研究報告

建設工事中の風による災害に関する現状分析

Study on Wind-Induced Accidents of Civil Structures during Construction

大幢 勝利^{*1} アーサン・カリーム^{*2} 藤野 陽三^{*3}

Katsutoshi OHDO, Ahsan Kareem, Yozo FUJINO

SUMMARY

On the basis of the yearbooks of the Japan Construction Safety and Health Association, wind-induced structural accidents during construction were investigated on the death and serious accidents where more than 3 people were killed or injured. These data were compared with data of overseas wind-induced accidents collected from Engineering News-Record. The wind-induced structural accidents were classified according to the accident types, and their countermeasures for safety were examined.

From the investigation, it was found both in Japan and overseas that the collapse accidents during construction have the high rate in the whole construction accidents and about 10% of the serious collapse accidents were due to wind. Furthermore, it was also found that in Japan the ratio of the collapse accidents due to wind had not been changed since 1970, and the countermeasures for the prevention of the collapse accidents were proposed.

1. はじめに

建設工事は屋外作業が多いため天候の影響を受けやすく、強風や大雨等の悪天候時には作業を中止し安全対策を施している。通常、作業中止の判断は現場に任せられており、風雨により溶接に欠陥が生じるなど品質に関わるため作業を中止する場合もあれば、雨により足下が滑る、風にあおられバランスを崩すなど、安全性を考慮し

て作業を中止する場合もある。悪天候による作業中止の判断を誤った場合、品質に関わるものは施工後の検査により欠陥を見つけ出しやり直すことができる。一方、安全対策を怠った場合、一度災害が発生すれば人命に関わることなので、取り返しのつかないものになることが多い。過去においては、強風による足場などの倒壊災害が多発しており、これらの中には多数の死傷者を出す「重

*1 労働省産業安全研究所 研究員

Research Engineer, National Institute of Industrial Safety, Ministry of Labour, Japan.

*2 ノートルダム大学工学部土木工学科長 教授 Ph.D

Ph.D, Robert M. Moran Professor of Civil Engineering and Chair, Department of Civil Engineering and Geological Sciences, University of Notre Dame, U.S.A.

*3 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻 教授 Ph.D

Professor, Ph.D, Graduate School of Engineering, University of Tokyo.

(原稿受理：平成11年3月24日)

大災害」(一時に3名以上の死傷者を伴う災害)に発展したものも多くあった。

これらのことから、天候の中で特に風についての安全対策は重要視されてきた。事実、風による足場の倒壊災害の事例調査や風荷重の算定方法に関する研究¹⁾がなされ、続いて、風荷重に対する鋼管足場等の安全技術指針²⁾が制定された。しかし、近年においても強風による足場等の倒壊災害は依然として発生しており、新聞紙上ににぎわすこともある。このような状況から、従来の方法では風による災害防止に限界があると考えられるため、新たな安全対策を講じることも必要である。そのためには、現在と過去における建設工事中の風による災害の発生状況の変化を調査し、問題点を指摘することにより、風に対する安全対策を再度見直すことが必要である。

そこで、本研究では、(1) 1997年以前の10年間と1980年以前の過去10年間に建設業において発生した労働災害における、風による死亡災害や重大災害の発生状況を調査し、過去から現在までの風による労働災害の発生状況の変化を調べる。(2) さらに、このような労働災害中心の分析に加え、統計的には把握しづらい建設工事に起因する風による公衆災害についても事例的に分析する。(3) また、海外にも目を向けて調査し、我が国と海外で発生した災害事例を比較することにより、共通の問題点を指摘する。(4) これらの調査の結果から、現在の建設

工事中の風による災害の問題点の指摘を行い、今後の災害防止対策について検討する ことを目的とする。

2. 我が国の建設業における風による労働災害

我が国の建設業における労働災害の中で、風が原因と思われる死亡災害・重大災害の発生状況を、建設業安全衛生年鑑³⁾により統計的に調査した。同年鑑では、風をキーワードとして災害の分類がなされていないため、年鑑に示されている死亡災害・重大災害の全発生状況(重大災害では交通事故を除く)より、風が原因と思われる災害を抜き出し調査した。

なお、本章では“建設工事中の災害”ではなく“建設業における労働災害”として調査したが、ここでいう建設業における「労働災害」とは、建設業に従事する人が災害によって死傷することを意味するものであり、建設工事とは関係ない災害、例えば事務所内での食中毒なども含むものとしている。一方、建設工事中の災害でも、足場の倒壊等により通行人など建設業とは関係ない第三者が死傷した場合には、「公衆災害」としてここでは含まないものとしている。これは、建設業安全衛生年鑑のデータが建設業という業種単位で分類されていること、および労働災害についてのみ扱われていることによるものであり、建設工事中の災害として一元化されたデータベースが他に無いためである。

Fig. 1 我が国の全産業と建設業における死亡者数の推移
Variation of number of deaths in whole and construction industry in Japan.

