

1. 序 論

大幢勝利*

1. Introduction

by Katsutoshi OHDO*

Abstract; The weather has a major influence on work performed on construction sites, because construction work usually takes place in the open air. Due to bad weather, e.g. strong wind, construction accidents sometimes occur. We examined the yearbooks of the Japan Construction Safety and Health Association to investigate wind-induced accidents during construction. These data were compared with data of overseas wind-induced accidents collected from the Engineering News-Record.

From the results of the investigation, it was found both in Japan and overseas that collapse accidents during construction accounted for the majority of construction accidents and about 10% of the serious collapse accidents were due to wind. In particular, collapse of scaffolds due to wind was a major problem. On the other hand, as for the number of fatalities due to wind, falls made up the majority. In order to examine countermeasures to accidents during construction work in strong wind, prevention of scaffolds collapse and prevention of falls need to be studied.

For these reasons, the research ‘Development of an assessment method on wind resistance in temporary structures’ covered the following three themes.

1. Development of a practical equation for estimating wind loads on temporary structures under construction.

Field measurement and wind tunnel experiments were conducted to measure wind loads acting on scaffolds.

Based on the results, an estimation method of wind loads acting on scaffolds will be proposed.

2. Study on the risk of the collapse of temporary structures due to the construction errors in reinforcing.

The stiffness of scaffolds and stresses in the reinforcement members, i.e. the ties connecting the scaffolds to the building wall, were experimentally studied. Based on these parameters, a numerical simulation was performed. From the results, a strengthening method for scaffolds in strong wind will be proposed.

3. Development of a risk assessment method for assembling and dismantling temporary structures under strong wind.

The experiments were carried out on the risk of the assembling and dismantling work of scaffolds in strong wind. Based on the results, the methods for evaluating wind resistance in scaffolds were examined in consideration of the wind environment of the workers.

Keywords; Scaffolds, Strong wind, Collapse, Falling down, Risk

* 建設安全研究グループ Construction Safety Research Group

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^{2,3)}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、新聞紙上を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必要がある。

このため、現在と過去における建設工事中の風による重大災害の発生状況の変化を調査した結果⁴⁾、現在も過去も倒壊災害の10%前後は風が原因とされているものであった。海外における風による倒壊災害の比率も、同様に約10%を占めていた。また、近年発生した風による死亡災害について分析すると、約半数が墜落災害であった。このようなことから考えると、風による足場の倒壊災害防止に加え、足場の組立解体時における風による墜落災害防止に関する研究を行い、強風に対する足場等の仮設構造物工事の総合的な安全対策について検討する必要がある。そこで、平成14年度から平成16年度にわたり、プロジェクト研究「仮設構造物の耐風性に関するアセスメント手法の開発」を実施した。

2. 建設業における風による災害

2.1 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

Table 1 Number of serious accidents in construction industry in Japan from 1971 to 1980.

我が国の建設業における重大災害
発生件数 (1971～1980年, 件)

災害の種類		倒壊	墜落	土砂崩壊	その他	合計
発生件数	全体	215	91	153	389	848
	風	26	2	0	2	30
	比率 (%)	12.1	2.2	0.0	0.5	3.5

Table 2 Number of serious accidents in construction industry in Japan from 1988 to 2001.

我が国の建設業における重大災害
発生件数 (1988～2001年, 件)

災害の種類		倒壊	墜落	土砂崩壊	その他	合計
発生件数	全体	110	95	50	264	519
	風	10	1	0	1	12
	比率 (%)	9.1	1.1	0.0	0.4	2.3

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 1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 2は、1988年から2001年までの近年14年間における、重大災害発生件数を示したものである。両者とも、建設業安全衛生年鑑⁵⁾により調査した。Table 1およびTable 2より、重大災害の発生件数は過去10年間では倒壊、土砂崩壊の順になっているが、近年14年間では倒壊、墜落の順に変化している。いずれにしても、過去も近年も倒壊災害の発生件数が最も多くなっている。

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 1およびTable 2より、過去も近年もほとんどが倒壊災害であった。これを、倒壊全体の中で風による災害の占める比率で考えると、過去も近年も10%前後となりほとんど変化がないことがわかった。

Table 1 (過去)からTable 2 (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仮設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。

また、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) ⁹⁾によって調

Table 3 Number of construction accidents, reported in ENR from 1988 to 2001.

ENRに掲載された建設工事に関連した災害件数 (1988～2001年, 件)

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	99	32	16	11	28	186
	風	9	5	2	1	0	17
	比率 (%)	9.1	15.6	12.5	9.1	0.0	9.1

Table 4 Summary of serious collapse accidents by wind in construction industry in Japan from 1988 to 2001.

