

9. 1. 5 No.35, 36

本節では、20cm 岩塊の解析結果（2 ケース）について示す。

（1） No.35 球形 20cm

① 流路横

図 9.1.282 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.282 解析に用いた標点の位置

図 9.1.283 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路上部にて跳ね返りが見られた。跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

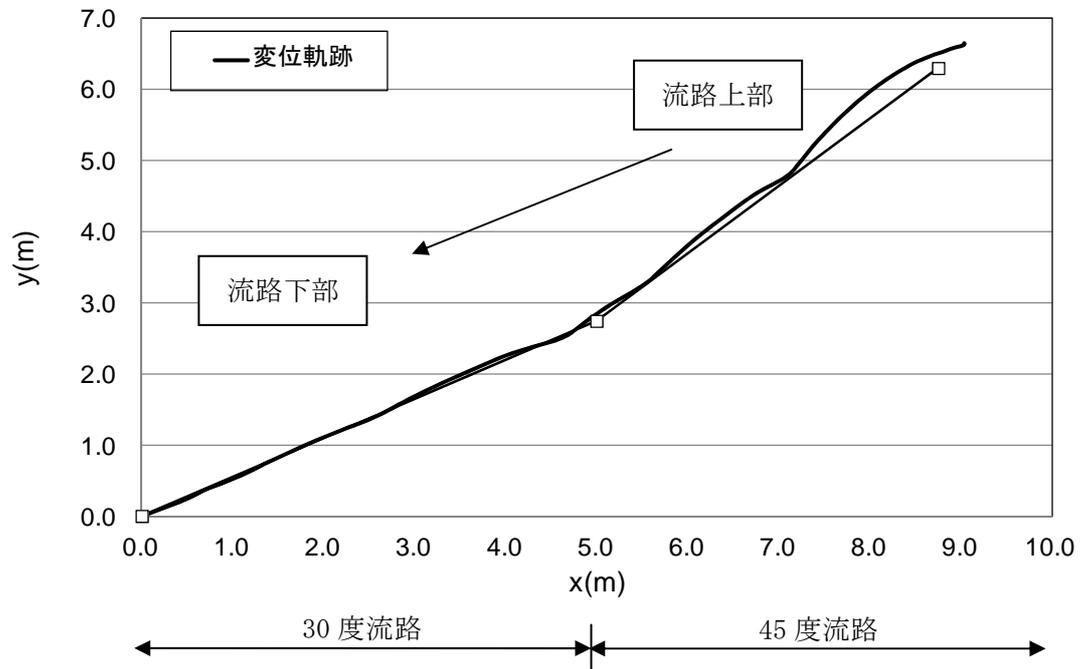


図 9.1.283 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.284 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、45度流路部上部から跳ね返りに伴う振動が発生している。

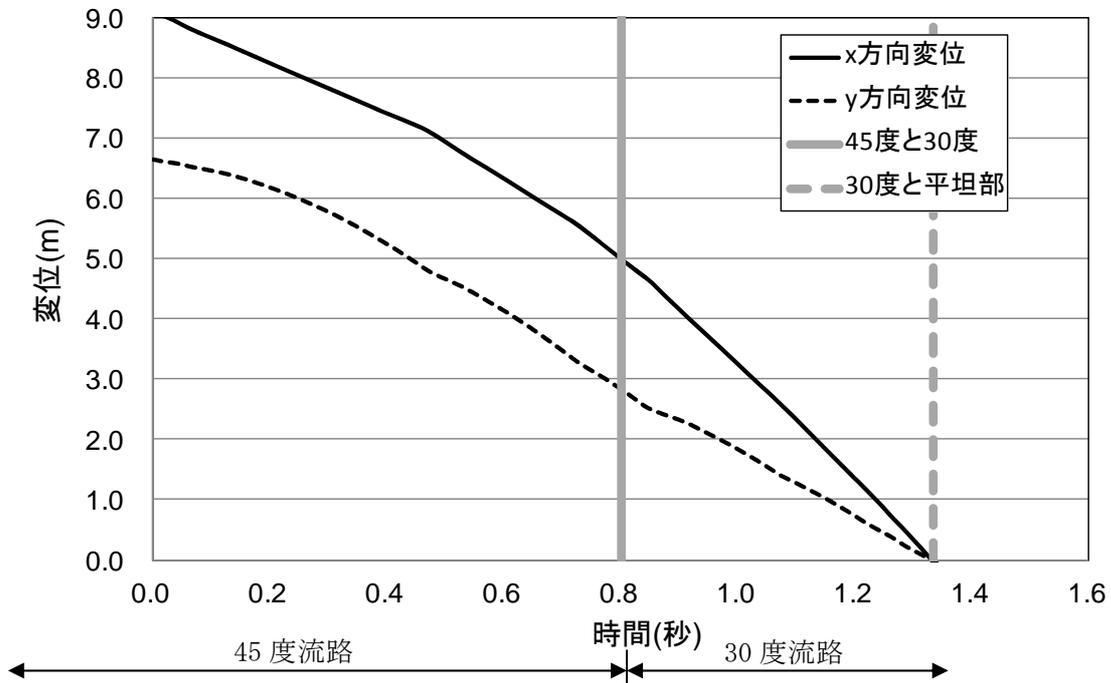


図 9.1.284(a) 岩塊模型の変位履歴

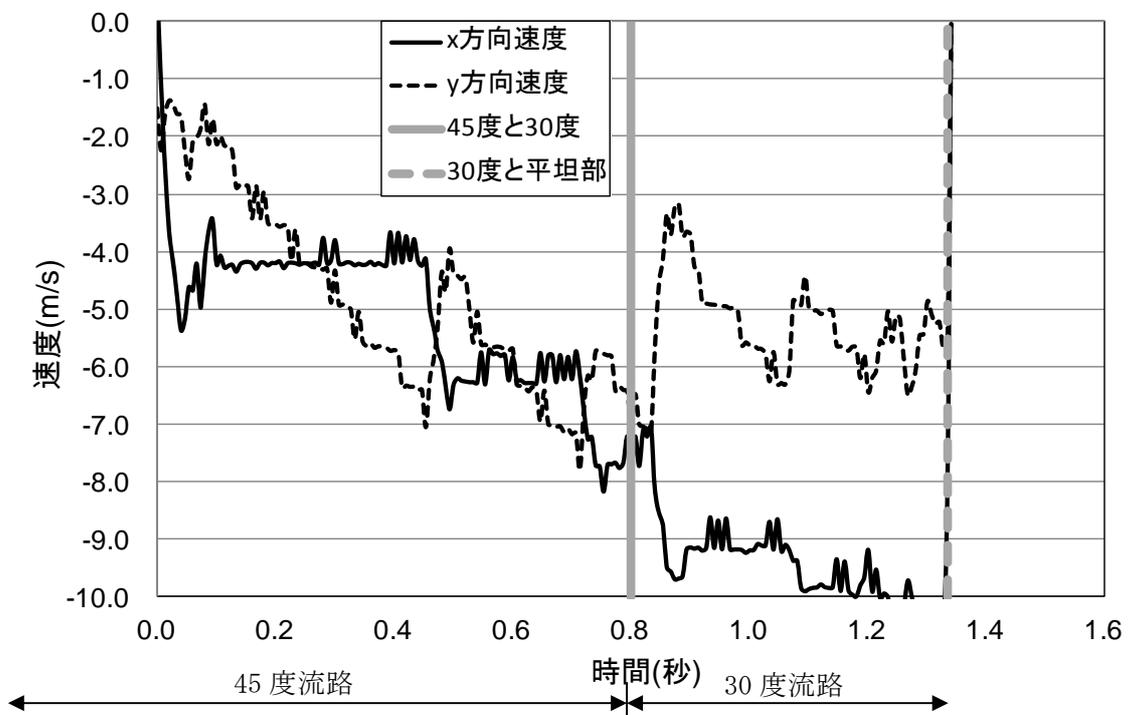


図 9.1.284(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.285 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路部では上部から中間部で、30 度流路部では勾配変化の後、上部にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、跳ね返りが生じた際、 x 、 y 方向とも加速していることが分かる。

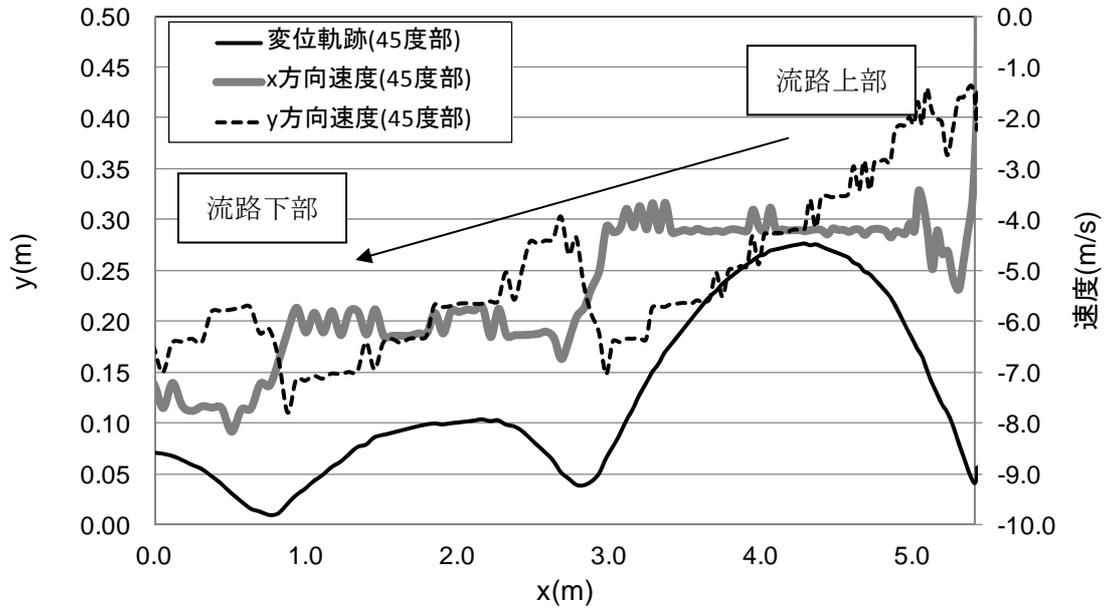


図 9.1.285 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

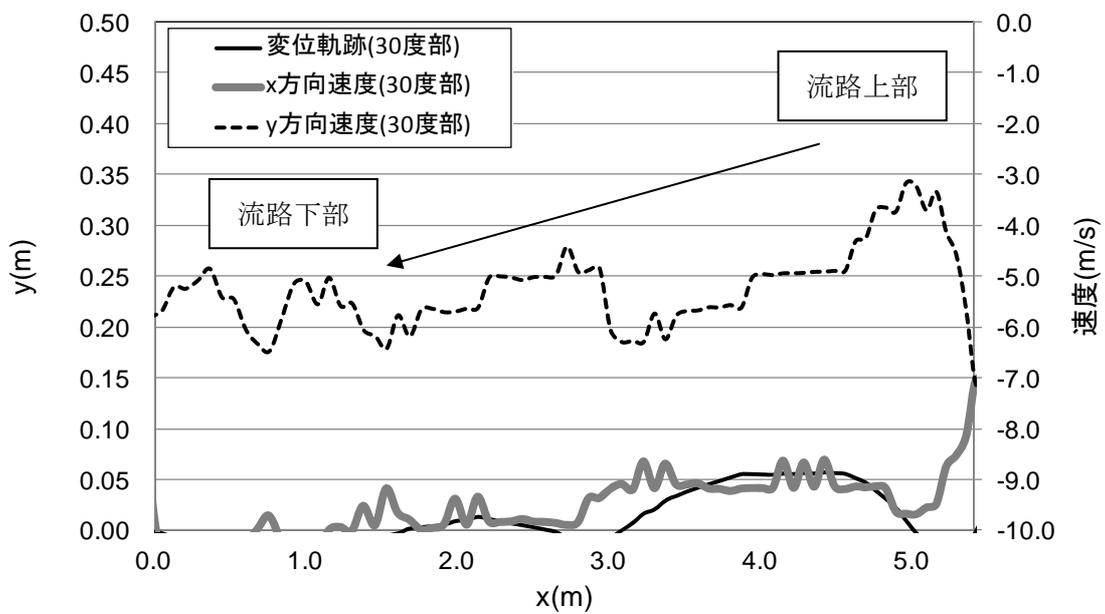


図 9.1.285 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.286 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

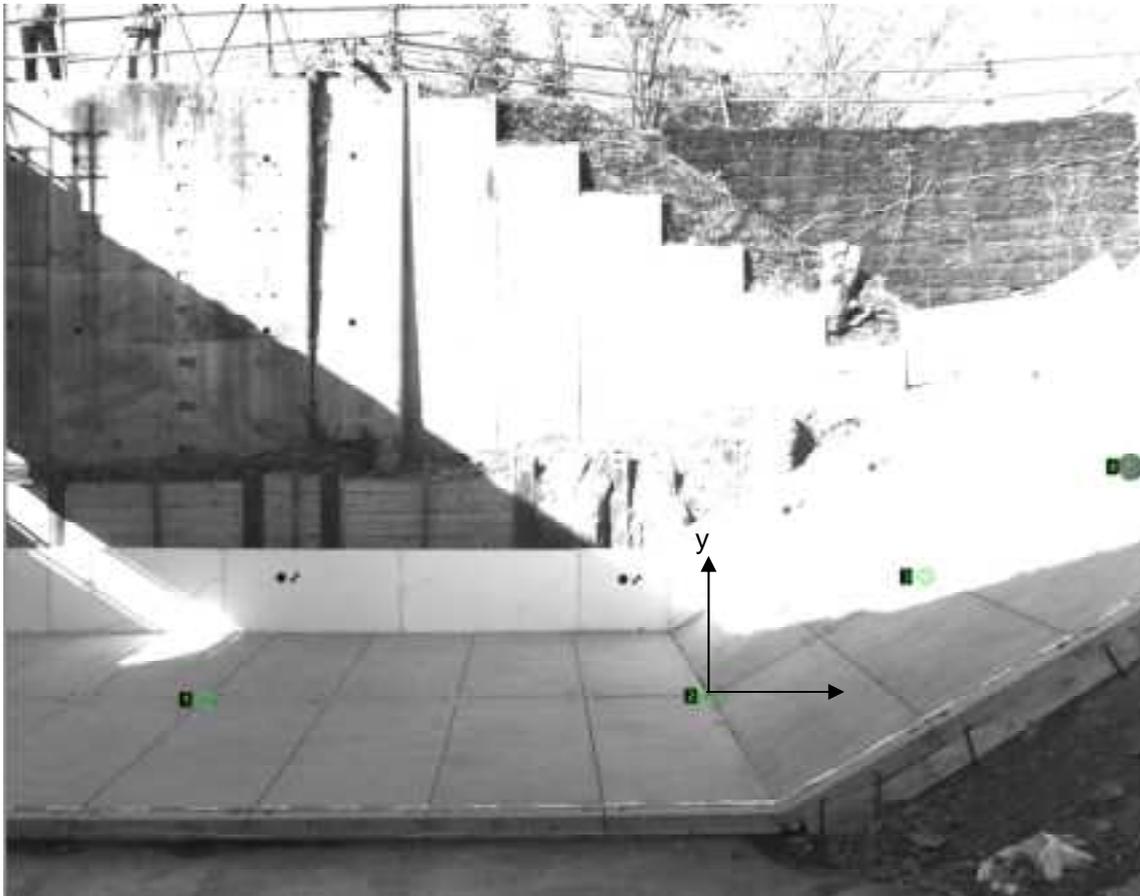


図 9.1.286 解析に用いた標点の位置

図 9.1.287 に岩塊模型の変位軌跡を示す。平坦部で跳ね返りが見られる。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