2.1 建設業における死亡災害・重大災害の変遷

Fig. 1は1967年から1997年までの、全産業と建設業における死亡者数の推移を示したものである。Fig. 1より、全産業における死亡者数のうち建設業の占める割合は約4割と、ここ30年間はほぼ一定の割合で推移している。また、建設業では、1969年の2,492人をピークに1973年から急速に死亡者数が減少しているが、これは1972年に制定された労働安全衛生法により安全対策が強化されたためである。しかし、1985年に1,000人を割ってからは死亡者数の減少傾向に歯止めがかり、それ以降は1,000人前後で現在まで推移している。なお、1997年は848人と若干少なくなっているが、労働省の発表では安全管理体制が定着したことを、および近年の景気後退により工事量が減少したことを理由として挙げている。しかし、安全管理体制が突然向上したとも考えにくく、あと数年は動向を伺う必要がある。

一方、Fig. 2は1967年から1997年までの、全産業と建設業における重大災害の発生件数の推移を示したものである。Fig. 2より、全産業における重大災害発生件数のうち建設業の占める割合は、ここ30年間約4～6割の間で推移している。また、建設業では、1968年の250件をピークに多少の変動はあるものの、労働安全衛生法により1986年の67件まで減少していったが、その後は増減を繰り返して横這いになっている。

2.2 風による死亡災害

Table 1は、1988年から1997年までの近年10年間に於いて、建設業の中で風によって引き起こされた災害による死亡者数を、災害の種類別に示したものである。Table 1に示した風による墜落とは、主に作業員が風にあおられてバランスを崩して墜落したものを、風による飛来・落下とは、主に建設資材が風により飛散して作業員に激突したものを、風による倒壊とは、主に足場などの仮設構造物や建設中の構造物本体が風により倒壊し、作業員がこれに巻き込まれたものを示す。

Table 1に示すように、風による死亡者数の総計は10年間で57人であった。しかし、建設業全体に対する比率でみると、風による死亡者数の総計は10年間の合計で建設業全体の0.6%と、小さな割合となっている。また、災害の種類別でみると風による墜落が10年間の合計で最も多く、次に倒壊と飛来・落下の順となっている。しかし、墜落全体の中で風による災害の占める比率をみると、10年間の合計で0.7%であった。倒壊は、1997年に風による災害の比率が10.0%と高い割合を占めているが、10年間でみれば2.5%とやや小さな割合となっている。同様に、飛来・落下も2.3%とやや小さな割合となっている。

これを、他の自然現象による死亡災害について調べると、1996年は風による死亡者数が6人であるのに対し、雪による雪崩などで4人、雨により滑るなどで2人死亡

Fig. 2 我が国の全産業と建設業における重大災害発生件数の推移
Variation of number of serious accidents in whole and construction industry in Japan.

Table 1 我が国の建設業における風による死亡者数の推移 (人)
Variation of number of deaths by wind in construction industry in Japan.

年		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	計
墜落	災害の種類											
	全体	427	398	437	424	381	363	356	386	374	359	3905
	風	5	1	3	1	0	4	3	4	2	4	27
倒壊	比率 (%)	1.2	0.3	0.7	0.2	0.0	1.1	0.8	1.0	0.5	1.1	0.7
	全体	32	49	49	57	59	47	29	45	51	30	448
	風	0	3	2	0	1	2	0	0	0	3	11
飛来・落下	比率 (%)	0.0	6.1	4.1	0.0	1.7	4.3	0.0	0.0	0.0	10.0	2.5
	全体	42	56	58	52	52	56	45	38	29	56	484
	風	0	1	1	1	1	2	0	2	2	1	11
その他風による災害	比率 (%)	0.0	1.8	1.7	1.9	1.9	3.6	0.0	5.3	6.9	1.8	2.3
	その他風による災害	1	0	0	1	1	1	2	0	2	0	8
	風による災害の総計	6	5	6	3	3	9	5	6	6	8	57
建設業全体		1,106	1,017	1,075	1,047	993	953	942	1,021	1,001	848	10,003
建設業全体の中で風による災害の比率 (%)		0.5	0.5	0.6	0.3	0.3	0.9	0.5	0.6	0.6	0.9	0.6

Table 2 我が国の建設業における重大災害発生件数 (1971~1980年, 件)
Number of serious accidents in construction industry in Japan from 1971 to 1980.

災害の種類	倒壊	墜落	土砂崩壊	交通事故	その他	合計
発生件数						
全体	215	91	153	639	389	1,487
風	26	2	0	0	2	30
比率 (%)	12.1	2.2	0.0	0.0	0.5	2.0

Table 3 我が国の建設業における重大災害発生件数 (1988~1997年, 件)
Number of serious accidents in construction industry in Japan from 1988 to 1997.