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、最大瞬間風速 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) が突風にあおられ、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、最大瞬間風速 29.2m/s の風により建築中の建物が倒壊した。	3
10	仮設のプレハブ小屋	浄水場池棟建設工事において、雷雲が接近したため現場詰め所 (2 階建ユニットハウス) 内に避難したところ、突風を受け詰め所が横転し被災した。	3

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 3は、ENRに1988年から2001年の14年間において掲載された建設工事中の災害の件数を、災害の種類別に示したものである。Table 3より、建設工事全体の総計が186件であったのに対し、風による災害の総計は17件で、その比率は9.1%と高い割合を占めている。災害の種類別で見ると、倒壊が建設工事全体で99件と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9件で倒壊災害全体の9.1%を占めていた。この比率は我が国の重大災害の場合とほぼ同じ約10%であり、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。

2.2 風による倒壊災害の概要

Table 4は1988年から2001年までの近年14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。これら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、および仮設のプレハブ小屋が倒壊したものとに分類することができる。それぞれの発生件数で見ると、足場が4件、施工中の構造物本体が3件、仮設のプレハブ小屋が3件となる。

一方、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、仮設のプレハブ小屋の倒壊が4件であった。これより、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。

建設工事は、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⁹⁾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こととされている。この安全技術指針により施工すれば、場所や

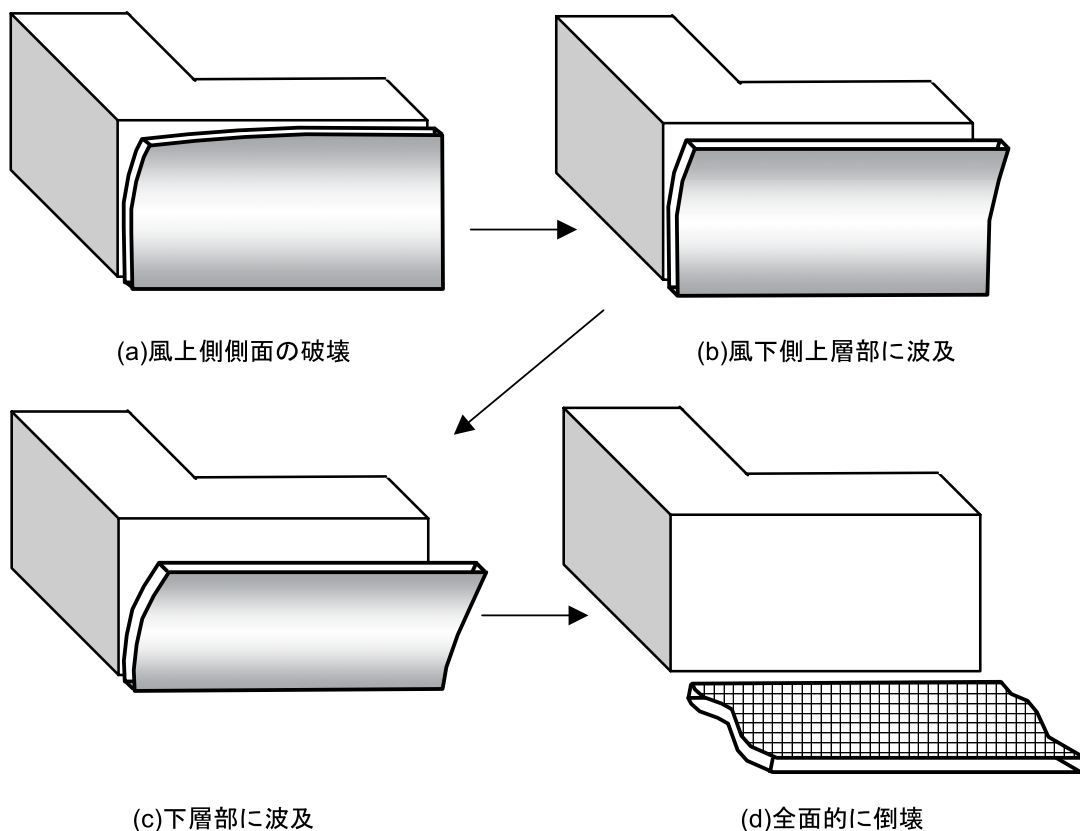


Fig. 1 Situation of the progressive collapse of the scaffolds.

