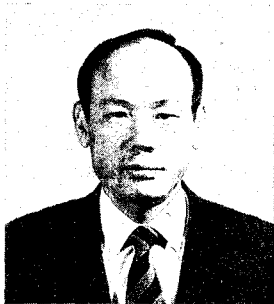


여름철 惡氣象과 해안施設物 被害대책

蔡 鍾 德 <中央氣象臺 豫報管理課長>



우리나라는 삼면이 바다와 접해 있고 해안의 지형지세가 매우 복잡하게 이뤄져 있어 여름철 악기상으로 인한 해안시설물 피해가 많이 발생할 지리적 조건을 갖추고 있다. 특히 최근에는 항만 및 어로시설의 확장, 해안보존시설, 간척사업, 임해공업단지 조성 등 해안역의 개발이 활발하게 진행되고 있어 여름철에 발생하는 태풍, 폭풍, 해일, 호우 등의 악기상으로 인해 해안시설물의 피해가 매년 증가추세를 보이고 있다.

더욱이 금년은 엘니뇨 현상이 나타나고 있고, 태양흑점 극대기에 해당되고 있어 과거 유사년의 기록과 기압계 동향으로 보아 돌

발적인 악기상 발생이 예년보다 심할 것으로 예견되고 있다. 중앙기상대는 여름철 기상전망에서 금년 여름 2개 정도의 태풍이 우리나라에 영향을 주고 특히 장마 후반기에 돌발적인 악기상이 자주 발생할 것으로 전망하고 있다.

따라서 여름철 악기상을 유발시키는 태풍과 저기압의 특성에 대한 지식을 사전에 알아둬으로써 대비책 강구에 많은 도움이 될 것으로 믿는다.

태풍역내의 바람과 파랑 특성

태풍의 강도는 중심기압으로 나타내며 기압이 낮을수록 강하

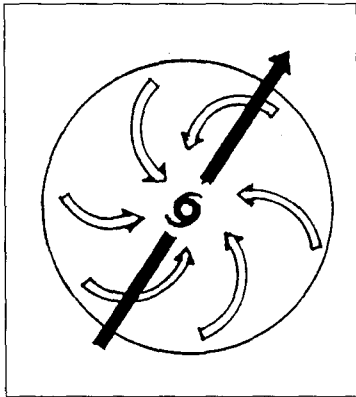


그림 1. 태풍의 진행방향과 태풍역내의 바람의 방향

다. 또한 중심으로 갈수록 기압 경도가 크며 풍속이 강하고 등압 선은 원형으로 이루어지고 대칭이다.

일반적으로 중심기압은 900 ~ 990mb 범위이고 중심으로부터 반경 100 ~ 400km 범위내는 영향권에 속하고, 태풍의 중심부근에는 태풍의 눈이라 불리는 풍속이 극히 약한 부분이 있다. 태풍의 눈은 발달기에는 보통 20~50km 정도이나 최성기에는 100km 이상 달할 때도 있다. 태풍역내에는 반시계침 방향으로 바람이 돌면서 중심을 향하여 불고 있으며(그림1 참조) 직경 약 200km 범위에 강한 폭풍이 있다. 태풍역내의 최대풍속은 다음의 식으로 산출하면 근사값을 얻을 수 있다.

최대 풍속(m/s)

$$=6 \sqrt{1015 - (\text{태풍의 중심기압} : \text{mb})}$$

태풍은 진행방향의 우측이 좌측보다 바람이 훨씬 강하여 우측 반원을 위험반원(危險半圓)이라고 부르고 좌측반원을 가항반원(可航半圓)이라고 한다.

표 1 태풍강도표

구 분	중 심 기 압	최 대 풍 속
초대형 (초A급)	920mb 이하	65m/s 이상
대형 (A급)	920 ~ 950mb	50 ~ 65m/s
중형 (B급)	950 ~ 980mb	30 ~ 50m/s
소형 (c급)	980mb 이상	17 ~ 30m/s

표 2 월별 태풍발생 빈도 (1904 ~ 1989년)

월	5	6	7	8	9	10	계
총 횟 수	1	14	77	100	65	6	263
평 균	0.01	0.16	0.90	1.16	0.76	0.07	3.06
백 분 율 (%)	0.4	5.3	29.3	38.0	24.7	2.3	100

태풍의 강도는 보통 <표1>과 같이 4단계로 구분한다.