災害の種類	倒壊	墜落	土砂崩壊	交通事故	その他	合計
発生件数						
全体	76	77	39	464	197	853
風	9	1	0	0	1	11
比率 (%)	11.8	1.3	0.0	0.0	0.5	1.3

している。同様に、1997年は風による死亡者数が8人であるのに対し、雪による災害で3人、雨による災害で2人、波浪による災害で1人死亡しており、自然現象による災害の中では風による死亡者数が最も多くなっている。なお、その他の地震などによる死亡災害は発生していなかった。これより、建設業での風による災害は、死亡災害の発生割合としては小さいものの、自然現象による災害に限っていえば、最も死亡者数の多い災害であることがわかった。

2.3 風による重大災害

建設業における風によって引き起こされた重大災害について分析する。「重大災害」とは、一時に3人以上が死傷する災害であり、大規模なものが多く一度発生すれば人的・経済的損失は甚だしいものとなっている。こ

のため、重大災害は社会的にも影響が大きく、重大災害を減らすことが重要な課題となっている。

Table 2は、1971年から1980年までの過去10年間における、建設業の重大災害発生件数を示したものである。また、Table 3は、1988年から1997年までの近年10年間における、重大災害発生件数を示したものである。Table 2, 3より、重大災害の発生件数は両者とも交通事故が最も多くなっている。その次は、過去10年間では倒壊、土砂崩壊の順になっているが、近年10年間では墜落、倒壊の順に変化している。交通事故が非常に多いのは、建設業に携わる人の現場や会社に向かう途中の交通事故など、建設工事とは全く関係ないものが大半を占めているためである（例えば、作業員を載せたマイクロバスが現場に向かう途中交通事故を起こし、3人以上が死傷すれば重大災害となる）。交通事故を除いて、建

設工事に直接関連するもので考えれば、過去10年間では倒壊が、近年10年間では墜落と倒壊がほぼ同数で発生件数が最も多くなっている。しかし、墜落の大半は構造物の倒壊に起因する墜落であることから、近年においても倒壊の発生件数が最も多いものと考えられる。

このような状況の中、風による重大災害について災害の種類別に調べてみると、Table 2, 3より過去も近年もほとんどが倒壊災害であった。これを発生件数で見ると、過去においては風による倒壊が26件であったのに対し、近年では9件になり約1/3に減少している。一方、倒壊災害全体の発生件数も215件から76件になり、同様に約1/3に減少している。よって、倒壊全体の中で風による災害の占める比率は、過去も近年も約10%となりほとんど変化がないことがわかった。

Fig. 2にも示したように、Table 2（過去）からTable 3（近年）の間に、建設業における重大災害の発生件数は著しく減少したが、これは、法体系の整備による近年の安全管理体制の充実や構造物の品質向上等の効果と考えられる。しかし、倒壊災害全体の中に占める風による災害の比率が、過去も近年もほとんど変わっていないということは、上記理由により倒壊災害全体の減少に伴い風による災害も減少しただけであって、風対策が他の安全対策に比べ特に改善されたわけではないと考えられる。

2.4 倒壊災害の荷重の方向別発生状況

風による倒壊災害は、主に風による水平荷重に対し、構造物の水平方向への安定性が不足していることから生じるものである。一方、倒壊災害の中にはコンクリート荷重などの鉛直荷重によって生じるものもあるが、鉛直荷重による倒壊は、鉛直方向の強度不足によるもの（支柱の座屈等）と水平方向の安定性不足によるもの（転倒等）とに分けられる。そこで、Table 2とTable 3に示した重大災害の中で、倒壊災害を生じさせた荷重を方向別に調べることにした。その結果、過去も近年も荷重の方向別の比率にほとんど変化がなく、鉛直荷重による倒壊は90%弱で、水平荷重による倒壊は10%強であった。鉛直荷重90%の内訳は、自重やコンクリート荷重等に対する鉛直方向の強度不足のものが約60%であった。一方、控えワイヤーの切断による転倒や水平変位を防止する部材の不足など、鉛直荷重しか作用していないにも関わらず水平方向の安定性不足によるものが約30%であった。よって、この30%と水平荷重による10%

を合わせると、倒壊災害のうち約40%が構造物の水平方向の安定性不足により発生したと推定される。そして、この40%のうち約10%分（すなわち1/4）は風荷重によるものである。なお、風荷重の中には、風の吹き上げ、吹き下げにより鉛直荷重として働く場合もあるが、このような荷重による倒壊災害は見られなかった。また、Table 2, 3に示した土砂崩壊災害の中で、水平荷重として土荷重を受けた土止め支保工の倒壊がみられたが、あくまで地盤より上の構造物の倒壊を対象とし、土砂崩壊による倒壊は含めないこととした。