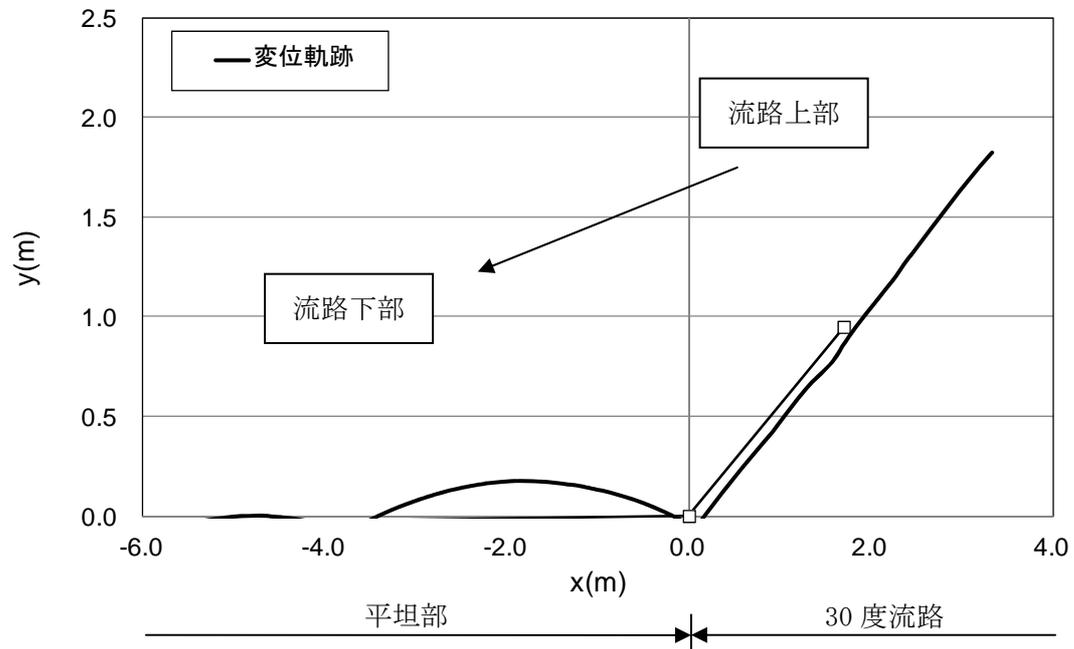


図 9.1.287 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.288 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30度流路部と平坦部の境界で落下速度の低下が x、y 成分両方で生じ、とくに y 方向ではゼロ付近に収束している。

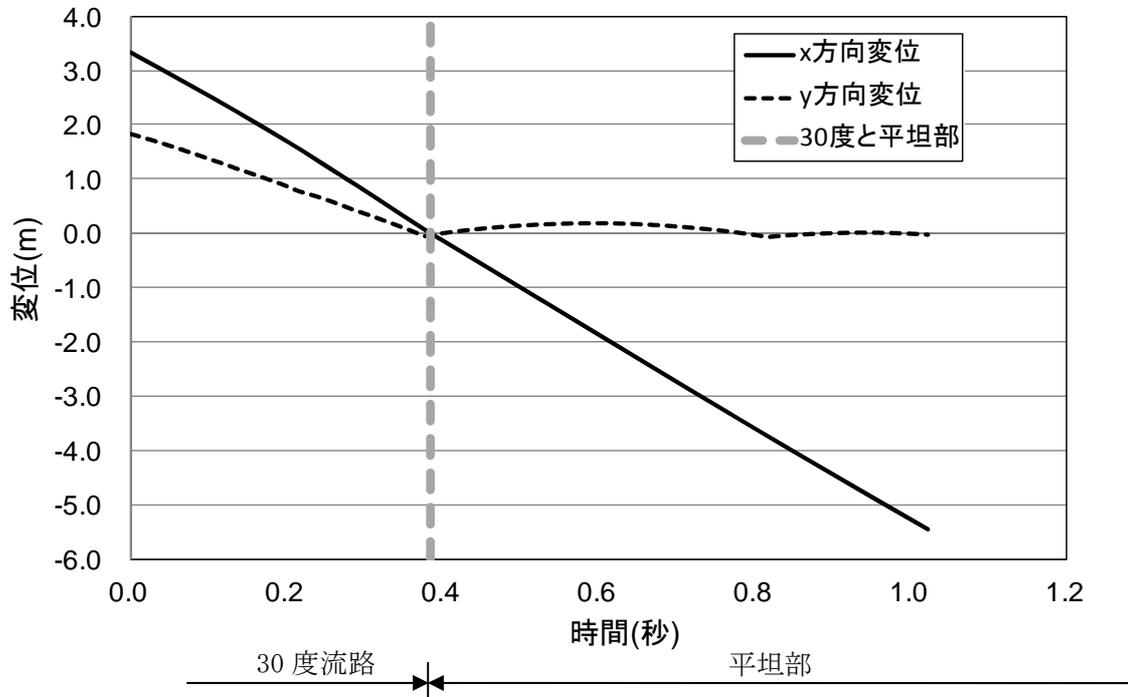


図 9.1.288(a) 岩塊模型の変位履歴

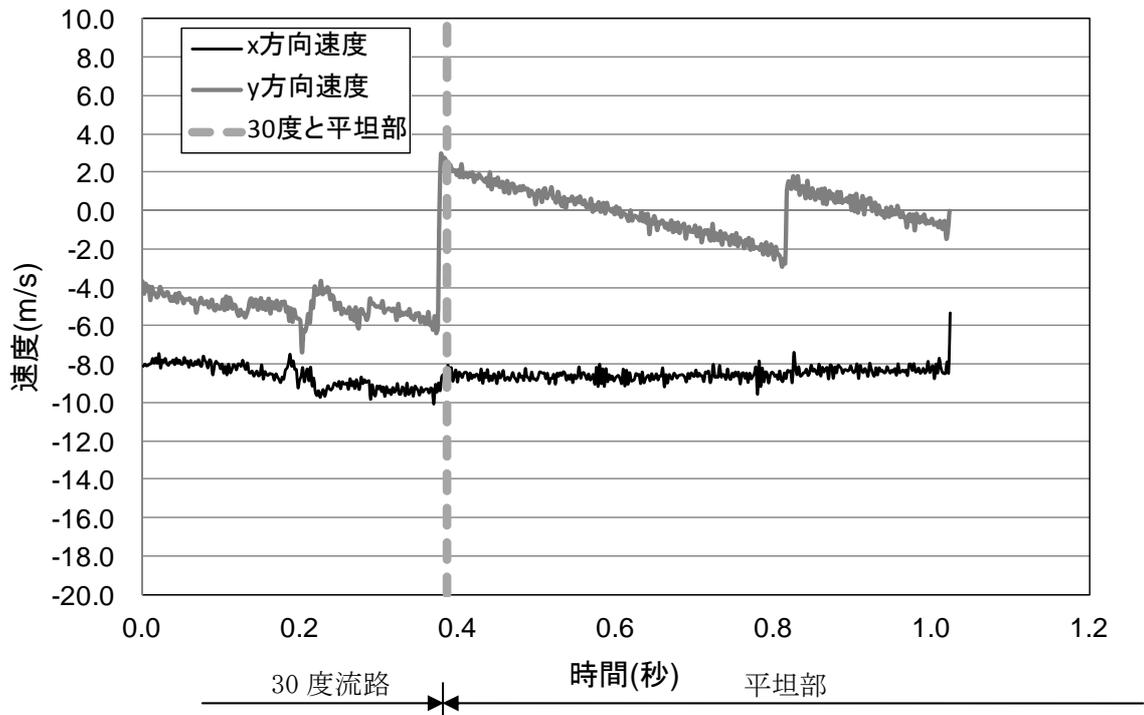


図 9.1.288(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.289 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、y 方向成分はゼロに収束していることが分かる。

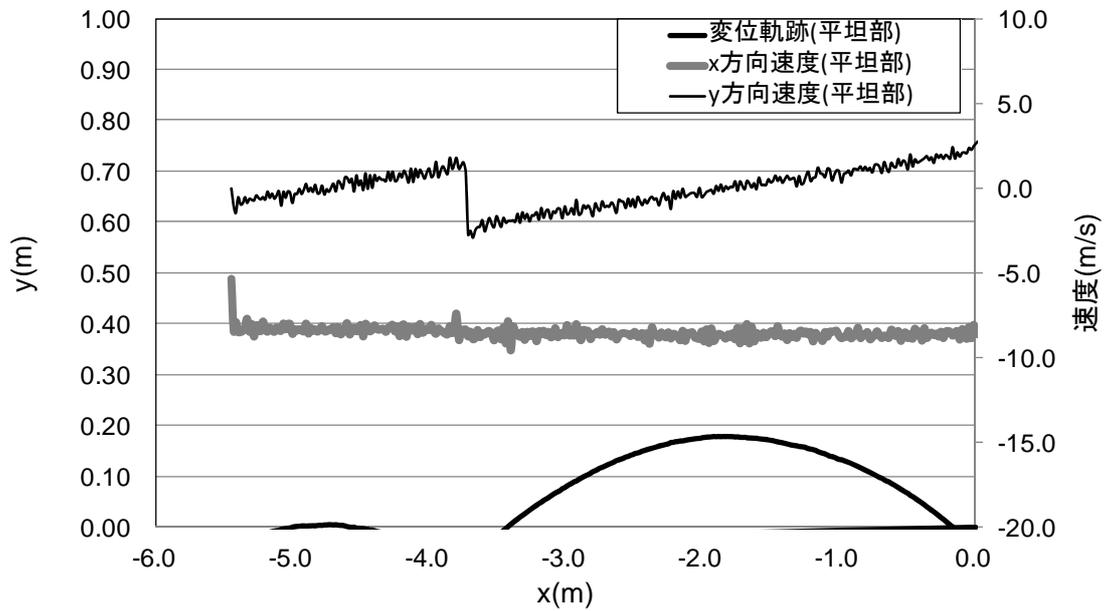


図 9.1.289 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.290 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向き座標補正を行った。

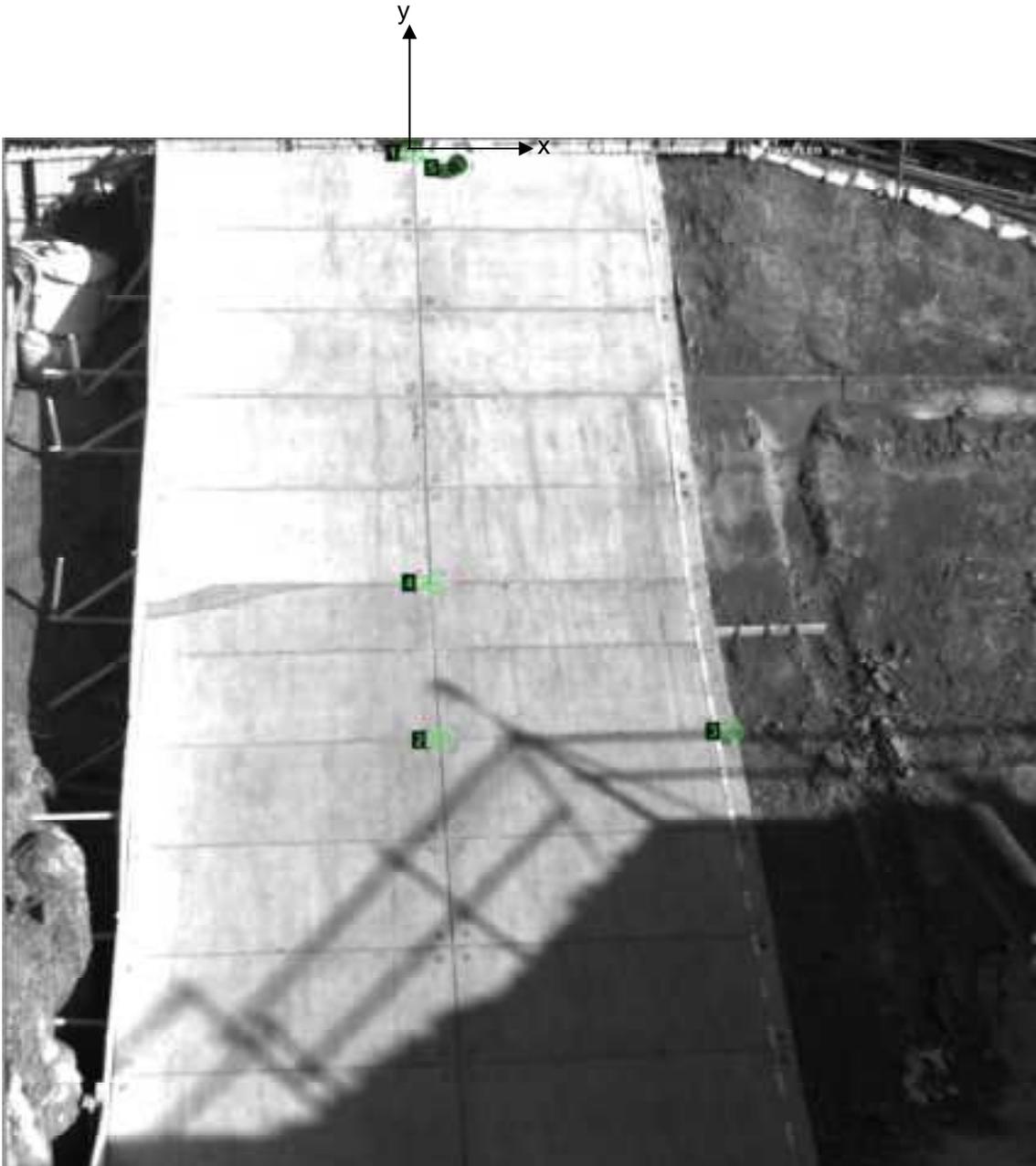


図 9.1.290 解析に用いた標点の位置

図 9.1.291 に岩塊模型の変位軌跡を示す。直進して落下する挙動となった。ただし、跳ね返りが多い30度斜路部では、若干右側に移動した。

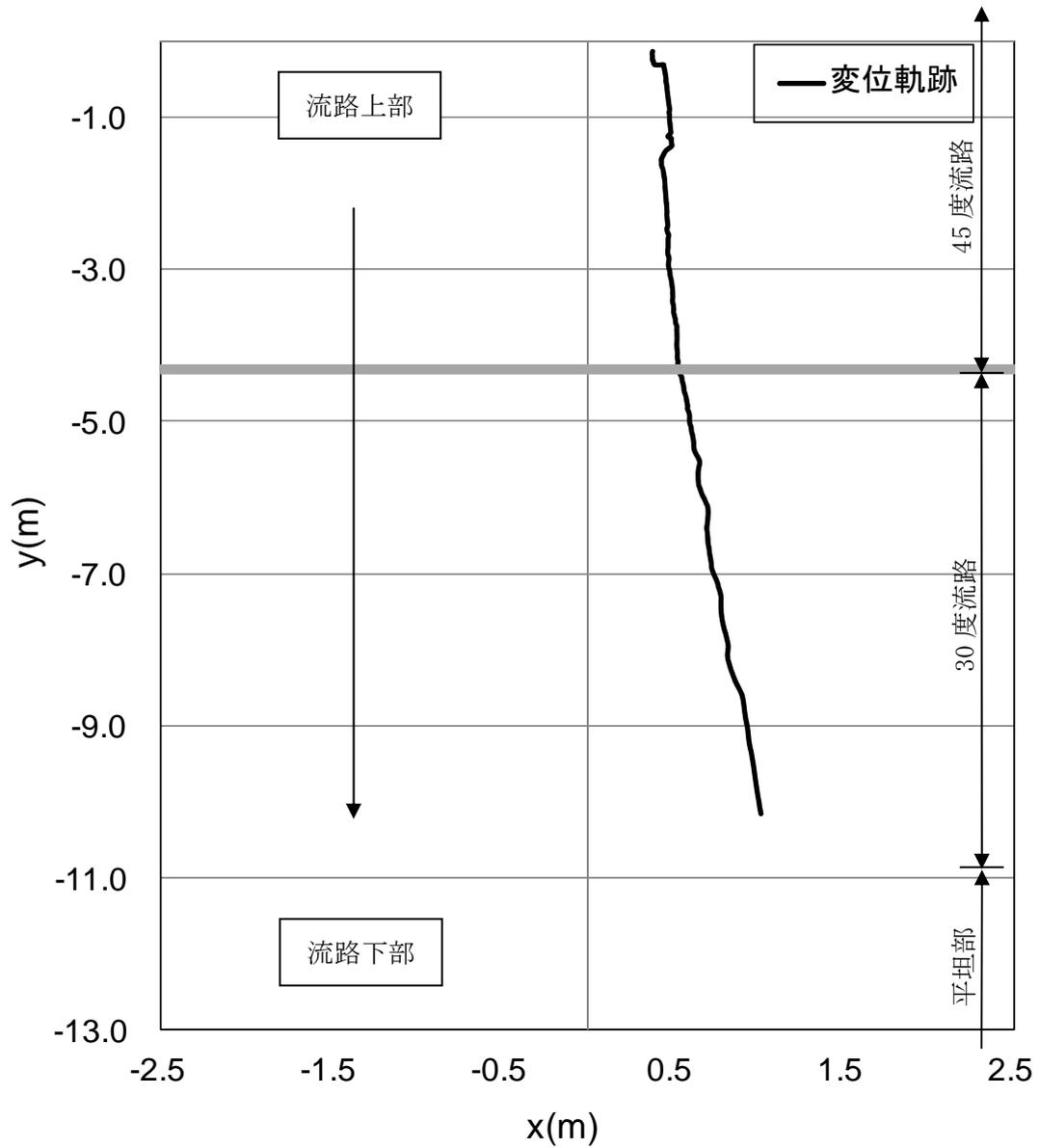


図 9.1.291 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.292 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、跳ね返りが多い30度部で落下速度に振動が発生している。

