(독립형) 등 태풍발생시 전도와 파손, 박시, 비산 등 다양한 피해가 발생하는 공작물이다. 그림 1.9는 2012년 발생한 태풍에 의한 광고게시대 및 게시판의 피해 사례를 나타낸다.

부식 등에 의한 광고판의 내력저하, 접합부의 문제점(구조체에 긴결되지 않음), 독립형 게시판의 기초부위 내력 저하 등 다양한 문제에 의해 강풍 피해가 빈번하게 발생하고 있다.



a. 광고게시대 피해 사례 (태풍 곤파스, 2012)



b. 광고게시판 피해 사례 (태풍 볼라벤, 2012)

그림 1.9. 광고게시판의 태풍피해 사례

골프연습장 역시 태풍으로 인해 피해가 빈번하게 발생하는 공작물이다. 그림 1.10은 태풍 볼라벤에 의해 파괴가 발생했던 공작물 사례들을 나타낸다.



a. 골프연습장 파괴(태풍 불라벤, 2012)



b. 골프연습장 파괴(태풍 불라벤, 2012)

그림 1.10. 골프연습장의 태풍에 의한 피해 사례

그림 1.11은 담장 및 옹벽 등의 공작물이 태풍에 의해 붕괴된 사례를 나타낸다. 지붕 상부에 설치되는 태양광 발전시설 등은 현행 법규상 공작물로 명시되어 있지는 않으나 강풍에 의해 피해가 빈번하게 발생하는 공작물의 유형이다.



그림 1.11. 태풍에 의한 태양광 발전시설, 담장 및 옹벽 피해 사례(2012년)



그림 1.12. 태풍에 의한 태양광 발전시설, 담장 및 옹벽 피해 사례(2012년)

제2장 관계 법령

2.1 공작물 관계 법령

건축법에 따르면 넓은 의미의 공작물은 건축물을 포함하는 모든 축조물을 나타낸다. 일반적으로는 건축법 제 83조의 '대지를 조성하기 위한 옹벽, 굴뚝, 광고탑, 고가수조, 지하 대피호, 그 밖에 이와 유사한 것'으로 정의하고 있으며, 일정 규모 이상의 공작물을 축조하려는 건축주에게는 신고의 의무가 있으며, 유지관리 및 보고를 하여야 한다.

건축법 제2조

"건축물"이란 토지에 정착(定着)하는 공작물 중 지붕과 기둥 또는 벽이 있는 것과 이에 딸린 시설물, 지하나 고가(高架)의 공작물에 설치하는 사무소·공연장·점포·차고·창고, 그 밖에 대통령령으로 정하는 것을 말한다.

건축법 제83조

- ① 대지를 조성하기 위한 옹벽, 굴뚝, 광고탑, 고가수조(高架水槽), 지하 대피호, 그 밖에 이와 유사한 것으로서 대통령령으로 정하는 공작물을 축조하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장에게 신고하여야 한다. <개정 2014.1.14.>
- ② 제1항에 따른 공작물의 소유자나 관리자는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 공작물의 유지·관리 상태를 점검하고 그 결과를 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장에게 보고하여야 한다. <신설 2014.5.28.>

건축법 시행령에 제 118조에서는 축조신고의 대상이 되는 공작물의 규모를 정하고 있다. 특히 건축법 시행령에서는 일정규모 이상 공작물에 대한 구조안전 확인을 의무화하고 있다.

① 법 제83조제1항에 따라 공작물을 축조(건축물과 분리하여 축조하는 것을 말한다. 이하 이 조에서 같다)할 때 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장에게 신고를 하여야 하는 공작물은 다음 각 호와 같다. <개정 2014.10.14.>

1. 높이 6미터를 넘는 굴뚝
2. 높이 6미터를 넘는 장식탑, 기념탑, 그 밖에 이와 비슷한 것
3. 높이 4미터를 넘는 광고탑, 광고판, 그 밖에 이와 비슷한 것
4. 높이 8미터를 넘는 고가수조나 그 밖에 이와 비슷한 것
5. 높이 2미터를 넘는 옹벽 또는 담장
6. 바닥면적 30제곱미터를 넘는 지하대피호
7. 높이 6미터를 넘는 골프연습장 등의 운동시설을 위한 철탑, 주거지역·상업지역에 설치하는 통신용 철탑, 그 밖에 이와 비슷한 것
8. 높이 8미터(위험을 방지하기 위한 난간의 높이는 제외한다) 이하의 기계식 주차장 및 철골 조립식 주차장(바닥면이 조립식이 아닌 것을 포함한다)으로서 외벽이 없는 것
9. 건축조례로 정하는 제조시설, 저장시설(시멘트사일로를 포함한다), 유흥시설, 그 밖에 이와 비슷한 것
10. 건축물의 구조에 심대한 영향을 줄 수 있는 중량물로서 건축조례로 정하는 것

② 제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 공작물을 축조하려는 자는 공작물 축조신고서와 국토교통부령으로 정하는 설계도서를 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장에게 제출(전자문서에 의한 제출을 포함한다)하여야 한다. <개정 2013.3.23., 2014.10.14.>

③ 제1항 각 호의 공작물에 대하여는 법 제83조제3항에 따라 법 제14조, 제21조제3항, 제29조, 제35조제1항, 제40조제4항, 제41조, 제47조, 제48조, 제55조, 제58조, 제60조, 제61조, 제79조, 제81조, 제84조, 제85조, 제87조 및 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제76조를 준용한다. 다만, 제1항 제3호의 공작물로서 「옥외광고물 등 관리법」에 따라 허가를 받거나 신고를 한 공작물에 대해서는 법 제14조를 준용하지 아니하고, 제1항제5호의 공작물에 대해서는 법 제58조를 준용하지 아니하며, 제1항제8호의 공작물에 대해서는 법 제55조를 준용하지 아니하고, 제1항제3호·제8호의 공작물에 대해서만 법 제61조를 준용한다. <개정 2011.6.29., 2014.11.28.>

④ 제3항 본문에 따라 법 제48조를 준용하는 경우 해당 공작물에 대한 구조 안전 확인의 내용 및 방법 등은 국토교통부령으로 정한다. <신설 2013.11.20.>

건축법 시행규칙에서는 공작물 축조 신고 시 도면(배치도, 구조도), 구조안전점검표 등을 제출하도록 하고 있으며, 설치 이후에는 매 3년마다 공작물의 유지관리 상태를 점검하고, 그 결과를 제출하도록 하고 있다.

건축법 시행규칙 제 41조

① 법 제83조 및 영 제118조에 따라 옹벽 등 공작물의 축조신고를 하려는 자는 별지 제30호서식의 공작물축조신고서에 다음 각 호의 서류 및 도서를 첨부하여 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장에게 제출(전자문서로 제출하는 것을 포함한다)하여야 한다. 다만, 제6조제1항에 따라 건축허가를 신청할 때 건축물의 건축에 관한 사항과 함께 공작물의 축조신고에 관한 사항을 제출한 경우에는 공작물축조신고서의 제출을 생략한다. <개정 2007.12.13., 2008.12.11., 2011.6.29., 2014.10.15., 2014.11.28.>

1. 공작물의 배치도
2. 공작물의 구조도

② 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장은 제1항에 따른 공작물축조신고서를 받은 때에는 영 제118조제4항에 따라 별지 제30호의2서식의 공작물의 구조 안전 점검표를 작성·검토한 후 별지 제31호서식의 공작물축조신고필증을 신고인에게 발급하여야 한다. <개정 2011.6.29., 2012.12.12., 2014.10.15., 2014.11.28.>

③ 법 제83조제2항에 따라 공작물의 소유자나 관리자는 제2항에 따라 공작물축조신고필증을 발급받은 날부터 3년마다 별지 제31호의2서식에 따라 공작물의 유지·관리 상태를 점검하고, 그 결과를 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다. <신설 2014.11.28.>

④ 영 제118조제5항의 규정에 의한 공작물관리대장은 별지 제32호서 식에 의한다. <개정 2014.11.28.>

2.2 공작물 구조안전 점검표 서식

공작물의 구조안전 점검표는 공작물 구조안전 일반사항, 건축법 제 48조 해당여부(구조계산 및 구조 안전 확인서 제출 여부), 전반적인 구조안전 확인, 지지구조물 확인, 주요 구조부재 확인 등의 항목으로 구성되어 있으며, 각각의 항목에 대하여 점검자는 적합 또는 부적합 여부를 제출하고, 지자체 등에서는 이를 검토하여 신고필증을 발급한다.

공작물의 구조 안전 점검표

공작물의 구조안전 점검표는 공작물 축조 신고 시 건축주가 작성한다. 지자체 등에서는 공작물의 구조 안전 점검표를 작성·검토한 후 별지 제31호서식의 공작물축조신고필증을 신고인에게 발급한다.

(건축법 시행규칙 제41조제2항)

공작물의 사용자 점검표는 공작물의 유지관리 과정에서 소유자 및 관리자가 공작물의 일반적 점검, 바닥 및 지지부, 부재간 접합부위, 선부재, 판부재 등에 대해 이상 유무를 점수로 평가하여, 안전도를 간략히 점검하도록 하고 있다. 합계점수 20점 이상인 경우, 구조전문가 등을 통해 정밀구조진단을 받고 즉시 보수 또는 철거할 것을 권장하고 있다.

공작물의 유지·관리 점검표

공작물의 소유자 및 관리자는 공작물축조신고필증을 발급받은 날부터 3년마다 별지 제31호의2서식에 따라 공작물의 유지·관리 상태를 점검하고, 그 결과를 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다.

(건축법 시행규칙 제41조제3항)

철탑형 공작물의 일반적인 구성은 그림 2.1과 같다.

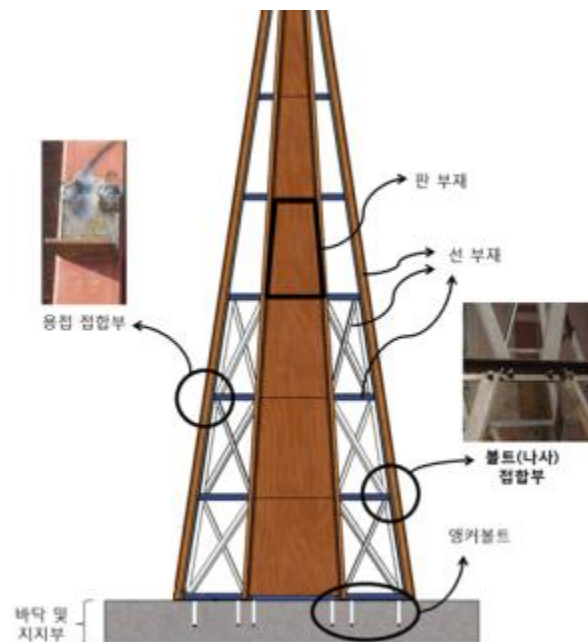


그림 2.1 철탑형 공작물의 일반적인 구성

1) 공작물의 구조 안전 점검표

[별지 제30호의2서식] <신설 2014.11.28.>

공작물의 구조 안전 점검표

항 목	내 용	확 인
1. 공작물 일반사항		
일반사항	공작물의 종류 : 공작물의 구조 : 공작물의 높이 : ()m, 길이()m	
2. 법 제48조에 따른 구조 안전 확인 (높이가 13미터 이상인 경우만 해당합니다.)		
구조계산 및 구조안전확인서 제출 여부	건축법 제48조에 따라 공작물의 구조안전을 위하여 적절하게 구조계산을 실시하고, 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 제58조의 구조안전 및 내진설계 확인서를 제출하였는가?	적합(), 부적합()
3. 공작물의 전반적인 구조 안전 확인		
가. 적합한 자재의 사용 여부	구조도와 동일한 구조부재 및 앵커볼트 등을 사용하였는가?	적합(), 부적합()
나. 공작물 흔들림	앵커볼트 및 지지부의 흔들림을 포함해 공작물 전체의 흔들림이 없이 견고하게 고정되었는가?	적합(), 부적합()
다. 위험시설물 주위설치 여부	주위에 위험시설물 등이 없는 안전에 적합한 위치인가? (전선 등 전기시설, 가스시설, 통신망 등)	적합(), 부적합()
라. 공작물 기울어짐	공작물의 기울어짐이 1/150 이내이거나 육안으로 기울어짐이 인지되지 않는가?	적합(), 부적합()
마. 안전점검 용이성	정기적인 공작물의 안전점검이 가능하도록 접근이 용이하고, 점검구 등을 확보하였는가?	적합(), 부적합()
4. 지지구조물 확인		
가. 지지구조물의 배수 용이성	공작물의 지지구조물에 물이 고이지 않도록 배수처리가 용이하게 시공되었는가?	적합(), 부적합()
나. 지지구조물의 상태 평가	콘크리트 등 지지구조물이 균열이 없고, 공작물을 안정적으로 지지하고 있는가?	적합(), 부적합()
다. 앵커볼트 설치 상태	앵커볼트의 개수와 크기 등이 구조도에 표시된 것과 동일하게 시공되었는가?	적합(), 부적합()
5. 공작물의 주요 구조부재 확인		
가. 부식방지처리	부식이 발생하는 재료인 경우 아연도금 등의 도금 또는 방청도장이 적합하게 처리되었는가?	적합(), 부적합()
나. 볼트접합부 확인 (해당 시 확인)	구조부재간 볼트접합부가 구조도대로 시공되었는가?	적합(), 부적합()
다. 용접접합부 확인 (해당 시 확인)	구조부재간 용접접합부가 구조도대로 시공되었는가?	적합(), 부적합()
라. 판재 및 마감재 확인	구조부재에 접합된 판재 및 마감재가 견고하게 고정되었는가?	적합(), 부적합()
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 년 월 일 </div>		
점검자	소속: 성명:	(서명 또는 인)

210mm×297mm[보존용지(2종) 70g/m²]

2) 공작물의 유지관리 점검표

[별지 제31호의2서식] <신설 2014.11.28.>

공작물의 유지·관리 점검표

구 분	현 상	항목점수	점수
일반사항	공작물 점검을 위해 확인이 불가능하다. (접근이 불가능하거나 판 부재로 둘러싸여 있다)	3점	
	최근 10년간 안전점검을 받지 않았다.	2점	
	높이가 13m 이상이다.	2점	
바닥 및 지지부	큰 균열(균열폭이 2밀리미터 내외)이 있다.	2점	
	콘크리트(시멘트)가 떨어져 나갔다.	2점	
	앵커볼트가 흔들리거나 뽑힌다.	3점	
	공작물 바닥에 배수처리가 되어있지 않아 물이 고인다.	1점	
	특이사항:	-	
부재간 접합 부위	볼트(나사)가 느슨하거나 빠졌다. × 느슨하거나 빠진 볼트(나사)개수	개당 1점	
	볼트(나사) 연결부에 부식이 발생하여 페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었다.	1점	
	용접부에 균열이 발생했거나 탈락되었다.	1점	
	특이사항:	-	
선 부재	페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었다.	1점	
	선 부재에 변형이 발생했다. × 변형된 선 부재 개수	개당 1점	
	특이사항:	-	
판 부재 (존재하는 경우만 해당)	판 부재가 탈락할 위험이 있다. × 탈락위험 판 개수	개당 1점	
	페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었다. × 녹슨 판 개수	개당 1점	
	특이사항:	-	
	합 계		

「건축법」 제83조제2항 및 같은 법 시행규칙 제41조제3항에 따라 공작물의 유지·관리점검표를 제출합니다.