Table 5 Variation of number of deaths by wind in construction industry in Japan from 1988 to 2001.
我が国の建設業における風による死者数の推移（1988～2001年，人）

年 災害の種類	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	計
墜落	5	1	3	1	0	4	3	4	2	4	3	3	2	0	35
飛来・落下	0	1	1	1	1	2	0	2	2	1	1	2	1	0	15
倒壊	0	3	2	0	1	2	0	0	0	3	0	1	0	1	13
その他	1	0	0	1	1	1	2	0	2	0	0	1	0	1	10
計	6	5	6	3	3	9	5	6	6	8	4	7	3	2	73

高さなどにもよるが、安全率を加味すると平均風速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 3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、平均風速20m/s以下の低い風速で倒壊している場合が多くある。このように平均風速20m/s以下の低い風速でも足場の倒壊が発生しており、施工時の安全対策が十分行われていないと考えられる。

2.3 風による足場の倒壊災害事例

風による足場の倒壊災害の、代表的な事例について述べる。本事例は、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人が死傷したものである。

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、Fig. 1に示すようであった。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材が破壊した(Fig. 1 (a))。さらに、壁つなぎ材の破壊が風下側上層部に波及していき(Fig. 1 (b))、続いて足場上層部が傾き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(Fig. 1 (c))。このような壁つなぎ材の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上に倒れた(Fig. 1 (d))ものと推察される。

その他の倒壊事例としては、文献7より解体中の建物の開口部を通り抜けた風により、その反対側に立てられた足場背面に作用する風荷重が増大し、倒壊したのも報告されている。しかし、現行の風荷重に対する足場の設計指針³⁾では、このような建物の開口部の影響については考慮されていない。また、前述したような壁つなぎ材の連鎖的な破壊による倒壊も多く報告されているにもかかわらず、壁つなぎ材の強度、例えば壁つなぎ材の施工誤差の問題についても、現行の設計指針では考慮されていない。

このような状況の中、付録1に2004年(1月から12月)

において新聞紙上等で報道された、風による足場の倒壊災害の主な事例を示す。付録1より、最近になって事例1に示すような重大災害に加え、付録2の写真に示すように電柱を折る、自動車を破損する、道路を通行止めにする等の風による足場の倒壊災害が多発し、一般市民の生活にも大きな影響を及ぼしている。

以上のことから考えると、労働災害のみならず社会的にも影響の大きい強風による足場の倒壊災害を防止するためには、現行の設計指針で考慮されていない、建物の開口部の影響や、壁つなぎ材の施工誤差の影響等を解明するための研究を行う必要がある。

2.4 風による死亡災害

Table 5は、1988年から2001年までの近年14年間において、建設業の中で風によって引き起こされた災害による死者数の推移を、災害の種類別に示したものである。Table 5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。

他の自然現象による死亡災害についても調べると、1996年は風による死者数が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人死亡している。同様に、1997年は風による死者数が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者数が最も多くなっている。その他の地震などによる死亡災害は発生しなかった。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言えば、最も死者数の多い災害であることがわかった。

よって、自然現象による災害の中では、風による災

害を防ぐことが重要であると考えられるが、Table 5に示すように、風による死亡者数の総計は14年間で73人にも上っている。災害の種類別でみると風による墜落が14年間で35人と約半数を占め、次に飛来・落下15人、倒壊13人の順となっている。

これらのことから、強風による足場の倒壊災害防止に加え、足場からの墜落災害の防止に関する研究を行い、強風に対する足場工事の総合的な安全対策について検討する必要があると考えられる。

3. おわりに

以上の調査結果より、強風による足場等の仮設構造物の災害を防止するため、平成14年度から平成16年度にわたり、プロジェクト研究「仮設構造物の耐風性に関するアセスメント手法の開発」を、以下のサブテーマについて実施した。

1. 建設途上の建物・構造物の形状などを考慮した風荷重の実用式の確立

建物における外壁の開口の大きさ、足場の設置状況、風向き等を考慮して実測調査・風洞実験を実施し、足場に作用する風荷重を測定する。得られた実験結果に基づく風荷重の大きさと通常の設計方法で評価される風荷重の大きさの比較から、建設途上の建物・構造物の形状などを考慮した風荷重の評価方法について検討する。

2. 補強材の施工誤差による仮設構造物の倒壊危険性の解明および補強方法の開発

足場の剛性と、施工誤差により多軸応力を受ける補強材(壁つなぎ材)の強度・剛性を実験的に調べ、これらをパラメータとして数値解析を行い、風荷重により補強材に加わる応力の推定、および補強材の施工誤差による倒壊危険性を解明する。これらの結果を基

に、強風に対する足場など仮設構造物の補強方法について検討する。

3. 仮設構造物の組立・解体時の風環境下での危険性を含めた統合的なアセスメント手法の開発

足場など仮設構造物上の作業者の風に対する危険作業について検討し、風環境下での作業者の危険性を実験的に明らかにする。以上の研究成果を基に、足場など仮設構造物の耐風性等を評価するための手法について検討する。

