

## 論文の内容の要旨

### 論文題目

台湾における住宅の通風利用に関する研究  
- 密集市街地における連棟式町屋を中心として -

### 氏 名

涂玉峰 (トウ ギョクホウ)

地球環境問題への取り組みが進む現在において、高温多湿気候に属する地域での通風利用がクローズアップされてきている。そのような背景のもと、本研究は、人口集中化が顕著な高温多湿気候下の台湾における通風利用に関し、気象データの解析、アンケート調査および実測による通風利用状況の調査を行うとともに、特に密集市街地における連棟式町屋を中心とし、風洞実験、数値シミュレーションから通風利用向上手法の提案を目的としたものである。

近年、人口密度が世界第2位である台湾の人口は少子化の影響で安定していく傾向があるものの、都市への人口集中は続いている。2003年において、全国でのエアコンの所有率が85%であるのに対し、都市においては90%以上と高いことからわかるように、過密化に伴うエネルギー消費量の増大や土地被覆状況の変化などから、ヒートアイランド現象を始めとした温熱環境問題が生じている。台湾では、近年「緑建築」(Green building)に関する様々な動きがあり、日本の建築基準法施行令に相当する「建築技術規則」に、「緑建築専章」が2004年に定められ、2005年元旦から施行されているが、その中でも、省エネルギーの観点から通風利用向上技術が期待されている。

台湾においても住宅の通風に関する研究は行われているが、その多くが中高層住宅を対象としたものであり、密集市街地の低層住宅に関するものは皆無である。また、気象データの解析、アンケート調査および実測に基づく通風利用実態に対する検討、さらに、風洞実験による系統的な風圧係数データに基づく検討というように、系統的な研究がなされていないという問題があることから、本研究を行うこととした。

本論文の構成は、以上のような研究の背景・目的などを記した「第1章 序論」に続き、「第2章 台湾の気象条件に基づく通風利用の可能性に関する検討」「第3章 密集市街地における通風利用の実態調査」「第4章 密集市街地における住宅の現状の通風性能に関する検討」「第5章 屋根面の工夫による通風性能向上の効果に関する検討」「第6章 通風性能向上による快適性と住宅の省エネルギーの効果に関する検討」および「第7章 総括」からなる。

以下に、第2章から第7章の概要を示す。

第2章では、まず、1992年から2001年までの10年間の気象データに基づく外気温湿度、風速風向および風速累積頻度分布を示し、さらに、台湾における14箇所のクリモグラフ等のマップを作成した。また、風圧力計算用の風速累積頻度分布の検討を行った結果、台湾の全風向の風速頻度分布はGumbel分布で近似できることが既往研究により報告されているが、3パラメータのWeibull分布は風向によらず、台湾の気象データによる風速観測値を最も近似できることが分かった。また、簡便性を考慮した場合には、2パラメータのWeibull分布とGumbel分布とも風速累積頻度分布に適するという知見も得られた。

次に気象データに基づきDI(不快指数)によるパッシブ手法導入および新有効温度ET\*による通風利用時数について検討した。DIによる1,2月の夜間台北、台中等の少数都市においてパッシブヒーティングの検討期間がある一方で、西南の都市ほどクーリングの必要な期間は長くなるが、全体としてクーリングを検討しなければいけない期間が長いといえる。風速が0.13m/sの一般的に室内で用いるET\*の快適範囲に基づく通風利用時数は都市ごとに年間1200~2400時間である。既往研究により風速が1.0m/s高くなると温度を3.3上げなければ同様なET\*にならないということでET\*の快適範囲を修正した場合には、1500~3900時間と長くなる。これより、ET\*の快適範囲内の通風利用可能時期(多くの官署で晩秋から早春)の風速を調べたところ、年間平均風速より高いことがわかった。つまり、台湾での通風利用の可能性は高いと期待されるが、実際には、いかに通風利用するかについての調査が必要である。

第3章では、2章の結果を踏まえ、アンケート調査により、台湾における住宅の開口部特性・通風利用状況及び夏季におけるクーラーの使用実態等の現状を把握した結果について述べている。台湾の住宅においては、開口部に防犯用面格子を設置する割合が4割に近く、また、9割の開口部に網戸が設置されているため、風洞実験や数値流体解析を行う際には、面格子・網戸の存在を考慮する必要があることがわかった。

さらに、通風可能時期を予測する際、気象データばかりでなく、居住者の空調機使用習慣や建物の熱容量に配慮しなければいけないことが分かった。気象データ解析から通風可能時期と判断される期間ばかりでなく、夏季にも窓を開放する生活習慣が台湾では定着しているものの、5階以下を居住スペースとする住戸では、十分な室内風速が得られないという不満が多いことを示した。さらに、夏季のクーラー使用期間には、住宅形態より地域要素の及ぼす影響が大きい、設定温度は地域によらずほぼ25であるという結果が得られた。

2004年1月30日から2004年10月17日まで、高雄にある連棟式町屋で、外気を含めて温度・湿度を実測した結果から以下の知見が得られた。室内温度は気象データより高く、湿度は低い傾向がある。6,7月を除くと、夜間の外気温度が室内の3,4階より2以上低

いため、夜間換気による室内熱環境改善効果が期待される。季節を問わず、昼間の室内温度は上が高く下が低く、換気駆動力に悪影響に与えるので、より大きい風力換気が必要である。