ここで、水平荷重による倒壊の中で風荷重以外のものについて調べると、クレーンの吊り荷や工事車両が構造物に激突するなどわずかな件しかなかった。これらは水平荷重というよりはむしろクレーンや車両側の操作に原因があるものばかりであり、それを除けば“水平荷重による倒壊”イコール“風荷重による倒壊”と考えられる。このため、水平荷重に対する倒壊対策としては、風荷重に対する構造物の水平方向の安定性を重視する必要がある。一方、鉛直荷重による倒壊の内、水平方向の安定性不足による倒壊については、ほとんどが施工時に鉛直荷重のみを考慮し、風荷重等の水平荷重を考慮していない不安定な構造物であったため発生したものであった。このことについては、第5章で述べることとする。

3. 海外における建設工事中の風による災害

海外での建設工事に関連した風によって引き起こされた災害を、アメリカで出版されている建設技術雑誌、Engineering News-Record (ENR)⁴⁾によって調べた。ENRは、1800年代後半から100年以上も続いている権威ある雑誌であるが、アメリカを中心に世界中の国々で発生した建設工事に関連した災害が数多く掲載されている。これらは社会的に影響の大きい重大な災害と考えられるため、我が国の重大災害に匹敵するものと思われる。

Table 4は、ENRに1988年から1997年の10年間において掲載された建設工事中の災害の件数を、災害の種類ごとに示したものである。Table 4より、建設工事全体の合計が133件であったのに対し、風による災害の合計は12件で、その比率は9.0%と高い割合を占めている。また、災害の種類別でみると、倒壊が他に比べ圧倒的に多く、海外においても倒壊災害は社会的に最も影響が大きいものと考えられる。この倒壊災害の内、風による倒壊は全体の9.2%を占めており、我が国の重大災害の場

合とほぼ同じ約10%であった。よって、建設工事に関連した風による倒壊災害は、我が国と海外の共通の問題点であると考えられる。

4. 建設工事中の風による倒壊災害事例

以上の調査結果より、風による倒壊災害に絞って災害事例の分析を行うこととする。

4.1 風による倒壊災害の概要

Table 5は1988年から1997年までの近年10年間に発生した、我が国の建設業における重大災害の中で、風による倒壊災害の概要を示す。また、Table 6はENRに1988年から1997年までの10年間に掲載された、建

Table 4 ENRに掲載された建設工事に関連した災害件数（1988年～1997年、件）
Number of accidents, reported in ENR from 1988 to 1997.

災害の種類	倒壊	クレーン等	飛来・落下	墜落	その他	合計
件数						
全体	76	22	10	7	18	133
風	7	2	2	1	0	12
比率 (%)	9.2	9.1	20.0	14.3	0.0	9.0

Table 5 我が国の建設業における重大災害の中で風による倒壊災害の概要
Summary of serious collapse accidents by wind in construction industry in Japan.

No.	倒壊した物	災害の概要	被災者数
1	足場	鉄筋コンクリート造家屋の建設現場において、建屋東側のジャンプ足場の組替え作業中、瞬間最大風速 17.5m/s の風により足場（3 層、3 スパン）が倒壊し、作業員 4 名が被災した。	4
2	仮設のプレハブ小屋	河川敷の整備工事現場において、作業員の休憩所として設置されていたプレハブ小屋が強風でとばされ、小屋の中で休んでいた作業員とともに川に転落した。	3
3	施工中の構造物本体	鉄骨造の工場の建設工事において、鉄骨の建方終了後、胴縁の取付け及び筋かいの取扱い作業中、風により鉄骨が全壊し、作業員が下敷きになった。	5
4	施工中の構造物本体	木造平屋建鶏舎新築工事において、水平つなぎ及び仮補強材を用いて軸組（約 2m 間隔、47 スパン、全長 91m）の建ち上げ作業を行っていたところ、平均風速 10m/s の風により軸組が全壊した。	4
5	足場	遺跡発掘調査のため掘削作業を行っていたところ、写真撮影用のため組立ててあったわく組足場（高さ約 15m）が突風にあって、作業員の上に倒壊した。	6
6	足場	体育祭の応援席（高さ 6.8m、長さ 68m）設置工事において、わく組足場でステージの組立て作業中、平均風速 10m/s の風のため組立て中のステージが倒壊した。	5
7	仮設のプレハブ小屋	工事現場の休憩所（プレハブ）において、作業員 4 名が雨宿りをしていたところ、風によりプレハブが大きく揺れ始めたため、避難しようと外へ出たところ、突然プレハブが倒壊して被災した。	3
8	足場	大看板の据え付け作業に使用した足場の解体作業中、足場の控えを取り外したところ平均風速 10～15m/s の風により足場が倒壊し、足場上の作業員が被災した。	4
9	施工中の構造物本体	養鶏舎の建方工事において、母屋材等を合掌組の上方へあげる作業等を行っていたところ、瞬間最大風速 29.2m/s の風により建築中の建物倒壊した。	3