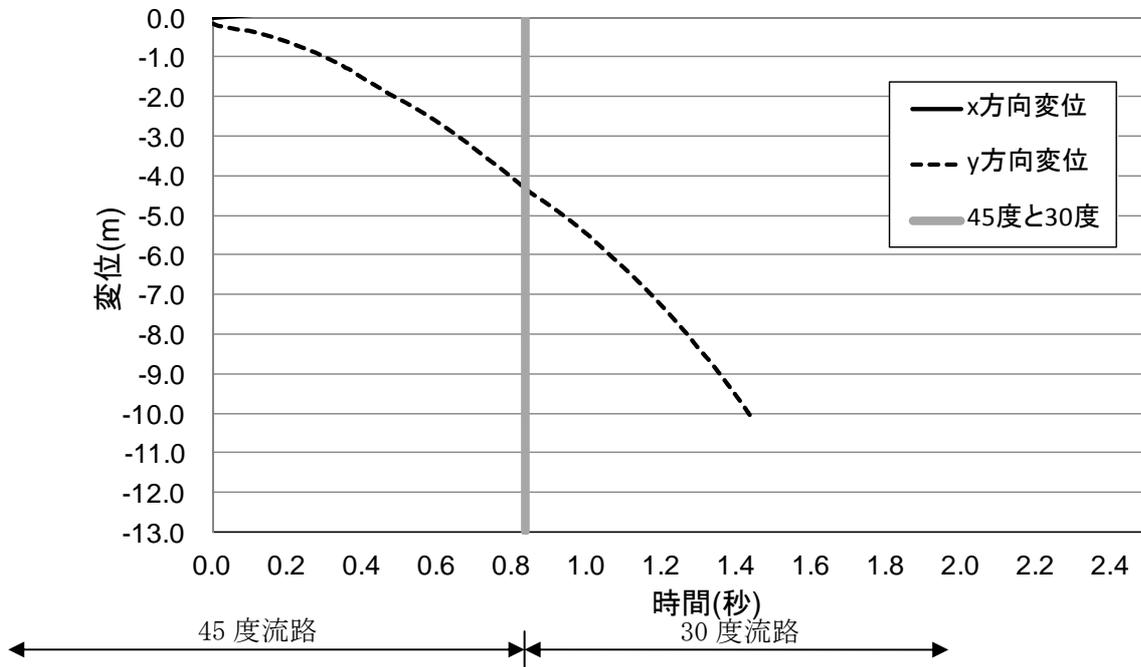


図 9.1.292(a) 岩塊模型の変位履歴

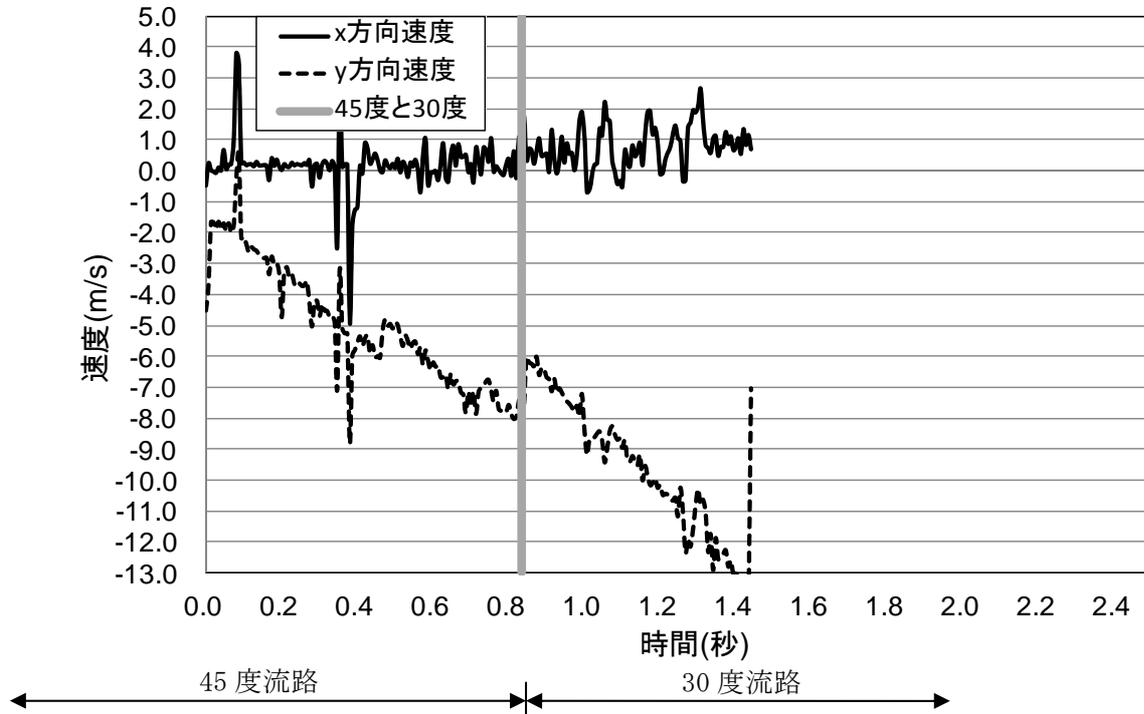


図 9.1.292(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.293 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きへの座標補正を行った。



図 9.1.293 解析に用いた標点の位置

図 9.1.294 に岩塊模型の変位軌跡を示す。直進して落下する挙動となった。

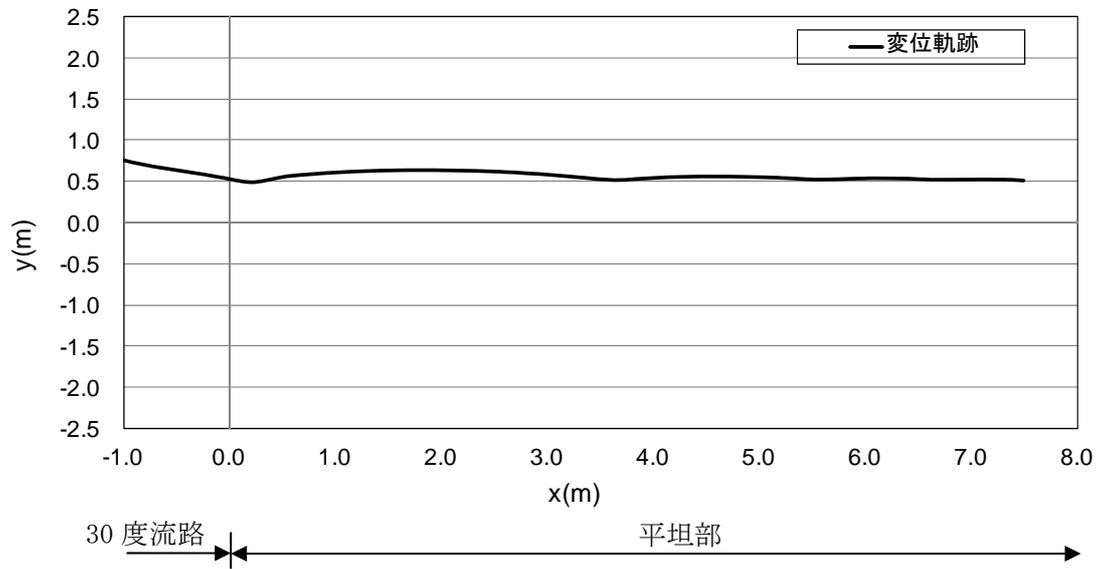


図 9.1.294 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.295 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは振動が発生し、速度ゼロに収束する挙動があることが分かる。

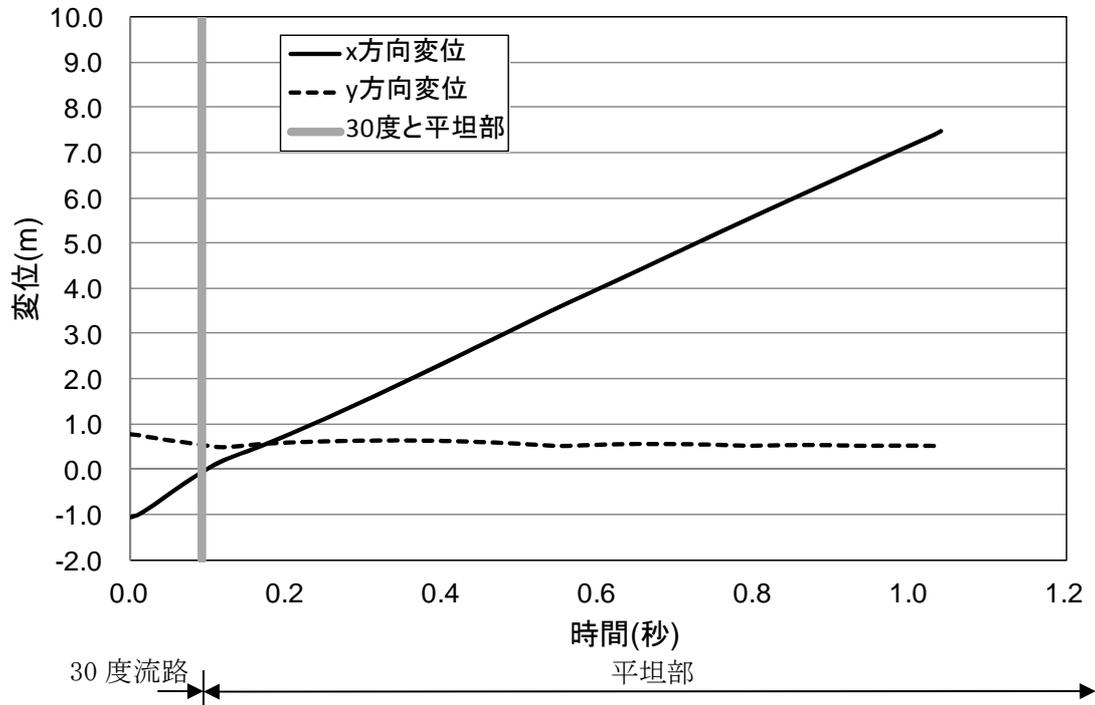


図 9.1.295(a) 岩塊模型の変位履歴

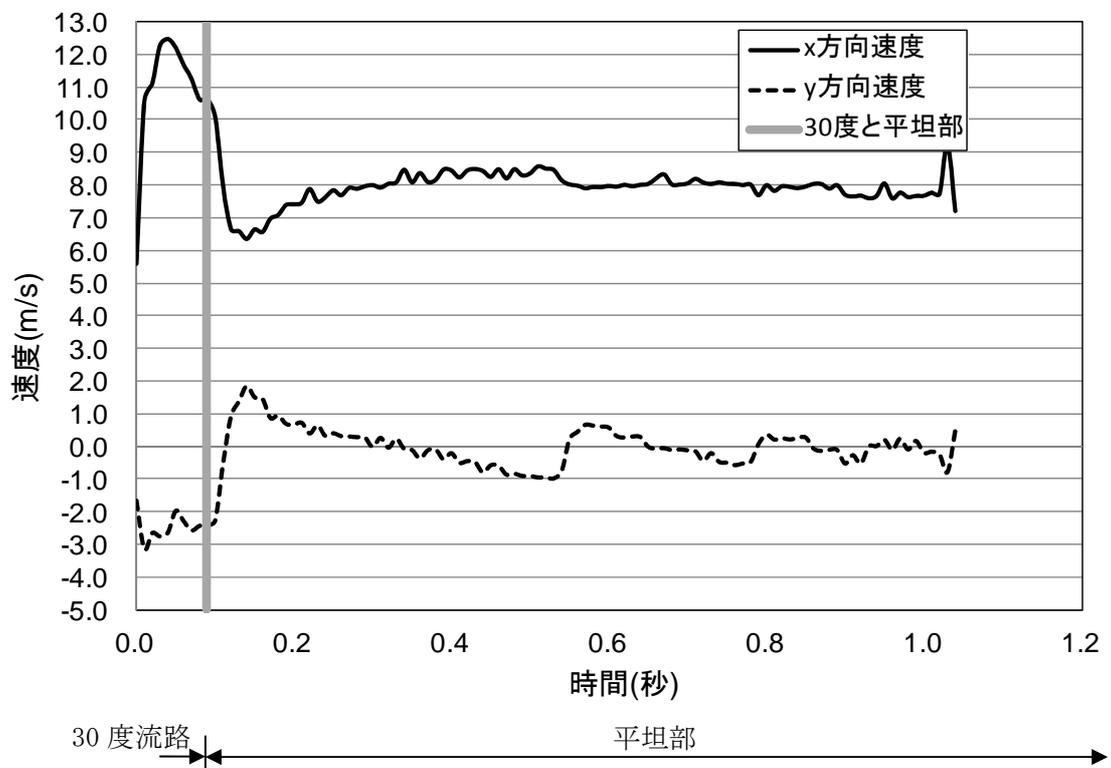


図 9.1.295(b) 岩塊模型の速度履歴

(1) No.36 塊状 20cm

① 流路横

図 9.1.296 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.296 解析に用いた標点の位置

図 9.1.297 に岩塊模型の変位軌跡を示す。

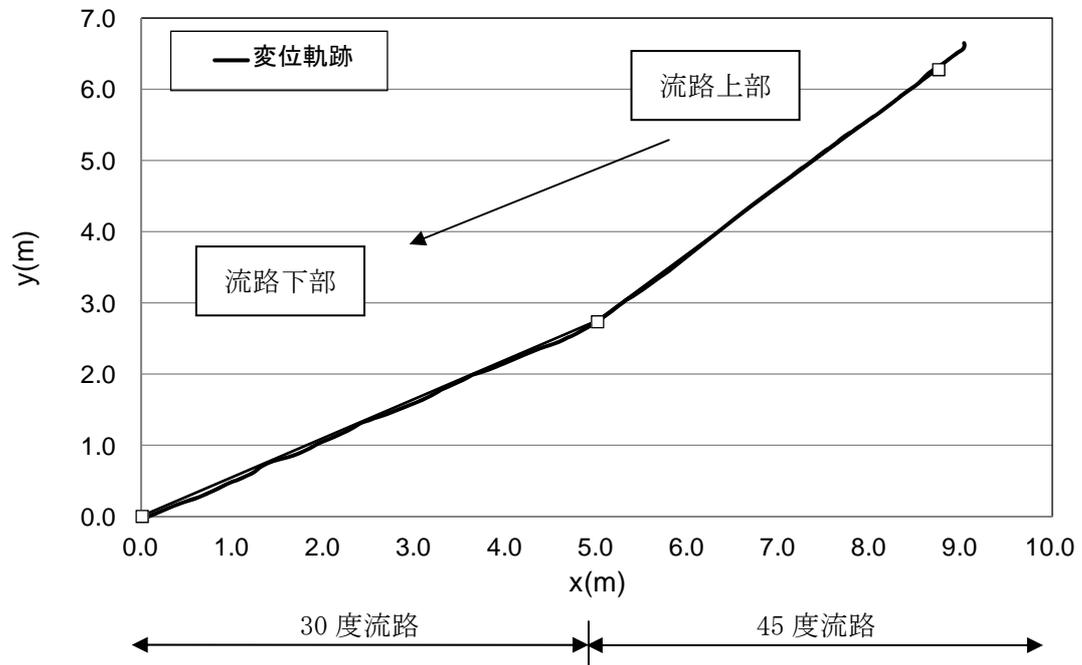


図 9.1.297 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.298 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、45度流路部では速度の x、y 方向成分が同様な挙動を示しており滑動に近い挙動を示しているが、30度流路部では y 方向の落下方向の速度成分が低下し、一定値に収束する挙動が見られた。