년 월 일

소유자·관리자

(서명 또는 인)

특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장 귀하

※ 비고

- 합계점수 9점 이하 : 비교적 안전하나 지속적 관리가 필요함
- 합계점수 10~19점 : 주의 필요
- 합계점수 20점 이상 : 붕괴위험이 있어 위험함
- * 합계점수 20점 이상인 경우 정밀구조진단을 받고 즉시 보수 또는 철거 필요

210mm×297mm [보존용지(2종) 70g/m²]

제3장 안전점검 매뉴얼

3.1 안전점검 매뉴얼 개요

건축물과 별개로 추가 설치되는 다양한 용도의 공작물들이 지속적으로 설치되고 있으나, 건축물과 달리 별도의 허가절차가 없어 시공 전의 안전설계나 시공 중의 안전관리, 시공 후의 준공검사, 사용 중의 안전을 위한 유지관리 등이 미흡한 실정이다. 태풍이 해마다 지나는 우리나라의 특성 때문에 옥상 등에 설치되는 장식탑 유형의 공작물들은 언제나 추락이나 전도, 일부 부재의 비산 등의 사고 위험성에 노출되어 있어 공작물의 설계, 시공, 준공확인, 유지관리 과정에서의 지속적인 안전점검이 필요하다.

장식탑 등 공작물의 구조 안전을 위해서는 다음과 같은 생애 주기별 구조안전 확인이 필요하다.

- 적합한 하중의 적용과 안전 확인 과정을 포함하는 설계
(높이 13m이상 공작물의 경우, 건축법 제 48조에 따라 구조안전 확인서 작성 필요)
- 설계도서를 반영한 안전한 시공
- 공작물 시공 이후의 공작물 구조안전 확인
(건축법 시행규칙 41조의 공작물의 구조안전 점검표 활용)
- 준공 이후의 주기적인 안전점검 및 유지관리
(건축법 시행규칙 41조의 공작물의 유지관리 점검표 활용)

이와 같은 장식탑 등 공작물의 구조안전 확보를 위해서는 기본적으로 장식탑의 설계 및 시공과 관련된 설계자와 시공자, 공작물 유지관리 주체인 건축주, 공작물의 구조안전을 관리 감독하는 지방자치 단체 등의 관심과 노력이 필요하다.

3.2 설계 및 시공단계의 안전점검

설계 및 시공 단계에서의 공작물 구조안전 확인은 공작물 축조신고 단계에서 수행된다. '건축법 시행규칙 제 41조'에 따르면 공작물의 축조신고서를 제출한 후, '공작물의 구조안전 점검표'를 추가로 제출하여야 지자체에서 공작물 축조신고필증을 신고인에게 발급할 수 있다. 따라서 공작물을 축조하려는 신고인은 '건축법 시행규칙 별제 제 30호의 2서식'을 이용하여 설계 및 시공단계에서 '공작물 구조안전 점검표'를 작성하여야 한다.

1) 구조계산 및 구조안전 확인서를 제출하여야 하는 경우

건축법 시행령 제118조제4항에 의하여 일정규모 이상의 공작물 축조 신고시(연면적 1천 제곱미터 이상, 높이 13m이상 등)에는 건축물에 요구되는 구조안전 확인과 동일한 절차를 거친다. 이에 해당되는 공작물은 '건축물의 구조기준 등에 관한 규칙'에 따라 공작물에 작용하는 하중들을 계산하고 공작물이 충분한 내력을 보

유하는지 여부를 확인해야 한다. 본 가이드 5장에서는 공작물의 설계에 요구되는 풍하중의 산정 방법을 공작물의 유형에 따라 제시하였다.

공작물의 구조안전 점검표 1항은 공작물의 종류와 구조, 높이 등을 수록하고, 2항에서는 '건축물의 구조기준 등에 관한 규칙' 제 58조에 따라 구조안전 및 내진설계 확인서의 제출 대상 여부인지를 확인하여야 한다.

표 3.1. 공작물의 구조안전 점검표 1, 2항

항 목	내 용	확 인
1. 공작물 일반사항		
일반사항	공작물의 종류 : 공작물의 구조 : 공작물의 높이 : ()m, 길이()m	
2. 법 제48조에 따른 구조 안전 확인 (높이가 13미터 이상인 경우만 해당합니다.)		
구조계산 및 구조안전확인서 제출 여부	건축법 제48조에 따라 공작물의 구조안전을 위하여 적절하게 구조계산을 실시하고, 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 제58조의 구조안전 및 내진설계 확인서를 제출하였는가?	적합() 부적합()

◎ 건축법 시행령 제 118조(옹벽 등의 공작물등의 준용)

- ③ 제1항 각 호의 공작물에 대하여는 법 제83조제3항에 따라 법 제14조, 제21조제3항, 제29조, 제35조제1항, 제40조제4항, 제41조, 제47조, 제48조, 제55조, 제58조, 제60조, 제61조, 제79조, 제81조, 제84조, 제85조, 제87조 및 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제76조를 준용한다.
- ④ 제3항 본문에 따라 법 제48조를 준용하는 경우 해당 공작물에 대한 구조 안전 확인의 내용 및 방법 등은 국토교통부령으로 정한다.

◎ 건축법 시행령 제 32조(구조안전의 확인)

- ① 법 제48조제2항에 따라 법 제11조제1항에 따른 건축물을 건축하거나 대수선하는 경우 해당 건축물의 설계자는 국토교통부령으로 정하는 구조기준 등에 따라 그 구조의 안전을 확인하여야 한다.
- ② 제1항에 따라 구조 안전을 확인한 건축물 중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 건축물의 건축주는 해당 건축물의 설계자로부터 구조 안전의 확인 서류를 받아 법 제21조에 따른 착공신고를 하는 때에 그 확인 서류를 허가권자에게 제출하여야 한다. <개정 2014.11.28.>
1. 층수가 3층[대지가 연약(軟弱)하여 건축물의 구조 안전을 확보할 필요가 있는 지역으로서 건축조례로 정하는 지역에서는 2층] 이상인 건축물
 2. 연면적이 1천 제곱미터 이상인 건축물. 다만, 창고, 축사, 작물 재배사 및 표준설계도서에 따라 건축하는 건축물은 제외한다.
 3. 높이가 13미터 이상인 건축물
 4. 처마높이가 9미터 이상인 건축물
 5. 기둥과 기둥 사이의 거리가 10미터 이상인 건축물
 6. 국토교통부령으로 정하는 지진구역 안의 건축물
 7. 국가적 문화유산으로 보존할 가치가 있는 건축물로서 국토교통부령으로 정하는 것
 8. 제2조제18호가목 및 다목의 건축물

◎ 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제 58조(구조안전확인서 제출) 영 제32조제2항 각 호의 어느 하나에 해당하는 건축물로서 같은 조 제1항에 따라 구조안전의 확인(지진에 대한 구조안전에 포함한다)을 한 건축물에 대해서는 법 제21조에 따른 착공신고를 하는 경우에 다음 각 호의 구분에 따른 구조안전 및 내진설계 확인서를 작성하여 제출하여야 한다. <개정 2014.11.28.>

1. 6층 이상 건축물: 별지 제1호 서식에 따른 구조안전 및 내진설계 확인서
2. 영 제32조제2항에 따른 구조 안전의 확인 서류 제출 대상 건축물 중 제1호에 해당하지 않는 건축물: 별지 제2호 서식에 따른 구조안전 및 내진설계 확인서

2) 공작물의 전반적인 구조안전 확인

공작물의 구조안전 점검표 3항은 공작물의 시공 이후, 전반적인 구조안전을 먼저 확인하도록 하고 있다. 이를 위해 적합한 자재의 사용 여부, 공작물의 흔들림, 공작물 주위의 위험시설물 존재 여부, 안전점검의 용이성 등을 검토하여 적합 여부를 확인하여야 한다.

표 3.2 공작물의 구조안전 점검표 3항

항 목	내 용	확 인
3. 공작물의 전반적인 구조 안전 확인		
가. 적합한 자재 사용 여부	구조도와 동일한 구조부재 및 앵커볼트 등을 사용하였는가?	적합(), 부적합()
나. 공작물 흔들림	앵커볼트 및 지지부의 흔들림을 포함해 공작물 전체의 흔들림이 없이 견고하게 고정되었는가?	적합(), 부적합()
다. 위험시설물 주위설치여부	주위에 위험시설물 등이 없는 안전에 적합한 위치인가? (전선 등 전기시설, 가스시설, 통신망 등)	적합(), 부적합()
라. 공작물 기울어짐	공작물의 기울어짐이 1/150 이내이거나 육안으로 기울어짐이 인지되지 않는가?	적합(), 부적합()
마. 안전점검 용이성	정기적인 공작물의 안전점검이 가능하도록 접근이 용이하고, 점검구 등을 확보하였는가?	적합(), 부적합()

점검자는 우선적으로 공작물의 구조도와 실제 시공된 공작물의 일치 여부를 확인한다. 공작물에 사용된 주요 자재의 규격이 도면에 표기된 자재와 규격이 일치하는지 여부를 확인하고, 시공된 앵커볼트나 연결볼트 등의 개수가 도면과 일치하는지 확인한다.

앵커볼트의 시공이 불량하거나, 지지부의 콘크리트 등에 균열이 있는 경우 공작물의 흔들림이 발생할 수 있다. 점검자는 인력으로 외력을 가하여 인지할 수 있을 정도의 흔들림이 발생하는지 여부를 확인한다.

공작물이 안전하게 시공되었다 하더라도 예기치 못한 태풍 등에 의해 공작물의 전도나 일부 부재의 비산이 발생할 경우, 인접한 위치에 위험시설물이 있으면 이로 인한 2차 피해가 발생할 수 있다. 따라서, 공작물의 전도 시 영향을 줄 수 있는 위치에 전선 등 전기시설, 가스시설, 통신망 등이 위치하는지 여부를 확인한다.

공작물은 당초의 의도가 아니라면, 도면과 비교하여 1/150 이상 기울어짐이 발생하지 않도록 해야 한다. 공작물의 높이와 측면으로 기울어진 거리를 계산하여 기울어짐의 상태를 확인한다.

마지막으로, 공작물은 건축주 및 정기점검자 등이 안전점검을 수행하기 위한 접근 경로를 확보해야 한다. 공작물의 축조 이후 매 3년마다 정기적인 안전점검을 실시해야 하므로 이를 고려한 점검통로 및 점검구를 확보했는지 여부를 확인하여야 한다.

표 3.3~3.7는 공작물의 전반적인 구조안전 확인 방법과 적합/부적합 판정 기준을 나타낸다.

표 3.3 적합한 자재의 사용 여부

점검 대상 및 방법		점검사항
적합한 자재의 사용 여부	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 대상 <ul style="list-style-type: none"> - 공작물 축조신고시 제출한 구조도와 동일하게 주요 구재부재 및 접합부가 시공되었는지 여부를 확인함 - 구조재 및 앵커볼트의 규격(크기 및 재질)과 개수 등이 구조도와 동일하게 시공되었는지 여부를 확인함 ○ 점검 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 줄자 등으로 구조부재 및 접합부의 주요치수를 점검하고, 볼트 및 앵커볼트 등의 개수가 도면과 일치하는지 여부를 확인함
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 구조도와 동일한 구조부재 및 앵커볼트의 규격 및 개수가 사용됨 ○ 부적합 : 시공된 구조부재 및 앵커볼트가 구조도와 상이함

표 3.4 공작물의 흔들림 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
공작물의 흔들림	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 시공된 공작물에 사람의 손으로 외력을 가했을 때 인지할 수 있는 수준으로 흔들리는지 여부를 확인함 - 균열 등이 없는 지지부에 고정되었는지 여부와, 앵커볼트 등을 이용해 지지부에 견고하게 고정되었는지 여부를 확인함
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 점검자 1인이 외력을 가했을 때, 공작물이 흔들리지 않고 견고하게 고정됨 ○ 부적합 : 공작물이 흔들림

표 3.5 공작물 주변 위험시설물 확인



점검 대상 및 방법		점검사항
공작물 주변 위험시설물 확인	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 공작물이 태풍이나 강풍에 인한 전도 시, 주위의 위험시설물에 2차 피해가 예상되는 지 여부를 확인함. - 위험시설물 : 전기시설, 가스시설, 통신망, 위험물저장소 등 - 불가피하게 위험시설물 주위에 공작물을 설치하는 경우 공작물 전도 등에 대비한 안전장치를 별도로 설치함
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 공작물 전도 시 간접피해가 발생할 수 있는 위험시설물이 주위에 없거나, 이에 대비한 안전장치가 있는 경우 ○ 부적합 : 공작물 전도 시 인접한 위험시설물에 간접적인 피해가 발생할 것으로 예상되는 경우
	예시	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><적합></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><부적합></p> </div> </div>

표 3.6 공작물의 기울어짐 확인

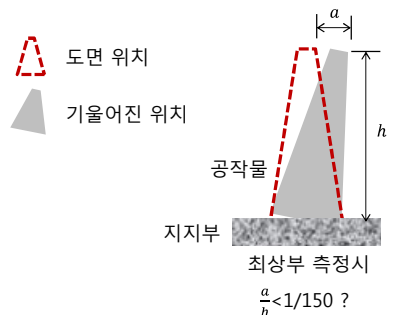
점검 대상 및 방법		점검사항
공작물의 기울어짐	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> 점검 방법 <ul style="list-style-type: none"> 육안으로 공작물의 기울어짐이 인지되는 경우, 별도의 공작물의 기울어짐이 허용치 이내인지 여부를 확인함. 도면과 비교하여 공작물의 최상부 혹은 측정가능한 부위의 측면방향 변형을 측정 위치의 공작물 높이로 나눈 값을 계산하여 1/150 보다 작은지 여부를 확인함
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> 적합 : 측면변형/측정위치 높이가 1/150 미만 부적합 : 측면변형/측정위치 높이가 1/150 이상임
	예시	 <p>도면 위치 기울어진 위치 공작물 지지부 최상부 측정시 $\frac{a}{h} < 1/150 ?$</p> <p><기울기 측정 예></p>

표 3.7 공작물의 안전점검 용이성 확인

대상 및 방법		점검사항
안전점검 용이성	검사점검 방법	<ul style="list-style-type: none"> 점검 방법 <ul style="list-style-type: none"> 정기적인 안전점검 혹은 유사시 점검을 하기 위해 공작물에 접근하기 용이한지 확인
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> 적합 : 사람이 별도의 외부 기기 없이 접근하여 안전점검이 가능함 부적합 : 접근을 위해서 별도의 대형 장비가 필요
	예시	 <p><부적합 예></p>

3) 지지구조물의 구조안전 확인

공작물의 구조안전 점검표 4항은 공작물의 지지구조물의 상태를 확인하도록 하고 있다. 강풍이 발생하면 공작물의 지지부에 휨모멘트가 발생하며, 공작물이 지지구조물에 견고하게 고정되어 있지 않다면 지지부의 파괴에 의한 전도가 발생할 수 있다. 실제로 대다수의 강풍에 의한 공작물 피해가 지지부에서의 파괴로 인한 공작물의 전도로 이어졌다.