設工事中の風による倒壊災害の概要を示す。

両者の発生状況から考えると、風が原因の倒壊災害は仮設の足場が倒壊したものと、施工中の構造物本体が倒壊したものとに分類することができる。我が国の場合、足場の倒壊が4件で施工中の構造物本体の倒壊が3件であった（その他、仮設のプレハブ小屋の倒壊2件）。また、ENRの記事の場合には、足場の倒壊が2件で施工中の構造物本体の倒壊が5件であった。なお、Table 5, 6には、災害発生時の風速が把握できたものについてのみ示してあるが、我が国の場合ほとんどが20m/s以下の低い風速で倒壊しているのに対し、ENRの記事では風速20m/s以上の強風下での倒壊が目立っている。

我が国の場合は、道路や建物に近接した工事が多いため、飛来・落下物災害防止を目的として、外周部に立てた足場にシートを張ることが多い。このため、風荷重に対する安全技術指針などにより、シートが受ける風荷重に対し足場の安全性をチェックするように指導されている。この安全技術指針により施工すれば、場所や高さなどにもよるが、安全率を加味すると風速20m/sの風では足場は倒壊しないようになっている。しかし、Table 5のように20m/s以下の低い風速でも足場の倒壊が発生しており、これは、施工時の安全管理が十分行われていなかったためと思われる。一方、ENRの記事の場合、風速20m/s以上の強風により倒壊し多くの死傷者を出

Table 6 ENRに掲載された建設工事に関連した風による倒壊災害の概要
Summary of collapse accidents by wind, reported in ENR.

No.	倒壊した物	災害の概要	被災者数
1	施工中の 構造物本体	高速道路のオーバースペース建設現場において、風速 105mph (47m/s)以上の風により 45t のコンクリートガーダーが吹き飛ばされ、その下の道路を走行していた車の上に落下し、運転手が被災した。	2
2	足場	風速 70mph (31m/s) 以上の予期せぬ嵐のため、飛行場の乗客ターミナルビルの窓ガラスが割れたり、辺りの多くの建設現場で足場や型枠などに被害が出た。	不明
3	施工中の 構造物本体	空気膜ドームの建設中、強風によりドームの屋根が倒壊した。屋根は完全に空気で膨らむ前で、また、屋根を支えるシステムも完成前であった。	0
4	施工中の 構造物本体	1 階建ての倉庫の建設工事において、倉庫の屋上につけるコンクリートブロック壁の設置中、強風によりこの壁が倒壊し多数の作業員が巻き込まれた。	16
5	足場	ヨーロッパ北部を襲った嵐により、英国国内で多くの足場が倒壊し多数の死傷者を出した。これを機に、英国では足場の安全性に関する研究 ⁹⁾ を始めた。	100以上 (建設以外含む)
6	施工中の 構造物本体	銀行ビルの建設工事において、最低でも 60mph (27m/s)の強風により、完成した骨組みの 3 分の 2 が倒壊した。	0
7	施工中の 構造物本体	3 階建ての本造アパートの建設現場で、およそ 50mph (22m/s)の強風により、2 階より上の部分が倒壊した。	11

しているが、そのような強風下で作業をしていたこと自体が問題である。このようなことは、我が国の場合にはほとんどあり得ないことである。また、ENRの記事では風による施工中の構造物本体の倒壊が多いが、これに対してKarshenasらによって、鉄骨建て方中のビルの強風に対する安定性に関する研究⁶⁾が行われ、有効な安全対策が示されている。しかし、我が国ではこのような研究は行われておらず、施工中の構造物本体の風に対する安定性に関しては、全て施工業者任せになっている。

ここで、我が国において1971年から1980年の過去10年間に発生した建設業における重大災害の中で、風によって引き起こされた倒壊災害について同様に調べると、足場の倒壊が6件で施工中の構造物本体の倒壊は16件であった（その他、仮設のプレハブ小屋の倒壊4件）。これより、我が国の場合、1970年代から近年にかけて風による施工中の構造物本体の倒壊は発生件数が大きく減少したが、足場の倒壊は発生件数にほとんど変化がないため、足場の風に対する安全対策が特に改善されたわけではないと考えられる。

4.2 風による足場の倒壊の公衆災害事例

建設工事中の風が原因と思われる災害の中で、特に足場の倒壊に対する安全対策があまり改善されていないことがわかった。しかし、これらは労働災害の中で人的損害が生じたものから得られた結果であり、実際には物的損害が生じたものや公衆災害となったものも多くある。そこで、風が原因と思われる足場の倒壊の中で、公

Photo. 1 倒壊した足場の状況
Condition of collapsed scaffolds.

衆災害に発展したものの事例を取り上げ問題点について考察する。

1) 事例1⁷⁾

(1) 災害の概要

ビル改修工事のため設置されたわく組足場が強風のため道路上に倒壊し、通行人等の4人が死傷した。Fig. 3に災害現場周辺の略図⁸⁾を示すが、足場は図中斜線のビルのA, B, C三面（図の太線）に沿って立てられていた。このうち、Aの部分の足場が全面的に倒壊した。その時の様子をPhoto. 1に示す。気象庁のデータから、災害が発生した前1時間のこの付近の瞬間最大風速（風向）は16.3m/s（北北西、Fig. 3に示す方向）、後1時間では13.0m/s（北北西）であった。また、この足場にはほぼ全面に養生シートが張られており、強風による風

Fig. 3 災害現場周辺の略図
Sketch of accident spot.