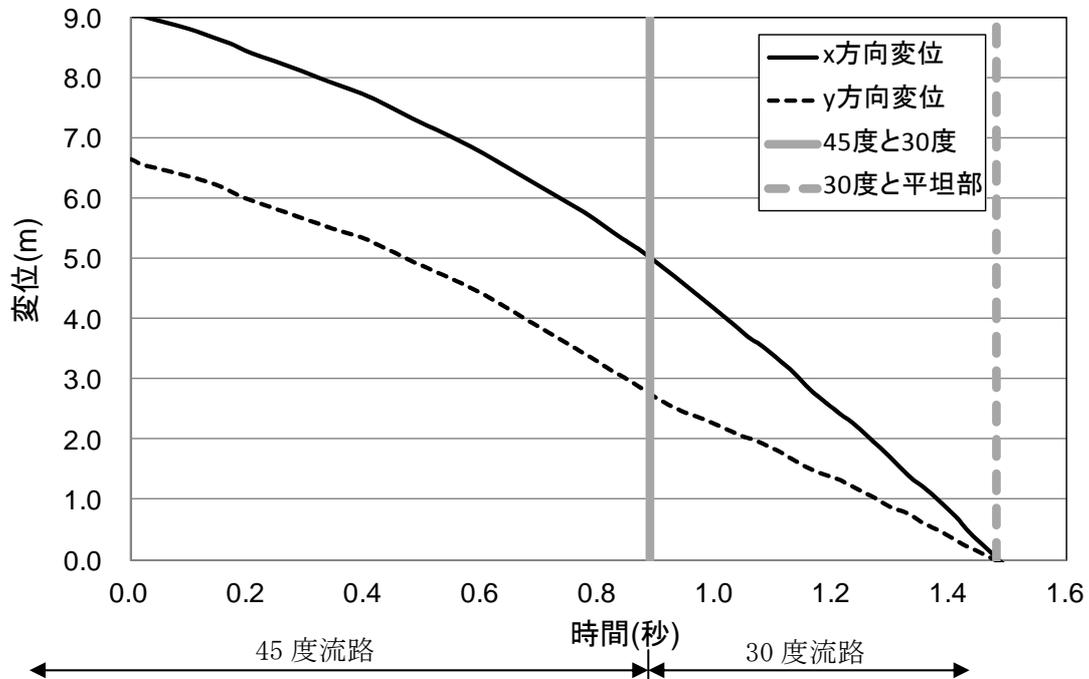


図 9.1.298(a) 岩塊模型の変位履歴

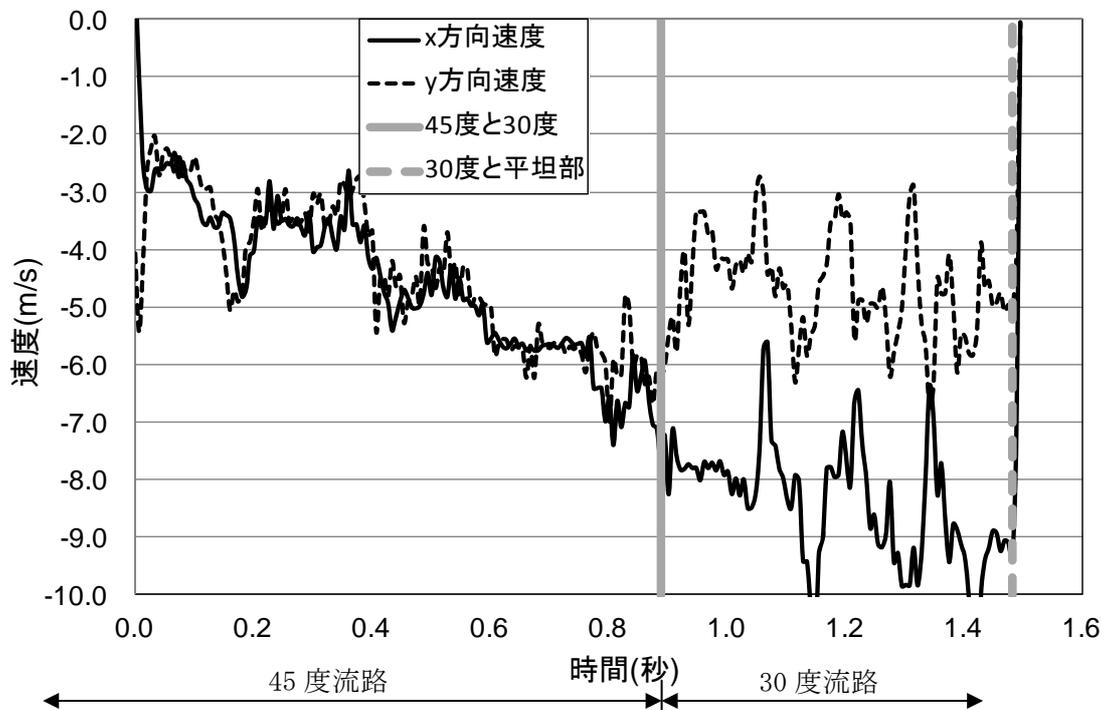


図 9.1.298(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.299 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りは生じていない。よって、速度軌跡に大きな変化はない。

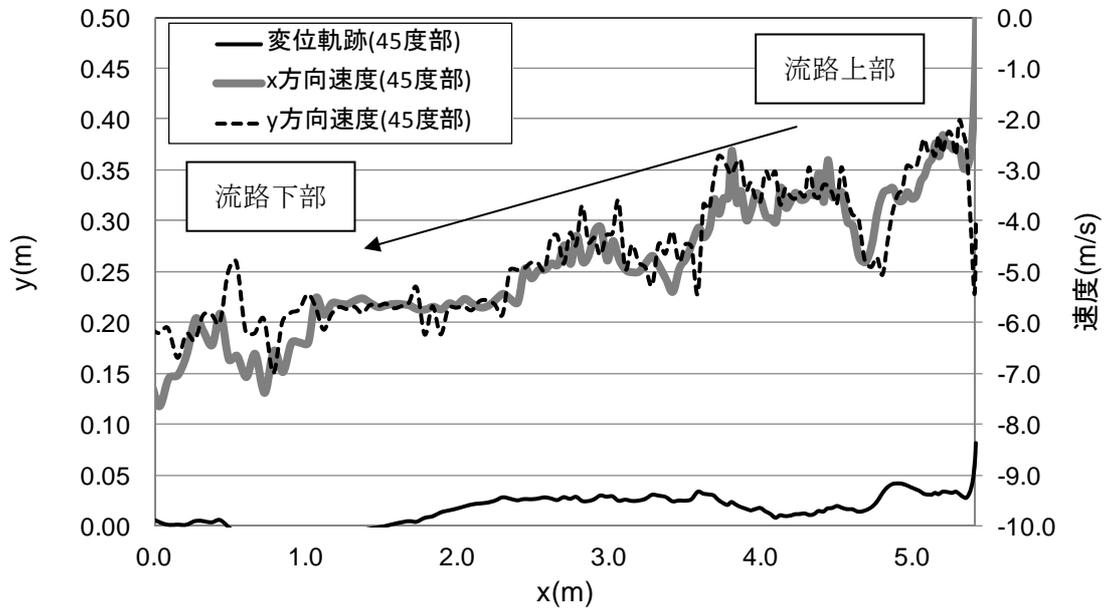


図 9.1.299(a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

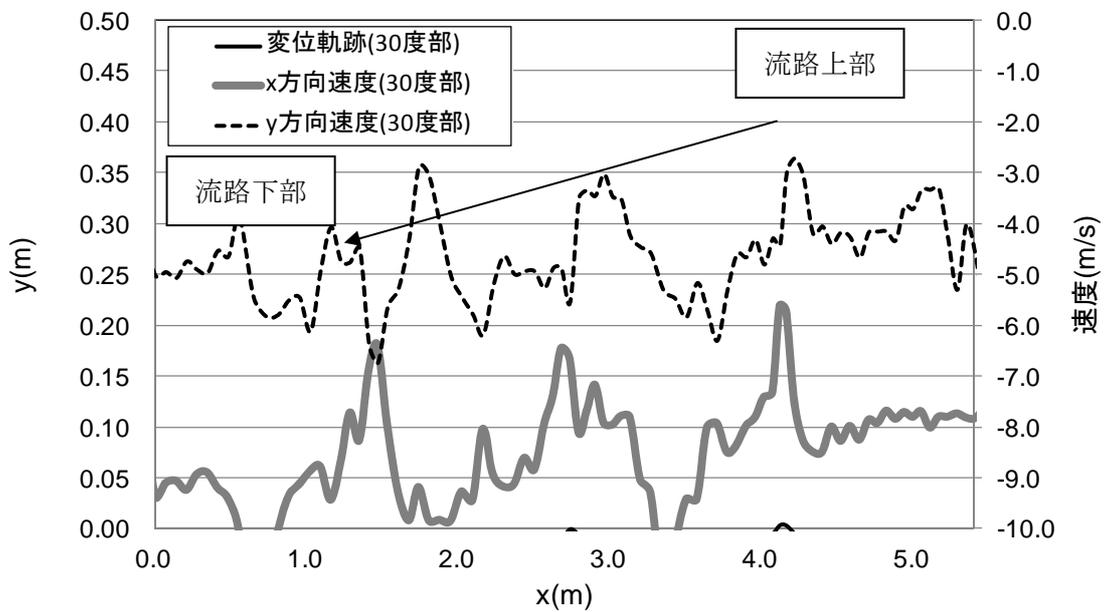


図 9.1.299(b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.300 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

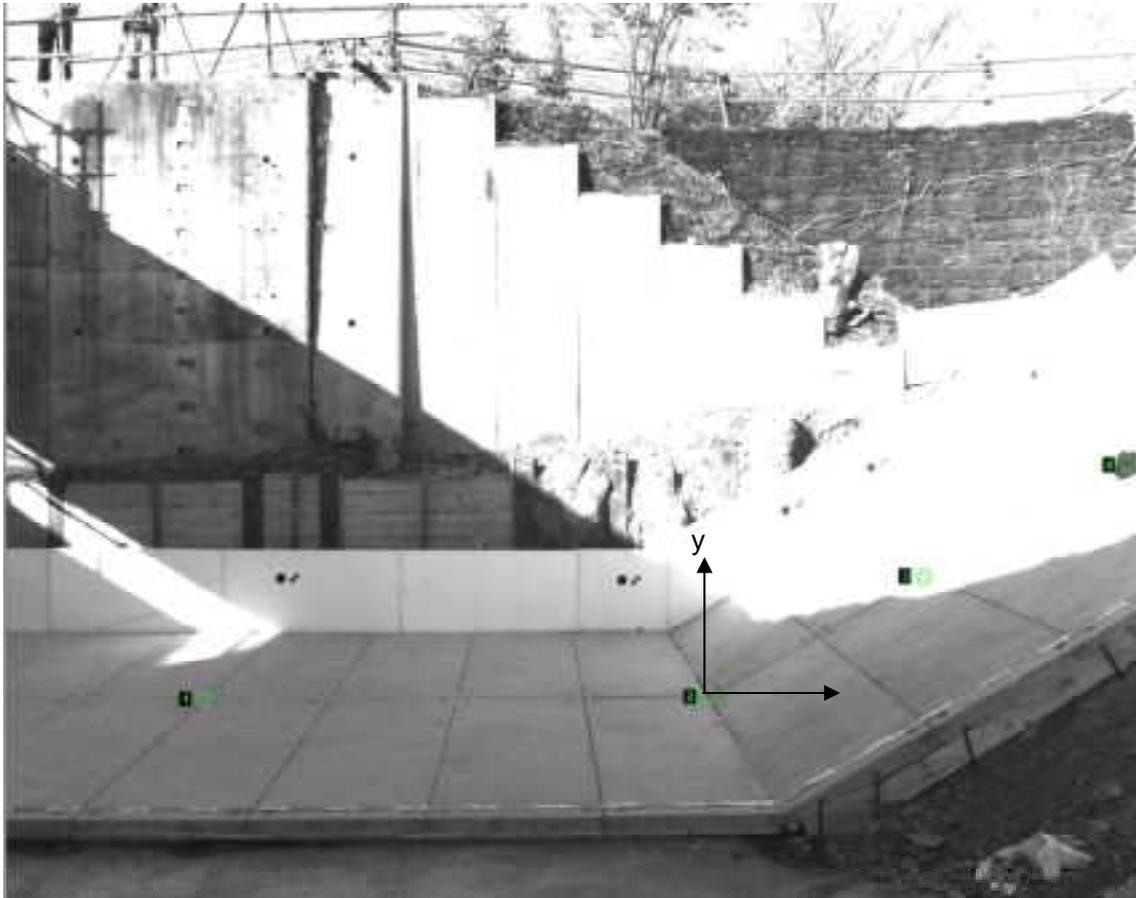


図 9.1.300 解析に用いた標点の位置

図 9.1.301 に岩塊模型の変位軌跡を示す。跳ね返りは見られない。

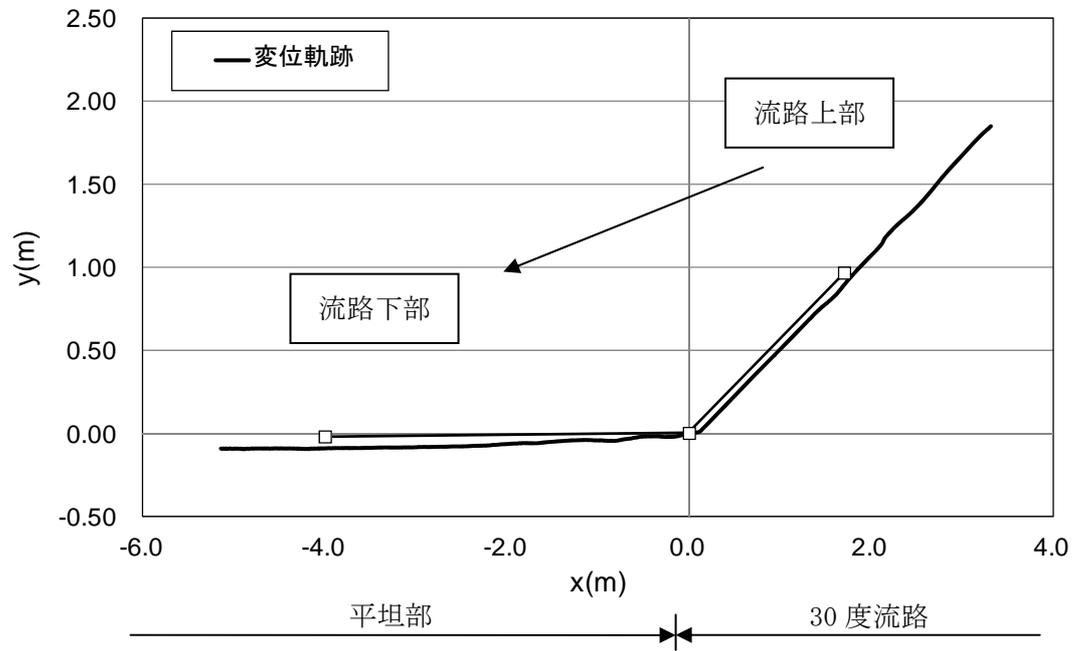


図 9.1.301 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.302 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30度流路部と平坦部の境界で落下速度の低下が x、y 成分両方で生じ、とくに y 方向ではゼロ付近に収束している。

