特集

建築物の『非建築物』の耐風設計の現状と課題

農業施設

Agricultural Structures

佐瀬勘紀^{*1}

森山英樹^{*2}

Sadanori SASE

Hideki MORIYAMA

1. 園芸施設

温室は、気温・光・水分・二酸化炭素などの環境因子を調節する目的で、作物の栽培空間を日射透過性の被覆資材で覆ったもので、人が中に入って作業できる大きさのものである¹⁾。トンネルとは区別される。作物上部に被覆することにより、降雨の抑制や土壌水分の調節を目的として作物上部に被覆したものを雨よけ施設というが、冬季の保温も目的とするものや年間を通じて被覆を撤去しないものも温室に含まれている。わが国の温室設置面積は 52,288ha (2003 年) であり²⁾、面積では世界第二位の規模を有する。

温室は、日射透過性の被覆資材、骨組材、基礎などから構成され、一般建築物と比較して軽量の構造となっている。温室は、被覆資材によってガラス温室とプラスチックハウスに大別される。前者は、厚さ 3～4mm 程度の透明板ガラスで被覆され、構造部材に H 形鋼や角形鋼管などを用いた鉄骨骨組構造である(部分的にアルミニウムを用いるものもある)。ガラス温室の設置面積は、全体のわずか 4.3% にすぎない。後者は、プラスチック資材で被覆され、構造部材によって鉄骨ハウスとパイプハウスに大別される。わが国の施設園芸は、1950 年代の農業用塩化ビニルフィルムの導入が契機となって発展しており、塩化ビニルフィルムで被覆される温室は 66% を占める。鉄骨ハウス

の構造はガラス温室に類似しているが、角柱形や円柱形の独立基礎を用いる点異なる。パイプハウスでは、小径(直径 22mm や 25mm が多い)の曲げパイプ(アーチパイプと呼ばれる)を用いて、アーチ状の屋根を形成する。コンクリート基礎を用いず、パイプを直接地中に押し込む方式であることから、地中押し込み式パイプハウスと呼ばれる。廉価で簡易に設置ができる点が特長であり、わが国の温室の 80% を占める。屋根部にのみアーチパイプを用いた、鉄骨ハウスとパイプハウスの中間的なものもある(鉄骨補強パイプハウスと呼ばれる)。

一般に、温室の設計条件には、①構造条件(耐風・耐雪強度など)、②栽培条件(作物に適する日射その他の環境)、③経済条件(コスト低減)などがあり、これら三条件のバランスが必要である³⁾。特に、光合成を通じた作物生産が目的であるため、日射透過率が高く、日射の分布が小さいことが重要である。温室内の日射量とその分布は、温室の建設方位(棟方位)、屋根勾配、被覆資材、構造部材などに影響される。従って、日射を考慮すると構造や構造部材が制約を受け、強度確保には限界がある。特に、パイプハウスは、強度を犠牲にして比較的高い日射透過率と低コストを実現している。

*1 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所、農業施設工学研究チーム長

Team Leader, National Institute for Rural Engineering, National Agriculture and Food Research Organization

*2 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所、農業施設工学研究チーム主任研究員

Senior Researcher, National Institute for Rural Engineering, National Agriculture and Food Research Organization

ガラス温室や鉄骨ハウスの構造設計は、基本的に「園芸用施設安全構造基準（暫定基準）」⁴⁾に基づいて行われる。この策定の歴史は比較的古い。1968年、農林省は「園芸施設の材質、構造及び強度に関する建築学的研究、当該施設の経済性に関する研究、ならびに災害による損害に対する共済制度の運用の可能性に関する調査研究を実施する」と日本施設園芸協会の前身である施設園芸研究会に通達した。その結果、1970年に「園芸用プラスチックハウスの設計、製作及び施工手引」が作成された。その後、日本施設園芸協会は、建設省をも加えた学識経験者から成る園芸用施設構造安全基準作成委員会を設置して基準の検討を開始し、その検討は農林省の「園芸用ハウス及びガラス室の適正構造に関する調査研究」事業に継承された。その結果、1974年に「園芸用施設安全構造基準（案）」が策定され、農林省はこの基準（案）を都道府県に通達している。この改定が行われた後、名称は「案」から「暫定基準」に変更された（1975年）。以来、数度にわたって見直しや改定が行われたが、これらは、施設園芸の進展、地域の実情、研究成果などを考慮してのものである。1997年に改定された「平成9年度版」が最新のものである。

パイプハウスは、上記の暫定基準の構造計算に係わる規定の適用範囲外となっている。「鉄骨ハウスが剛体構成であるのに対し、パイプハウスのパイプ接合点は摩擦抵抗構成であること、パイプハウスにコンクリート基礎がないこと等から、構造計算が困難」⁵⁾であることがその理由である。そこで、暫定基準と同じようにパイプハウスについても検討が行われ、1998年に「地中押し込み式パイプハウス安全構造指針」⁵⁾と「園芸用鉄骨補強パイプハウス安全構造指針」⁶⁾が策定された。これらは暫定基準と共に広く活用されている。

