## 地下駐車場氾濫時の水没車の漂流挙動と車抗力の時間変化に関する実験的研究

京都大学大学院工学研究科	正会員	○岡本隆明
京都大学大学院工学研究科	学生会員	本庄佑馬
京都大学大学院工学研究科	フェロー	戸田圭一
関西大学環境都市工学部	正会員	石垣泰輔

# 1. はじめに

現代における日本はクルマ社会と呼ばれており,豪 雨発生時に車が原因となる二次被害が多くなっている. 本研究では,実験的手法を用いて地下駐車場に氾濫流 が進入した場合における車の漂流挙動や,氾濫流の挙 動について調べた.次に,地下駐車場に車が駐車して いる状態で氾濫流が進入したときに車に働く流体力の 時系列変化について調べた.

### 2. 実験装置および実験手法

実験装置として,93.75cm×62.5cmの1/64 スケールの地下駐車場模型を用いた.実スケールに換算すると60m×40mである.地下駐車場模型の平面図を図-1に示す.x,yおよびzは、それぞれ流下方向、横断方向および垂直方向である.水理条件を表-1に示す.また,図-2(c)のように、地下駐車場内にA,B,C 区域を設定した.

本研究では、地下駐車場が地下 2 階構造(多層構造) を想定している.また、地下駐車場に支柱がある場合 とない場合に分けて実験し、支柱の影響についても調 べた.駐車場に停車している車模型としてプラスチッ クミニカー(セダン型:1/64 スケール,長さ *L*=7.3cm,幅 *b*=2.7cm,高さ*k*=2.3cm)を用いた.

本実験では集中豪雨時の淀川外水氾濫を想定した梅田地下駐車場の氾濫解析結果をもとに流入流量を決定した.流入流量(Q=0.281/s,実スケールに換算すると Q=10m<sup>3</sup>/s)は非常に微小な流量なのでマイクロポンプ を用いて流量設定している.

通水していない状態から一定流入流量でアクセス道 から氾濫水を流入させ,氾濫流によって駐車場に停車 している車(1/64 スケール)がどのように漂流するかを ビデオカメラでマーカー追跡して調べた.

図-2(a)のように流下方向(x 方向)と横断方向(y 方向) の抗力の時系列データ F<sub>x</sub>(t), F<sub>y</sub>(t)を計測した.車模型 は下流側で底面から 1mm 程度浮かした状態で固定支 持した.セダン型車(1/64 スケール)にアームを介して デジタルプッシュプルゲージ(分解能 1/1000N)に接続 し,車の受ける流体力を計測した.デジタルプッシュ プルゲージはパソコンに接続することで,車模型にか かる抗力の時系列データ(サンプリングレート 10Hz)を 得ることができる.また,氾濫流を流すマイクロポン プのスイッチを入れた瞬間を t=0 とした.図-2(b)のよ

表-1 水理条件



図-1 地下駐車場模型(1/64 スケール)の平面図



図-2(a)地下駐車場内での車にかかる抗力計測実験装置,(b)抗力計測時の車模型の向き,(c)抗力計測位置

うに車の固定の向きは流れに対して0度,90度とした. 3. 地下駐車場浸水実験の結果及び考察

以下の図面では流速,水深値は実スケールに換算し ている.図-3(a)に支柱有りケースにおける地上からの アクセス道近くの区域(A)の水没車の漂流挙動を示す. 図中には水没車の漂流挙動をマーカー追跡した軌跡を 併示している.区域(A)における実験では,氾濫流が駐 車車両に到達した瞬間に車が漂流するのが観察された.

キーワード 地下駐車場浸水,非定常な流れ,漂流限界流速,車の漂流挙動,水理模型実験 連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂キャンパス C1-3-254 T E L 075-383-3186



図-3(a) A 区域における水没車の漂流挙動, (b) B 区域における水没車の漂流挙動,





また, 漂流時の移動距離も大きいことが観察された. 車の最大移動速度は実スケールに換算して約2.7m/s で,これは同じ位置の定常状態における流速のおよそ 60%に相当する.支柱有りケースでは氾濫流を集中さ せるため支柱無しケースよりも車の漂流の移動距離が 大きくなるのがみられた.