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.
- 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.
- 3) 風荷重に対する足場の安全技術指針, 仮設工業会, 1999.
- 4) 大幢勝利, アーサン・カリーム, 藤野陽三; 建設工事の風による災害に関する現状分析, 日本風工学会誌, No.81, pp.59-70, 1999.
- 5) 建設業安全衛生年鑑, 建設業労働災害防止協会, 1972-81, 1989-2002 (annual).
- 6) Engineering News-Record, McGraw-Hill, 1988-2001 (weekly).
- 7) Yasumichi HINO, Yoshinori YONEYAMA and Katsutoshi OHDO; Causes and Problems of Construction Accidents due to Wind, *Proceedings of 5th Asia-Pacific Conference on Wind Engineering*, Kyoto, pp.373-376, 2001.

(平成17年5月31日受理)

付録1 2004年に発生した風による足場の倒壊災害の主な事例

事例	発生日	最大瞬間 風速(平均)	概要
1	2004/ 2/27	14 m/s (平均)	午前8時半ごろ、道路沿いの工事現場で、足場となる作業台に3人を乗せてクレーンで地上約30mまでつり上げていたが、突風が吹いてバランスを崩し、3人とも落下して2人が死亡、1人が軽傷を負った。また、つり上げていたクレーンも転倒した。
2	2004/ 4/21	27.9 m/s	午後5時ごろ、資材置き場において、強風により足場が倒壊し、作業員ら2人が軽傷を負った。
3	2004/ 4/23	17.8 m/s	午後3時10分ごろ、ビルの新築工事現場で、強風により足場(高さ12m、幅30m)が倒壊し、近隣の建物にぶつかり壁が壊れた。
4	2004/ 4/26	21.6 m/s	午後7時40分ごろ、ビルの壁面塗装のために組まれた足場(高さ15m、幅60m)の一部が強風により倒壊した。
5	2004/ 4/26	7 m/s (平均)	午後8時ごろ、7階建てのビルの新築工事現場で、強風により足場(高さ25m、幅45m)が隣接する公園の駐車場へ倒壊した。
6	2004/ 4/27	32.2 m/s	同日午後、新築工事現場で、強風により足場が倒壊した。
7	2004/ 7/9	17.0 m/s	午後5時10分ごろ、住宅の解体工事現場で、雷雨による強風のため足場(高さ25m、幅20m)が倒壊し、電柱が倒れ1650戸が停電した。
8	2004/ 8/4	24.1 m/s	同日夜、台風11号による強風で、外壁工事用の足場の一部が近隣の鉄道の線路側に倒壊し、同鉄道は翌5日始発から運休となった。
9	2004/ 8/31	23.6 m/s	午前0時10分すぎ、10階建てのビル解体工事現場で、外壁を囲む足場に取り付けられた防音パネル(高さ0.81m、幅1.83m)が、台風16号による強風にあおられ100枚近く落下した。また、足場も折れ曲がった。その際、道路に駐車中の自動車6台が被害を受け、現場前の道路は一時通行止めになった。
10	2004/ 8/31	27.5 m/s	午前5時すぎ、台風16号による強風で、建築現場を囲む足場(高さ15m、幅70m)が倒壊し、農地のビニールハウスを破損した。
11	2004/ 9/7	47.4 m/s	台風18号による強風のため、鉄道の高架橋工事現場4箇所、足場が曲がったり倒壊する被害が出た。
12	2004/ 9/7	10 m/s (平均)	台風18号による強風で足場が倒壊し、工事現場で看板の補強をしていた作業員が頭を打ち負傷した。
13	2004/ 12/5	26.6 m/s	午前4時半ごろ、新築中の建物の外壁に沿って立てられた外装作業用の高さ約50mの足場が、強風により高さ約30mの所から折れるように倒壊した。その際、隣接するビルの屋上に倒れかかりガラスが4枚割れ、外壁の一部を破損した。また、足場を構成する部材が落下し、駐車中の自動車6台が被害を受けた。
14	2004/ 12/5	43.4 m/s	10階建てのビルの新築工事現場で、強風により足場が倒壊した。
15	2004/ 12/5	47.8 m/s	午前5時50分ごろ、7階建てのビルの解体工事現場で、強風により外壁に沿って立てられた足場が道路側に倒壊した。その際、近くの電線や電柱などが、切れたり折れたりした。
16	2004/ 12/5	47.8 m/s	同日早朝、ビルの解体工事現場で、強風により足場が1階部分から倒壊し、近くの電柱がなぎ倒された。
17	2004/ 12/17	31.3 m/s	同日早朝、ビルの解体工事現場で、強風により足場が倒壊し周辺の道路が通行止めとなった。

付録2 強風による足場の倒壊 (読売新聞社提供)