暫定基準では、温室に作用する荷重及び外力として、固定荷重、内部装置等による荷重、積雪荷重、風圧力、地震力、作物荷重などを考慮する。風圧力は、高さ10mの最大瞬間風速（設計用風速）と風力係数から求められる。各地点について、再現期間に応じた風速値が提示されており、安全度と耐用年数に応じた再現期間から設計用風速が決められる。安全度は、小規模の温室が50%、大規模な温室が70%である。耐用年数は、10年、15年、または20年である。例えば、安

全度が50%で耐用年数が10年の場合、再現期間は15年となる。一方、安全度が70%で耐用年数が20年の場合、再現期間は57年となり、最も高い設計用風速が用いられる。なお、温室の周囲に防風施設がある場合、風の速度圧は50%まで減じることができる。

各種形状の温室について風力係数が提示されているが、局部的に大きな負圧が生じる屋根周辺部（棟、けらば、軒など）については、屋根の幅または長さの10%に該当する領域（3mを越える場合は3m、ただし、連棟温室の谷部は除く）の風力係数を1.5倍とする。複数棟の温室が隣接して建設され、温室団地を形成しているような場合、この局部風圧を考慮する領域は温室団地の周辺部に限られる。すなわち、温室団地のうちで最も外側の妻面側の屋根、あるいは、側壁側の屋根に限られる。一方、1棟の間口が小さい（3.2mあるいは4m）連棟温室であるダッチライト型（フェンロー型）ガラス室については、奥行き10%に該当する妻面側の屋根と、両端棟の外側の屋根の風力係数を1.15倍とする。

地中押し込み式パイプハウス安全構造指針では、構造計算に用いる荷重は原則として暫定基準を適用するとしているが、設計用風速は再現期間15年の数値を用いる。一方、園芸用鉄骨補強パイプハウス安全構造指針では、屋根のアーチパイプなどを除いた鉄骨架構部分にのみ暫定基準に準拠した構造計算を行い、安全性を確認することとなっている。

なお、欧州経済共同体（EEC）では、欧州基準委員会（CEN）が温室の設計基準を制定している（ただし、個々の国の条件を満たすように部分的に修正係数を適用）⁷⁾。ここでは、温室はガラスあるいは硬質板で被覆されるものと、プラスチックフィルムで被覆されるものに分類される。また、耐用年数は、前者は15年または10年、後者については、5年がさらに加えられている。設計風速の決定に必要な再現期間は、耐用年数と同一である。米国では、ASABE（米国農業・生物工学会）が農業施設の風荷重の基準を策定している。

2. 畜産施設

戦前における我が国の畜産業は、極めて小規模であった。例えば、牛の飼養頭数は、1～2頭程度であった。そのため、畜産施設は、住居と一体化したものが

多かった。岩手県の南部曲り家などが、人馬一体住宅として有名である。戦後、飼養規模の拡大と共に、畜産施設は畜産専用の施設として住居から分離し、種類別に特化していった。畜産施設の発祥が住居の付属施設であったため、その構造に対しては、一般建築物に関する建築基準が適用されてきた。しかし、畜産施設はあくまで生産のための施設であり、設計規準の規制緩和が必要とされる基盤は元々存在していた。この点で、トンネル栽培から利用が開始され、徐々に“建築物化”してきた経緯を有する園芸施設とは、事情が若干異なっている。

近年における畜産業は、1994年のウルグアイラウンド農業合意以降、牛肉の関税引き下げなど、厳しい状況に立たされた。そのため、畜産施設建設コスト低減のために、畜産施設建設に関する基準の緩和が強く求められるようになった。このような状況の中で、(社)日本畜産施設機械協会が中心となって「畜舎設計規準」⁸⁾が作成された。畜舎設計規準は、建築基準法第38条の規定に基づき、1997年3月21日付けで、建設大臣により認定された。畜舎設計規準は、この後2度の改訂を経て、2002年の国土交通省告示第474号「特定畜舎等建築物の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める等の件」をはじめとする、いわゆる「畜舎・堆肥舎の建築設計に係る告示」(以下、告示と呼ぶ)⁹⁾に発展するが、基準緩和に関する基本的な考え方に大きな変更はない。

基準の緩和は、「滞在強度」の概念を導入して進められた¹⁰⁾。滞在強度とは、建物の中に人間が滞在している時間と密度の積で表される。畜産施設内における人間の滞在時間および密度は、一般建築物の場合に比べると非常に小さい。そのため、畜産施設の構造強度を落としても人間に対する安全性が下がることは確率的にないとして、荷重条件などを緩和した。滞在強度の概念の導入に際しては、イギリスにおける農業建築物に関する滞在強度別のクラス分けなどが参考にされた。

告示では、家畜・家きんを収容する施設(以下、畜舎と呼ぶ)および家畜排泄物処理・保管施設(以下、堆肥舎と呼ぶ)を「特定畜舎等建築物」と定義している。告示は、滞在強度を考慮して、特定畜舎等建築物を一般建築物と区別し、畜舎および堆肥舎の構造安全性を確保する目的で定められた。特定畜舎等建築物と