○ 내습빈도와 이동경로

태풍은 연평균 26개 정도가 발생하지만 우리나라에 직·간접으로 영향을 주는 것은 3개 정도이다. 그러나 많은 해는 8개(1950년), 적은 해는 하나도 내습하지 않는 해도 있다. (1920, 1947, 1988년) 월별 내습빈도 <표 2>를 보면 8, 7, 9 월 순으로 많이 내습하고 있으며 이 3개월 동안에 전체의 약 92%를 차지하고 5, 6, 10

월에는 내습빈도가 희박하다.

또 월별 평균 경로(그림2)를 보면 8월이 우리나라에는 내습할 가능성이 가장 높다. 그러나 태풍의 경로는 이러한 정상 진로를 벗어나 때로는 정체 또는 루프(LOOP)형으로 이동하는 등 이상진로를 택하는 경우도 많다.

최근 30년간('59~'88) 우리나라에 내습한 태풍의 이동경로(그림3)를 보면 태풍이 일본 규슈지방을 지나 한반도 남동해안을 스쳐지나간 경우와 중국 남동해안을 상륙한후 우리나라 중부

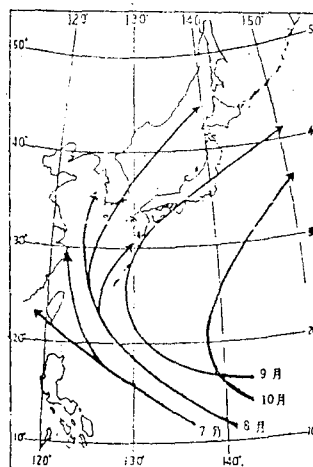


그림 2. 태풍의 월별평균경로

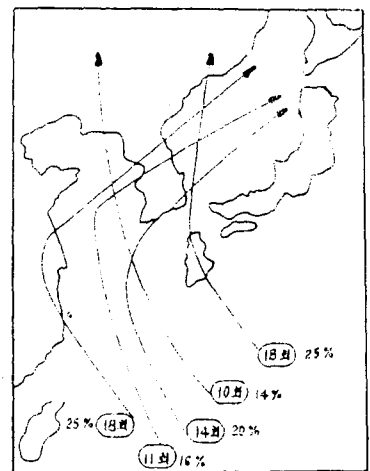


그림 3. 내습경로별 분류도('59~'88)

서해안을 상륙한 경우가 각각 25%로 제일 많고 그 다음 동중국해를 지나 제주도를 스쳐 남해안을 상륙한 경우로 약 20%를 차지하고 있다.

○ 태풍역내의 풍속분포

태풍역내의 풍속은 앞에서 언급한 바와 같이 진행방향의 우측이 좌측보다 강하고 중심에 가까울수록 강하다. 중규모(B급) 태풍의 풍속분포를 그림 4에서 보면 진행방향의 우측 100km 범위 내에서는 35m/s의 강풍이 불고 우측 300km 부근과 좌측 200km 부근에서도 11m/s 정도의 강풍이 발생한다.

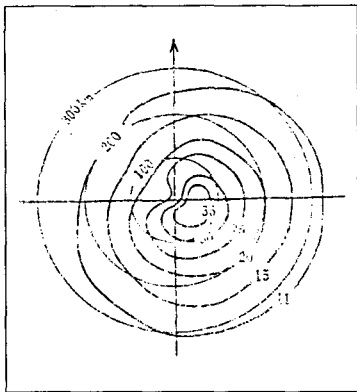


그림 4. 태풍(B급)역내의 풍속(m/S)분포

○ 태풍역내의 파고분포

태풍역내의 파고분포는 주변의 기압배치와 태풍의 이동속도에 따라 틀리나 일반적으로 태풍의 진행방향에 대하여 오른쪽 후반부 구역이 제일 높고, 왼쪽 전반부 구역이 제일 낮다. 태풍진행방향의 우측 후반부가 파도가 제일 높은 것은 우측은 바람이 강하기 때문에 높은 파도가 발생하