표 3.8 공작물의 구조 안전 점검표 4항

항 목	내 용	확 인
4. 지지구조물 확인		
가. 지지구조물의 배수 용이성	공작물의 지지구조물에 물이 고이지 않도록 배수처리가 용이하게 시공되었는가?	적합(), 부적합()
나. 지지구조물의 상태 평가	콘크리트 등 지지구조물이 균열이 없고, 공작물을 안정적으로 지지하고 있는가?	적합(), 부적합()
다. 앵커볼트 설치상태	앵커볼트의 개수와 크기 등이 구조도에 표시된 것과 동일하게 시공되었는가?	적합(), 부적합()

표 3.9~3.11는 공작물의 지지부 안전확인 방법과 적합/부적합 판정 기준을 나타낸다.

표 3.9 지지구조물의 배수 용이성 확인


점검 대상 및 방법		점검사항
지지구조물의 배수 용이성	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 대상 <ul style="list-style-type: none"> - 공작물의 지지부 및 앵커볼트 접합부 ○ 점검 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 비가 온 후에나 물을 뿌려보아 배수가 잘 되는지 확인
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 물이 고이지 않고 배수가 원활함 ○ 부적합 : 물이 빠져나가지 않고 지지부에 고임
	예시	 <p>지지부 근처의 배수 상태를 확인하여야 함</p>

표 3.10 지지구조물의 상태 평가

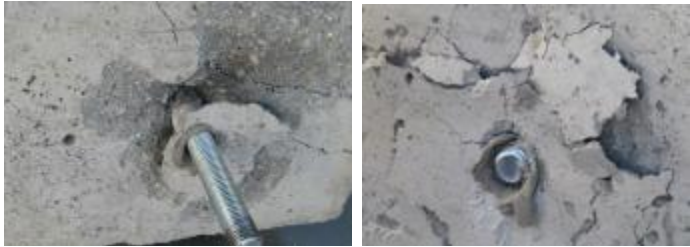
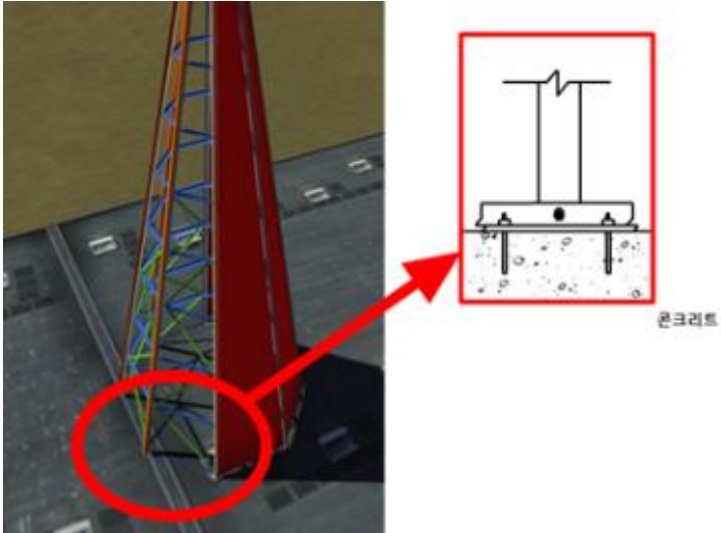
점검 대상 및 방법		점검사항
지지구조물의 상태 평가	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 공작물 지지부 및 앵커볼트 접합부에 콘크리트 등의 균열 발생 없이 안정적으로 지지되었는지 확인
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 균열이 없고 공작물이 안정적으로 지지됨 ○ 부적합 : 앵커볼트 및 지지부에 다수의 균열 관찰
	예시	 <p><부적합 예></p>

표 3.11 지지구조물의 앵커볼트 설치 상태 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
앵커볼트 설치 상태	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 공작물 지지부에 사용된 앵커볼트의 규격 및 개수가 구조도에 표시된 것과 동일한지 확인
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 구조도와 동일하게 앵커볼트가 시공됨 ○ 부적합 : 구조도에 명시된 앵커볼트의 규격이 다르고 사용된 앵커볼트 개수가 부족함
	예시	 <p><부식된 나사 예></p>

4) 공작물의 주요 구조부재 구조안전 확인

공작물의 구조안전 점검표 5항은 공작물의 주요 구조부재의 구조안전 확인하도록 되어있다.

먼저, 공작물을 구성하는 구조부재가 도금 또는 방청도장으로 부식방지처리가 되어있는지 확인해야 한다. 또한, 구조부재들을 연결하는 볼트접합부 또는 용접접합부가 구조도면에 명시된 것과 동일하게 시공되어있는지 점검해야 하며, 판재 및 마감재가 탈락되지 않게 견고하게 고정되어있는지 확인하여야 한다. 특히 종각형 장식탑의 경우 강풍에 의한 판재 및 마감재의 탈락이 빈번하게 발생하니 특히 유의하여야 한다.

표 3.12 공작물의 구조 안전 점검표 5항

항 목	내 용	확 인
5. 공작물의 주요 구조부재 확인		
가. 부식방지처리	부식이 발생하는 재료인 경우 아연도금 등의 도금 또는 방청 도장이 적합하게 처리되었는가?	적합(), 부적합()
나. 볼트접합부 확인 (해당 시)	구조부재간 볼트접합부가 구조도대로 시공되었는가?	적합(), 부적합()
다. 용접접합부 확인 (해당 시)	구조부재간 용접접합부가 구조도대로 시공되었는가?	적합(), 부적합()
라. 판재 및 마감재 확인	구조부재에 접합된 판재 및 마감재가 견고하게 고정되었는가?	적합(), 부적합()

표 3.13~3.16는 공작물의 주요 구재부재의 안전확인 방법과 적합/부적합 판정 기준을 나타낸다.

표 3.13 부식방지처리 상태 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
부식방지처리	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> 점검 방법 - 공작물의 주요 구성부재 및 지지부에 아연도금 등의 도금 또는 방청도장이 되어있는지 확인
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> 적합 : 도금 또는 방청도장 등 부식방지처리가 되어있음 부적합 : 부식방지처리가 되어있지 않음
	예시	 <p><부적합 예></p>

표 3.14 볼트접합부의 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
볼트접합부 확인	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 방법 - 볼트접합부에 사용된 볼트의 규격 및 개수가 구조도와 동일하게 시공되어있는지 확인
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 구조도와 동일하게 볼트접합부가 시공됨 ○ 부적합 : 구조도와 상이하게 볼트접합부가 시공됨

표 3.15 용접접합부의 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
용접접합부 확인	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 방법 - 용접접합부의 용접길이, 용접방법 등이 구조도와 동일한 방법으로 용접되었는지 확인
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 구조도와 동일하게 용접접합부가 시공됨 ○ 부적합 : 구조도와 상이하게 용접접합부가 시공됨

표 3.16 판재 및 마감재의 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
판재 및 마감재 확인	검사 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 방법 - 공작물 유형 중 폐단면을 갖는 종각형 장식탑에 사용된 판재 및 마감재가 구조도와 동일하게 시공되어있고, 견고하게 고정되어 있는지 확인
	적합 / 부적합 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적합 : 판재 및 마감재가 견고하게 고정됨 ○ 부적합 : 판재 및 마감재가 느슨하게 고정됨

3.3 유지관리 단계의 안전점검

설계와 시공단계에서 공작물의 구조안전성을 확인하였더라도, 공작물과 공작물을 지지하는 건축물의 사용 과정에서 구조안전에 대한 정기적인 점검이 필요하다. '건축법 시행규칙 제 41조'에서는 공작물 축조신고필증을 발급받은 날부터 3년마다 공작물의 유지관리 상태를 점검하고, 그 결과를 '건축법 시행규칙 별지 제 31호의 2'서식에 따라 지자체에 제출하도록 하고 있다.

1) 안전 검사 및 점검 확인 시 유의사항

장식탑의 안전 점검은 완벽히 준비된 상황에서 해야 한다. 전문가도 확인할 수 있는 여건이나 장비, 도구 등이 모두 갖추어진 상태라도 완벽한 안전 점검은 어렵기 때문이다.

시공 된 장식탑의 올바른 검사는 한계가 있다. 육안, 측수, 충격이나 근접으로 확인하는 점검이기 때문이다. 그 이상의 점검은 무리지만 기술적인 안목으로 「구조안전 점검표」를 참고하여 일일이 대조하여 점검하여야 한다. 대부분의 장식탑 사고는 유지관리 미흡으로 인해 발생하기 때문에 정기적으로 안전점검을 하는 것은 필수이다.

장식탑은 안전점검 확인을 쉽게 할 수 있도록 되어있지 않은 것이 특징이다. 특히 장식탑의 윗부분이나 종각 유형의 내부는 쉽게 확인이 이루어지지 않으며, 이 문제를 해결하여야 정확한 점검이 이루어지게 된다.

또, 간단하게 육안과 측수나 충격에 의하여 쉽게 끝낼 수 있는 것도 많지만 반대로 긴 시간을 소요할 수 있는 상황도 발생할 수 있다. 때문에, 검사 절차상 힘들고 어려운 점은 당연히 따르게 되며 안전점검을 확실하게 하기 위해서는 무리하지 말고 안전한 장비와 도구, 점검에 필요한 모든 것을 잘 다룰 수 있도록 평소에 숙지해야 한다.

다음은 안전 점검 확인시의 유의사항이다.

안전점검 준비

- ◎ 현장에 의한 준비를 철저히 하여 현장에 투입한다.
 - 장비나 도구를 준비하지 못하여 점검이 어려운 일이 발생해서는 안 됨
 - 사전에 점검해야 할 장식탑의 유형을 전달받아 미리 점검 준비를 해야함
 - 안전장비의 의무착용
 - 검사 전 장비와 도구의 사용법 숙지
-

현장 안전점검

- ◎ 2인 1조 이상 안전 검사 작업 필수
 - 어디에서든 안전을 위한 방법에서 2인 이상의 작업을 기본으로 함
 - 1인 작업에서는 실수와 위험도가 높음
 - 작업자의 보조가 필요한 작업 시 능률 상승
- ◎ 점검을 하기 편한 복장을 착용한다.
 - 복장으로 인해 위험한 사고 발생 가능
 - 더럽혀져도 문제가 되지 않는 복장 착용
- ◎ 점검 전 주변의 안전관리를 철저히 한다.
 - 중장비 사용 시, 중장비 반경 안에 안전띠로 반경을 만들어 출입 통제해야 함
 - 작업반경 내 위험요소에 대한 조사 및 대처
 - 장식탑 전원 차단
- ◎ 점검 중 장비나 공구를 낙하 하지 않도록 미리 안전관리, 조치한다.
 - 점검용의 모든 공구나 장비는 안전 고리를 달아 실수로 인한 낙하 방지
 - 안전을 검사하는 검사원이 안전하지 못한 작업을 하는 것은 바람직하지 못함
- ◎ 안전에 영향이 있는 날씨인 경우 작업을 중단, 연기한다.
 - 날씨에 안전여부가 크게 영향을 미침
 - 비가 오기 시작하거나 강풍이 불거나 어두워진 상태에서는 작업 중단

점검 사항 기록

- ◎ 항상 점검된 모든 사항을 기록한다.
 - 「구조안전 점검표」에 점검한 사항을 빠짐없이 기입
 - 항목에 없는 문제점이 관찰될 시 추가 확인 필수

장식탑 점검은 평소 정기적인 관리도 해야 하지만, 지진이나 태풍, 폭우, 폭설 등 이상기후에 의한 특수상황이 지난 후에는 필연코 점검해야 한다. 또한, 외력에 의한 충격, 주변상황의 변동이 있을 후에도 점검해서 만약의 경우에 대비해야 한다.



그림 3.1 장식탑 시공 중인 작업자



그림 3.2 2인 이상 조를 맺어 작업 중인 작업자

2) 일반사항 안전점검

공작물의 유지관리 점검표 1항은 공작물 점검의 일반사항을 확인하도록 되어있다. 먼저, 공작물 점검을 위해 확인이 가능한지 확인해야 한다. 또한, 최근 10년간 안전점검을 받지 않았는지 점검해야 하며, 높이가 13m 이상인지 확인해야 한다.

표 3.17 공작물의 유지관리 점검표 1항

구 분	현 상	항목점수	점수
일반사항	공작물 점검을 위해 확인이 불가능하다. (접근이 불가능하거나 판 부재로 둘러싸여 있다)	3점	
	최근 10년간 안전점검을 받지 않았다.	2점	
	높이가 13m 이상이다.	2점	

표 3.18~20은 공작물의 일반사항 안전점검의 판정 기준을 나타낸다.

