名護のひんぷんガジュマル倒木対策について

宮城敏明，牧野敏明

株式会社　沖縄建設技研（〒901-2126　沖縄県浦添市宮城三丁目 7 番 5-103 号）

キーワード：倒木対策、台風、風荷重、鋼構造、ひんぷんガジュマル

1.はじめに

沖縄県名護市の中心部には、「ひんぷんガジュマル」と呼ばれる巨木があり、長年にわたって市民に親しまれ、名護の街はこのガジュマルとともに発展してきた。ひんぷんガジュマルは樹齢 300 年とも言われる巨木であり国指定天然記念物となっている。しかしながら平成 14 年の台風で南側に傾いたため、倒木のおそれがあった。ひんぷんガジュマルは県道 84 号線の中央、幸地川の縁に生育しており、戦後の街路整備により周辺が舗装され、樹木の生育環境として好ましいとは言えない状況となっており、樹勢が弱くなったことが台風により傾いた一つの原因と考えられている。ひんぷんガジュマルは名護のシンボルであり、倒木対策により往時の樹勢を回復し、今後より大きく育ててゆくことが市民の要請となった。

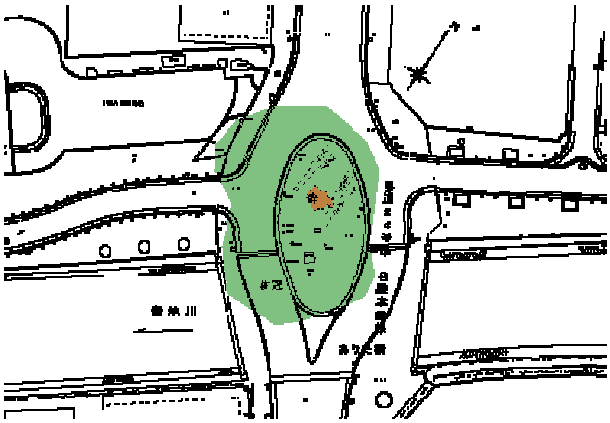
ここでは、ラーメン構造によるひんぷんガジュマル倒木対策の概略について述べる。

2.ひんぷんガジュマルの現状

名護市教育委員会文化課が平成 21 年度に実施した根系調査では、写真-2 に示すように根が細く少ない状況で、根鉢内の下層に残る過去の路盤材などが根の成長を阻害している可能性もある。

ひんぷんガジュマルは市民の財産であり文化財でもあることを踏まえ、有識者による懇話会において、倒木対策に関して幅広い議論がなされた。懇話会での審議の結果、道路を切り回しガジュマルが根を下ろせる場所を確保するなどの抜本的な対策を行うことが将来的に必要とされた。一方、台風により倒木させないために、短期的対策としてラーメン構造による倒木対策が推奨案として選出され、以下のような提言がなされた。

写真-1 名護のひんぷんガジュマル(S61 年)



図－1 ひんぷんガジュマル平面図

写真－2 根系調査

①ラーメン構造及び木支柱やワイヤー等による補助工法との併用とする。
②県道 84 号線の交通障害とならないようにフレームの道路部建築限界高さ 4.5m以上を確保する。
③ラーメン構造のフレーム高さは、ガジュマルの生育状況からｈ＝5.0m程度とする。
④木支柱を併用することにより樹木の成長に配慮する。
⑤施工時に根系へ極力影響を与えない、また成長の障害とならない基礎形式とする。
⑥フレームは塗装鋼材を用い、特に基部は防錆処理を行う。
⑦フレームにはヘゴや竹等による巻き立てを行い、気根の成長や熱対策及び景観に配慮する。

3.倒木対策工の設計

(1)名護における風速の観測データ

台風による倒木を防ぐことが目的であることから、風荷重の設定は重要な課題となる。図-3 に、気象庁観測による名護市における過去の風速観測結果を示す。1974 年から観測記録が残されており、名護市における最大瞬間風速は、2002 年に観測された 57.9m/s である。

(2)風速の鉛直分布

土木分野で流体の流速分布をモデル化する際には、半理論式である対数分布則を用いることが多いが、建築風工学の分野では、経験式であるが実際の風速分布により適合すると言われるベキ法則が用いられる。

$$U_z = U_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^{\alpha} \qquad (1)$$