また, 漂流し始めた車は(A)区域と(B)区域の境界付近の壁に衝突したのち, しばらくその場でゆっくりと 円状の軌道を描いて漂流し, (B,C)区域を経由して地下 2階へと流れ込んでいく動きを見せている.

図-3(b)の(B)区域では氾濫流が車に到達した瞬間 には漂流せず,水深が増加して浮力によって車が浮か んだ後に漂流するのがみられた.漂流し始めた車は氾 濫流の向きに沿って,速やかに(B)区域から(C)区域へ と流れ,地下2階へのアクセス道に流れ込んでいく挙動 が観察された.

図-4(a)は氾濫流の主流速Uの水平面コンター,図-4(b)は横断流速Vの水平面コンターを示す.地上からの アクセス道付近の区域(A)における流速が最も大きく なっており,最大で7m/s程度となっている.Vは小さく, x軸正方向にほぼ直線的な流れとなっている.アクセス 道の下流(A)から壁付近に近づくと氾濫流は反時計回 りに流れ込んでいる.区域(C)では壁に沿って流れ,や がて地下2階へのアクセス道に反時計回りに流れ込む のが見られた.

#### 4. 車抗力の計測実験の結果及び考察

図-5(a)に支柱ありケースにおいて地上からのアク セス道近くの区域(A)の車に作用する抗力 *F<sub>x</sub>*(*x* 方向)と *F<sub>y</sub>*(*y* 方向)の時系列データを示す.車はそれぞれ*x*軸に 対して 0°の向き, 90°の向きに設置している.値は車



図-5 A 区域に設置した車抗力時系列変化(a)0度,
(b) 90 度、(c)氾濫初期の車抗力増加の模式図



図-6B区域に設置した車抗力時系列変化 (a)0度, (b)90度

の静止摩擦係数 0.5 として算出した静止摩擦力 S で無 次元化している. F<sub>x</sub>は t=8(s)で急激に増加して F<sub>x</sub>/S=2.0 程度になり, t=40~80(s)で少し減少し, t>80(s)で一定値 F<sub>x</sub>/S=1.0 となる. 抗力が通水初期(t=8(s))に一時的に増 大するのは氾濫流が車と接触した瞬間は車の下流側に 氾濫水が存在しないため,水圧差によって抗力が増加 したと考えられる.

図-5(b)(90°の向き)でも同様の傾向がみられるが, (A)区域の氾濫流の主流速が大きく車の抗力の受ける 面積が大きいため,0°の向きのケースと比較して抗 力値は 2-3 倍大きい.

図-6(a), (b)に支柱ありケースで氾濫流が衝突する 壁付近の区域(B)の車に作用する抗力  $F_x \ge F_y$ の時系 列データを示す.図-6(a)(0°の向き)では t=15(s)で車 に抗力が作用し始めるが, $F_x$ はあまり大きな値をとっ ていない.これは区域(B)において氾濫流は反時計回り に流れ込むため,氾濫流の主流速成分は小さいためで ある. $F_y(y$ 方向)の抗力が大きいため,(C)区域へと車 は押し流されている.

#### 5. おわりに

本実験から,地下駐車場が多層構造であるケースで は地下駐車場内での場所によって車の漂流メカニズム が異なることがわかった.また,抗力計測結果から氾 濫流の車への到達時には車の前後の圧力差から車にか かる抗力が瞬間的に増加することがわかった.このこ とから氾濫流の流量が小さいケースでも氾濫流到達時 に車が漂流する可能性が示唆された.支柱の存在によ ってこの危険性はさらに高まることもわかった.