표 3.18 공작물의 접근성

점검 대상 및 방법		점검사항
공작물 접근성	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> 정기적인 점검 혹은 유사시 안전점검을 하기 위해 공작물에 접근하기 용이한지 확인하고, 유지관리에 어려움이 있는 폐단면을 갖는 장식탑인지 검사하는 항목임
	점수	<ul style="list-style-type: none"> 3점 : 공작물의 안전점검을 위한 접근이 용이하지 않아 별도의 기기를 통해 접근 가능하거나, 내부 구조상태를 확인하기 힘든 폐단면을 갖는 종 각형 장식탑인 경우 0점 : 구조도와 상이한 구조부재 및 앵커볼트 사용

표 3.19 공작물 안전점검 여부

점검 대상 및 방법		점검사항
공작물 안전점검	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> 최근 10년간 안전점검을 받지 않은 경우에는 주요 부재가 외력을 충분히 받지 못하여 붕괴 위험이 있기 때문에 이를 확인하고자 하는 항목임
	점수	<ul style="list-style-type: none"> 2점 : 최근 10년 안에 정기점검을 1회 이상 수행함 0점 : 최근 10년 안에 정기점검을 하지 않음

표 3.20 공작물의 높이

점검 대상 및 방법		점검사항
공작물의 높이	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> 공작물의 높이가 높을수록 풍하중에 불리하기 때문에 전도 위험성이 높음. 13m 이상의 장식탑은 구조전문가의 내풍안전설계가 되었는지 확인하는 것을 권장함
	점수	<ul style="list-style-type: none"> 2점 : 공작물의 높이가 십자가 포함 13m 이상 0점 : 공작물의 높이가 십자가 포함 13m 이하

3) 바닥 및 지지부 안전점검

공작물의 유지관리 점검표 2항은 공작물의 바닥 및 지지부를 확인하도록 되어있다. 먼저, 공작물 바닥 부분에 큰 균열이 있는지 확인해야 한다. 또한 콘크리트(시멘트)가 떨어져 나갔는지 점검해야 하며, 앵커볼트가 흔들리거나 뽑히는지 점검해야 한다. 특히 공작물 바닥에 배수처리가 되어있는지도 점검해야 한다.

표 3.21 공작물의 유지관리 점검표 2항

구 분	현 상	항목점수	점수
바닥 및 지지부	큰 균열(균열폭이 2밀리미터 내외)이 있다.	2점	
	콘크리트(시멘트)가 떨어져 나갔다.	2점	
	앵커볼트가 흔들리거나 뽑힌다.	3점	
	공작물 바닥에 배수처리가 되어있지 않아 물이 고인다.	1점	
	특이사항:	-	

표 3.22~26은 공작물의 바닥 및 지지부의 안전확인 방법과 적합/부적합 판정 기준을 나타낸다.



그림 3.3 지지부의 부식 방지 및 균열확인의 중요성

표 3.22 균열 발생 여부 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
균열 발생 여부 확인	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 견고하게 고정이 되어있지 않은 장식탑이 태풍 등에 의한 수평하중을 받으면 지지부가 약해져 앵커볼트가 뽑히거나 콘크리트 등에 균열이 발생해 사고로 이어질 수 있음
	점수	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2점 : 콘크리트에 폭 2mm 이상의 균열이 발생함 ◦ 0점 : 콘크리트에 폭 2mm 미만의 균열 혹은 균열이 없음

표 3.23 콘크리트 등 탈락 여부 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
콘크리트 등 탈락 여부 확인	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 견고하게 고정이 되어있지 않은 장식탑이 태풍 등에 의한 수평하중을 받으면 지지부가 약해져 앵커볼트 주변의 콘크리트가 탈락하여 사고로 이어질 수 있음
	점수	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2점 : 앵커볼트를 고정하는 콘크리트의 일부가 탈락함 ◦ 0점 : 앵커볼트가 콘크리트로 견고하게 지지되어 있음

표 3.24 앵커볼트의 상태 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
앵커볼트 상태 확인	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 견고하게 고정이 되어있지 않은 장식탑이 태풍 등에 의한 수평하중을 받으면 지지부가 약해져 앵커볼트가 흔들리면, 장식탑의 지지력이 상실되어 사고가 발생할 수 있음
	점수	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 3점 : 앵커볼트가 흔들리거나 뽑혀 있음 ◦ 0점 : 앵커볼트가 견고하게 고정되어 있음

표 3.25 배수상태 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
배수상태 확인	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 공작물의 가장 큰 사고 원인은 우수 등 고여 있는 물에 의한 공작물 지지부 주요부재의 부식임
	점수	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1점 : 배수처리가 잘 되어 있어 물이 고이지 않음 ◦ 0점 : 배수처리가 잘 되어 있지 않아 물이 고임

표 3.26 특이사항

점검 대상 및 방법		점검사항
특이사항	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기타 공작물의 안전에 있어서 문제의 소지가 될 만한 바닥 및 지지부에 관련된 요소들이 육안으로 관찰된다면 유지관리 점검표에 해당되는 내용을 적고, 전문가의 확인을 받도록 함

4) 부재간 접합부위 안전 점검

공작물의 유지관리 점검표 3항은 공작물의 부재간 접합 부위 안전을 확인하도록 되어있다. 먼저, 접합 부위의 볼트(나사)가 느슨하거나 빠졌는지 확인해야 한다. 또한, 연결부에 부식이 발생하여 페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었는지, 용접부에 균열이 발생했거나 탈락되었는지도 확인해야 한다.

표 3.27 공작물의 유지관리 점검표 3항

구 분	현 상	항목점수	점수
부재간 접합 부위	볼트(나사)가 느슨하거나 빠졌다. × 느슨하거나 빠진 볼트(나사)개수	개당 1점	
	볼트(나사) 연결부에 부식이 발생하여 페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었다.	1점	
	용접부에 균열이 발생했거나 탈락되었다.	1점	
	특이사항:	-	

표 3.28~31는 공작물의 부재간 접합 부위 안전확인 방법과 적합/부적합 판정 기준을 나타낸다.

표 3.28 볼트(나사)접합 상태 확인

점검 대상 및 방법		점검사항
볼트(나사) 접합 상태 확인	항목 해설	○ 수직하중 뿐만 아니라 태풍, 지진 등 수평하중에 의한 외력에 의해 볼트(나사) 접합부의 나사가 느슨해 질 수 있으며, 이는 주요 부재들의 외력 전달에 있어서 치명적임.
	점수	○ 개당 1점 : 느슨해지거나 탈락되어 있는 볼트(나사) ○ 0점 : 모든 볼트(나사) 접합부가 긴밀하게 연결되어 있음

표 3.29 볼트 접합부 부식상태 확인


점검 대상 및 방법		점검사항
볼트 접합부 부식상태 확인	항목 해설	○ 외기에 노출되어 있는 볼트(나사)에 부식방지 처리가 되어있지 않으면 녹슬이 발생하고 접합부의 기능을 상실할 수 있음
	점수	○ 개당 1점 : 부식되어 있는 볼트(나사) ○ 0점 : 볼트(나사)에 녹슬이 관찰되지 않고 상태가 양호함
	예시	 <p><부식된 나사 예></p>

표 3.30 용접 접합부 확인


점검 대상 및 방법		점검사항
용접 접합부 확인	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> 외력에 의해 용접접합부에 균열이 발생되거나 용접 접합부가 탈락될 수 있음.
	점수	<ul style="list-style-type: none"> 개당 1점 : 균열이 발생되거나 탈락된 용접부 0점 : 양호한 상태의 용접 접합부
	예시	 <p><비양호한 상태의 용접부 예></p>

표 3.31 특이사항

점검 대상 및 방법		점검사항
특이사항	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> 기타 공작물의 안전에 있어서 문제의 소지가 될 만한 접합부에 관련된 요소들이 육안으로 관찰된다면 유지관리 점검표에 해당되는 내용을 적고, 전문가의 확인을 받도록 함

5) 선 부재 안전점검

공작물의 유지관리 점검표 4항은 공작물의 선부재의 구조안전성을 확인하도록 되어있다. 먼저 공작물의 선 부재에 페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었는지 확인해야 한다. 또한, 선 부재에 변형이 발생했는지도 확인해야 한다.

표 3.32 공작물의 유지관리 점검표 4항

구 분	현 상	항목점수	점수
선 부재	페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었다.	1점	
	선 부재에 변형이 발생했다.	개당 1점	
	× 변형된 선 부재 개수		
	특이사항:	-	

표 3.33~35는 공작물의 선부재의 안전확인 방법과 판정 기준을 나타낸다.

표 3.33 선 부재의 녹슬 여부

점검 대상 및 방법		점검사항
선 부재 녹슬	항목 해설	○ 기둥, 보, 가새 등의 부재에 부식방지처리가 되어 있지 않으면, 외기에 노출되어 있는 특징 상 녹슬이 발생하여 두께가 크게 얇아질 수 있으며, 특히 지지부의 녹슬 상태를 자세히 확인해야 함
	점수	○ 개당 1점 : 선 부재의 페인트가 떨어질 정도로 녹슬 ○ 0점 : 선 부재에 녹슬이 관찰되지 않고 상태가 양호함

표 3.34 선 부재의 변형 여부

점검 대상 및 방법		점검사항
선 부재 변형	항목 해설	○ 선 부재가 받을 수 있는 외력 이상의 하중을 받으면 좌굴 등의 변형이 생길 수 있으며, 이는 사고 발생 가능성을 크게 높이므로 점검할 때 자세히 살펴보아야 함
	점수	○ 개당 1점 : 선 부재의 변형이 발생됨 ○ 0점 : 선 부재의 변형이 관찰되지 않고 상태가 양호함

표 3.35 특이사항

점검 대상 및 방법		점검사항
특이사항	항목 해설	○ 기타 공작물의 안전에 있어서 문제의 소지가 될 만한 기둥, 보 등 선 부재에 관련된 요소들이 육안으로 관찰된다면 유지관리 점검표에 해당되는 내용을 적고, 전문가의 확인을 받도록 함

6) 판 부재 안전점검(존재하는 경우만 해당)

공작물의 유지관리 점검표 5항은 공작물에 판 부재의 구조안전을 확인하도록 되어있다. 공작물의 판부재가 탈락할 위험이 있는지, 페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었는지를 확인하여야 한다.

표 3.36 공작물의 유지관리 점검표 5항

구 분	현 상	항목점수	점수
판 부재 (존재하는 경우만 해당)	판 부재가 탈락할 위험이 있다.	개당 1점	
	× 탈락위험 판 개수		
	페인트가 떨어질 정도로 녹이 슬었다.	개당 1점	
	× 녹슨 판 개수		
	특이사항:	-	

표 3.37~39는 공작물의 판부재의 안전확인 방법과 판정 기준을 나타낸다.



그림 3.4 강풍에 의한 종각형 장식탑의 판 부재 파괴

표 3.37 판 부재의 정착 상태

점검 대상 및 방법		점검사항
판 부재 정착 상태	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> 태풍에 의한 폐단면을 갖는 종각형 장식탑의 판부재 탈락 사고가 빈번히 발생하고 있음. 판 부재의 탈락에 의해 인명 및 재산피해가 야기될 수 있으니 자세히 점검해야 함.
	점수	<ul style="list-style-type: none"> 개당 1점 : 판 부재의 접합이 긴결하게 되어있지 않고 느슨함 0점 : 판 부재의 접합 상태가 양호함

표 3.38 판 부재의 녹슬 여부

점검 대상 및 방법		점검사항
판 부재 녹슬	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> 판 부재에 부식이 발생하면 강풍에 의해 탈락이 발생할 수 있음
	점수	<ul style="list-style-type: none"> 개당 1점 : 판 부재에 녹슬이 관찰됨 0점 : 판 부재의 녹슬이 관찰되지 않고 상태가 양호함

표 3.39 특이사항

점검 대상 및 방법		점검사항
특이사항	항목 해설	<ul style="list-style-type: none"> 기타 공작물의 안전에 있어서 문제의 소지가 될 만한 판 부재에 관련된 요소들이 육안으로 관찰된다면 유지관리 점검표에 해당되는 내용을 적고, 전문가의 확인을 받도록 함

제4장 태풍 대비 단계별 대응 요령

4.1 예방 단계 (평상시)

“예방 단계”란 장식탑의 설치 및 안전점검이 원활하게 진행될 수 있는 시기를 말한다. 태풍 내습 시 발생가능한 문제를 방지하고 태풍피해에 따른 보수비용을 절감하기 위해서는, 태풍철 이전에 장식탑을 보수하여 구조적으로 건전한 상태에 있도록 해야 한다.

태풍이 내륙하면 장식탑 설치 및 안전점검 수행에 어려움이 따른다. 장식탑은 보통 건물의 옥상부 등 높은 장소에서 설치되어 있다. 따라서 작업 중 인부가 추락할 수 있기 때문에, 피해를 예방하기 위해서는 미리 안전점검 조치를 취하는 것이 가장 중요하다.

장식탑 설치 및 정기 안전점검에 관련된 대응요령은 다음과 같다.

1) 장식탑 설치

- 대상 장식탑
 - 근거 : 건축법 시행규칙 제41조의2
 - 대상 장식탑 : 높이 6m 이상 장식탑
- 구조 안전 확인 방법
 - 근거 : 건축법 시행령 제118조제4항
 - 구조안전 확인 방법
 1. 6m 이상 장식탑 : 공작물의 구조 안전 점검표, 공작물의 사용자 점검표
 2. 13m 이상 장식탑 : 공작물의 구조 안전 및 내풍 설계 확인서, 공작물의 구조 안전 점검표, 공작물의 사용자 점검표
- 가이드의 목적
 - 장식탑 축조신고시 형식적인 안전 점검이 되지 않도록 점검 대행기관에 대한 지도.점검 강화

2) 정기 안전점검 수행

- 대상 장식탑
 - 근거 : 건축법 시행규칙 제41조의2
 - 대상 장식탑 : 높이 6m 이상 장식탑
- 구조 안전 확인 방법
 - 근거 : 건축법 시행령 제118조제4항
 - 구조안전 확인 방법 : 공작물의 구조 안전 점검표
 - 점검시기 : 사용승인일을 기준으로 10년이 지난 날부터 2년마다 한 번, 수시점검을 실시한 경우에는 그 수시점검을 완료한 날부터 2년마다 한 번

4.2 대비 단계 (태풍정보, 예비특보 발효 시)

“대비 단계”에서는 곧 태풍이 내습할 수 있으니, 피해를 예방하기 위한 긴급 사전조치를 수행해야 한다. 태풍정보, 예비특보 등이 발효될 시 사고발생 가능성이 높은 장식탑을 주 대상으로 안전점검을 수행해야 한다. 또한 장식탑 소유주를 대상으로 홍보를 하여 자율적인 점검을 수행하도록 하고 경각심을 고취시켜야 한다.

취약 광고물에 대한 사전조치 강화 및 시민 홍보를 통한 자율정비 활성화를 위한 대응요령은 다음과 같다.