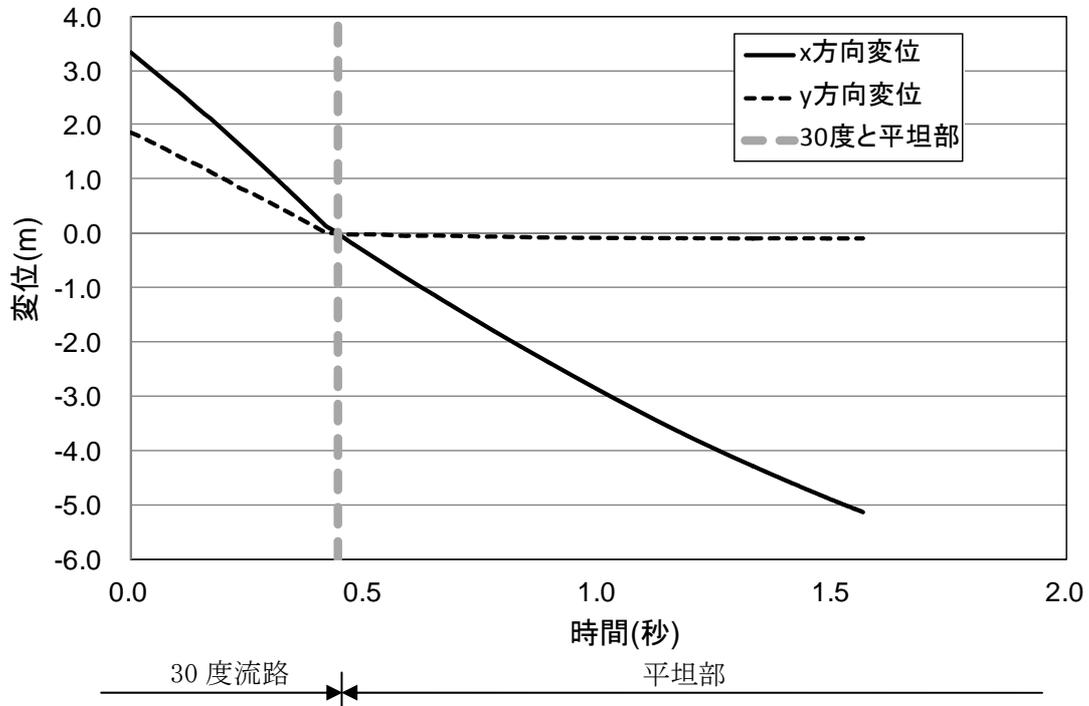


図 9.1.302(a) 岩塊模型の変位履歴

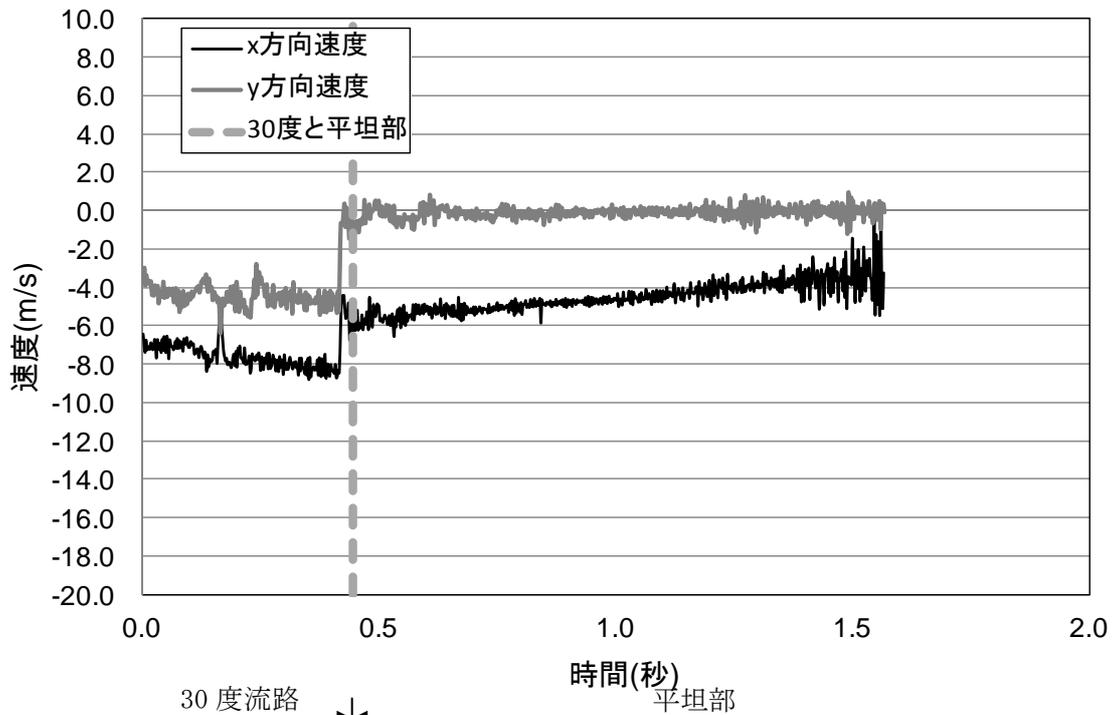


図 9.1.302(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.303 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りは生じていない。速度軌跡からは、 x, y 方向成分ともにゼロに収束していることが分かる。

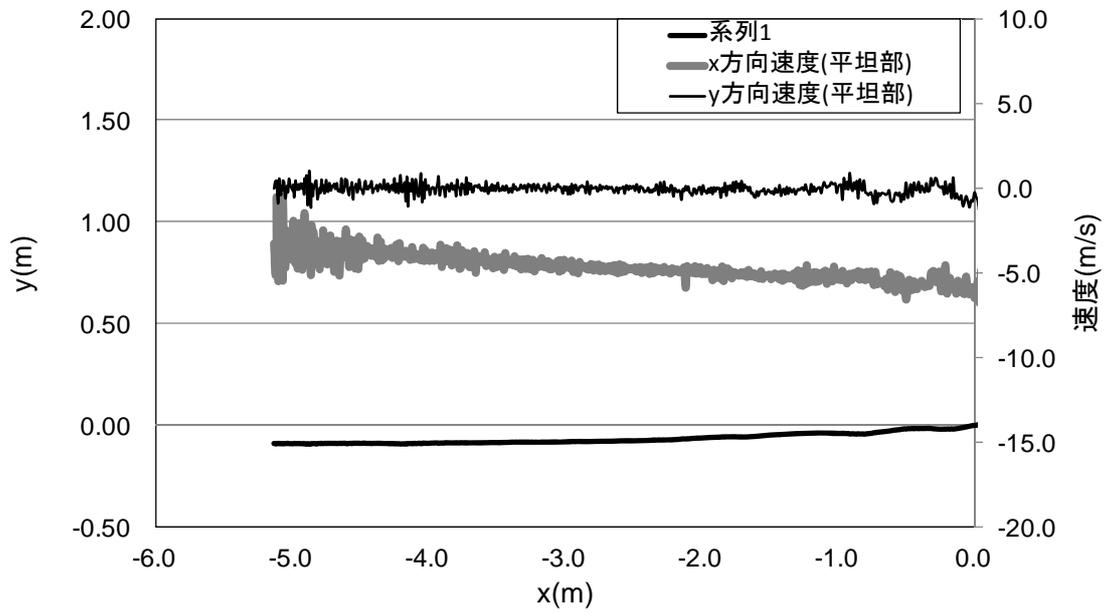


図 9.1.303 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.304 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きへの座標補正を行った。

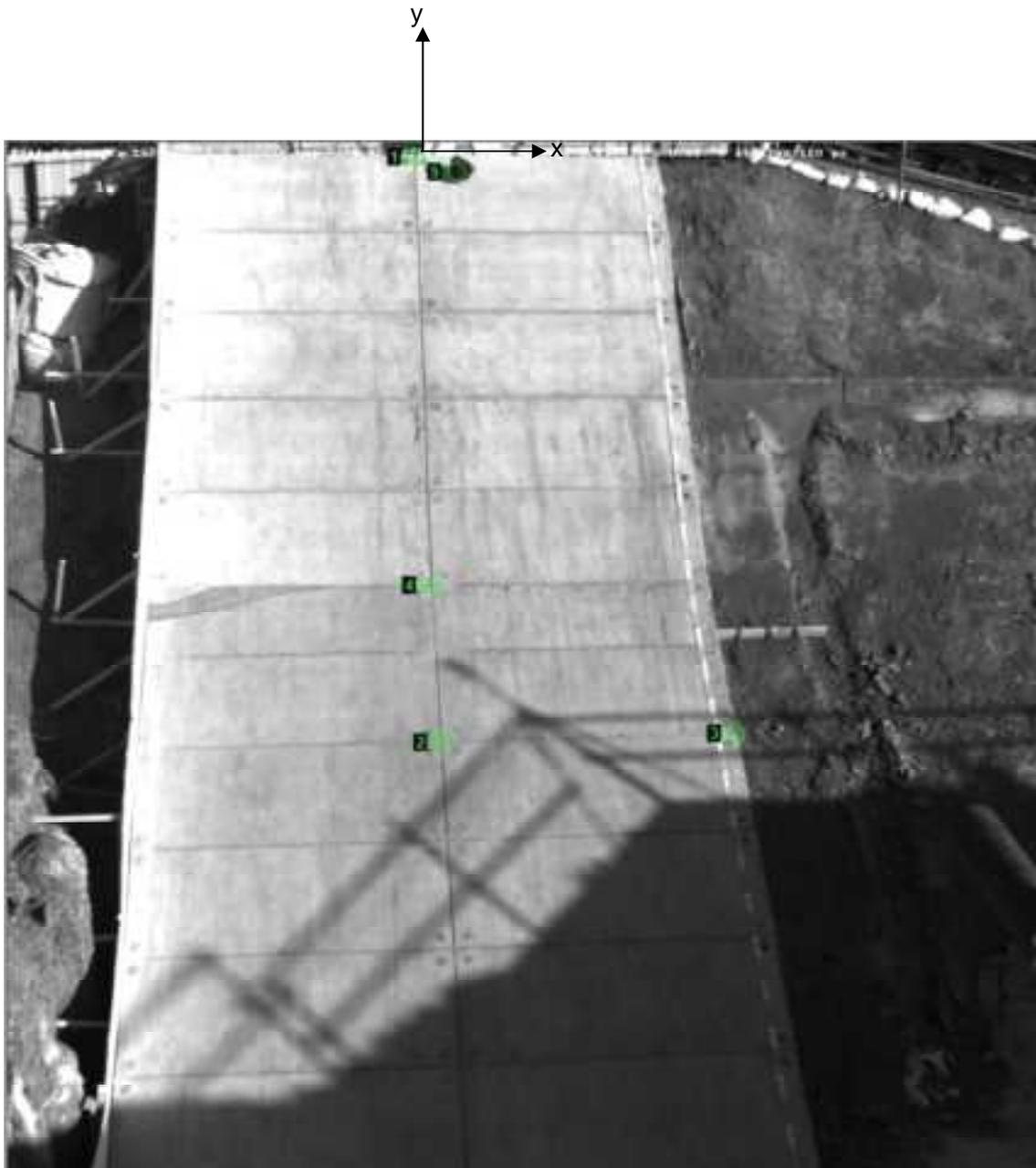


図 9.1.304 解析に用いた標点の位置

図 9.1.305 に岩塊模型の変位軌跡を示す。直進して落下する挙動となった。ただし、跳ね返りが多い30度斜路部では、若干右側に移動した。

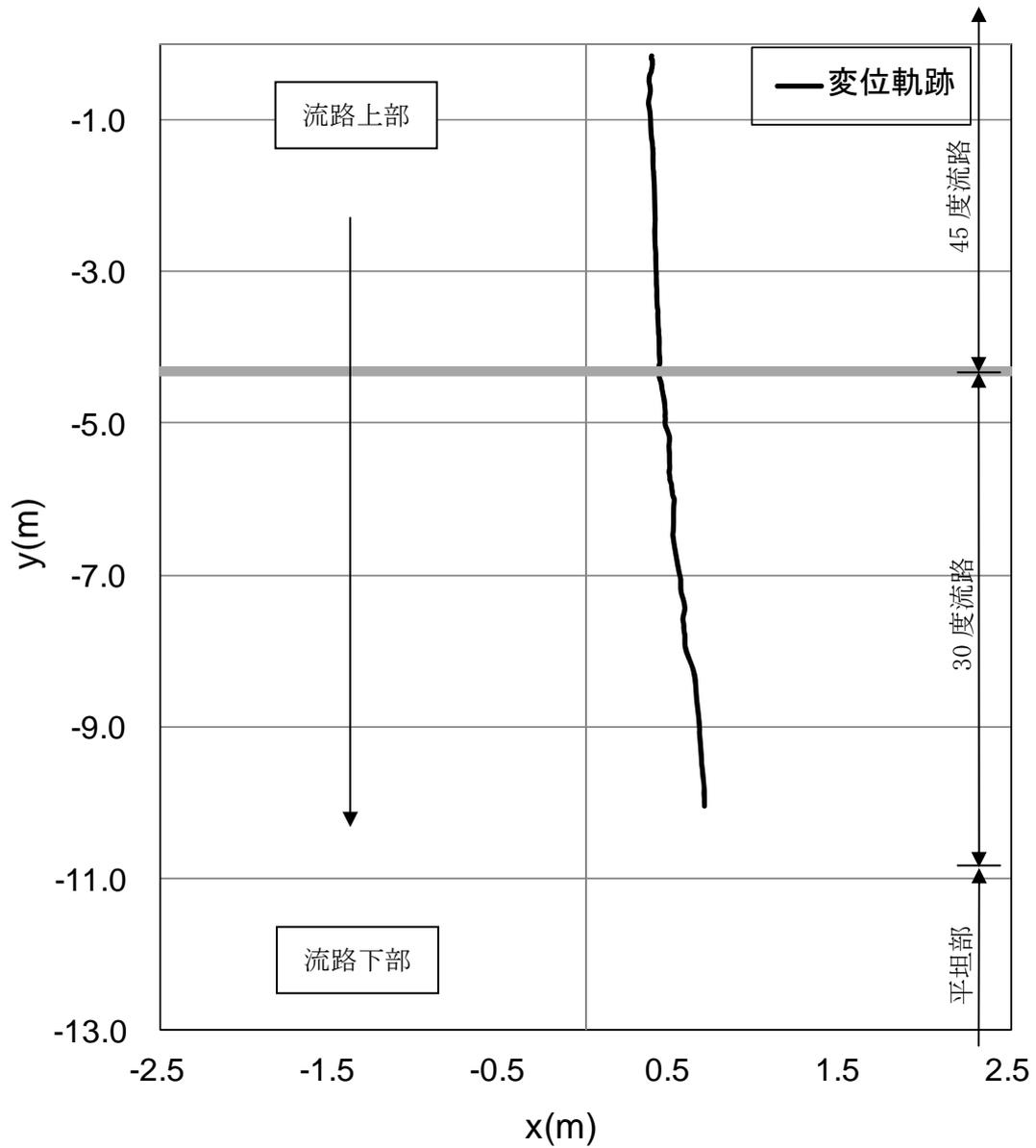


図 9.1.305 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.306 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30 度部で落下速度に振動が若干発生している。