して建築基準法の規制を緩和されるには、以下の条件を満たさなければならない。

- (1) 木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造、補強コンクリート造およびこれらを併用した構造であること
- (2) 階数は1であること
- (3) 最高高さは13m以下で軒の高さは9m以下であること
- (4) 主要柱相互の間隔は15m以下であること
- (5) 建設地は市街化調整区域外で居室を設けないこと

地震時の安全性を考慮し、階数が1の施設のみを特定畜舎等建築物に該当するとしている。また、特定畜舎等建築物が不測の事態によって倒壊する場合に、当該施設の範囲外に被害を及ぼさないことを想定し、住宅などの密集度が小さな市街化調整区域外の施設を告示の対象としている。

構造計算を行う荷重の種類は、固定荷重、積載荷重、積雪荷重、風圧力、地震力である。しかし、積雪荷重および風圧力については、特定畜舎等建築物の用途に応じた軽減値によって、荷重を緩和している。特定畜舎等建築物は、「堆肥舎」、「飼養施設」、「搾乳施設等」に区分されている。設計荷重のうち、風圧力については、「建築基準法の適用を受ける建築物や工作物」の項で述べたように、緩和することができる。

堆肥舎は、他の施設に比べると格段に滞在強度が小さい。また、堆肥舎が処理・保管しているのは、家畜・家きんに比べて価値の低い堆肥である。従って、低減係数も他の施設に比べて小さな値となっている。告示による速度圧算定方式の中で、国土交通大臣が定めた風速に低減係数を乗じて、速度圧を低減させる。

$$q_H = 0.6 \times E \times (V_0 \times R_W)^2 \quad (1)$$

$$E = E_r^2 \times G_f \quad (2)$$

ここに、

q_H : 速度圧

E_r : 平均風速の鉛直分布係数

G_f : ガスト影響係数

V_0 : 国土交通大臣が定めた基準風速

R_W : 特定畜舎等建築物の種類に応じた係数

また、風速の鉛直分布係数を求める際に、特定畜舎等建築物の場合は、基準高さにおける風速一定範囲の下限值 Z_0 は 3m でよいとしている。なお、軽減した風圧力を採用した施設については、出入り口などの見やすい場所に、特定畜舎等建築物の種類、採用した風速 V_0 および低減係数の値など、低減の実況を表示することが推奨されている。

風力係数については、一般建築物に準じることができる。しかし、畜舎は壁面、棟、軒の開口部が大きく、令第 87 条の風力係数をそのまま適用することは困難である。一般建築物に比べて、施設内部を風が流れる要因が大きい。そのため、既存の風力係数が適用困難な施設については、「適切な風洞実験に基づいて求めた値」を採用する。

図1 畜舎に関して求めた風力係数の例：

(a)セミモニタ、(b)片流れ

(Coefficient of wind force obtained for livestock building:

(a) Semi-monitor (b) Pent roof)

畜舎および堆肥舎に多く使用されている、切妻、オープンリッジ、片流れ、セミモニタ、モニタ大（モニ

タ幅が間口の 1/3）、モニタ小（モニタ幅が間口の 1/8）の各タイプの屋根形状について、風洞実験が実施されている（図1）¹¹⁾。風洞実験による風力係数は、両妻面端部骨組で大きな値となる。妻面端部の骨組に支柱などが設置されない場合には、当該部分の風力係数に 30% 程度の割り増しを行わなければならない。

参考文献

- 1) 日本施設園芸協会編：五訂版施設園芸ハンドブック，日本施設園芸協会，2002.
- 2) 農林水産省生産局野菜課編：園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況，日本施設園芸協会，2005.
- 3) 佐瀬勘紀，豊田裕道：農業施設（日本風工学会風災害研究会編「強風災害の変遷と教訓」），日本風工学会風災害研究会，pp.63-68，2000.
- 4) 日本施設園芸協会編：園芸用施設安全構造基準（暫定基準）-平成 9 年版-，日本施設園芸協会，1997.
- 5) 日本施設園芸協会編：地中押し込み式パイプハウス安全構造指針，日本施設園芸協会，1999.
- 6) 日本施設園芸協会編：園芸用鉄骨補強パイプハウス安全構造指針，日本施設園芸協会，1997.
- 7) European Committee for Standardization: European Standard EN 13031-1 Greenhouses: Design and construction - Part 1: Commercial production greenhouses, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, 94 pp., 2001.
- 8) 中央畜産会，日本畜産施設機械協会編：畜舎設計基準・同解説，2000.
- 9) 中央畜産会編：畜舎・堆肥舎の建築設計に係る告示・解説，2002.
- 10) 中央畜産会，日本畜産施設機械協会編：畜舎設計基準・同解説のポイント，2000.
- 11) 日本畜産施設機械協会編：畜舎用風力係数算定のための風洞実験測定報告書，1998.