1) 취약 광고물에 사전조치 강화

- 조치시기
 - 태풍정보.예비특보 발효 시 ~ 제주도기준 태풍주의보 발효 시
- 대상 장식탑
 - 정기적인 안전점검 대상에서 제외된 신고.신고배제.불법광고물 중 노후한 장식탑
 - 대형장식탑 및 시설 노후로 강풍 대비 중점적인 관리가 필요한 장식탑
 - 시장.군수가 안전점검이 필요하다고 인정한 장식탑
 - 건물의 고층이나 해안가 등 강풍에 영향을 많이 받는 위치에 설치된 장식탑
- 조치 요령
 - 13m 이상 장식탑
 1. 관리자에게 점검.관리의 필요성 및 상태에 대해 사전 공지하여 응급 정비 유도
 2. 태풍 소멸 후 상황 종료 시까지 해당지역에 지속적인 점검순찰 강화
 - 6m 이상 13m 미만 장식탑
 1. 관리자에게 통보하여 우선적으로 자진 정비토록 현장조치
 2. 태풍주의보 발효 시까지 자진정비가 이루어지지 않을 경우 위급성 등을 고려 정비 추진
 3. 경미한 보수 가능 및 시급한 조치가 필요한 장식탑 등에 한하여 태풍 내습 시까지 철거.보수가 불가하다고 판단 될 경우 시.군 차원의 정비 추진

2) 시민 홍보를 통한 자율정비 활성화

- 필요성
 - 장식탑은 주로 건축물의 옥상, 지붕 등에 설치되어 파손 시 불특정 다수에게 인명.재산 피해를 발생시킬 수 있으나, 사유시설물인 관계로 官 주도의 정비에 어려움이 있으며 업소주의 자율적인 정비·점검 중요
- 세부 내용
 - 사전 정비 중요성 홍보
 - 교회단체 등과 신속한 협조체계 구축을 통하여 자진정비 유도

4.3 대응 단계 (태풍주의보 발효 시)

“대응 단계”는 태풍주의보가 발효된 단계로, 평균 최대풍속이 14m/sec 이상의 폭풍 또는 호우, 해일 등이 발생하여 재해가 예상될 때 그 재해의 위험성에 대해 주의하도록 기상청에서 발표하는 기상특보 중 하나이다. 사고 발생 시 취약할 수 있는 지역을 중심으로 순찰해야 하며, 파손된 장식탑 발견 시 추가적인 피해를 예방하기 위하여 신속한 조치가 필요하다.

“대응 단계”에서의 대응 요령은 다음과 같다.

1) 광고물 파손 사전예방을 위한 순찰 강화

- 필요성
 - 위험징후 발견 시 사전 철거·보수로 장식탑의 파손 및 2차 피해 예방 가능
- 세부 내용
 - 유동인구·차량이 많은 지역, 고층건물 밀집지역 등 취약지역을 중심으로 노선 결정, 순찰 실시
 - 순찰조는 점검기관과 연락체계를 구축하여 정비대상 광고물 발견 시 즉시 철거·보수 조치

2) 파손 장식탑에 대한 신속한 조치

- 대상 장식탑
 - 육안으로 휘청거림이 확인되는 등 전도가 우려되는 장식탑
 - 추락·전도되어 노상에 방치된 장식탑
- 조치 내용
 - 파손 상태를 확인하여 경미할 경우 현장 보수조치, 파손 상태가 심각하거나 악 기상으로 인해 현장보수가 어려울 경우 응급보수 하거나 철거조치
 - 추락·전도된 장식탑은 보행 및 차량 통행에 지장을 초래하고, 2차 피해의 우려가 크므로 신속히 현장조치

4.4 복구 단계 (특보 해제 시)

“복구 단계”는 특보가 해제된 후 수행해야하는 단계로, 철거하는데 위험하여 응급 복구한 장식탑이나 복구하지 못한 장식탑을 대상으로 조치를 취해야 한다. 강풍으로 취약해진 장식탑의 위험성 등에 대하여 장식탑 소유주의 자체 점검을 유도해야 하며, 태풍 등 강풍으로 인해 취약해진 장식탑이 발생할 수 있으니, 이에 따른 자체정비가 필요하다.

“복구 단계”에서의 대응 요령은 다음과 같다.

1) 미 복구 장식탑에 대한 조치

- 대상 장식탑
 - 현지 여건상 태풍 내습 기간 중 철거 등이 어려워 응급 복구한 장식탑
 - 자중에 의한 파손 위험 간판
- 조치 내용
 - 사유 시설물인 장식탑의 특성을 고려하여 관리자에게 통보·협의하여 자진 정비토록 유도
 - 추락 후 미 철거된 간판은 차량통행 및 보행에 지장이 없도록 우선 조치한 후 관리자에게 자체 처리토록 통보
 - 강풍으로 취약해진 장식탑의 위험성 등에 대한 홍보·계도를 통하여 자체 점검 유도

2) 취약 장식탑에 대한 점검 및 계도 실시

- 목적
 - 태풍 소멸 후 피해를 입지는 않았으나 강풍으로 취약해져 장기적으로 전도 및 추락 우려가 있는 장식탑에 대한 점검 및 자체정비 계도 필요
- 대상 장식탑
 - 노후 장식탑, 고층건물 및 해안가 설치된 장식탑, 대형 장식탑 등 강풍에 취약한 장식탑
 - 유동인구 및 차량통행이 많아 파손 시 불특정 다수의 피해가 높은 지역에 설치된 장식탑
- 세부 내용
 - 행정기관 직접 점검 및 관리자 자체정비 유도
 - 교회단체 등을 통해 자체 점검 유도

제5장 장식탑 등 공작물의 풍하중 산정

5.1 하중의 종류

장식탑 유형의 공작물의 설계를 위해서는 하중을 먼저 정의해야 한다. 공작물에 작용하는 하중에는 자중(고정하중)과 작업하중, 설하중 등의 수직하중과 풍하중, 지진하중 등의 수평하중이 있다. 장식탑의 경우 크기에 비해 자중이 가벼워 지진하중은 대부분 문제가 되지 않지만, 풍하중은 크게 고려되어야 할 사항이다. 장식탑 관련 사고들을 살펴보면, 대다수의 장식탑들은 태풍에 의해 전도되는 사고가 많았고, 특히 장식탑의 유형 중 폐단면을 갖는 종각은 풍하중에 매우 취약해 태풍 등에 의한 장식탑 전도사고의 대부분을 차지했다. 또한 태풍 등에 의해 장식탑의 전도 시 건축물의 옥상이나 지붕에 설치되는 장식탑 특성상 장식탑의 피해 뿐만 아니라 인명, 재산 등의 2차 피해를 유발시킬 수 있기 때문에 충분히 유의하여 안전설계를 해야 한다. 그림 5.1은 공작물에 작용하는 하중의 유형을 나타낸다.

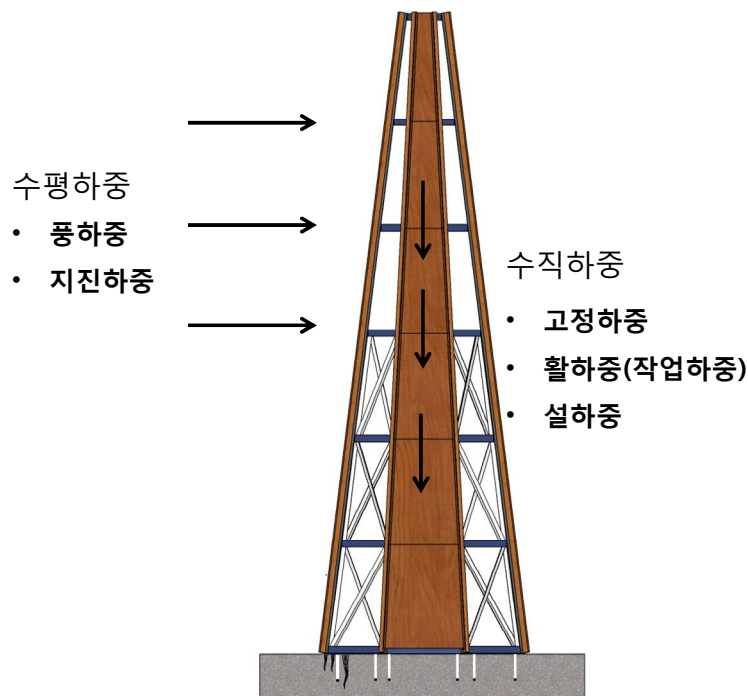


그림 5.1 공작물에 작용하는 하중의 종류

5.2 풍하중의 산정

모든 공작물은 자중, 활하중, 적설하중, 풍하중, 지진하중, 기타 외력에 대한 안전을 확인하여야 한다. 하지만 위에서도 언급했듯이 공작물의 경우 표면적에 비해 자중이 가벼운 것이 많고 자중에 작용하는 지진하중은 별로 문제가 되지 않는 경우가 대부분이어서 특수한 경우를 제외하고는 활하중과 지진하중은 비중이 적은 편이다. 적설하중 또한 공작물의 단면적이 크지 않아 공작물에서 실제 고려해야할 외력을 풍하중이라 할 수 있다. 따라서 본 가이드에서는 풍하중을 위주로 다루고자 한다.

1) 설계 풍하중 산정식

공작물을 포함한 모든 건축구조물의 풍하중은 국토해양부에서 고시한 건축구조기준(이하 KBC 2016)에서 명시한 하중선택기준에 의해 산정하여야한다. 건축구조물에는 시간적으로 변동하는 풍력이 작용하고 건축물은 임의시간에 최대변동이 발생한다. 구조설계용 수평풍하중이란 이와 같이 건축물의 최대변형과 동일한 변형을 건축물에 발생시키도록 하는 등가정적인 하중을 말한다.

KBC 2016에서 건축물의 구조골조를 설계하는 경우의 수평풍하중으로 풍방향 풍하중(W_D)는 다음 식으로 산정한다.

$$W_D = p_F A \quad (\text{N}) \quad (\text{식 } 0305.2.1)$$

여기서, p_F : 주골조설계용 설계풍압(N/m^2)

A : 유효수압면적(m^2)

위 식에서 설계풍압은 건축물의 밀폐와 개방 정도에 따라 달라지며 공작물의 경우 <0305.2.3 개방형 건축물 및 기타 구조물>에 정의된 설계풍압 산정식을 적용하여야 한다.

2) 설계풍압(p_F)

개방형 건축물 및 기타 구조물에는 실내압이 발생하지 않는다. 따라서 개방형 건축물 및 기타 구조물의 설계풍압은 구조물의 한쪽에 작용하는 정압과 다른 한쪽에 작용하는 부압을 동시에 고려한 외압계수의 합을 하나의 풍력계수로 적용하여 설계풍압을 구한다.

개방형 및 기타구조물의 주골조설계용 설계풍압은 다음 식에 따라 산정한다.

$$p_F = k_z q_H G_D C_D \quad (\text{N}/\text{m}^2) \quad (\text{식 } 0305.2.5)$$

여기서, k_z : 높이방향압력분포계수(KBC 2016 <표 0305.7.1.>의 ①에 따른다)

q_H : 기준높이 H 에 대한 설계속도압(N/m^2)

G_D : 풍방향 가스트영향계수

C_D : 풍력계수

3) 설계속도압(q_H)

임의 높이 z 에서의 설계속도압은 다음 식에 따라 산정한다.

$$q_H = \frac{1}{2} \rho V_H^2 \quad (\text{식 0305.5.1})$$

여기서, ρ : 공기밀도로 균일하게 1.25 kg/m^3 적용

V_H : 설계지역의 지표면으로부터 임의 높이 H 에 대한 설계풍속

4) 설계풍속(V_H)

설계풍속을 결정할 때에는 건설지점에 세워질 건축물의 풍하중을 평가할 때 풍속에 영향을 미치는 자연적 또는 인위적 요소들이 설계풍속 내에 고려되도록 하였다. 자연적 요소는 3 가지로서 ①건설지점의 지리적 위치에 따라 정하는 기본풍속(V_0), ②건설지점 주변의 지표면상황에 따라 정하는 풍속고도분포계수(K_{zt}), ③건설지점 주변의 지형상황에 따라 정하는 지형계수(K_{zt})이다. 인위적 요소로서 ④건축물의 설계용 재현기간에 따라 정하는 중요도계수(I_w)가 포함되도록 하였다. 주골조설계용 수풍하중을 산정할 때 사용되는 풍속은 현재 우리나라의 기상대에서 취급하는 10분간 평균풍속을 기본으로 하고 있다.

설계풍속 V_H 는 다음 식으로 산정한다.

$$V_H = V_0 \cdot K_{zt} \cdot K_{zt} \cdot I_w \quad (\text{식 0305.5.2})$$

여기서, V_0 : 기본풍속(m/s)

K_{zt} : 풍속고도분포계수

K_{zt} : 지형계수

I_w : 건축물의 중요도계수

5) 기본풍속(V_0)

기본풍속이란 내풍설계 시 필요한 설계풍속을 구하기 위한 근간이 되는 풍속을 말한다. 설계풍속은 대상으로 하는 구조물의 크기, 높이, 건설장소, 구조 동특성 등을 고려하여 결정되는데 반해, 기본풍속은 건설지점이 위치한 지역에 따라 결정된다.

최근 발생한 이상기상 현상 등에 의한 강풍 현상 및 급격한 도시화로 인한 지표면상태의 변화에 따른 풍속 변화 현상을 반영하기 위하여 최근 40년간(1973~2012)의 년최대풍속자료에 근거하여 기본풍속지도를 다시 작성하였고, 풍속맵의 간격도 5m/s(KBC 2009)에서 2m/s로 세분화하였다.