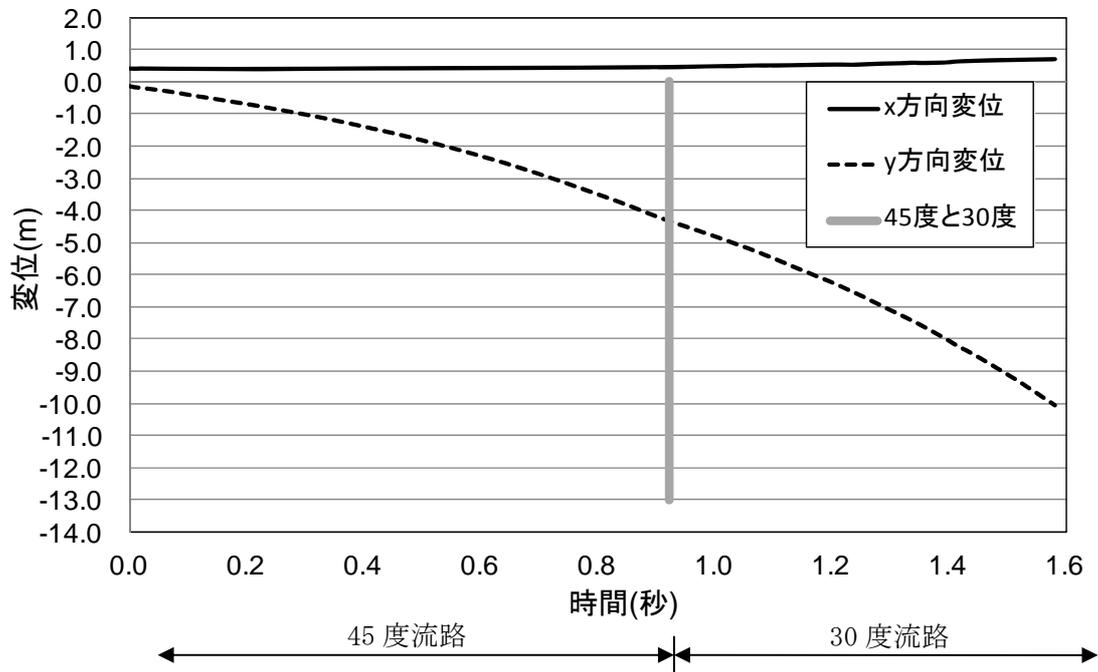


図 9.1.306(a) 岩塊模型の変位履歴

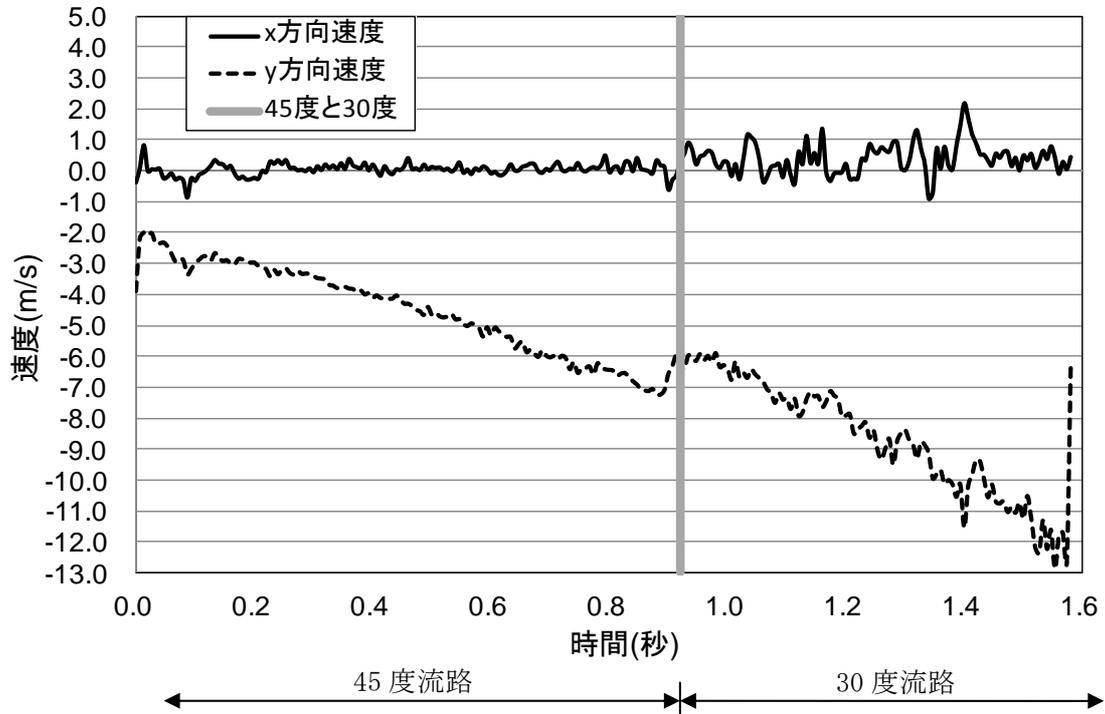


図 9.1.306(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.307 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きへの座標補正を行った。



図 9.1.307 解析に用いた標点の位置

図 9.1.308 に岩塊模型の変位軌跡を示す。直進して落下する挙動となった。

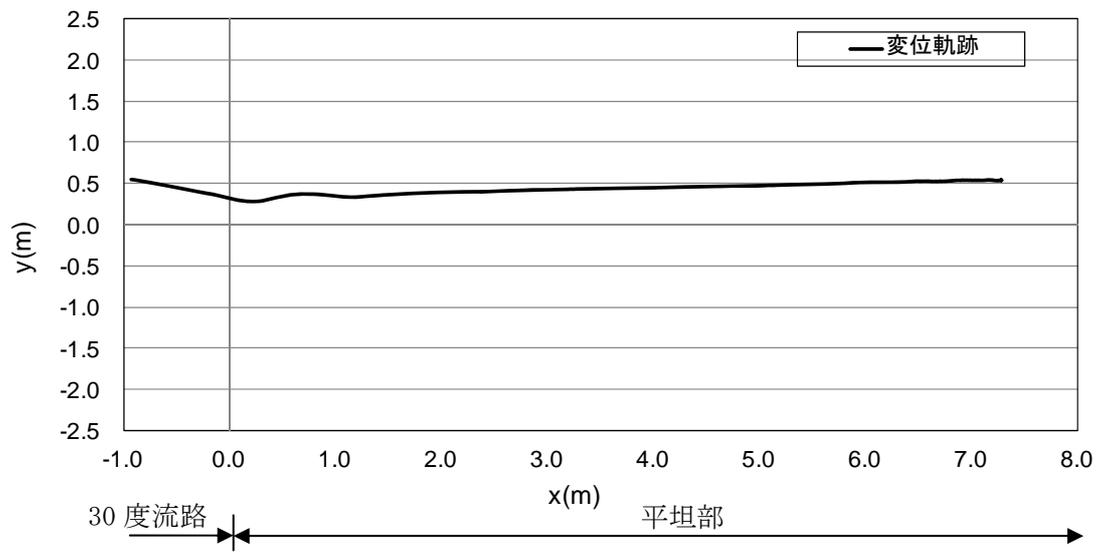


図 9.1.308 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.309 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは速度ゼロに収束する挙動があることが分かる。

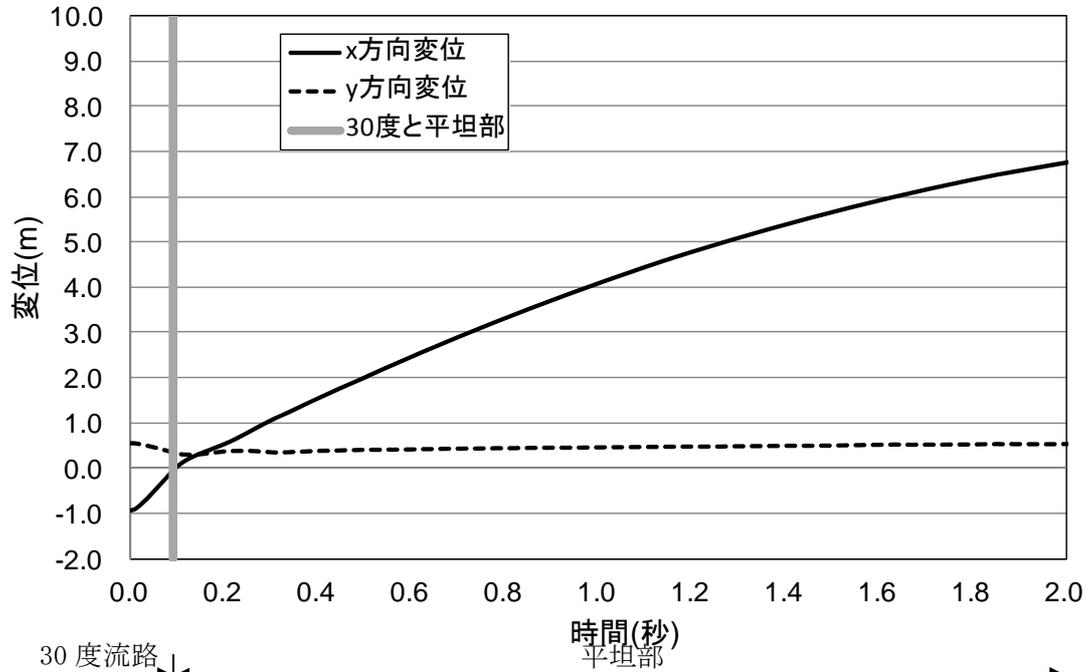


図 9.1.309(a) 岩塊模型の変位履歴

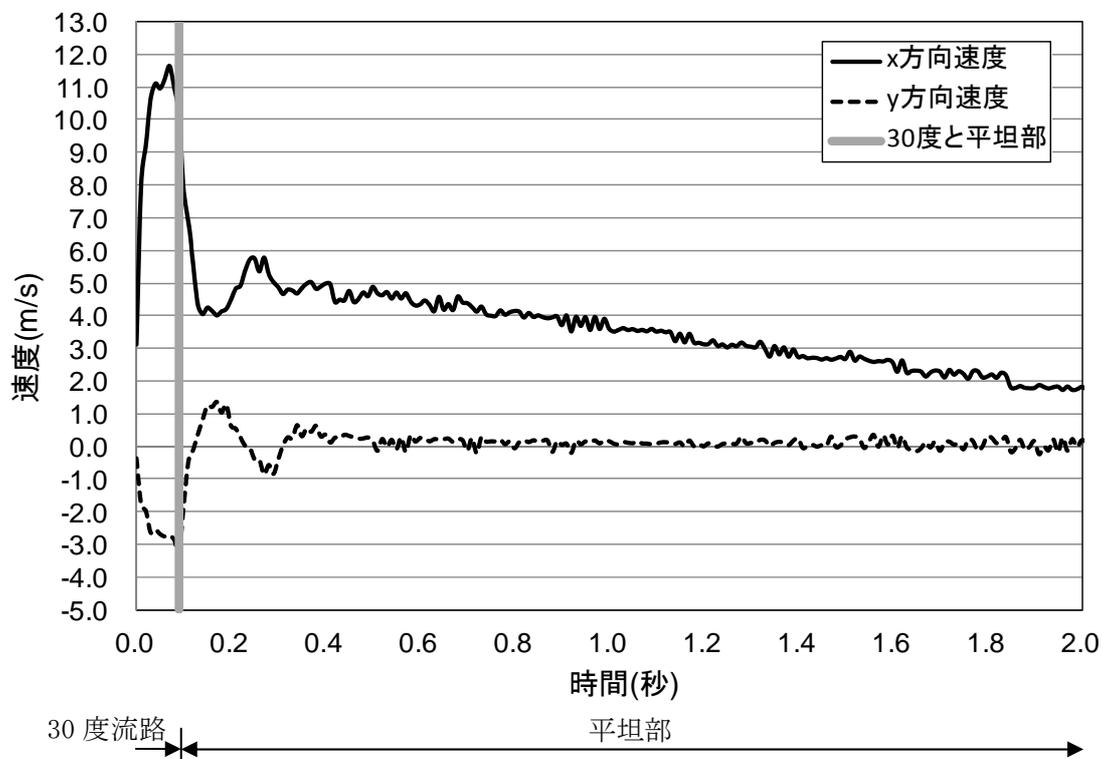


図 9.1.309(b) 岩塊模型の速度履歴

9. 1. 6 岩塊単体（アングル付き）

本節では、岩塊単体（アングル付き）の解析結果（12 ケース）について示す。

（1） No. 23 球形 20cm

① 流路横

図 9. 1. 310 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9. 1. 310 解析に用いた標点の位置

図 9.1.311 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路と 30 度流路にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

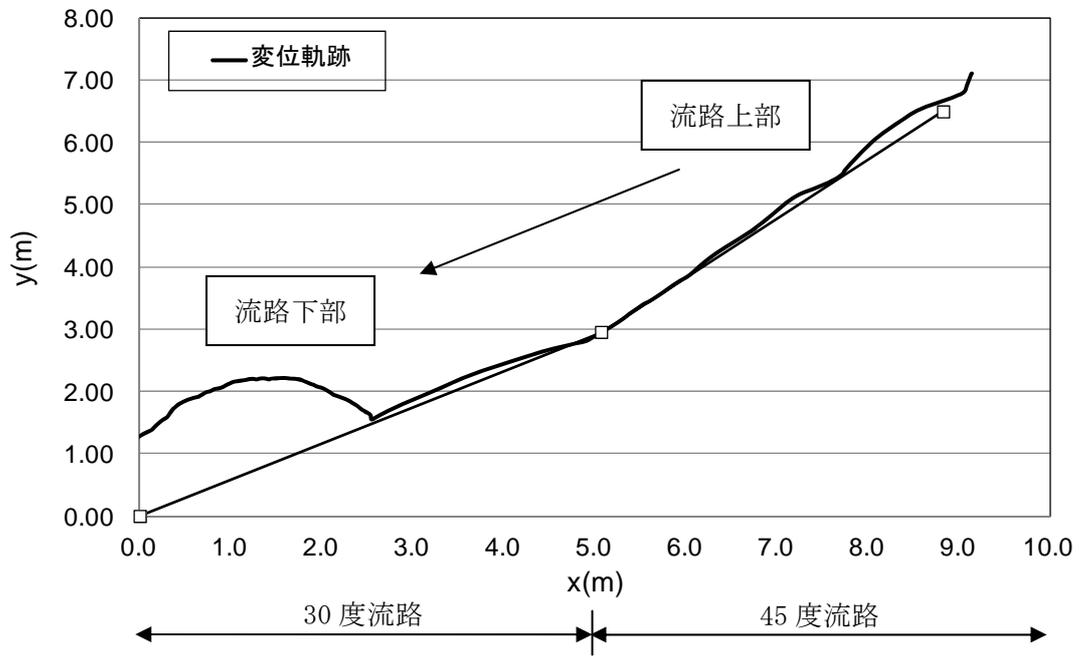


図 9.1.311 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.312 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル位置にて、跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45度流路部において速度のx、y方向成分に同様の挙動が見られ、30度流路部ではx方向成分の落下速度上がり、y方向成分の落下速度が低下した後、アングル位置においてx方向成分の速度が急激に低下し、y方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