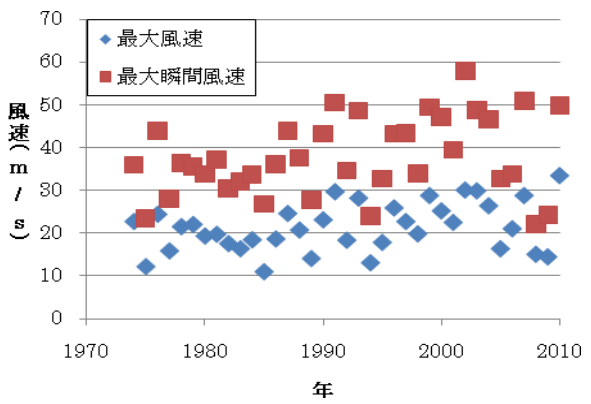


図-3 名護における風速観測値

ここに、 Uz：高度 Z(m)における風速
U_0：高度 0(m)における風速
Z_0,Z:高度(m)
α ：べき指数
Ⅰ郊外 α=0.10
Ⅱ郊外 α=0.15
Ⅲ市街地 α=0.20
Ⅳ都市 α=0.27

分布を特徴づけるベキ指数は、建築基準法施行令関連の告示に基づき、同施行令における区分Ⅱ郊外を想定して 0.15 とした。

今回の倒木対策は暫定的なものという位置付けであり、20 年程度の供用期間を見込んでいることから、安全側に見積り、再現期間 50 年の風速を見込み、U_{10}=55(m/s)を荷重の概算に用いる風速とした。

(3)風荷重の算定

ガジュマルに作用する風荷重は、風速分布から流体力学公式により求められる。

$$WL = \int_0^h \frac{1}{2} Cd \cdot K \cdot \rho \cdot U_Z{}^2 \cdot B_Z \, dz \quad (3)$$

ここに、 WL：風荷重 (N)
Cd：抵抗係数 1.2
K ：吹き抜けを考慮する係数、0.85
ρ ：空気密度 1.2(kg/m³)
Uz：高度 z(m)における風速 (m/s)
Bz：高度 z(m)における樹冠幅 (m²)
Z ：高度 (m)
h ：ガジュマル樹高

抵抗係数 1.2 は、板や壁の様な物体を想定しているが、ガジュマルは樹木であり、枝葉の間を風が通り抜けるだけでなく、風速の増大とともにしなりが増し枝葉が大きくたなびくことを考慮に入れ、これに 0.85 を乗じ荷重を低減している。

式(3)から求めた風荷重を表-1 に示す。

表-1 荷重と荷重重心

荷重総和	荷重重心位置
332 kN	地上から 9.2m

ガジュマル自身は構造的に片持ち梁とみなせるため、ガジュマルをどのように支えるかにより構造に対する荷重の負担が変化する。このため、ガジュマ

ルおよび鋼製フレームを統合してモデル化し、３次元フレーム計算により、構造強度の検討を行った。北風 55(m/s)時の構造計算結果の例を図-4 に示す。

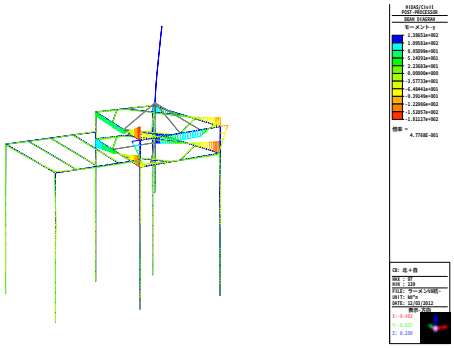


図-4　モーメント図（北風時）

(4)ガジュマルへの構造的な配慮

懇話会の提言にもあったように、ひんぷんガジュマルは樹木であり現在も生育していることから、物理的な支えとなる倒木対策工には通常の構造物とは異なる配慮が必要となる。

基礎については、根系へおよぼす影響を最小に抑える必要があり、長大な掘削やコンクリートのアルカリ成分等を避けることが望ましい。このため、倒木対策工では回転圧入工法による鋼管杭を用い、ネジ状にらせん型の加工がしてあり他工法に比較して小径で支持力がとれる鋼管杭φ318 を使用した。

倒木対策工は鋼製であるが、直接樹木を鋼部材に固定すると、風により動揺した際の摩擦等によりガジュマルが傷つくおそれがある。また、成長等の影響により幹や枝を固定する位置は、その都度状況に合わせることが望ましい。

