

水資源開発公団 正会員 加納茂紀
 京都大学防災研究所 正会員 高橋 保
 京都大学防災研究所 正会員 中川 一

1.はじめに 家屋の全壊・流失といった被害は大半が木造家屋であり、防災上、洪水氾濫による家屋の流失危険範囲を知っておくことは重要である。そのためには、家屋の流失機構を明らかにする必要がある。本報では木造家屋に着目し、構造面から破壊機構を推察するとともに、流体力と破壊危険度の関係およびモデル化した市街地家屋の流失危険範囲を評価することを試みた。

2.木造家屋の破壊機構 木構造の基礎はコンクリートのベタ基礎が多く使われているが、耐力上の主要部分は、土台、柱、梁などである。基礎と土台の横木は緊結されているため、水平外力が作用した場合、土台と柱の接合部分が構造的弱点になると考えられる。すなわち、この部分は図1のようにほぞによる差し込み構造となっており、せん断抵抗は大きい、回転に対しては塑性ヒンジ

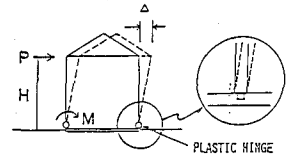


図1 木造家屋の破壊機構

となって挙動し、過度の変形によって破壊に至るものと考えられる。木構造の分野では、水平変位角が1/60ラジアンに至った時の荷重を耐力とし、これを越える変形を破壊としている。本報では、家屋の破壊危険指標として、塑性ヒンジに作用する流体による水平外力のモーメントを用いるものとする。従来、破壊・流失には浮力が関与すると言われているが、木造家屋は通水性が大きいと考えられるので水位差による浮力は小さいとみなし、流体による水平外力（以下、流体力）のみに着目する。

3.家屋の破壊危険度曲線 家屋に作用する流体力と、水量との関係を明らかにするために実験を行なった。水路は長さ5m、幅50cm、高さ20cm、勾配1/2300の矩形水路を用いた。図2に示す測定装置を水路内に取りつけ、支持棒上の二点の曲げひずみを測定して、家屋モデルに作用する流体力および合力の作用高さを求めた。なお、水量は流量を4～9 l/sec、水深を4.5～9.5 cmの範囲で種々変化した。その結果、流体力に最も相関の高い水量は、図3に示すように $u^2 A (=u^2 h B)$ であ

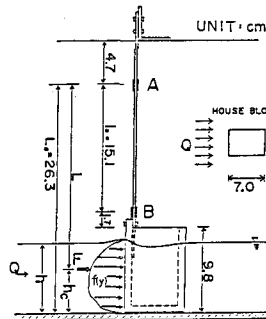


図2 測定装置

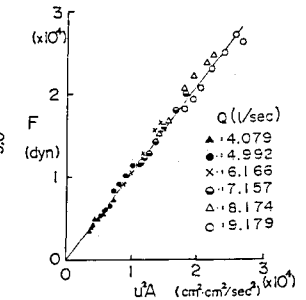


図3 流体力と水量の関係

った。ここに、 u および h は等流状態の平均流速および水深、 B は家屋モデルの幅である。従来から用いられてきた一様流中の抗力係数の考え方は $F = (1/2)C_D u^2 A$ であり、せん断流中での本実験では $C_D = 2.128$ となる。これは、一様流中の四角柱の値(2.05)に比べて若干大きくなっている。図4は合力の作用高さを示したものであり、平均値は $hc = 0.732h$ である。以下、モーメントを計算する際にはこの実験結果を用いる。

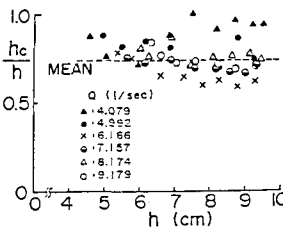


図4 合力の作用高さ

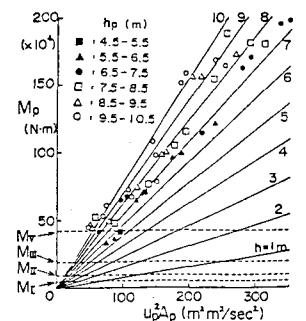


図5 モーメントと $u^2 A$

実物大の破壊試験結果を導入するため、実験結果にFroudeの相似則を適用して相似変換を行なった。なお、幾何相似比は $\lambda = 109.2$ である。図5は、実験値を相似変換したモーメントと $u^2 A$ の関係を示したものである。図中の各点は実験値、実線は $M = 0.732hF$ を表す。破線は、実大家屋の静的加力試験による破壊基準モーメントで、その内容は表1のとおりであり、タイプVに相当するモーメント M_V が、実際の家屋の破壊基準モー