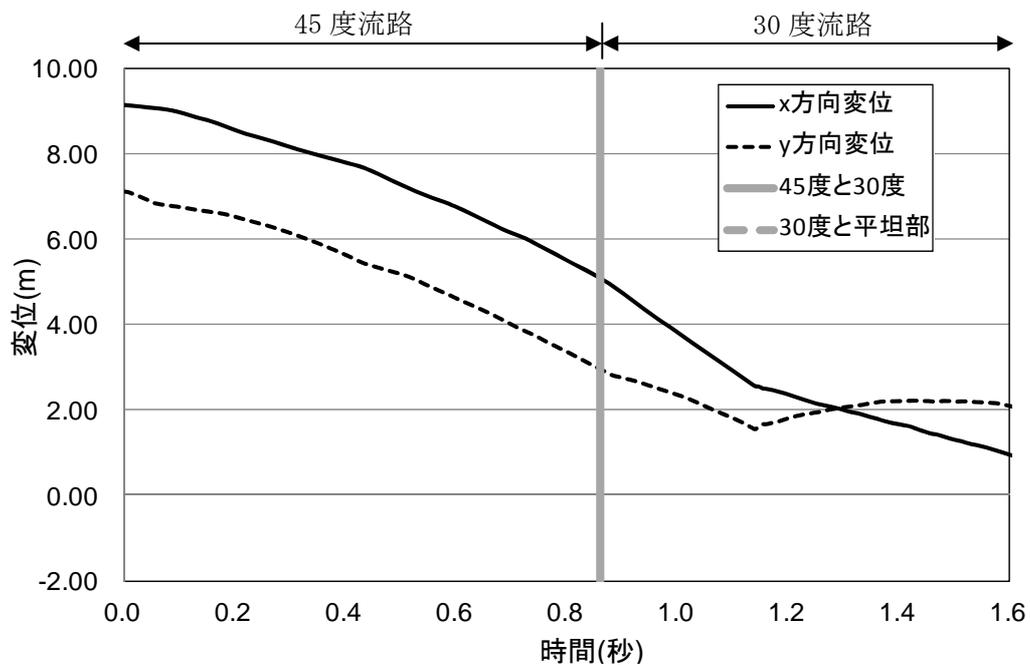


図 9.1.312(a) 岩塊模型の変位履歴

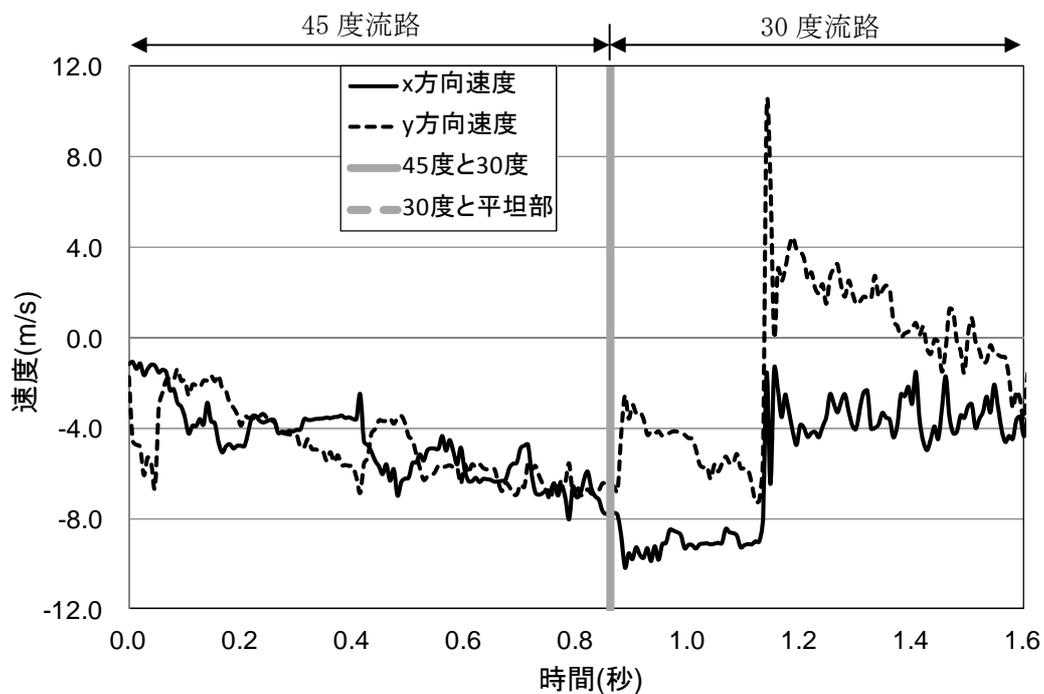


図 9.1.312(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.313 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路部と 30 度流路部のアングル設置位置にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路上面で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時は速度の x 方向成分は低下し、y 方向成分は上がる挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

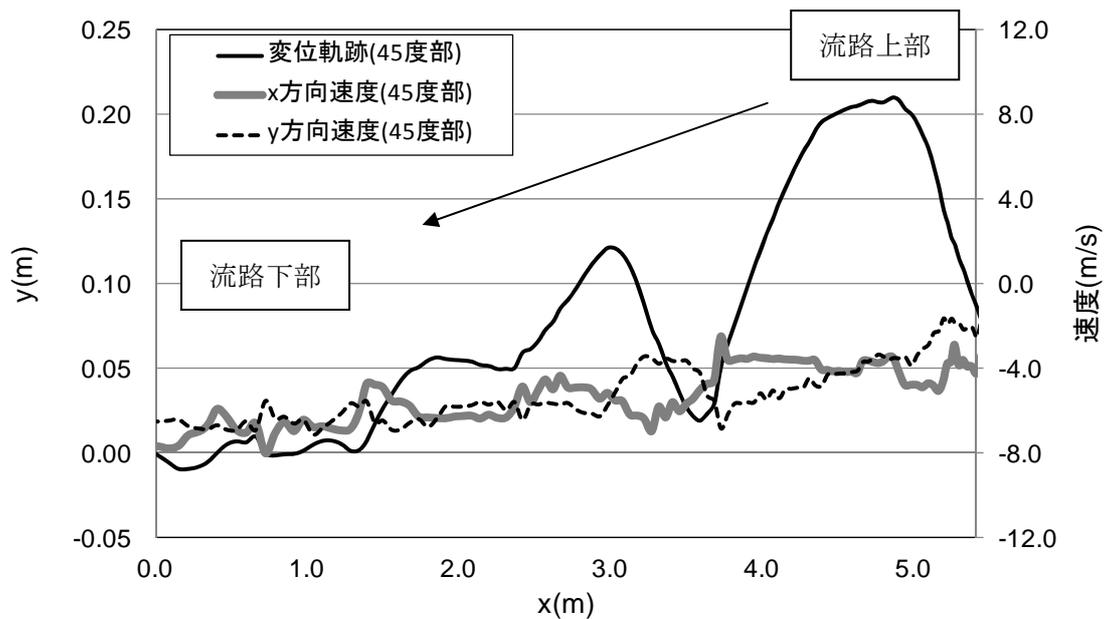


図 9.1.313(a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

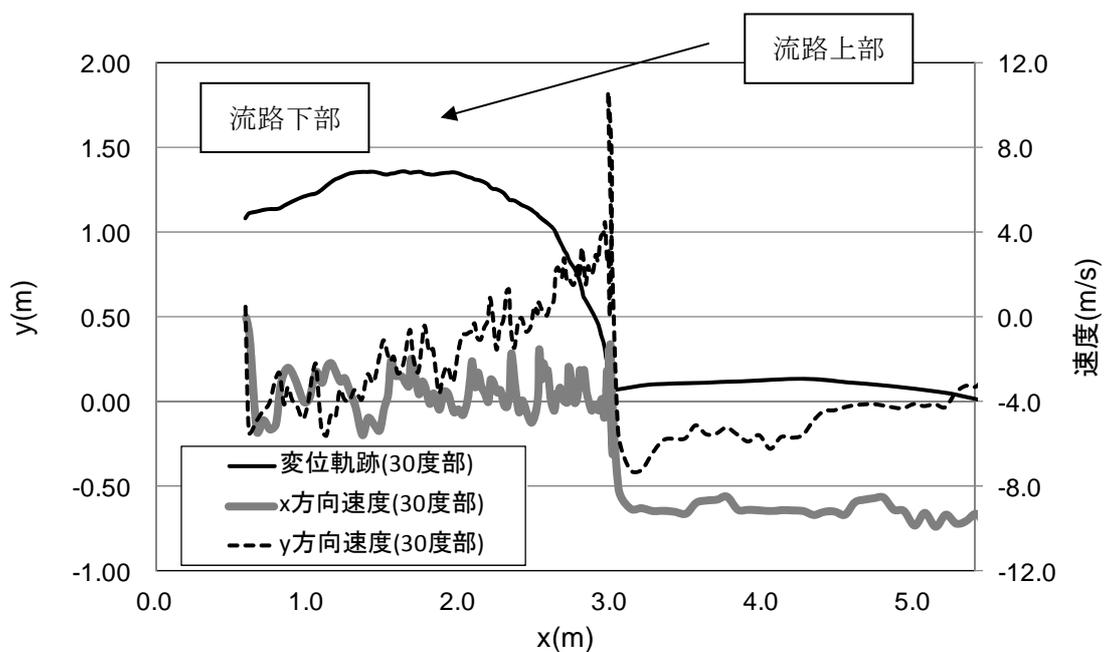


図 9.1.313(b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.314 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

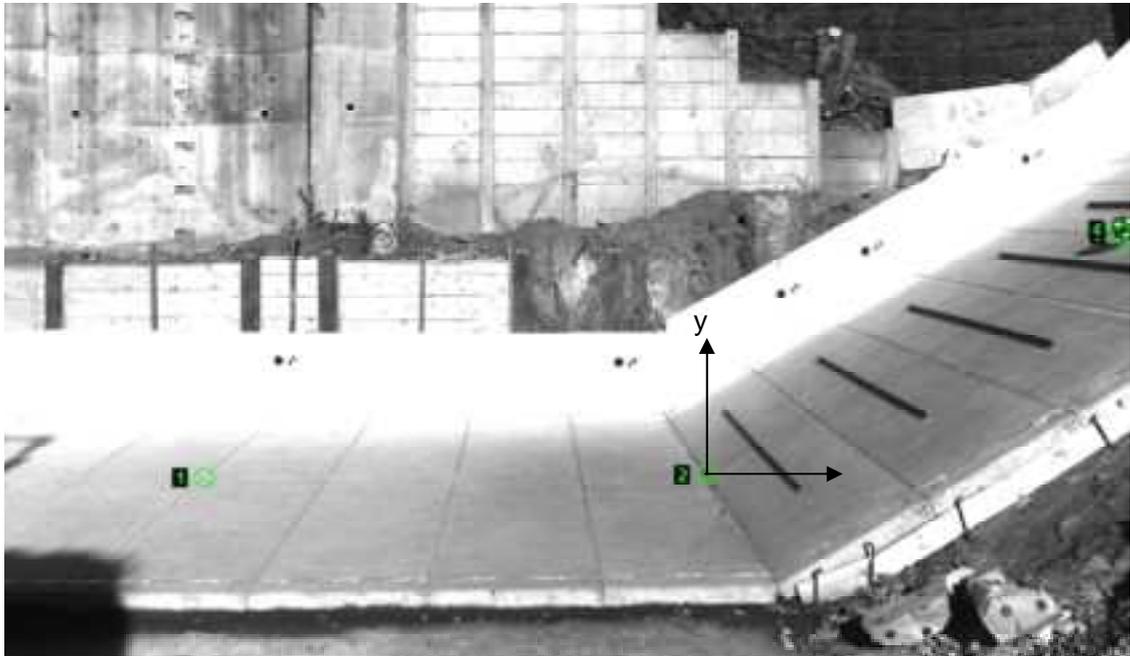


図 9.1.314 解析に用いた標点の位置

図 9.1.315 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部のアンクル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

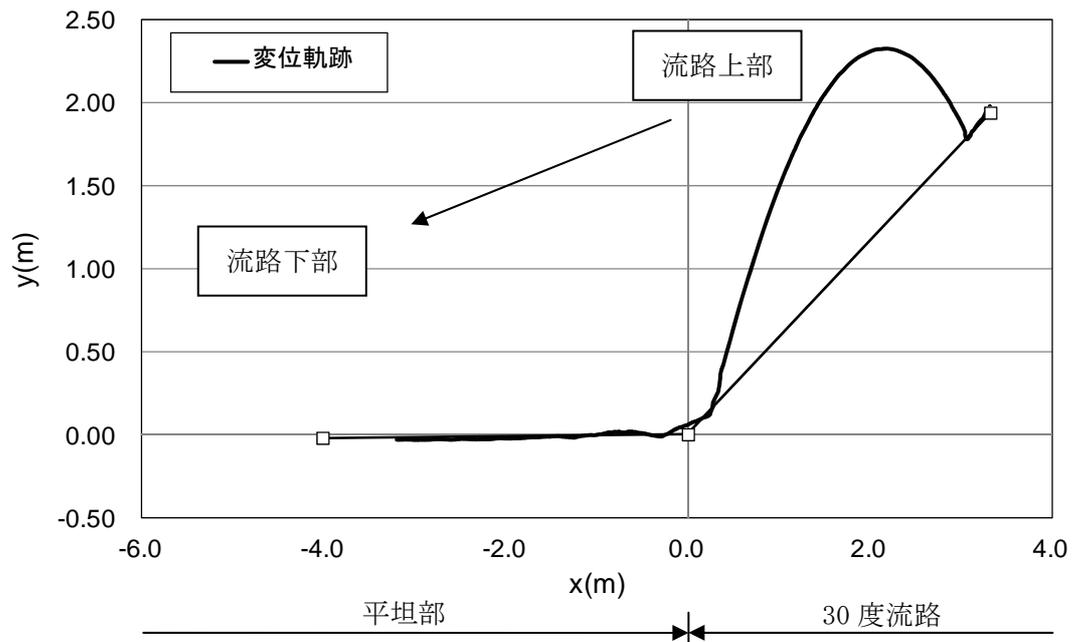


図 9.1.135 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.316 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置にて x 方向成分と y 方向成分の落下速度が変化した後、30 度流路部と平坦部の境界において、落下速度の x 方向成分は上がり、y 方向成分は低下する挙動を示し、特に、y 方向成分はゼロ付近に収束する挙動を示した。なお、1.5 秒後の落下速度の x 方向成分における速度低下は、壁に衝突したことによる。

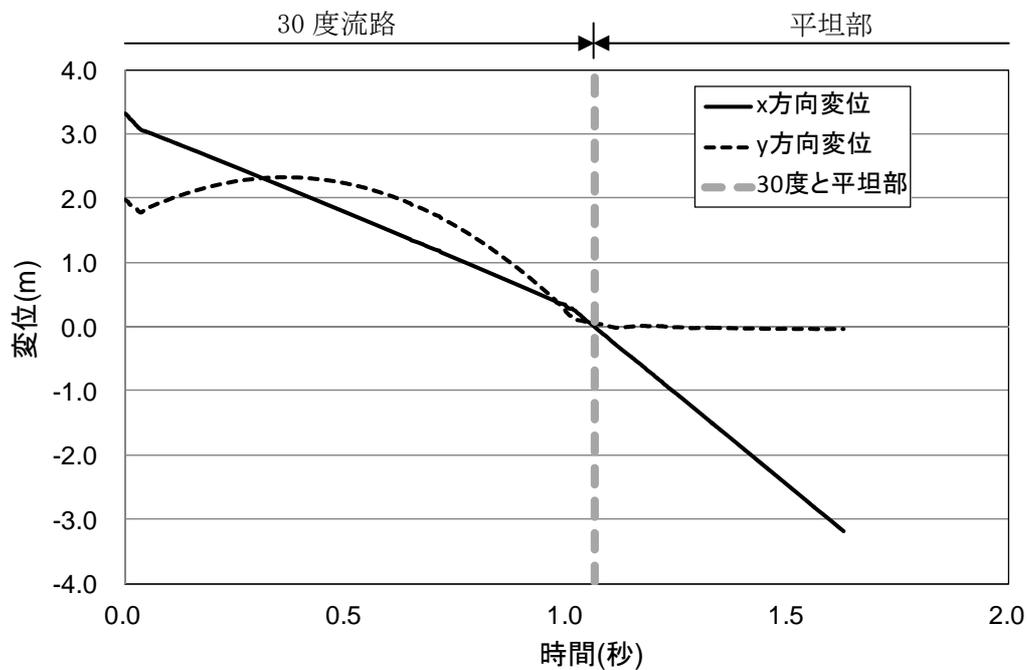


図 9.1.316(a) 岩塊模型の変位履歴

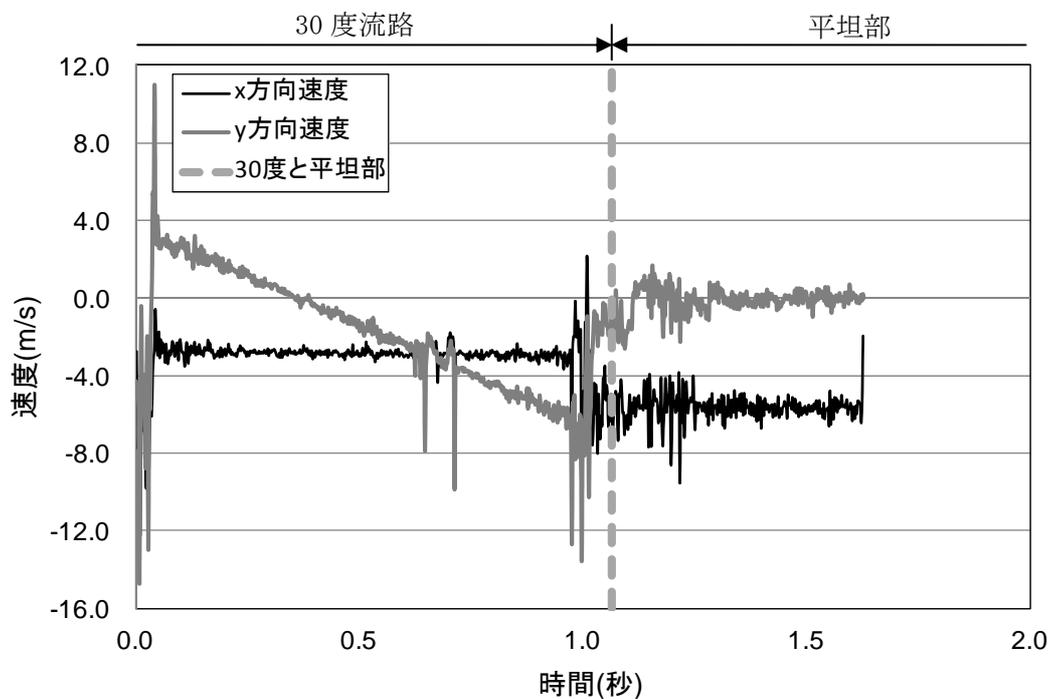


図 9.1.316(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.317 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、y 方向成分がゼロに収束していることが分かる。