圧力によって倒壊したと思われる。

Fig. 4に倒壊した足場の断面図を示すが、高さは33.55mでわく組の19層分あり、Aの部分は幅104.4mで58スパンにも及んでいた。この足場には、通常の足場と同様に、転倒防止のため建物との間に壁つなぎが設けられていた。壁つなぎは、2層2スパン（垂直方向3.4m、水平方向3.6m）毎に設置するように設計図面に示されていたが、実際には垂直方向3.8～5.4m、水平方向3.6mの間隔で設置されていた。この壁つなぎはFig. 5に示すように、羽子板型のアンカーボルトに緊結金具（通称クランプと呼ばれ、両者を合わせ羽子板クランプと呼ぶ）を取り付けたもので、これを建物側のコンクリートに埋め込み、鋼管を介して足場側とクランプにより接続する構造となっていた。

(2) 発生原因

目撃者や工事関係者の証言などから災害の状況を推察すると、次のようであった。まず、足場の風上側側面から吹き込んだ風のため足場面に張られた養生シートがはらみ、この風圧力により足場の風上側上層部で、壁つなぎの鋼管が羽子板クランプより滑って抜けることにより破壊した。さらに、壁つなぎの破壊が風下側上層部に波及していき、続いて足場上層部がはがれその自重により下層部の壁つなぎにも破壊が波及していった。このような連鎖的な破壊により、最終的に足場全体が転倒するように道路に倒れたものと推察される。

以上より、災害の主な発生原因は次のように考えられている。

Fig. 4 倒壊した足場の断面図
Cross section of collapsed scaffolds.

Fig. 5 災害で使用された壁つなぎ
Tie used in the accident.

Fig. 6 壁つなぎ専用金具
Authorized tie for scaffolds.

①壁つなぎの引張・圧縮強度は、クランプと鋼管の摩擦力によって決定される構造となっていた。このため、クランプの締め付け力によって性能が不確かとなり、Fig. 6に示す壁つなぎ専用金具に比べ風荷重に対する強度が不足していた。

②行政的には、強風時に養生シートを外すよう指導されていたにもかかわらず、養生シートを外さなかった。

2) 事例2

(1) 災害の概要

鉄骨5階建てビルの建設現場において、ブラケット足場が倒壊し隣家の屋根の一部を損壊した。幸い、深夜に災害が発生したため被災者はいなかった。災害発生当時の瞬間最大風速は17.2mで比較的風が強く、風にあおられて倒壊したと思われる。Fig. 7に倒壊した足場の立面図を示すが、5層目から上が南側からねじれるようにして倒れたものである。しかし、足場の北側部分は、北側に立てられた足場に接続されていたため倒壊を免れた。

倒壊した足場は一侧ブラケット足場と呼ばれ、支柱と水平材を鋼管パイプとクランプによって平面的に組み立て、その構面の片側からブラケットを張り出し、その上に板をかけ渡して足場とするものである。主に、低層家屋の工事や、敷地が狭くて枠組み足場や本足場が設置できない場合に使用される。

この足場は高さ15.5mの8層組みで、地上から2層目

までは鋼矢板、2層目から4層目までは防災シート、4層目からはグリーンネットが張られていた。また、倒壊した足場にはFig. 7に示すように壁つなぎが取り付けられていた。4層目からは、ほぼ2層2スパン毎に壁つなぎが取り付けられていたが、4層目からは3カ所（ほぼ3層3スパン毎、5.4m×5.4m）にしか取り付けられておらず、その構造も垂木を番線で固定する簡易なものであった。

(2) 発生原因

調査の結果、災害の主な発生原因は以下のように考えられている。

- ①壁つなぎの取り付け間隔が法令の範囲内（当該足場の場合、垂直方向5m、水平方向5.5m以内）でなく、また、簡易な構造のため取り付け強度が不十分であった。
- ②強風によって、グリーンネットが強い風荷重を受けたが、深夜のためそれに対する壁つなぎ等の補強ができなかったこと。（通常、強風時に養生シートは巻き上げたり取り外したりするが、グリーンネットは取り外さないことが多い。）

Fig. 7 倒壊した足場の構造
Collapsed scaffolds.