メントと考えられる。Mvに相当する氾濫水の水利条件を流速および水深の関係で表わすと、家屋幅 B をパラメータとして図6に示す破壊危険度曲線が引かれる。これと過去の災害例とを比較した。白丸および黒丸は、1983.7山陰豪雨災害における三隅地区の被害の調査研究結果から記したもので、危険度曲線よりやや下方に位置している。家屋の建築年代が1940年前後に多いことから、想定した構造より弱いことが考えられ、妥当と言える。破線は、1946南海地震に対して相田がおこなった津波災害の計算結果であり、かなり下方に位置している。これは当時の家屋構造はもちろんのこと、津波段波の衝撃力や寄せ波と引き波という外力方向の変化など、津波の特性に起因するところが大きいと考えられる。なお、用いた破壊基準モーメントが集中荷重かつ一方向のみであり、流体力とは異なること、実験値を用いた作用高さの信頼性が低いこと、水利条件の適用範囲が明らかにされていないことなど、得られた破壊危険度曲線にはいくつかの問題点が残されている。

4.堤内地の危険度評価 河道一堤内地系の簡単なモデルを用いて、堤内地にある家屋の破壊危険度評価を試みた。前述の水路を河道と堤内地に仕切り、隔壁によって破壊させて各家屋モデルのうける流体力を

測定した。家屋モデルは 2.4cm四方で、堤内地の初期湛水深を0,1,2 cmに変化させた。河道の流量は998cm³/s、水深は 6.5cmであり、河道水位は堤内地盤より 4.5cm高い。図7は流体力の最大値ベクトルを示したものである。湛水深の違いによる流体力の有意な差はないが、破堤口付近で最も大きな流体力となっている。図8は、この流体力を用いてモーメントによる破壊危険度評価を行なったものである。危険度は表1の各タイプに対応して段階的に示してある。危険度の最も大きい地点は流体力と同様に破堤口直下であるが、湛水深の変化に伴う危険度の分布の変化は流体力の分布と異なり、湛水深が増すにつれて全般的に大きくなる傾向を示す。このように、モーメントで評価する場合は水深の影響が大きい。

5.おわりに 木造家屋に対する洪水氾濫時の破壊危険度評価として、流体力のモーメントによる方法を提案した。しかし信頼性および適用性は、さらに検討する必要がある。堤内地の危険度評価は氾濫の数値解析とも結びつけて被害予測を行なう予定であるが、水理量が非定常時の値となるため、3.で得られた結果をどのように用いるか検討する必要がある。なお、この研究の一部は文部省科学研究費

(自然災害特別研究(2),課題番号59025034)の補助金によって行なわれた。

参考文献 1)室田達郎;在来軸組工法木造住宅の地震時挙動に関する実大静的繰返し水平加力試験,建築研究資料No.28. 2)河田恵昭,中川一;昭和58年山陰豪雨による三隅川の洪水氾濫と家屋被害,第21回自然災害科学総合シンポジウム講演要旨集. 3)相田勇,陸上に沿る津波の数値実験,東京大学地震研究所集報,Vol.52.

表1 破壊基準モーメント

タイプ I:柱、梁、床、屋根だけから構成される骨組み
タイプ II:基本骨組に3つ割突付筋かいを入れた場合
タイプ III:縁運用合板を用いた場合
タイプ IV:3つ割根欠き筋かいを入れた場合
タイプ V:仕上がった場合

	$\Delta = H/60$ の時の耐力 $K(H=3.575\Delta)$ (ton)	M (Nm)
I	0.95	49110
II	1.86	96153
III	3.70	191272
IV	1.95	100805
V	8.10	418720

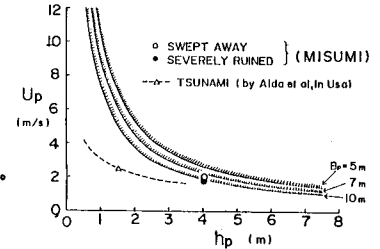


図6 家屋の破壊危険度曲線

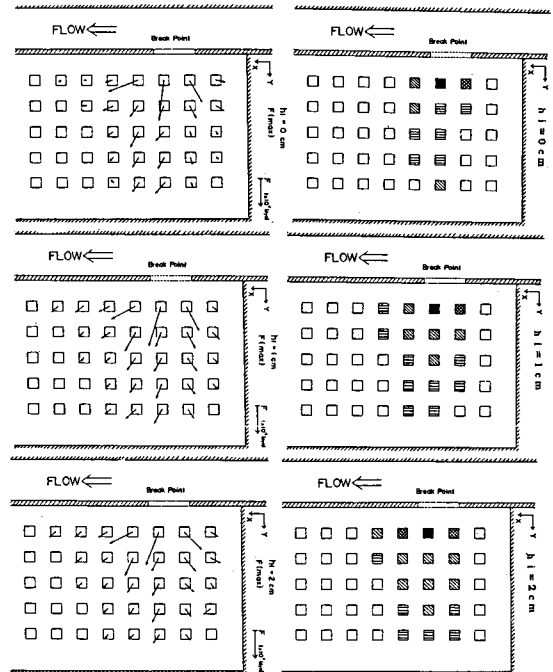


図7 流体力の最大値

■: > Mv ▨: > MIII
▩: > MII □: > MI

図8 破壊危険度評価