**중앙기상대는
여름철 기상전망에서
금년 여름 2개 정도의
태풍이 우리나라에
영향을 주고
특히 장마 후반기에
돌발적인 악기상이
자주 발생할 것으로
전망하고 있다.**

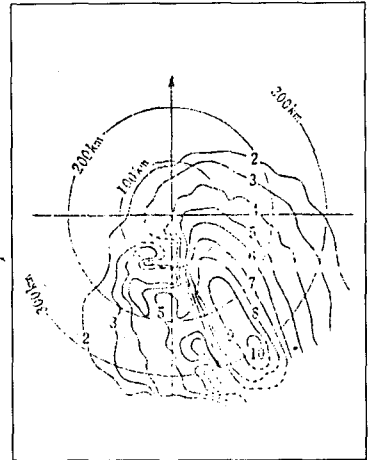


그림 5. 태풍(B급)역내의 파고(m) 분포

게 되고 또 우측 후반부는 전반부에서 발생하여 남은 파가 겹쳐서 더 높게 되기 때문이다.

또한 중규모(B급) 태풍의 파고분포를 그림 5에서 보면 태풍진행방향의 우측 후반부 300km 부근에서는 10m 정도의 상당히 높은 파가 발생하고 200km 범위내에서도 5~8m의 높은 파가 발생하고 있다. 그러나 진행방향의 좌측 전반부 100km 범위내에서는 불과 2~3m정도의 파가 발생하고 있으나 좌측 후반부 200km 부근에 5m정도의 다소 높은 파가 발생하고 있다.



**태풍은 연평균 26개
정도가 발생하지만
우리나라에 직·간접으로
영향을 주는 것은 3개
정도이다.**

**그러나 많은 해는 8개
적은 해는 하나도
내습하지
않는 해도 있다.**



**저기압역내의 바람과
파랑특성**

저기압은 육상에서 해상으로 진출하며 해면에서 수증기와 열의 공급을 받아서 발달한다. 발달한 저기압은 일반적으로 강한 돌풍을 일으킨다. 돌풍에는 한기 돌풍과 난기 돌풍이 있으며 한기 돌풍은 저기압에 동반된 한랭전선의 통과 또는 그 뒤쪽에 있는

한파의 내습과 동시에 발생한다. 따라서 서~북서계의 한냉한 돌풍으로 동계와 늦은 추계에 발생하게 된다.

그러나 난기돌풍은 온난전선의 통과 및 그 뒷쪽에 있는 난기역 내에서 부는 남풍계의 바람에 의해 발생하므로 주로 여름철에 발생하게 된다. 난기돌풍의 지속 시간은 수시간 이내로 한기돌풍에 비해 상당히 짧다.

난기돌풍은 저기압이 해상을 통과하면 저기압이 난기역의 하층대기가 습윤한 해면의 영향을 받아서 한층 더 습윤한 난기로 변질된다. 반면에 상층의 건조한 한기와의 균형이 급속히 붕괴되고 상하층 공기와의 전도에 의한 대류현상이 일어나고 이로 인해 난기돌풍이 발생하게 된다. 난기돌풍시의 풍속은 보통 평균풍속 15~25m/s, 순간최대풍속 25~40m/s에 달한다.

우리나라 부근해역에 발생하는 난기돌풍은 여름철 서쪽에서 이동해 오는 저기압의 이동속도가 매우 느릴 때 저기압이 서해에서 크게 발달하여 간혹 발생하게 된다. 일반적으로 저기압역내의 최대풍속은 다음식으로 구하면 근사값을 얻을 수 있다.

최대 풍속(m/s)

$$= 4.5\sqrt{1015 - (\text{저기압의 중심시도} : \text{mb})}$$

○ 저기압의 이동과 경로

우리나라 부근의 저기압은 대륙에선 동진하여 오는 것이 많지만 우리나라 근해에서 발생하는 것도 있다. 우리나라에 영향을 주는 저기압의 발생과 경로는 그림