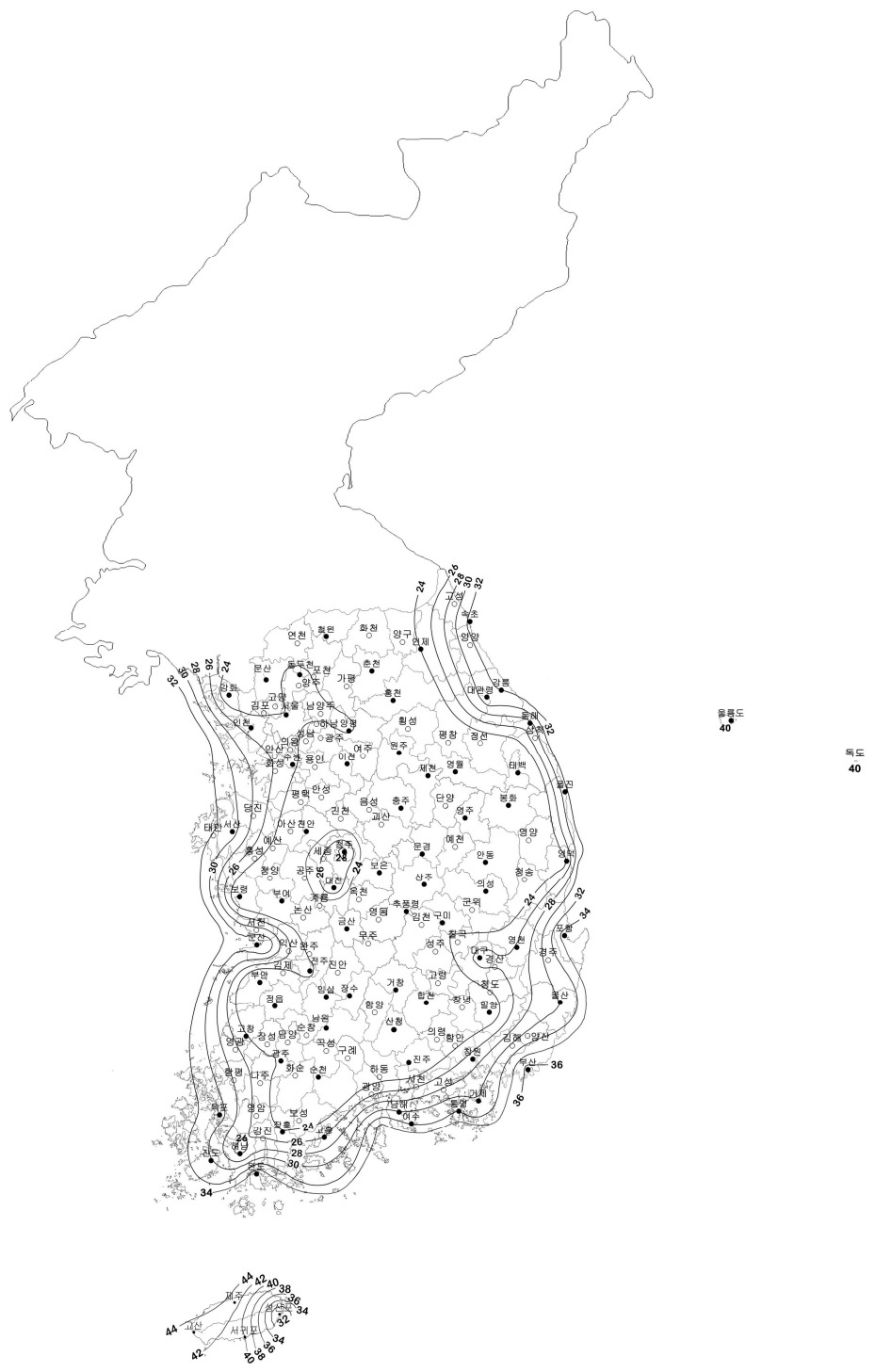


그림 5.2 기본풍속 V_0 (m/s)

표 5.1. 지역별 기본풍속, V_0 (m/s)

지 역		V_0 (m/s)
서울특별시 인천광역시 경기도	웅진	30
	인천, 강화, 안산, 시흥, 평택	28
	서울, 김포, 구리, 수원, 군포, 오산, 화성, 의왕, 부천, 고양, 안양, 과천, 광명, 의정부, 동두천, 양주, 파주, 포천, 남양주, 가평, 하남, 성남, 광주, 양평, 용인	26
	안성, 연천, 여주, 이천	24
강원도	속초, 양양, 강릉, 고성	34
	동해, 삼척, 홍천, 정선, 인제	30
	양구	26
	철원, 화천, 춘천, 횡성, 원주, 평창, 영월, 태백	24
대전광역시 충청남도	서산, 태안	34
	당진	32
	서천, 보령, 홍성, 청주, 청원	30
	예산, 세종, 대전, 공주, 부여	28
	아산, 계룡, 진천	26
	천안, 증평, 청양, 논산, 금산, 음성, 충주, 제천, 단양, 괴산, 보은, 영동, 옥천	24
부산광역시 대구광역시 울산광역시 경상남도	울릉(독도)	40
	부산	38
	포항, 경주, 기장, 통영, 거제	36
	양산, 김해, 남해, 울산, 울주	34
	영덕, 고성	32
	울진, 창원, 사천, 영천	30
	청송, 대구, 경산, 청도, 밀양, 하동	28
	영양, 군위, 칠곡, 성주, 달성, 함안, 고령, 창녕, 진주	26
	봉화, 영주, 예천, 문경, 상주, 추풍령, 안동, 의성, 구미, 김천, 의령, 거창, 산청, 합천, 함양	24
광주광역시 전라남도	완도, 해남	36
	진도, 여수, 고흥, 신안, 무안, 장흥	34
	군산, 목포, 부안, 영암, 강진	32
	영광, 함평, 나주	30
	익산, 김제, 순천, 고창, 광양	28
	광주, 보성, 완주, 전주, 장성	26
	무주, 진안, 장수, 임실, 정읍, 순창, 남원, 담양, 곡성, 구례	24
제주도	서귀포, 제주	44

- 주) (1) 지역명칭은 통계청의 2012년 1월 25일 기준 “한국행정구역분류”에 의거하여 시 및 군을 최소단위로 작성하였다.
 (2) [표 1] 및 [그림 3]에 나타난 지역명칭은 기상관청이 있는 지역(굵은글씨)는 기상관청이 위치한 곳, 기상관청이 없는 지역은 시청 및 군청 소재지가 위치한 곳이다.
 (3) 표에 나타난 기본풍속 V_0 는 해당 시나 군의 행정구역 중 가장 큰 값을 [그림 3]로부터 구한 것이다.

6) 풍속고도분포계수(K_{zr}) 및 지표면조도구분(노풍도)

지표면 부근의 바람은 지표면과의 마찰 때문에 수직방향으로 풍속이 변한다. 풍속은 지표면 가까이에서는 감소하고 상공으로 올라갈수록 증가한다. 이러한 풍속고도분포는 지수법칙에 잘 부응된다. KBC 2016에서는 높이에 따른 풍속분포로서 지수법칙을 채택하였고, 풍속고도분포계수는 각 지표면조도에 대응하는 풍속을 지표면조도 C인 평탄지형의 지상높이 10m 풍속으로 기준화시킨 것이다.

가. 평탄한 지역에 대한 풍속고도분포계수 K_{zr} 는 아래 (2)에서 규정한 건설지점의 지표면조도구분과 그에 따른 대기경계층시작높이 z_b , 기준경도풍높이 Z_g 및 풍속고도분포지수 α 에 따라 표 5.2에 의해 정한다.

표 5.2 평탄한 지역에 대한 풍속고도분포계수(K_{zr})

지표면으로부터의 높이 z (m)	지표면조도구분(노풍도)			
	A	B	C	D
$z \leq z_b$	0.58	0.81	1.0	1.13
$z_b < z \leq Z_g$	$0.22z^\alpha$	$0.45z^\alpha$	$0.71z^\alpha$	$0.97z^\alpha$

나. 지표면조도구분은 건설지점 주변지역의 지표면상태에 따라 표 5.3에 의해 정하고, z_b , Z_g 및 α 값은 지표면조도구분에 따라 표 5.4에 의해 정한다.

표 5.3 지표면조도구분(노풍도)

지표면조도구분	주변지역의 지표면 상태
A	대도시 중심부에서 10층 이상의 대규모 고층건축물이 밀집해 있는 지역
B	수목 · 높이 3.5m 정도의 주택과 같은 건축물이 밀집해 있는 지역 중층건물(4~9층)이 산재해 있는 지역
C	높이 1.5~10 m 정도의 장애물이 산재해 있는 지역 수목 · 저층건축물이 산재해 있는 지역
D	장애물이 거의 없고, 주변 장애물의 평균높이가 1.5m 이하인 지역 해안, 초원, 비행장

표 5.4 z_b , Z_g , α

지표면조도구분	A	B	C	D
z_b (m)	20m	15m	10m	5.0m
Z_g (m)	550m	450m	350m	250m
α	0.33	0.22	0.15	0.10

건설지점에 대한 지표면조도를 선정하기 위하여 건설지점주변의 상황을 조사하여 보면, 2 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 경우가 많다. 이러한 경우 지표면조도의 선정은 풍상측에 대하여 [그림 5.3]에 나타난 것처럼 45°의 영역 중 건축물의 기준높이 H 의 40배와 3 km 이내의 범위에 속하는 지표면상태를 대상으로 하여 아래에 기술하는 3 가지로 나누어 판단한다.

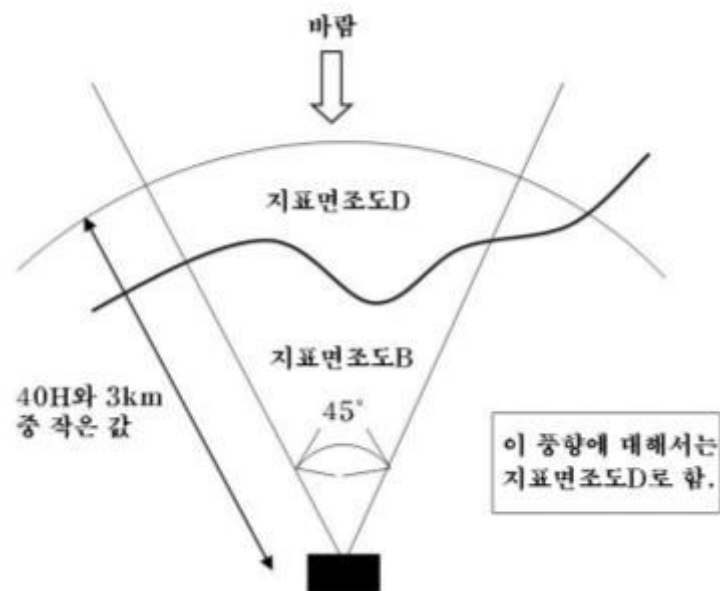


그림 5.3 지표면조도구분의 선정 예

첫째, 검토대상범위내의 풍상측에 급격한 지표면조도의 변화가 없는 경우에는 45°범위내의 평균적인 지표면상태를 그 풍향에 대한 지표면조도로 한다. 일반적으로는 평탄한 지표면조도를 선정하는 것이 풍하중이 커져 안전해진다.

둘째, 검토대상범위내의 풍상측이 평탄상태에서 거친 상태로 급변하는 경우에는 급변하는 지점보다 풍상측에 위치한 평탄상태를 지표면조도로 선택한다.

셋째, 검토대상범위내의 풍상측이 거친 상태에서 평탄상태로 변하는 경우에는 변화후의 평탄상태를 지표면조도로 선택한다.

따라서 동일한 건설지점 일지라도 대상건축물의 높이에 따라 지표면조도를 판단하는 영역이 달라지기 때문에 지표면조도구분의 판단이 달라질 수 있다. 건축물이 높아질수록 지표면조도를 판단하는 영역이 넓어지므로 평탄한 지표면조도를 선택하는 경우가 많아질 것이다.

풍속고도분포는 지수법칙에 따라 지상으로부터의 높이가 높아짐에 따라 증가하지만 어느 정도이상의 높이에 도달하면 지표의 마찰에 의한 영향이 미치지 않으므로 일정한 속도를 갖는다. 이처럼 지표면의 마찰에 의한 영향을 받지 않는 높이를 경도풍높이 Z_g (Gradient Height)라고 하며, 그 때의 풍속을 경도풍의 풍속 V_g (Gradient Speed)이라고 부른다. 이 기준에서는 지수법칙이 경도풍높이 Z_g 까지 성립하는 것으로 하고, 그 이상 높이에서는 지표면조도에 관계없이 풍속은 일정한 것으로 하였다. 경도풍높이 Z_g 는 지표면조도에 따라 변하고 <표0305.5.4>에 주어진 것처럼 지표면조도에 따라 250 ~ 500m정도의 값을 갖는다.

7) 지형계수(K_{zt})

지형계수란 산, 언덕 또는 경사지 등 지형의 영향을 받은 풍속과 평탄지에서의 풍속의 비율이다. 산의 능선이나 산의 정상 언덕 경사지 절벽 등에서는 국지적인 지형의 영향으로 인하여 풍속이 증가(수속효과에 기인함)한다. 이러한 현상은 실측 및 실험에 의하여 확인된 것으로 산, 언덕 및 경사지의 정상에서는 평탄지에 비하여 풍속이 1.5 ~ 2.0배 정도 증가하는 것으로 알려져 있다.

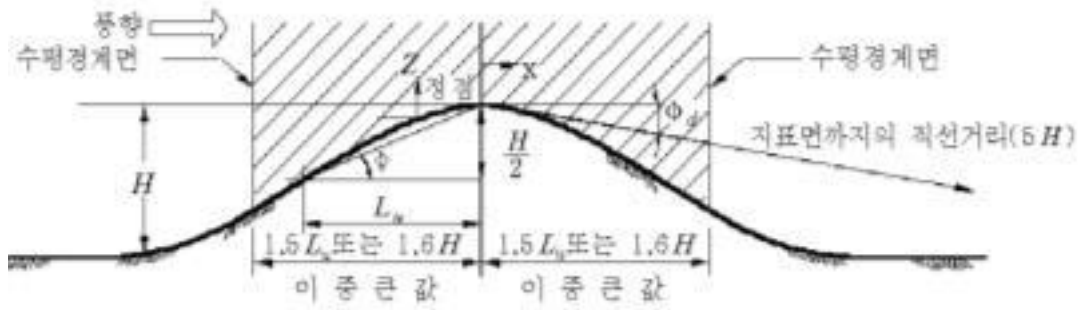
KBC 2016의 지형계수는 다음과 같다.

가. 산, 언덕 및 경사지의 영향을 받지 않는 평탄한 지역에 대한 지형계수(K_{zt})는 1.0이다.

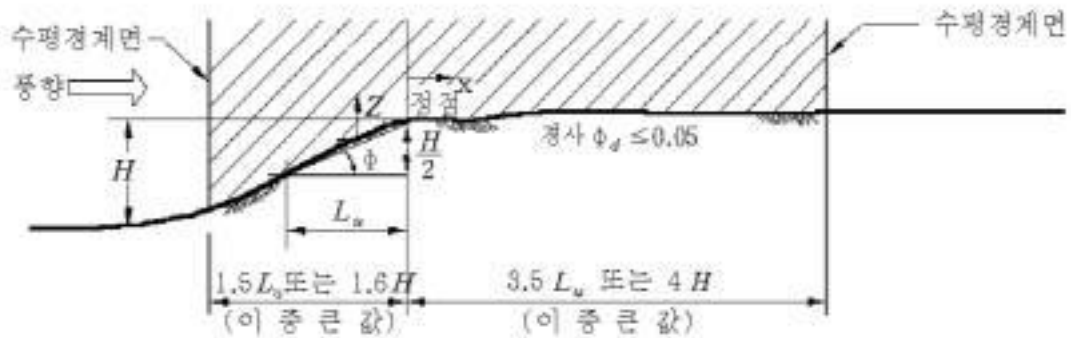
나. 산, 언덕 및 경사지 정상 부근 등 풍속할증이 필요한 부분에 대한 적용범위는 [표 5.5]와 같고, 지형계수(K_{zt})는 식(0305.5.3)으로 산정한다.

