

津波波力と流出した海岸林が建造物に及ぼす力に関する多角的検討

茨城大学 学生会員 ○CONG LIN 茨城大学 正会員 信岡 尚道

1 研究の背景及び目的 2011年の東日本大震災による巨大津波は、宮城県石巻市の大川小学校においては、逃げ遅れた多くの小学生と教員の命を奪うとともに、校舎から体育館につながるコンクリート製渡り廊下にも流木とともに襲い掛かりその廊下を倒壊させた。建造物に対して津波の巨大な破壊力を示した一つの貴重な事例である。

建造物に働く津波流体力は朝倉ら(2000)^[1]と榊山(2012)^[2]研究から静水圧分部形と近似することができる。しかし、地盤面と水面の働くそれぞれの津波流体力を比べると、静水圧分布形の適用が適切かは疑問である。そして、津波とそれに伴う流木などの漂流物が建造物倒壊にどれだけの影響を与えるかについても十分には明らかになってはいない。本研究は大川小学校廊下構造倒壊の事例に対して、力学的観点から倒壊にいたった過程の解明を試みることを大きな目的に、建造物自体の抗力と津波波力などの外力の二つ視点から検討することを具体的な目的とした。

2. 大川小学校渡り廊下の現地調査 令和3年11月3日と4日に宮城県石巻市の大川小学校震災遺構にて現地調査を行った。現地調査は大川小学校の渡り廊下部分の寸法を測量し、同廊下橋脚の破壊状況を撮影した。大川小学校の津波到達に関する情報は大川伝承の会の只野英昭氏から入手した。一つ可能性として津波は海岸から家・車・土砂・海岸林の松など巻き込んで、北上川を遡ってき、それらが新北上大橋にへばりつき、流れをせき止め、一気に溢れ出た。その後、陸を遡上してきた津波も到達した。実際の津波被災過程を証明するには、現地調査の情報をまとめてシミュレーション結果に合わせて、分析する必要がある。



写真1 1番目の廊下橋脚の転倒 写真2 3番目の廊下橋脚の転倒 写真3 橋脚の鉄筋直径測量

現地調査測量データでは橋脚鉄筋の直径は23mmとなり、JIS G 3112:2010 鉄筋コンクリート用棒鋼^[3]基準におけるD22、直径が22.2mmという寸法に相当することと考えた。同基準によると鉄筋は異形棒鋼で具体的な種類がSD345の可能性が高いと判断した。現地調査のデータに基づいて渡り廊下全体の立面・断面・同橋脚の断面・横断面を測った。測量結果をもとに大川小学校の校舎・廊下・プール前の建物・体育館の3Dモデルを作成した。

3. 渡り廊下に及ぼした津波波力の概算

(1) 津波波圧算定式

福山ら^[4]の津波避難ビルの構造設計法について津波流体力の計算は式1になる。

$$Q_z = \rho g \int_{z_1}^{z_2} (ah - z)B dz \quad (1) \quad [4]$$

キーワード 津波, 建造物, 転倒, 流体力, 海岸林

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学日立キャンパス S2 地域レジリエンス研究室 TEL: 090-1705-0379 E-mail: 21nm824y@vc.ibaraki.ac.jp

ここに Q_z は進行方向の津波波力 (kN) B は当該部分の受圧面の幅 (m) z_1 は受圧面の最小高さ ($0 \leq z_1 \leq z_2$) (m) z_2 は受圧面の最高高さ ($z_1 \leq z_2 \leq ah$) (m) である。

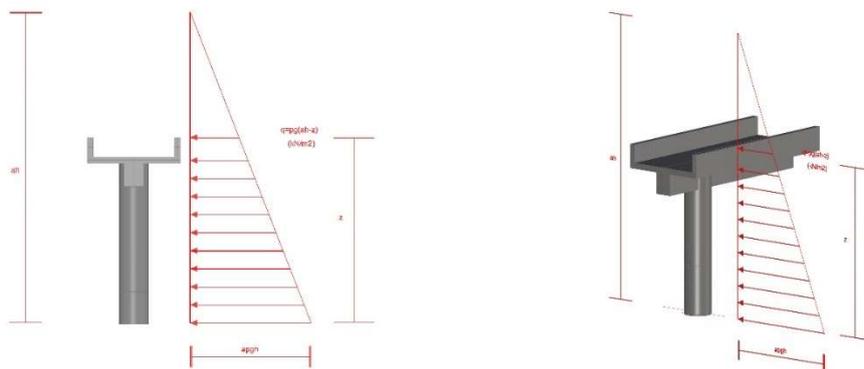


図1 津波波圧算定分析図

その中でフルード数 $F_r = \frac{u}{\sqrt{g\eta}}$ に基づいて浸水係数 $a = \sqrt{2} \times F_r$ を概算で 1.5 を仮定した。図1に示す分布荷重により廊下構造が受けた津波波力を計算した。最後の建造物に作用した津波波力モーメントの概算は式2によって計算した。

$$M_t = \frac{1}{2} \times h \times Q_z \text{ (概算)} \quad (2)$$

(2) 柱終局曲げモーメント M_u の概算式は式3となる。

$$M_u = at \cdot \sigma_y \cdot j \quad (3)$$

ここで at : 引張鉄筋断面積 (mm^2) σ_y : 主筋の材料強度 (N/mm^2) j : 応力中心距離 $j=0.9d$ (mm^2) (概算) d : 有効せい (mm^2)

(3) 津波波力モーメントと終局曲げモーメントの割合

表1 津波波力モーメントと柱終局曲げモーメント M_u の比
(100%を超える場合は破断)

1 番柱	式1 浸水深 8.6m	式1 浸水深 6m
Mt/Mu (σ_y 538)	171%	98%
Mt/Mu (σ_y 572)	161%	93%
Mt/Mu (σ_y 605)	154%	87%

以上をもとに算定した結果を表-1に示す。この結果を発展させ、今後は津波流体力が鉛直分布の適切なものを検討して、津波による橋脚転倒のメカニズムの解明、および、流木を考慮して津波で建造物に作用する流体力モーメントの検討である。

参考文献：

- (1) 朝倉良介・岩瀬浩二・池谷毅・高尾誠 金戸俊道・藤井直樹・大森政則 護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究 海岸工学論文集, 第47巻(2000)
- (2) 榊山勉 陸上遡上津波の伝播と建造物に作用する津波波圧に関する研究 土木学会論文集 B2(海岸工学)/68巻(2012)2号/書誌
- (3) JIS G 3112:2010 鉄筋コンクリート用棒鋼 <https://www.kikakurui.com/g3/G3112-2010-01.html>
- (4) 津波避難ビルの構造設計法 福山 洋・奥田 泰雄・加藤 博人・石原 直・田尻 清太郎・壁谷澤 寿一・中埜 良昭 B R I - H 2 3 講演会テキスト