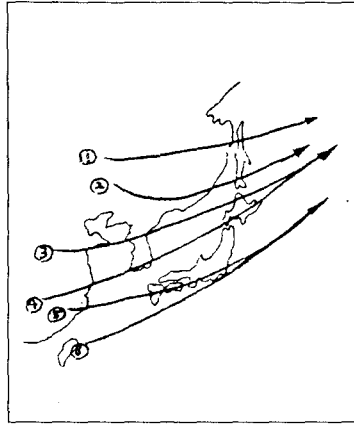


그림 6. 저기압의 경로

6과 같다. 이 중 대부분은 겨울철에 발생하는 저기압의 경로도이고, 여름철은 주로 양자강유역에서 우리나라 남서해안을 거쳐 동해로 진행하게 된다. 난후기의 저기압 이동속도는 보통시속 28km 정도로 난후기보다 상당히 느다.

○ 저기압역내의 풍속분포

여름철에 발생하는 저기압의 강풍역은 저기압 중심의 주변부와 북동~남동의 비교적 좁은 구역에 나타난다.

발달한 저기압의 풍속분포를

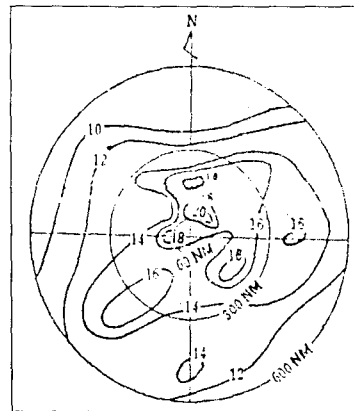


그림 7. 난후기 저기압(최성기) 역내의 풍속(m/s)분포

그림 7에서 보면 저기압 중심 주변부에 20m/s의 강풍역이 있으며 300해리 부근에는 14~18m/s의 폭풍역이 산재해 있다. 그리고 저기압 진행방향의 우측이 좌측보다 일반적으로 풍속이 강하다.

○ 저기압역내의 파고분포

저기압역내의 파고분포는 풍속 분포와 거의 일치하고 있다. 그리고 난후기 저기압역의 파고는 난후기 저기압역의 파고보다 상당히 낮다.

저기압의 발달기에는 높은 파고가 중심부근에 분포하고 폐쇄기에는 상당히 떨어진 해역에까지 퍼진다. 우리나라 서해와 남해에 도달되는 저기압은 대부분 발달하는 과정에 통과하기 때문에 높은 파고가 발생하는 경우는 드물지만 동해 해상에 고기압이 머물러 있으면 저기압의 동진이 저지당해 서해에서 정체하게 되며 따라서 때로는 최성기에 달해 서해안에 강한 난기 돌풍이 발생하게 된다.

난후기에 발달한 저기압역의 파고분포를 그림 8에서 보면 저

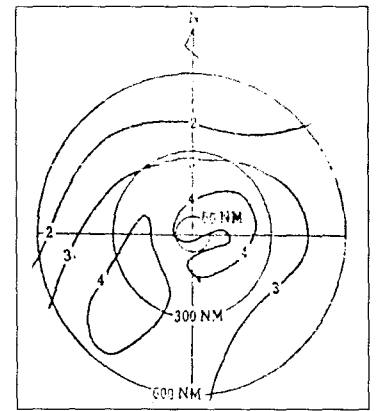


그림 8. 난후기 저기압(최성기) 역내의 파고(m)분포

기압 진행방향의 오른쪽 중심부 근과 왼쪽 후반부 구역에서는 4m내외의 높은 파고가 발생하고 왼쪽 전반부 구역의 파고는 2 ~ 3m로 저기압역내에서 제일 낮다.

폭풍해일과 지진해일

○ 폭풍해일

여름철에 발생하는 폭풍해일은 태풍이나 발달한 저기압이 해안에 접근하거나 상륙하면 해수면이 이상(異常)적으로 높아져서 해안지대에 해수가 침입하여 발생하게 된다. 이때 폭풍과 풍파에 의한 파압이 동시에 작용하여 해안 시설물이 피해를 입게 된다.

폭풍해일은 주로 다음 5가지 요인에 의해서 발생한다.

첫째, 태풍 또는 저기압역내에서 발생한 폭풍으로 해수가 해안으로 몰려와 해면이 높게 된다. 이때 강풍이 해안을 향해 불고 연안해의 길이가 짧으면 알을수록 해수면은 급격히 높아진다.