표 5.5 지형계수(K_{zt})의 적용범위, m

지형구분	풍속할증 적용범위	적용범위	
		풍상측	풍하측
언덕, 산	수평거리 (정점에서)	1.5 L_u 와 1.6 H 중 큰 값	
경사지	수평거리 (정점에서)	1.5 L_u 와 1.6 H 중 큰 값	3.5 L_u 와 4 H 중 큰 값



(a) 언덕, 산



(b) 경사지

그림 5.4 지형계수 산정을 위한 기호설명

$$K_{zt} = 1 + \frac{k_t s \phi'}{(1 + 3.7 I_z)} \quad (0305.5.3)$$

단, $k_t = 1.4$; 경사지

$$= 1.4 + 3.6(\phi_d - 0.05) \leq 3.2 ; \text{ 언덕, 산}$$

$$s = \left(1 - \frac{|x|}{1.5L^*}\right) \left(1 - \frac{z}{L_u}\right) ; \phi \leq 0.3 \text{ 일 때}$$

$$= \left(1 - \frac{|x|}{1.5L^*}\right) \left(1 - \frac{0.6z}{H}\right) ; \phi > 0.3 \text{ 일 때}$$

$$\phi = \frac{H}{2L_u}$$

$$I_z = 0.1 \left(\frac{z}{Z_g}\right)^{-\alpha - 0.05}$$

여기서, k_t : 형상계수

ϕ_d : 언덕, 산, 경사지의 정점으로부터 풍하측 빗변으로 $5H$ 되는 거리까지의 평균경사

s : 위치계수

x : 정점으로부터의 수평거리, m

z : 국지 지표면으로부터의 임의높이, m

H : 언덕, 산, 경사지의 정점높이, m

L_u : 언덕, 산, 경사지의 정점 중앙으로부터 아래로 $H/2$ 인 지점에서 풍상측 경사지 지점까지의 수평거리, m

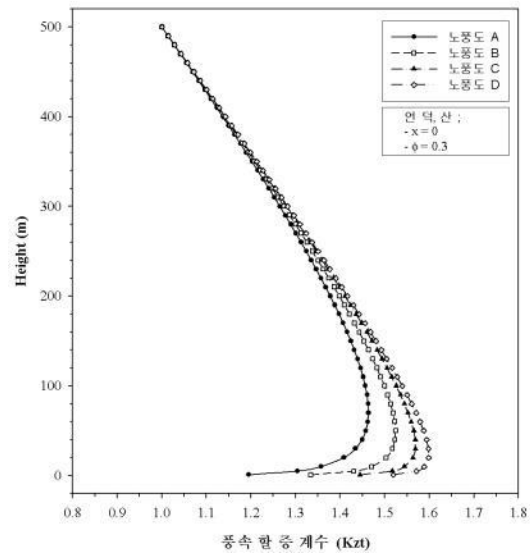
ϕ' : ϕ 또는 0.3 중 작은 값

ϕ : 풍상측 경사

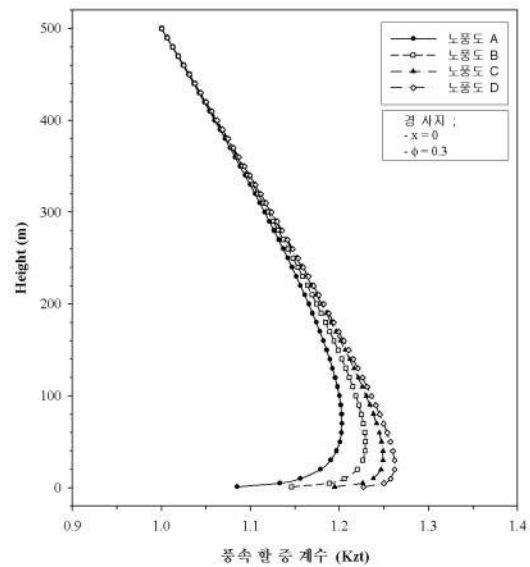
I_z : 높이 z 에서의 난류강도

식(0305.5.3)의 지형계수는 지형의 형상(k_t), 경사각(ϕ), 건설지점이 산, 언덕, 경사지의 정점으로부터 수평으로 떨어진 거리(x), 지표면으로부터의 높이(z) 및 난류강도(I_z)에 의하여 그 값이 달라진다.

그림 5.5은 산의 정상부에서 수직높이에 따라 지형계수가 어떻게 변하는지를 지표면조도에 따라 나타낸 것이다. 그림(a)는 언덕 및 산의 경우이고, 그림 (b)는 경사지의 경우인데 풍상측의 경사각 $\phi=0.3$ 이고, $x=0$ 일 때 즉 정상부에서 지표면으로부터의 수직높이에 따라 풍속이 평탄지에 비하여 얼마나 증가하는지를 식(0305.5.3)를 사용하여 지표면조도별로 구하여 나타낸 것이다. 지형에 의한 풍속의 할증률은 상공보다 지표면으로 가까이로 올수록 증가되며, 지표면이 평탄해질수록 증가되는 경향을 나타낸다. 이는 풍상측의 산 정상 부근에서 박리한 바람이 지표면 가까이의 일정높이에서 풍하측으로 빠르게 수속하고, 지표면이 평탄해질수록 바람의 흐트러짐이 작아져서 변동성분이 줄어들고 따라서 난류강도가 작아지기 때문이다.



(a) 언덕, 산



(b) 경사지

그림 5.5 높이, 지표면조도 상황에 따른 지형계수의 변화양상

KBC 2016 기준에서 제시한 식(0305.5.3)의 지형계수평가 식은 언덕, 산 및 경사지가 단독으로 있는 경우를 대상으로 한 것이다. 따라서 건설하고자 하는 건축물이 국지적으로 복잡한 지형의 영향을 받는 곳에 위치한 다면 주변지형을 모델화시켜 대지형모형에 대한 풍동실험을 실시한 후 그 지역의 고도분포를 추정하여 설계 풍속을 결정하는 것이 바람직한 방법이다.

8) 중요도계수(I_w)

풍속의 재현기대값은 재현기간이 길어지면 커진다. 구조물을 설계하는 경우 구조물의 사용년수에 비해 긴 재현기간의 풍속을 설계풍속으로 선택하면 안전하지만 경제적이지는 못하다. 또한, 구조물의 사용년수와 동일한 정도의 재현기간의 풍속을 사용하게 되면 구조물의 사용기간 중에 설계풍속을 초과하는 강풍을 받을 수도 있기 때문에 안정성이 문제가 된다. 이에 KBC 2016에서는 구조물의 사용년수에 따른 안전율 개념을 건축물의 중요도계수를 사용하여 고려한다.

KBC 2016에서 건축물의 규모 및 용도에 따른 설계용 재현기간에 의해 결정한 중요도계수 I_w 는 건축물의 중요도분류에 따라 [표 5.6]에 의해 정한다.

표 5.6 중요도계수 (I_w)

중요도 분류	초고층건축물	특	1	2	3
중요도계수 (I_w)	1.05	1.00		0.95	0.90

주) 초고층건축물은 50층 이상인 건축물 또는 100m 이상인 건축물

초고층건축물 분류의 중요도계수는 KBC2016에서 새로이 신설되었다. 이 외의 건축물의 중요도분류는 다음과 같다.

가. 중요도(특)

- 연면적 1,000m² 이상인 위험물 저장 및 처리시설
- 연면적 1,000m² 이상인 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국
- 종합병원, 수술시설이나 응급시설이 있는 병원

나. 중요도(1)

- 연면적 1,000m² 미만인 위험물 저장 및 처리시설
- 연면적 1,000m² 미만인 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국
- 연면적 5,000m² 이상인 공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매시설, 운수시설(화물터미널과 집배송시설은 제외함)
- 아동관련시설, 노인복지시설, 사회복지시설, 근로복지시설
- 5층 이상인 숙박시설, 오피스텔, 기숙사, 아파트
- 학교
- 수술시설과 응급시설 모두 병원, 기타 연면적 1,000m² 이상인 의료시설로서 중요도(특)에 해당하지 않은 건축물

다. 중요도(2)

- 중요도(특), (1), (3)에 해당하지 않는 건축물

라. 중요도(3)

- 농업시설물, 소규모 창고
- 가설구조물

공작물의 경우 농업시설물, 소규모 창고, 또는 가설구조물로 볼 수 없기 때문에 중요도(2)에 해당하며, 따라서중요도계수(I_w)는 <표 0305.5.6>에 의해 0.95의 값을 갖는다.

9) 풍방향 가스트영향계수(G_D)

KBC 2016 기준에서의 주골조용 수평풍하중은 바람의 난동에 의해 발생하는 건축물 풍방향진동의 하중효과를 등가정적 풍하중이란 개념에 기초하여 얻어진 가스트영향계수에 의하여 평가한 것이다. 가스트영향계수는 강풍이 분 경우 건축물의 최대변위와 평균변위의 비로 정의된다.

대부분의 건축물에 있어서는 고차의 진동모드가 최대변위에 미치는 영향이 극히 미약하며, 최대변위의 분포는 평균변위의 분포와 거의 비슷한 양상을 보인다. 강풍이 분 경우 건축물의 최대변위는 평균풍하중에 가스트영향계수를 곱한 정적하중(이를 등가정적 풍하중이라 한다.)을 건축물에 작용시켜 그때의 변위를 산정함으로써 평가할 수 있다. 바람의 난류에 의하여 발생하는 풍방향진동의 동적하중효과는 바람의 난동에 의한 직접적인 효과와 난동에 의하여 유발되는 건축물의 공진효과의 합으로 나타낼 수 있다.

바람의 난동에너지는 저주파수영역에 편중되어 있기 때문에 난동에 의한 공진효과는 건축물의 고유진동수가 작아질수록 커진다. 따라서 KBC 2016 기준에서는 가스트영향계수를 산정함에 있어서 위에서 언급한 공진효과의 크고 작음에 따라 2가지 방법으로 구분하였다.

첫째는 강체구조물 산정용 가스트영향계수로서 건축물의 고유진동수가 커서 난동의 직접적인 효과에 비하여 공진효과를 무시할 수 있는 정도로 작은 경우 적용할 수 있다.

둘째는 유연구조물 산정용 가스트영향계수로서 건축물의 고유진동수가 작아 공진효과가 큰 경우 적용할 수 있다. 이 기준에서의 가스트영향계수는 스펙트럼모드해석(spectral modal analysis)에 근거하여 해석적으로 평가한 값이다.

가. 강체구조물

건축물의 풍방향 고유진동수 n_o 가 1 Hz를 초과하는 경우 또는 바람에 의한 공진의 효과를 무시할 수 있는 강체구조물인 경우의 주골조설계용 풍방향 가스트영향계수는 다음 식으로 산정한다.

$$G_D = 1 + 4\gamma_D \sqrt{B_D} \quad (\text{식 0305.6.1})$$

$$\text{단, } \gamma_D = \left(\frac{3 + 3\alpha}{2 + \alpha} \right) I_H$$

$$B_D = 1 - \left[\frac{1}{\{1 + 5.1(L_H/\sqrt{HB})^{1.3}(B/H)^k\}^{1/3}} \right]$$

$$k = 0.33 : H \geq B$$

$$k = -0.33 : H < B$$

$$L_H = 100 \left(\frac{H}{30} \right)^{0.5}$$

$$I_H = 0.1 \left(\frac{H}{Z_g} \right)^{-\alpha - 0.05}$$

여기서, γ_D : 풍속변동계수

α : 풍속고도분포지수 ([표 4]에 따른다)

I_H : 기준높이에서의 난류강도

H : 건축물의 높이, m

B : 건축물의 폭, m

Z_g : 기준경도풍높이, m ([표 4]에 따른다)

B_D : 비공진계수(건축물의 변동변위의 고유진동수 이외의 진동수 성분을 나타내는 계수)

L_H : 기준높이에서의 난류스케일, m

나. 유연구조물

건축물의 풍방향 고유진동수 n_0 가 1 Hz 이하인 경우 또는 바람에 의한 공진효과를 무시할 수 없는 유연구조물인 경우의 주골조설계용 풍방향 가스트영향계수는 다음 식으로 산정한다. 단, 굴뚝과 같이 수직으로 세장한 구조물은 H/B 의 값이 7 이하인 경우에는 강체구조물로 한다.

$$G_D = 1 + g_D \gamma_D \sqrt{B_D + R_D} \quad (\text{식 0305.6.2})$$

$$\text{단, } g_D = \sqrt{2 \ln(600 \nu_D)} + 1.2$$

$$\gamma_D = \left(\frac{3 + 3\alpha}{2 + \alpha} \right) I_H$$

$$B_D = 1 - \left[\frac{1}{\left\{ 1 + 5.1 (L_H / \sqrt{HB})^{1.3} (B/H)^k \right\}^{1/3}} \right]$$

$$R_D = \frac{\pi}{4 \zeta_D} \cdot S_D \cdot F_D$$

$$S_D = \frac{0.84}{\{1 + 2.1(n_0 H / V_H)\} \{1 + 2.1(n_0 B / V_H)\}}$$

$$F_D = \frac{4(n_0 L_H / V_H)}{\{1 + 71(n_0 L_H / V_H)^2\}^{5/6}}$$

$$k = 0.33 : H \geq B$$

$$k = -0.33 : H < B$$

$$L_H = 100 \left(\frac{H}{30} \right)^{0.5}$$

$$I_H = 0.1 \left(\frac{H}{Z_g} \right)^{-\alpha - 0.05}$$

여기서, g_D : 풍방향의 피크팩터

γ_D : 풍속변동계수

B_D : 비공진계수(건축물의 변동변위의 고유진동수 이외의 진동수 성분을 나타내는 계수)

R_D : 공진계수 (건물의 변동변위의 고유진동수 성분을 나타내는 계수)

α : 풍속고도분포지수 ([표 4]에 따른다)

I_H : 기준높이에서의 난류강도

H : 건축물의 높이, m

B : 건축물의 폭, m

Z_g : 기준경도풍높이, m ([표 4]에 따른다)

L_H : 기준높이에서의 난류스케일, m

B : 건축물의 폭, m

ν_D : 풍방향의 레벨크로싱수, Hz

n_0 : 건축물의 풍방향 1차 고유진동수(Hz)

ζ_D : 건축물의 풍방향 1차 감쇠정수

F_D : 풍방향의 풍력스펙트럼계수 (건물 풍방향의 1차 고유진동수에 있어서 풍속변동의 파워를 나타내는 계수)

S_D : 규모계수 (건물의 규모에 의한 난류영향의 저하를 나타내는 계수)

V_H : 지붕면 평균높이의 설계풍속(m/s)

유연구조물에 대한 가스트영향계수를 평가할 때에는 건축물의 고유진동수(n_0)와 감쇠정수(ζ_D)를 알아야 한다. 고유진동수는 유한요소해석모델의 고유치해석을 통해 구할 수 있다. 평면형상이 비정형적인 유연건축물의 1차고유진동수는 Hurty가 제안한 다음의 근사식을 사용할 수 있다.

$$n_0 = \frac{0.56}{H^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \quad (\text{해식 0305.6.1})$$

여기서, H 는 구조물높이(m), E 는 탄성계수(N/m²), I 는 단면2차모멘트(m²), m 은 단위 길이당 질량(kg/m)이다.