このため、主構造に対して、枝固定部は別部材として適宜移動できるようにし、枝と触れる部分には丸太等を緩衝材として用いることとした。図-5 にイメージ図を、写真-3 に竣工状況を示す。

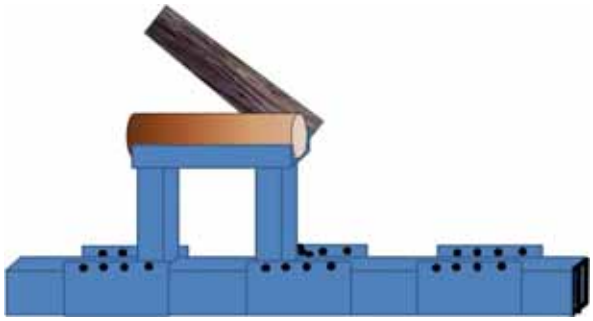


図-5 枝固定イメージ図

4.倒木対策効果の検証

(1)台風時風速観測

設計風速は気象台の風速観測値に基づき設定し

写真-3 倒木対策工 竣工状況

たが、ガジュマル付近における実際の風速は不明であるため、倒木対策フレームに風速計を設置し風速を測定し検証した。観測は、台風来襲時を対象として計 5 回行った。風速計は、風向の影響を考慮し、２台をひんぷんガジュマルの東西に設置した。

表-2 風速観測概要

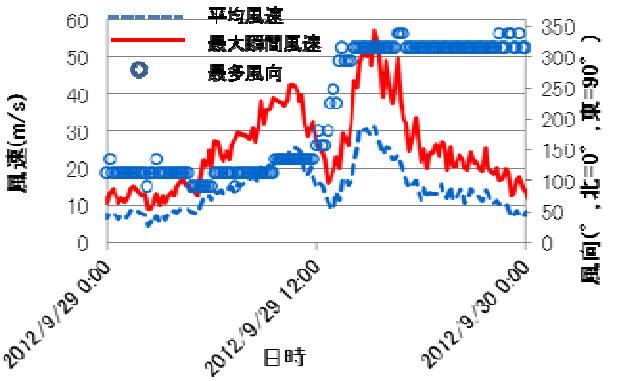
月日 (H24)	内容	備考
6 月 18 日	台風 4,5 号観測	気象台 23(m/s), 現場 12(m/s)
8 月 6 日	台風 11 号観測	気象台 35(m/s), 現場 15(m/s)
8 月 22 日	台風 14,15 号観測	気象台 38(m/s), 現場 23(m/s)
9 月 16 日	台風 16 号観測	気象台 51(m/s), 現場 23(m/s)
9 月 26 日	台風 17 号観測	気象台 58(m/s), 現場 27(m/s)

(2)台風時風速観測

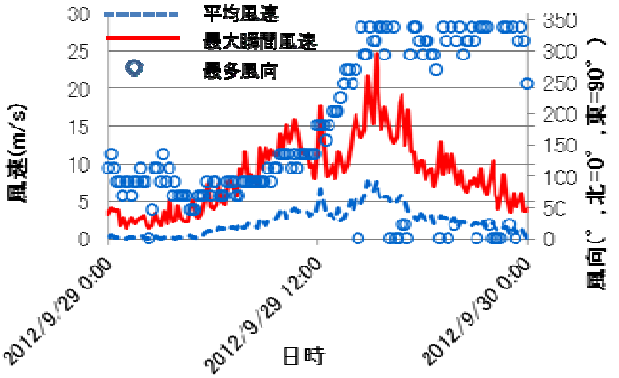
最も大きな風速が観測された台風 17 号来襲時の観測結果を図-6 に示す。同図は、名護気象台、ガジュマル西側およびガジュマル東側の観測値をそれぞれ表す。

同図(a)気象台の観測記録から、29 日未明から南東の風が徐々に強くなり、29 日正午頃に最接近し、南東の風が北西の風となり、午後 2 時ころ最大瞬間風速約 58(m/s)を記録していることがわかる。