5. 考 察

5.1 施工計画段階の災害防止対策

事例1は風荷重に対する鋼管足場等の安全技術指針の制定前に発生し、事例2は安全技術指針の制定後に発生した災害である。事例1, 2とも災害の発生原因は、壁つなぎの強度等が不十分であったこと、および強風時の安全対策が不十分であったことがあげられる。特に事例2の場合、壁つなぎの構造や取り付け間隔からして、安全技術指針が全く反映されていなかったといえる。このように、両事例とも安全管理が不十分であったため発生したものと考えられるが、このことは、風による倒壊以外の多くの倒壊災害についてもいえることである。その他の倒壊災害に対する原因分析でも、施行計画段階に安全性が十分検討されていなかった、足場や支保工などが組立図通りに組立てられていなかった、溶接の欠陥や劣化などにより部材の強度が不十分であった、施工誤差により支柱が傾いていた、コンクリートなどの荷重が不均等であったなど施行計画時の安全対策や施工時の安全管理が不十分であったことが指摘⁹⁾されている。

施行計画段階での安全性の検討不足による倒壊は、施工計画者が安全基準等を理解し、十分な知識を身につけていれば防止できるものである。しかしながら、2.4節で述べたように、水平方向の安定性不足による倒壊については、ほとんどが施工時の荷重として鉛直荷重のみを考慮し、水平荷重を考慮していない不安定な構造物であったため発生したものであった。これらの原因としては風荷重を含め水平荷重に対する施工計画者の認識不足が一つの要因として考えられる。なぜなら、完成後の構造物は水平荷重として風荷重や地震荷重を考慮して設計されているが、施工中の構造物、特に仮設構造物は供用期間が短く、施行計画時に考慮すべき水平荷重の大きさを明確に定義することが困難なためである。

仮設構造物に考慮すべき水平荷重として、土木学会の鋼構造架設計指針¹⁰⁾や建築学会の期限付き構造物の設計・施工マニュアル¹¹⁾等各種指針を見ると、風荷重、地震荷重、照査水平荷重を見積もることが示してある。しかし、各指針毎に水平荷重の大きさが異なっていたり、明確に定義されていないものもあり曖昧となっている。また、施工計画事例として「水平荷重が予想される場合には考慮する」と表現している文献¹²⁾もあり、風荷重など水平荷重は発生頻度が少ないことから、鉛直荷重に比べ水平荷重に対する認識が薄くなっているものと考えられる。しかし一方で、2.4節では重大災害に発展した倒壊災害の内、約40%が水平方向の安定性不足から

生じていたことから、風荷重など発生頻度が少なくても、水平方向に対する安定性を十分検討すべきであると考える。そのためには、根拠が明確で合理的であり、かつ誰にでもわかりやすい水平荷重の設定方法を確立する必要がある。

5.2 施工計画時の災害防止対策

前節では施工計画段階の災害防止対策について述べたが、本項では施工時の災害防止対策について考察する。前項で、倒壊災害の原因として、足場や支保工などが組立図通りに組立てられていなかった、溶接の欠陥や劣化などにより部材の強度が不十分であった、など施工時の問題について指摘した。しかし、これらは安全管理を十分に行うことによりある程度防止できるものと考えられる。最近になって風荷重に対する安全技術指針¹³⁾も見直されており、まずはこの指針などを遵守することが倒壊災害防止の近道と考える。

安全管理によりある程度の災害は防止できるが、例えば強風について考えると、現場に24時間張り付いているわけには行かないので、強風が発生することを予測できなければ、事例2のような深夜に発生した強風に対する安全対策はできない。このような場合、局地的な強風を予測することが必要となるが、現状では局地予報用の観測網はなく、また、ドップラーレーダー等による観測を行わなければ、局地的な強風と関連した上空の大気の状態を観測することができない¹⁴⁾。このため、局地的な強風に対する数値予報は非常に困難なものとなっており、予期せぬ強風に前もって対応することは難しいものと考えられる。このように、少し考え方を変えると、予期せぬ強風などによる災害は少なからず発生するものとして、強風により一部の部材が破壊するようなことがあっても、むしろ、事例1に示したように、多くの死傷者を出す大規模な倒壊に至らないような対策をとることも必要であると考えられる。

5.3 建設工事中の災害のデータベースについて

建設工事中の災害は、その被害者により異なる扱われ方をしている。例えば建設業に従事する人が足場などの倒壊によって死傷する場合は労働災害であるが、通行人など建設業とは関係ない第三者が死傷した場合には公衆災害として扱われている。その中で、本研究では、建設工事の風による災害について、労働災害として取り扱われたものを中心に調査を行った。特に、2章では労働災害のデータのみについて統計処理を行い、公衆災

害のデータについては取り上げなかった。本来なら、建設工事中の全ての災害について統計処理を行うべきであるが、労働災害の場合には労働省の捜査管轄となり、公衆災害の場合には警察等の捜査管轄となっており、労働省や警察等がそれぞれ独自の集計・統計処理を行い、データの一元化が難しくなっているためである。このことは、現在の縦割り行政の弊害とも言えるが、災害の起因物（例えば足場や支保工）が同じでも被害を受けた人によって、労働災害や公衆災害というように扱う官署が異なるということは問題である。

また、建設工事中の災害には、構造物や自動車等を損傷するなど物的損害を与える場合もある。これらは、被害を受けたものが建設業に関連したものかどうかで、人的災害と同様に労働災害か公衆災害に分けられる。物的損害のみ生じた場合、災害として報告されることが少ないため統計的処理は難しいが、これらの災害事例からも再発防止のための重要な問題点を得ることができる。