둘째, 기압의 저하에 의한 흡인작용이 생긴다. 태풍이나 저기압의 중심은 주위의 기압에 비하여 상당히 낮고 특히 현저하게 발달한 태풍은 50mb이상 저하되고 있으므로 이 기압저하에 해당하는 만큼 해면이 부풀어 오른다. 그 흡인의 양은 1mb가 1cm에 해당된다. 따라서 50mb가 저하되면 50cm의 해면이 부풀어 오르게 된다.

셋째, 만조시에는 해수면 상승효과를 증대시킨다. 특히 태풍의 중심이 만조시에 통과하면 해수면 상승을 더욱 크게 한다.

넷째, 풍랑의 작용이 가해진다. 폭풍에 의해서 생긴 풍랑의 파고가 수시로 해수면을 높게 한다.

“
여름철에 발생하는
폭풍해일은 태풍이나
발달한 저기압이 해안에
접근하거나 상륙하면
해수면이 이상(異常)적으로
높아져서 해안지대에
해수가 침입하여 발생하게
된다.”

“
기상대에서는 태풍이나
폭풍에 대한
기상정보를 수시로
발표하고 피해가 우려될
때는 기상특보를
발표하므로 기상정보를 신
속히 입수하여 대책을
강구해야 한다.”

이 풍랑은 주기는 짧고 파압에 의해서 강한 파괴력을 가지고 있으므로 해안의 제방을 파괴해 해수면 상승효과를 증대시킨다.

다섯째, 부진동 현상이 작용한다. 기상조에 의한 직접적 해수면 상승보다 항만내의 부진동 현상에 의한 제2차적인 해수면 상승이 크게 일어난다. 이 부진동은 태풍이나 저기압 통과시 바람 변화에 따라 발생하게 된다.

○ 지진해일

지진해일(쓰나미)은 해저지진이 발생하여 지반의 함몰 또는 융기현상으로 발생하게 되며 대단히 긴 주기를 가진 해양파로 해안에 접근하면 큰 피해를 발생시킨다.

지진 해일은 대양을 가로질러 발생지로부터 수백~수천 km거리의 위치에도 큰 피해를 유발할 수 있다. 지진해일은 파장이 수백 km에 달하기 때문에 수심이 낮은 우리나라 서해와 남해에서는 전파되는 도중 거의 소멸되어 버리기 때문에 두 해안지방은 지진해일 발생 가능성이 없다. 그러나 동해는 수심이 깊기 때문에 동해안은 지진해일의 피해를 입을 지리적 조건을 갖추고 있다.

지난 '83년 5월 26일 동해안에 내습한 지진해일은 그 대표적인 예이다.

○ 폭풍해일 발생사례

<'87년 7월 15일 쉘마 태풍해일> 7월 15일 23시 30분경 전남 순천항에 상륙한 해일은 태풍의 영향으로 발생한 것으로 해안시설물에 사상 유례없는 큰 피해를 입혔다. 이 태풍은 순천항에 상륙한 후 북북동진 하여 16일 06

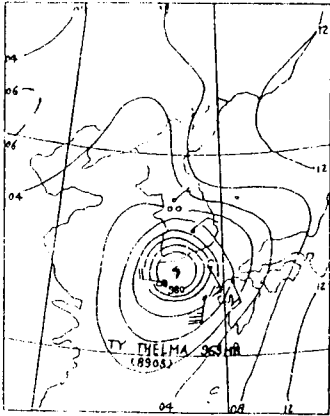


그림 9. 태풍이 남해안에 접근한 일기도 ('87년 7월 15일 21시)

시경 강릉을 거쳐 동해로 빠져 나갔다. 태풍이 해안에 상륙당시는 965mb의 B급 태풍이었으나 이 태풍역의 위험반원에 속했던 전남 남해안동쪽과 경남서쪽 해안은 순간최대풍속 40.3 m/s(여수)의 남풍계의 폭풍이 불었고 태풍 상륙시간이 만조시간(여수항, 21시 47분, 조고 3.5m)과 거의 일치하게 되어 해일피해를 한층 가중시켰다.