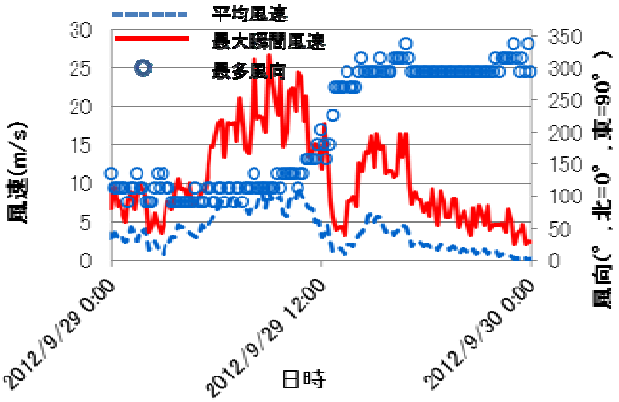
同図(b)(c)に示すように、ひんぷんガジュマル付近での最大瞬間風速は、西側で約 25(m/s)、東側で約 27(m/s)と、気象台観測値に比較して小さい。これは、気象台の観測高さ 25.5(m)に比較してガジュマル付近での観測高さは 10(m)と低いことに加えて、建物が風を遮蔽しているためである。



(a) 名護気象台観測値



(b)ひんぷんガジュマル西側観測値



(c)ひんぷんガジュマル東側観測値

図-6 風速観測結果

設計風速と観測値および風速鉛直分布の関係を図-7 に示す。設計時には風速鉛直分布のベキ指数α=0.15 を採用したため、これを用いて気象台観測値から風速分布を推定すると、同図中の青色実線となる。ここから得られる高さ 10m での風速は約 46(m/s)であるが、実測値は約 25(m/s)であり、設計時に想定された風速よりも小さく、安全側の設計であることが確認された。

(3)フレームの変形観測

フレーム形状を定期的に観測することで、倒木対策工が設計通りの剛性を発揮していることを確認した。図-8 にフレーム観測の結果を示す。同図は竣工時を原点として、もっとも荷重負担割合の大きいT-6

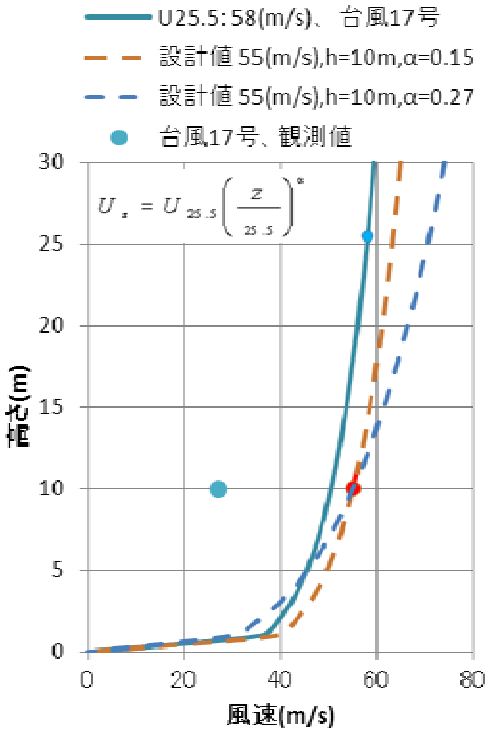


図-7 設計風速の検証

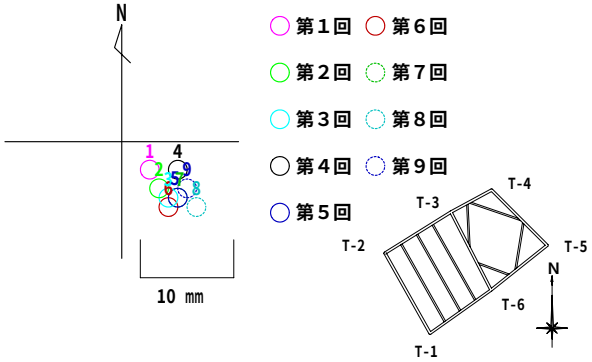


図-8 フレームの変形観測

柱の頂部の変位を表している。観測では数ミリの誤差が避けられないため、バラつきがあるが、おおむね数ミリの範囲に収まっている。また、台風 17 号通過前後となる、第 7 回および第 8 回の比較においても大きな変位はなく、台風を想定した倒木対策工として機能していることが検証された。

6.おわりに

倒木対策工は、樹木の育成を目的とした構造物であり、通常の構造物でないこと設計に大きく取り入れる必要があった。このため、設計荷重の設定、基礎工の選定基準、樹木との接続等について、懇話会での提言、名護市教育委員会の意見を基にして設計を行った。付記して謝意を表する。

参考文献

1) 構造物の耐風工学：(社)日本鋼構造協会