감쇠정수(ζ_D)는 구조물 기초 밑의 지반상황과 기초의 형식, 재료감쇠, 접합부 접촉면에서의 마찰감쇠, 주골조의 재료, 2차 부재 및 외장재 재료 등에 의하여 값이 달라진다. 일반적으로 구조물의 주골조가 철골 또는 콘크리트로 이루어진 경우에는 [표 3.7]에 주어진 ISO 4354 "Wind actions on structures"의 값을 사용하거나, ASCE 7-10 "Minimum design loads for buildings and other structures"에서 정의한 콘크리트 구조물의 0.02, 철골구조물의 0.01 값을 사용한다.

표 5.7 구조감쇠정수의 대표 값

구조물 형		재료	
		강재	콘크리트
건축물	H =40m	0.018	0.02
	H =50m	0.015	0.02
	H =60m	0.015	0.015
	H =70m	0.015	0.015
	H >80m	0.01	0.012
굴뚝		0.002*	0.01
		0.005**	
래티스타워		0.001	-

* 직선형이 아니고, 모두 용접

** 직선형이다.

주) (1) 감쇠정수는 대수감쇠율/(2π)이다.

(2) 표의 값은 풍하중 및 변위를 산정하는 경우에 사용한다.

(3) 구조물의 수평진동에 의한 사용성을 평가할 때는 표에 주어진 값의 75%를 사용한다.

다. 래티스형탑상구조물

래티스형탑상구조물의 풍방향가스트영향계수 G_D 는 다음 식으로 산정한다.

$$G_D = 1 + g_D \frac{C'_g}{C_g} \sqrt{1 + R_D} \quad (\text{식 0305.6.3})$$

$$\text{단, } g_D = \sqrt{2 \ln(600\nu_D)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(600\nu_D)}}$$

$$C'_g = \frac{2I_H}{\alpha + 3} \sqrt{B_D}$$

$$C_g = \frac{1}{2\alpha + 3} - \frac{\lambda_B}{2\alpha + 4}$$

$$R_D = \frac{\pi}{4\zeta_D} S_D F_D$$

$$I_H = 0.1 \left(\frac{H}{Z_g} \right)^{-\alpha-0.05}$$

$$B_D = \left(1 - \frac{3}{4} \lambda_B \right)^2 \frac{1}{1 + \frac{2\sqrt{HB}}{L_H}}$$

$$\lambda_B = 1 - \frac{B_H}{B_0}$$

$$L_H = 100 \left(\frac{H}{30} \right)^{0.5}$$

$$S_D = \left(1 - \frac{3}{4} \lambda_B \right)^2 \frac{1}{\left(1 + 3.5 \frac{n_D B}{V_H} \right) \left(1 + 2 \frac{n_D H}{V_H} \right)}$$

$$F_D = \frac{4(n_D L_H / V_H)}{\{1 + 71(n_D L_H / V_H)^2\}^{5/6}}$$

$$B = \frac{B_H + B_0}{2}$$

여기서, ν_D : 풍방향레벨크로싱수로서 구조물의 풍방향진동의 1차고유진동수 n_D 로 근사할 수 있다.(Hz)

α : 풍속고도분포지수(0305.5.3에 따른다)

n_D : 래티스형탑상구조물의 풍방향1차고유진동수(Hz)

ζ_D : 래티스형탑상구조물의 풍방향1차감쇠비

H : 기준높이로 래티스형탑상구조물의 최고높이(m)

B_0 : 래티스형탑상구조물 밑면에서의 타워폭(m)

B_H : 래티스형탑상구조물의 기준높이에서의 타워폭(m)

V_H : 설계풍속(m/s)

10) 풍력계수(C_D)

구조물에 작용하는 풍압의 크기를 나타내기 위하여 물체의 영향을 받지 않는 위치에서의 바람의 풍압과의 비율로 풍력계수가 사용된다. 풍압계수는 구조물의 형태에 따라 값이 달라지기 때문에 풍동실험을 실시하여 구하여야 하지만, KBC 2016에서는 대표적인 몇 가지 형태의 구조물에 대하여 다음과 같은 풍력계수를 제시하고 있다.

가. 굴뚝, 탱크, 이와 유사한 구조물

굴뚝, 탱크 및 유사구조물은 단면형태도 다양하고 부재의 표면도 다양하다. 이와 같은 요소가 풍력의 증감과 공기력연쇄작용에 영향을 미치는 요인이다. KBC 2016 기준에서는 대표적인 값을 기본으로 단면의 형상을 사각, 6각, 8각, 원형으로 구분하고 표면조건에 따라서 풍력계수를 구분했다. 또한 주굴조 단면최소치수에 대한 높이의 비에 따라 구분했다. 굴뚝, 탱크, 기타 이와 유사한 구조물의 주굴조설계용 풍력계수는 표 5.8에 따른다. 단면의 형태, 표면조건 및 단면 최소치수에 대한 높이의 비에 따라 적용한다.

표 5.8 굴뚝, 탱크 및 기타 유사 구조물의 풍력계수(C_D)

단면형태	표면조건	C_D		
		$h_c/d = 1$	$h_c/d = 7$	$h_c/d = 25$
사각형(면에 직각풍)	모든 경우	1.3	1.4	2.0
사각형(단면 대각선풍)	모든 경우	1.0	1.1	1.5
육각형 혹은 팔각형	모든 경우	1.0	1.2	1.4
원형($d \sqrt{q_z} > 5.3$)	미끄러운 면	0.5	0.6	0.7
	거친 면($d'/d \approx 0.02$)	0.7	0.8	0.9
	매우 거친 면($d'/d \approx 0.08$)	0.8	1.0	1.2
원형($d \sqrt{q_z} \leq 5.3$)	모든 경우	0.7	0.8	1.2

주) (1) 위의 표에 없는 C_D 값은 h_c/d 의 값에 따라 직선 보간하여 사용한다.

(2) d : 원형단면의 지름 또는 사각, 육각 혹은 팔각형 단면의 최소치수, m

d' : 리브 및 스포일러와 같은 내민 요소의 깊이, m

h_c : 굴뚝, 탱크 등 유사구조물의 높이, m

q_z : 지표면으로부터 임의높이 z 에 대한 설계속도압, N/m²

나. 래티스형탑상구조물

래티스형탑상구조물에서는 개개 부재는 그 폭이 구면의 크기에 비해 작고 대칭으로 배치되어 있기 때문에 구면 전체에 작용하는 풍력은 평균적으로 풍방향의 항력만 고려하면 된다. KBC 2016에서의 래티스형탑상구조물 풍력 산정방법은 구면의 충실률 ϕ 에 대응하는 풍력계수에 구면의 투영면적을 곱하여 산정하는 방법을 적용하였다.

충실률이란 바람을 받는 면의 실제면적(유효수압면적 또는 바람을 수직으로 받는 구면의 수평투영면적)을 외곽면적으로 나눈 것이다.

$$\xi = A / A_0$$

여기서, A 는 유효수압면적(그림 7에서 사선 부분), A_0 는 외곽면적(그림 3.6에서 $a \times b$)이다. 강관부재 및 사각형 단면부재인 경우는 평면형상의 구분 없이 적용할 수 있도록 했다.

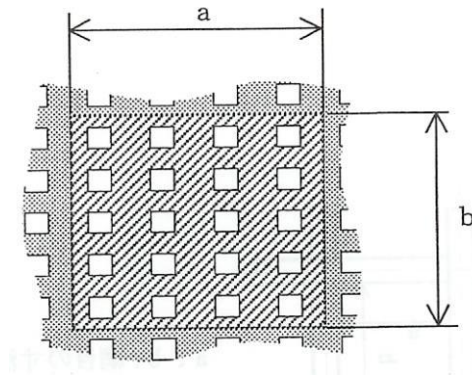
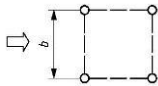
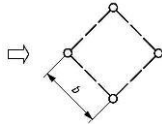
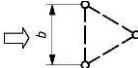
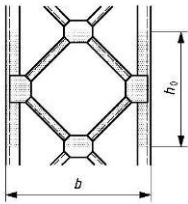
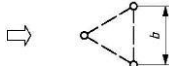


그림 5.6 유효수압면적과 외곽면적

래티스형탑상구조물의 주골조설계용 풍력계수 C_D 는 표 5.9에 따른다.

표 5.9 래티스구조물의 풍력계수(C_D)

사각형 평면의 풍력계수 C_D				
충실율 ϕ	풍향이 구면에 직각인 경우		풍향이 구면에 45°인 경우	
				
	앵글	원형 강관	앵글	원형 강관
0	3.8	2.3	4.4	2.5
0.5	1.9	1.4	2.3	1.7
0.6	1.9	1.4	2.3	1.7

삼각형 평면의 풍력계수 C_D			
충실율 ϕ			
			
	앵글	원형 강관	
0	3.8	2.3	
0.5	1.9	1.4	
0.6	1.9	1.4	

주) (1) 유효수압면적은 타워부재의 투영면적으로 한다.

(2) ϕ : 래티스형탑상구조물의 충실률(유효수압면적/외곽 전면적(= bh_0))

(3) 표에 나타난 충실률 ϕ 의 중간값에 대해서는 직선보간하여 사용할 수 있다.

다. 래티스 구조물

래티스구조물의 주골조설계용 풍력계수는 외곽선 전면적에 대한 유효수압면적비인 총실률에 따라 적용한다.
개방형판구조물의 개방률이 30% 이상인 경우에 래티스구조물로 설계할 수 있다.

래티스구조물의 주골조설계용 풍력계수는 표 5.9에 따른다.

표 5.10 래티스구조물의 풍력계수(C_D)

ξ	C_D		
	면으로 구성된 부재	원형부재	
		$d \sqrt{q_z} \leq 5.3$	$d \sqrt{q_z} > 5.3$
0.1 미만	2.0	1.2	0.8
0.1~0.29	1.8	1.3	0.9
0.3~0.7	1.6	1.5	1.1

주) (1) 개방형 판구조물의 개방률(1-총실률)이 30% 이상인 경우에 적용한다.

(2) ξ : 구조물의 총실률(유효수압면적 / 외곽 전면적)

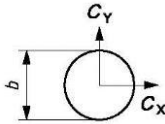
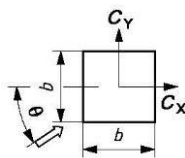
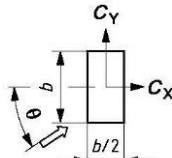
d : 원형부재의 지름, m

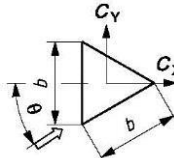
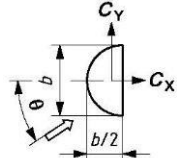
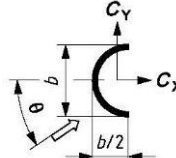
q_z : 지표면에서 임의높이 z 에 대한 설계속도압, N/m^2

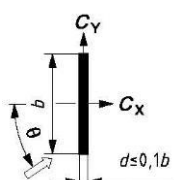
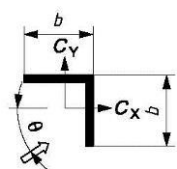
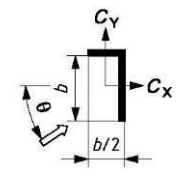
다. 각종 부재의 풍력계수

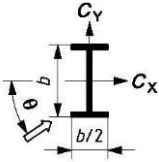
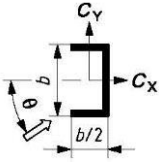
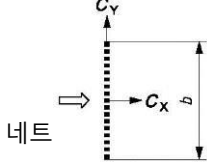
KBC 2016에는 추가로 표 5.11과 같은 각종 부재의 풍력계수가 주어졌다. 표 5.11에 나타난 부재의 풍력계수는 일양류 중의 2차원 부재를 대상으로 한 풍동실험결과에 의하여 정한 것이다. 이 풍력계수는 개개의 부재 풍력계수와 대표면적을 곱한 것을 합산하여 래티스형 탑상구조물의 풍력을 산정하고자 할 때 이용할 수 있다.

표 5.11 각종 부재의 풍력계수(C_D) - 계속

						
$C_X = C_Y$	θ	C_X	C_Y	θ	C_X	C_Y
1.2	0°	2.1	0	0°	2.4	0
	45°	1.6	1.6	45°	1.6	0.7
	90°			90°	0	0.8

								
θ	C_X	C_Y	θ	C_X	C_Y	θ	C_X	C_Y
0°	2.1	0	0°	1.2	0	0°	1.1	0
30°	2.1	- 0.2	45°	0.8	0.8	45°	0.8	0.7
60°	0.7	1.1	90°	0.6	0.5	90°	0.9	0.5
			135°	- 1.7	0.6	135°	- 2.3	0.6
			180°	- 2.3	0	180°	- 2.5	0

								
	C_X	C_Y	θ	C_X	C_Y	θ	C_X	C_Y
0°	2.0	0	0°	1.9	2.2	0°	2.0	1.1
45°	1.8	0.1	45°	2.3	2.3	45°	2.3	1.1
90°	0	0.1	90°	2.2	1.9	90°	1.8	0.8
			135°	- 1.9	- 0.6	135°	- 1.7	0
			180°	- 2.0	0.3	180°	- 2.0	0.1
			225°	- 1.4	- 1.4	270°	0.6 θ	- 0.8
						315°	1.2	- 0.2

							
θ	C_X	C_Y	θ	C_X	C_Y	충실률 ϕ	C_X
0°	2.1	0	0°	2.6	0	0	2
45°	2.1	0.6	45°	2.0	0.8	0.2	2
90°	± 0.6	0.7	90°	± 0.6	0.8	0.6	2.7
			135°	- 1.6	0.6	≥ 0.9 (평판도 포함)	2
			180°	- 2.0	0		

주) (1) 풍하중을 산정할 때 사용하는 면적은 bl 이다.(b : 부재 폭, l : 부재 길이)

(2) 네트의 풍하중을 산정할 때 사용하는 면적은 $bl\phi$ 로 한다.

(3) 표에 나타난 각도 θ 및 충실률 ϕ 의 중간값에 대해서는 직선보간하여 사용할 수 있다.



☎137-843 서울특별시 서초구 효령로 87 건축센터
전화 : 02-525-1841 팩스 : 02-525-1845
www.aik.or.kr