

津波漂流物における衝突力推定に関する検討 -気中における木材の衝突実験-

電力中央研究所 正会員 ○高島 大輔 正会員 木原 直人 正会員 甲斐田 秀樹
非会員 柴山 淳 正会員 宮川 義範 正会員 池野 正明

1. はじめに

津波によって生じる建造物の損傷要員のひとつとして、木材や自動車、船舶などの津波漂流物による衝突が挙げられる。津波漂流物による影響を評価する方法として衝突力を推定する方法が考えられ、これに対する数々の推定式が提案されている^{例えば[1]}。これらの推定式は、適用範囲やパラメタの設定方法などが必ずしも明確ではなく、推定式により得られる結果が異なるなど、適用には注意が必要である。

本研究では、津波漂流物における実用的な衝突力推定方法の提案を目的とする。本報では、まず、木材に対して実施した衝突実験について報告する。

2. 実験方法

図1に気中衝突実験の様子を示す。気中衝突実験では、木材の長軸方向が地面と水平になるようにクレーンで吊るし、人力で鋼板に衝突させた。尚、鋼板は、その背面に設置した設置用の固定治具に40本の鋼棒で支持されており、衝突時に発生する鋼棒のひずみを計測し衝突力に換算した。また、木材にマーカを取付け、画像解析により衝突速度を計測した。衝突体に用いた木材の諸元を表1に示す。木材のヤング率は、打音試験により取得した。実験では、木材の衝突方向を鋼板に対して木材の長軸を垂直（以下、縦向き）、及び平行（以下、横向き）の2方向とした。

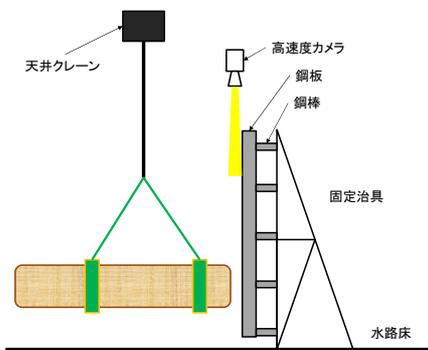


図1 気中衝突実験の様子

表1 木材の諸元

名称	直径 [mm]	長さ [mm]	質量 [kg]	ヤング率 [GN/m ²]
マツ	420	2000	179	11.2
スギ	382	2000	156	9.1

3. 実験結果

図2に衝突力の時刻歴波形の一例と衝突力の大きさ及び作用時間の定義を示す。さらに、図3にはマツにおける衝突速度と作用時間の関係を示す。図3によると、衝突速度が小さい範囲では、作用時間0.008~0.025秒においてバラつきが見られるが、衝突速度の増加に伴いバラつきが小さくなり、本実験の範囲では概ね0.01秒程度であった。

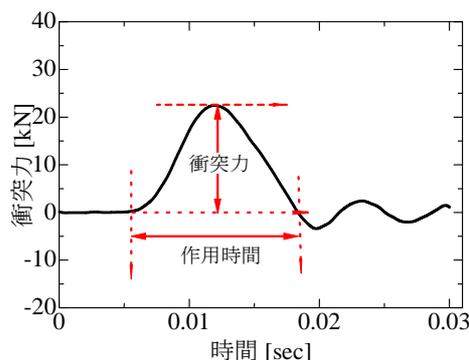


図2 衝突力・作用時間の定義

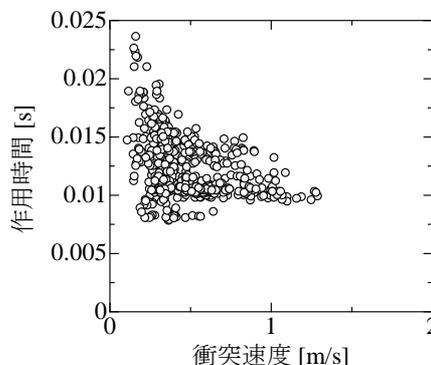


図3 衝突速度と作用時間の関係

キーワード 衝突力, 木材, 衝突実験, 津波漂流物
連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646