このようなことから、被害を受けたものが何であるかには関わらず、災害の起因物を中心に考えて情報の収集を行い、それに基づいて災害防止対策を立てるべきであると考え。そのためには、同一種類の災害の起因物に対し労働省、警察といった行政の枠を越え、さらには物的損害のみの災害も加えた災害情報データベースを構築し。これらを広く一般に公開することにより、官民一体となって災害防止対策を行うことが必要である。これは、本研究で問題とした建設工事中の風による災害だけでなく、他の災害についても言えることである。

6. まとめ

建設工事中の風による労働災害を、建設業安全衛生年鑑およびENRを中心に調査・分析した結果、以下のことがわかった。

- (1) 建設業での風による災害は、死亡災害の発生割合としては小さいものの、自然現象による災害に限っていえば、最も死亡者数の多い災害である。
- (2) 我が国の重大災害の中で最も大きな問題である倒壊災害の内、過去も近年も約10%は風によるものであり変化がない。また、ENRに掲載された災害についても調べると、倒壊災害の内、風によるものが同様に約10%を占めており、建設工事に関連した風による倒壊災害は、我が国と海外の共通の問題点であると考えられる。
- (3) 我が国の重大災害の中で、1970年代から近年にかけて、風による施工中の構造物本体の倒壊災害は発生件

数が大きく減少したが、足場の倒壊は発生件数にほとんど変化がない。風に対する足場の安全対策は特に改善されたわけではない。

(4) 仮設構造物の設計に対する各種指針を見ると、風荷重、地震荷重、照査水平荷重といった考慮すべき水平荷重の大きさや設計方法が明確に定義されておらず、曖昧になっている。しかし一方で、重大災害に発展した倒壊災害の内、約40%が水平方向の安定性不足から生じていたことから、根拠が明確で合理的であり、かつ誰にでもわかりやすい水平荷重の設定方法を確立する必要がある。

(5) 強風について考えると、現状では、局地的な強風に対する数値予報は非常に困難なものとなっており、予期せぬ強風に前もって対応することは難しいものと考えられる。このようことから、少し考え方を変え、強風により一部の部材が破壊するようなことがあっても、むしろ、多くの死傷者を出す大規模な倒壊に至らないような対策をとることも必要であると考え。

以上のことが本研究により得られたが、調査・分析の過程で建設工事中の災害に関し一元化されたデータベースが無かった。特に、現在の縦割り行政の弊害により、災害の起因物（例えば足場や支保工）が同じでも被害を受けたものによって、労働災害や公衆災害というように扱う官署が異なっていた。このため、同一種類の災害の起因物に対し、労働省、警察といった行政の枠を越えた災害情報データベースを構築し。これらを広く一般に公開することにより、官民一体となって災害防止対策を行うことが必要である。

参考文献

- 1) 森 宜制, 木下鈞一, 小川勝教, 河尻義正: 強風に対する足場等の安全対策, 産業安全研究所特別研究報告, RIIS-SRR-81-1, 1981.12.
- 2) 風荷重に対する鋼管足場等の安全技術指針, 仮設工業会, 1982.1.
- 3) 建設業安全衛生年鑑, 建設業労働災害防止協会, 1972-81, 1989-98 (annual).
- 4) Engineering News-Record, McGraw-Hill, 1988-97 (weekly).
- 5) E.J.Hollis: Measurement of Wind Forces on Net Covered Temporary Scaffolds, Structural Safety & Reliability, Vol.3, 1994, pp.1639-1646.

- 6) S. Karshenas, A.H-S.Ang : A Structural Safety Analysis of Steel Buildings during Construction, Structural Safety, Vol.1, 1983, pp.239-255.
- 7) 河尻義正 : 災害事例－東京・大手町で強風により足場が倒壊, 安全工学, Vol.18, No.2, 1979, pp.110-112.
- 8) 仮設工業会, 建設業労働災害防止協会 : 型わく支保工・足場工事計画参画者資格研修テキスト, 仮設工業会, 1993, pp.173-174.
- 9) 木下鈞一, 小川勝教, 河尻義正, 大幡勝利 : 仮設構造物の倒壊防止のための力学的評価法に関する特別研究, 産業安全研究所特別研究報告, RIIS-SRR-91, 1992.2, pp.1-10.
- 10) 鋼構造架設設計指針, 土木学会, 1978.5.
- 11) 期限付き構造物の設計・施工マニュアル・同解説－各種建築物（膜構造・つり構造等）および工作物, 日本建築学会, 1986.12.
- 12) 仮設構造物の計画と施工, 土木学会, 1990.
- 13) 風荷重に対する足場の安全技術指針, 仮設工業会, 1999.2.
- 14) 朝倉正, 関口理郎, 新田尚 : 新版気象ハンドブック, 朝倉書店, 1995.11, p648.