〈'89년 8월 30일 저기압해일〉 양자강에서 동진한 저기압이 서해안에서 996mb 까지 급속히 발

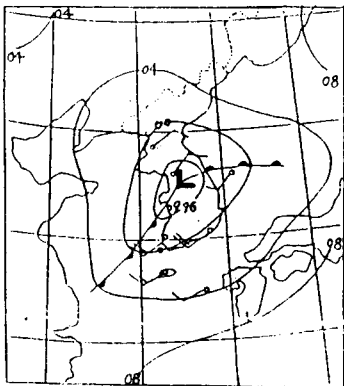


그림 10. 저기압이 서해안에 상륙한 일기도 ('89년 8월 30일 03시)

달하여 (그림 10 참조) 순간최대 풍속 24.6m/s (군산)의 남서계의 폭풍이 발생하였다. 또 상륙시간과 만조시간(군산항 03시 33분, 조고 6.6m)이 거의 일치하여 경기도 용진군 및 충남과 전북 서해안 지방은 방파제와 축대가 붕괴되는 등 큰 해일 피해를 입었다.

〈'89년 9월 17일 저기압 해일〉 상해남쪽에 상륙하였던 열대성 폭풍 (VERA)이 서해안으로 진출하면서 992mb의 저기압으로 변하면서(그림 11 참조) 순간최대풍속 25.6m/s(서산)의 남서계의 폭풍이 발생하였고, 저기압 중심이 만조시각(군산, 16시 32분)에 서해안을 통과함에 따라 당시 대조기(사리)때의 조고 7.5m(군산) 현상이 중첩되어 해안지대의 침수효과를 더욱 증대시켰다. 이로 인해 충남의 대천과 서천지방 및 전북 군산, 전남 목포 해안지방은 많은 방조제와 호안축대 등이 유실 또는 붕괴되었다.

맺음말

태풍과 저기압은 멀리서 이동해 오기 때문에 사전에 대비책을 세울 충분한 시간적 여유가 있다. 따라서 태풍이나 저기압의 규모나 이동방향을 파악하고 앞에서 설명한 기상지식을 동원하면 어느 정도 그 피해를 줄일 수 있을 것이다.

피해방재대책을 위해 몇가지 중요한 사항을 요약하면 ① 여름철 서해안에 접근하는 저기압이 1000mb 이하로 발달하고 몽개구름이나 번개구름이 발생하면 돌풍의 전조가 되며 해일발생 가능성이 높아진다. ② 태풍 해일은 태풍진행방향의 우측반원에서 주로 발생하고 특히 V자

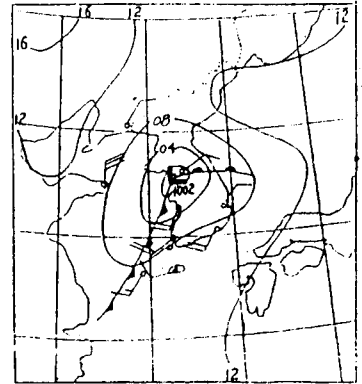


그림 11. 저기압이 서해안에 접근한 일기도 ('89년 9월 17일 15시)

형의 만에서 해일이 더 크게 발생한다. ③ 태풍이 접근할 때 기압의 하강은 풍속이 강하게 될 때 시작하지만 저기압에서는 이보다 훨씬 앞에서 기압이 하강한다. ④ 해일은 태풍이나 저기압이 해안에 접근시 사리 때와 고조시각이 일치하면 그 효과를 더욱 증대시킨다.

기상대에서는 태풍이나 폭풍에 대한 기상정보를 수시로 발표하고 피해가 우려될 때는 기상특보를 발표하므로 기상정보를 신속히 입수하여 대책을 강구해야 한다.

태풍특보가 발표되면 우선 위험시설물은 사전제거하고 각종 공사는 중지 및 안전지대로 이전하여야 한다. 출입문을 굳게 닫고 전기설비 고장시 수리를 중지하고 지붕결박 및 낙하위험 시설물의 사전제거 또는 결박해 두어야 한다. 한편 라디오나 TV 또는 기상대를 통하여 태풍 및 폭풍 정보를 수시로 입수하여 기상 상황에 따른 신속한 조치를 취하여 그 피해를 최소화 하여야 할 것이다. ㉑