第4章では、3章のアンケート調査から得られた。台湾では窓を開けて生活する習慣が定着しているものの、5階以下を居住スペースとする住戸では、十分な室内風速が得られないという不満が多いという知見を踏まえ、連棟式町屋いわゆる透天住宅(一般に3~4階建て)の通風性能について、風洞模型実験および換気回路網計算で検討することとした。

まず、風圧模型は、縮尺率 1/80 として測定対象の建物模型が周辺模型の中心に位置するように作成した。再現範囲は、測定対象を中心として建物高さの 2.5 倍とした。流入風は地表面粗度区分 地域にあたるべき指数 0.27 の境界層とした。風圧係数を 16 方位の風向について測定し、密集市街地のみならず、郊外でも応用できるよう、単体、連棟、街区、エリア計 4 つの配置で透天住宅の外皮の風圧係数を求め、データベースを作成した。また、他の配置と異なり、密集市街地を模したエリア配置の風圧係数が風向によらず、外壁・屋根面はほとんど負圧になることを明らかにした。

次に、換気回路網計算で各配置における住宅の通風量を算出した。換気回路網計算は Newton-Raphson 法により計算した。また、熱線風速計で測定した通風模型実験の結果と照合した。この結果、エリア配置における通風量は他の配置と比べ大幅に低いことがわかった。

透天住宅の 1 階部分は、正面の壁面が上階に比べ柱 1 間分後退し、間口が狭く奥行きがあるのが特徴である。また側壁を隣の住戸と共有しているため、外気に接する開口部は前後の壁面あるいは屋根面にしか設置できない。したがって、何らかの工夫をしなければ十分な通風性能が得られないと考えられる。換気駆動力を上げることは、隣棟間隔を大きく広げれば可能であるが、密集市街地では公園や大通、空き地が隣接していない限り難しい。

さらに、3章にて述べた面格子および網戸の通風性能に与える影響を検討した。この結果、風洞実験により嵌め込み面格子を設置する開口部の流量係数平均値は、面格子の開口率に比例することが分った。また、網戸を設置した開口部の流量係数は、網戸の自由面積率と風向・風速にかかわるため、通風量はさらに低下することが考えられる。開口部を完全開放として、面格子・網戸なしでエリア配置の通風量を算出したところ、開口部の全風向の平均風速は 0.1m/s と弱く、両者が設置された場合はより低下する。したがって、壁面を改善しても、開口部の工夫だけでは十分な通風は期待できず、より通風を促進するためには、大きい風圧力を有する屋根面を生かす必要があることが示唆された。

第5章では、4章の結果を踏まえ、屋根面の工夫による通風促進手法を検討した。検討した方策は、天窓 陸屋根の階段直上に天窓を設置 一層付加 + 天窓 建物の上に切妻屋根を加え、天窓を設置 通風塔 階段を延長した通風塔を設置 の3つである。

まず、その結果、通風塔に関しては、 $\alpha$  の条件を検討するための風圧係数を求めた。側面の風圧は風向角により変化するため、卓越風を把握して利用しなければならないのに対し、上面は風向角によらず比較的安定した負圧を確保できることから、上面を通風開口として利用することにした。次に、全風向の平均通風量を検討した結果、面格子・網戸を設置した条件での現状の通風量を基準とすると、天窗では 2.4 倍、一層付加 + 天窗では 3.9 倍、通風塔では高さにより 3.3~7.6 倍の通風促進効果が得られた。現在、連棟式町屋では、階段の真上に階高 1 層分の階段室の設置されることが多い。さらに、階高 1 層分を追加することは可能性が高いと考えられるが、その場合の通風量は現状の 5.6 倍である。通風塔を実用化するには雨除けが必要になると考え、雨除けが通風に及ぼす影響を検討したところ、高さ 1/4 層分の雨除けの場合、通風量の低下は 1 割以内に納まることを確認した。

第 6 章では、4 章及び 5 章にて検討を行った屋根面の工夫が室内冷房負荷、ET\*に基づく通風利用時数及び快適感に与える影響を評価し、これによるエネルギー消費量の削減効果の検討を行った。まず、3 章にて実測された高雄における連棟式町屋を計算対象とし、熱・換気回路網数値シミュレーションソフトを用いて、熱換気回路網計算を行い、実測と比較することで、その有効性を検証した。

次にこのソフトを使い、パッシブ手法の導入効果を ET\*に基づく通風利用時数で検討した。2 章において示したクーリングの必要な期間の一番長い高雄を計算対象として、通風塔を階高 2 層分とする屋根面の工夫を導入したケースでの ET\*に基づく通風利用時数の計算を行い、屋根面の工夫を未導入のままの現状と比較した結果、通風利用時数の増加量は 5 月~10 月には 50 時間未満と少なかったが、11 月~4 月には約 500 時間伸びることが判明した。ただし、PMV による快適感は現状よりわずかに向上するだけであった。

次に、通風および冷房を併用した住宅にて、屋根面の工夫を導入したことによるエネルギー消費量の削減効果の検討を行った。その結果、2 層分通風塔の除去全熱量は現状より 2 割削減することが確認された。高温多湿気候下の密集市街地における連棟式町屋のエネルギー消費量を削減するためには、通風促進効果を生じる屋根面の工夫を導入することが重要であることが示唆された。

第 7 章では、本研究の総括的な結論及び今後の研究課題を示した。