(一財)電力中央研究所 地球工学研究所 TEL 04-7182-1181

マツ及びスギにおける衝突速度と衝突力の関係を、それぞれ図4、図5に示す。木材の種類に関わらず、縦向き衝突時であれば、衝突力が衝突速度に対して概ね比例関係にあることがわかる。横向き衝突時では、一部のケースで衝突力が大きくなっているが、ほぼ比例関係である。これは、横向き衝突時のケースの内、多くのケースで、衝突時の木材の長軸が鋼板に対して僅かに角度を有しており、一方で、衝突力が大きくなるケースでは、長軸が鋼板と平行のまま衝突していたことによるものと考えられる。さらに、衝突向きと衝突力の関係に着目すると、縦向き衝突時の衝突力が、一部を除いた横向き衝突時のケースに比べて5倍程度大きくなっている。一方、木材の長軸が鋼板に平行に衝突するケースでは、縦向き衝突時とほぼ同等の大きさとなっている。木材の種類の違いに着目すると、スギにおいて衝突力がやや大きくなる傾向にあるが、衝突向きの差に比べて小さい。

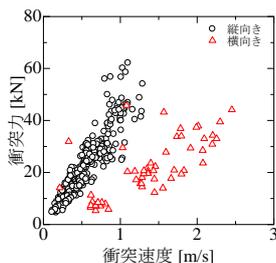


図4 衝突速度と衝突力の関係 (マツ)

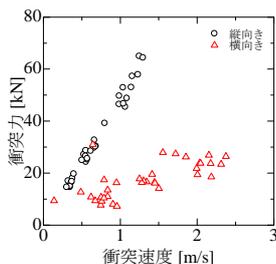


図5 衝突速度と衝突力の関係 (スギ)

4. 既往推定式との比較

FEMA^[1]では津波漂流物における衝突力推定式 (以下、FEMA 式) として、次式を提示している。

$$F = 1.3u_{max}\sqrt{\hat{k}m(1+c)} \quad (1)$$

ここで F は衝突力、 u_{max} は流速の最大値であり、漂流物の衝突速度は流速の最大値を超えないものとして、流速を採用している。 \hat{k} は衝突体と被衝突体の相互を考慮した軸剛性であり、本実験では被衝突体 (鋼板)

の軸剛性が衝突体 (木材) のそれに比べて十分大きいとし、衝突体の軸剛性を用いている。これは、FEMA における衝突実験で用いられた仮定である。 m は衝突体の質量、 c は付加質量係数であり、衝突体ごとに推奨値が定められており、木材では0としている。

FEMA では本実験で用いた木材と同材料、同等寸法の木材を用いた実験を実施しており、実験結果を満たす軸剛性の値を推奨している。その推奨値と式(1)より推定される衝突力と実験結果を比較する (図6) と推定結果は過小評価となる。一方、本実験で用いた木材を梁部材と考え、木材の諸元を用いて長軸方向の軸剛性を算出し、式(1)を用いて衝突力を推定し、実験結果と比較した (図7)。同図から明らかなように、推定結果はかなり過大評価となる。

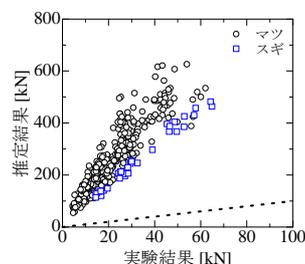


図6 FEMA 推定式との比較 (推奨値利用)

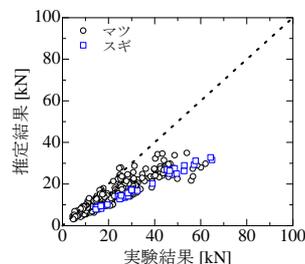


図7 FEMA 推定式との比較 (軸剛性算出)

5. まとめ

木材の気中衝突実験を実施し、既往推定式との比較を試みた。FEMA 式においては、推定に必要なパラメタの軸剛性の与え方が明記されておらず、与え方により1オーダー以上の乖離が生じることが確認された。今後は、実用的な推定式の提案に向けた検討を行っていく予定である。

参考文献

[1] FEMA : Guidelines for design of structures for vertical evacuation from tsunamis 2nd Edition, FEMA P646, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 174p, 2012