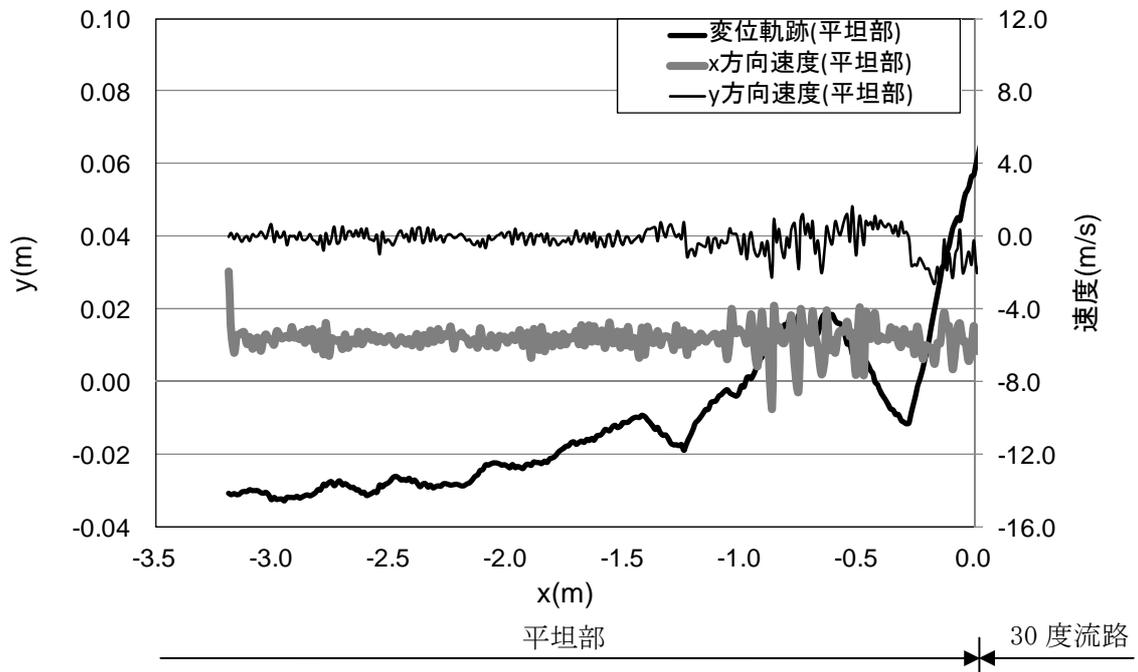


図 9.1.317 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.318 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きへの座標補正を行った。

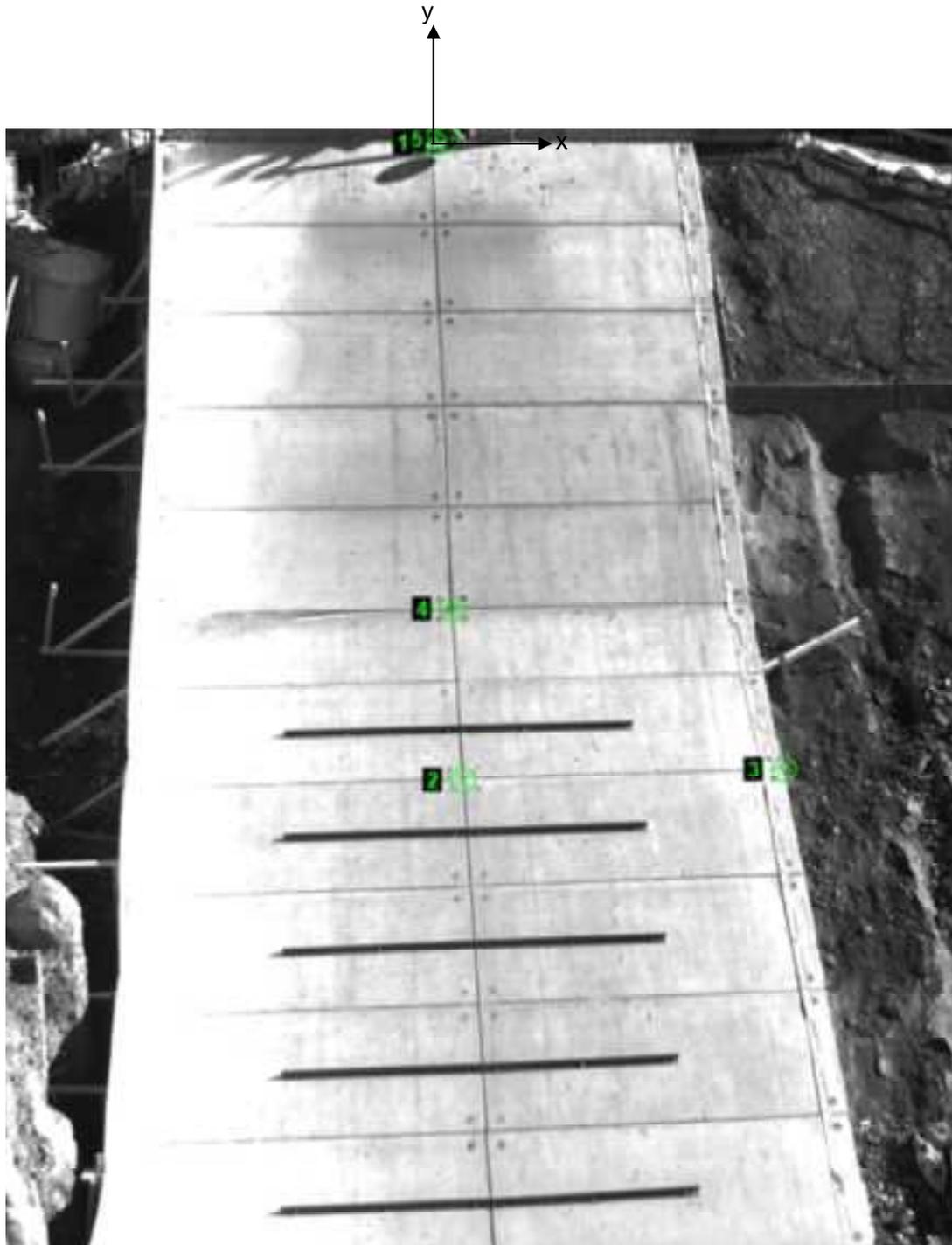


図 9.1.318 解析に用いた標点の位置

図 9.1.319 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的に落下する挙動を示すものの、アングル設置位置で右側に移動した。

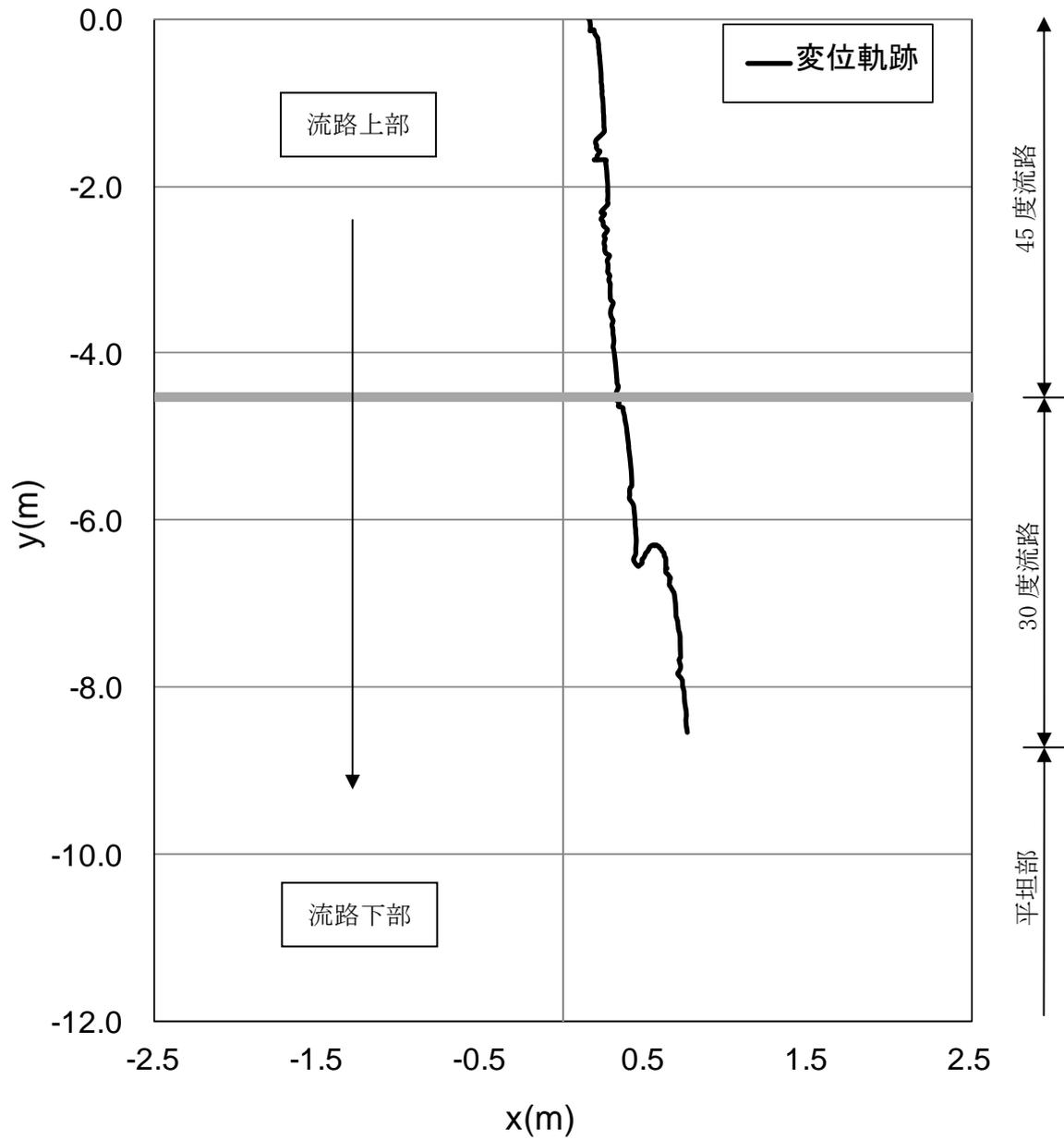


図 9.1.319 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.320 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で落下速度の y 方向成分が低下する挙動を示した。

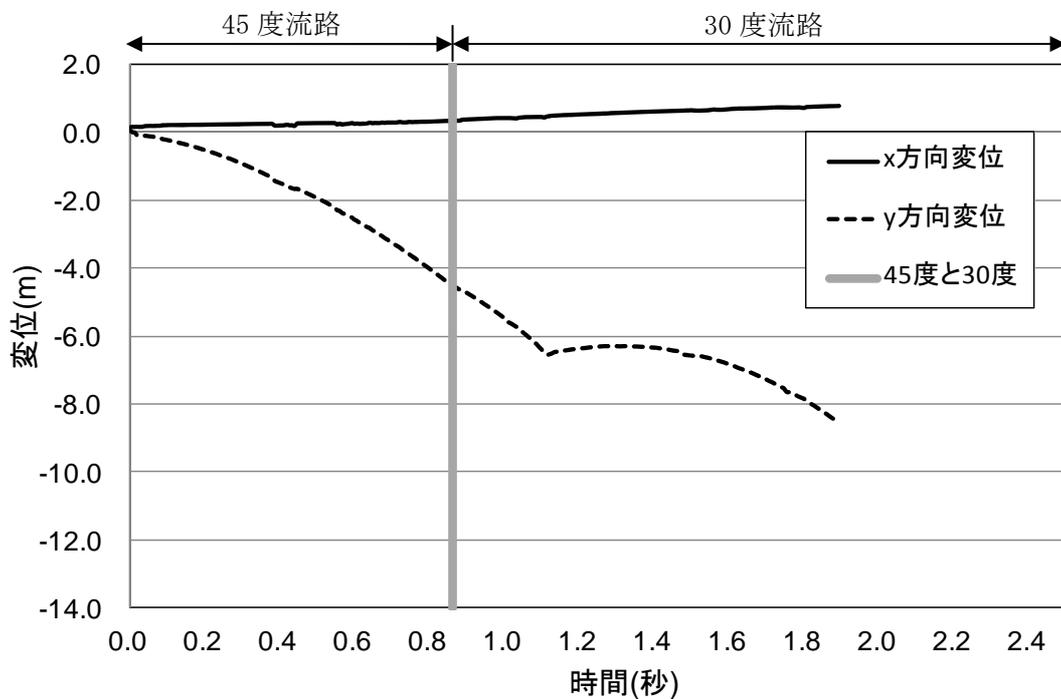


図 9.1.320(a) 岩塊模型の変位履歴

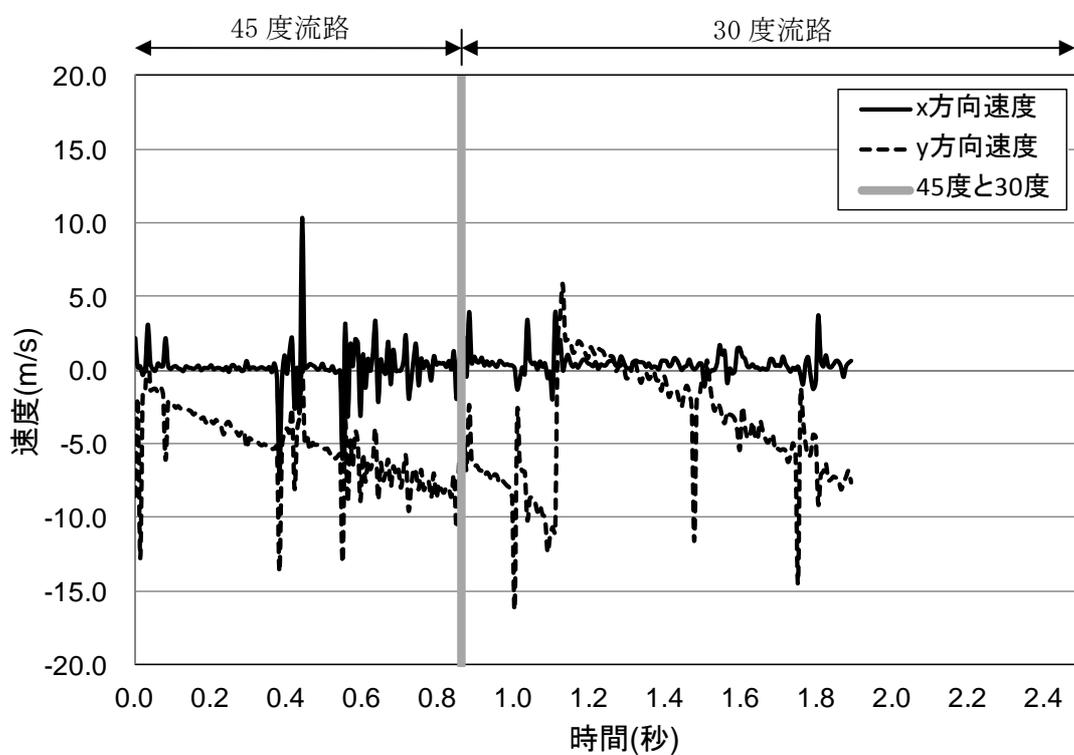


図 9.1.320(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.321 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

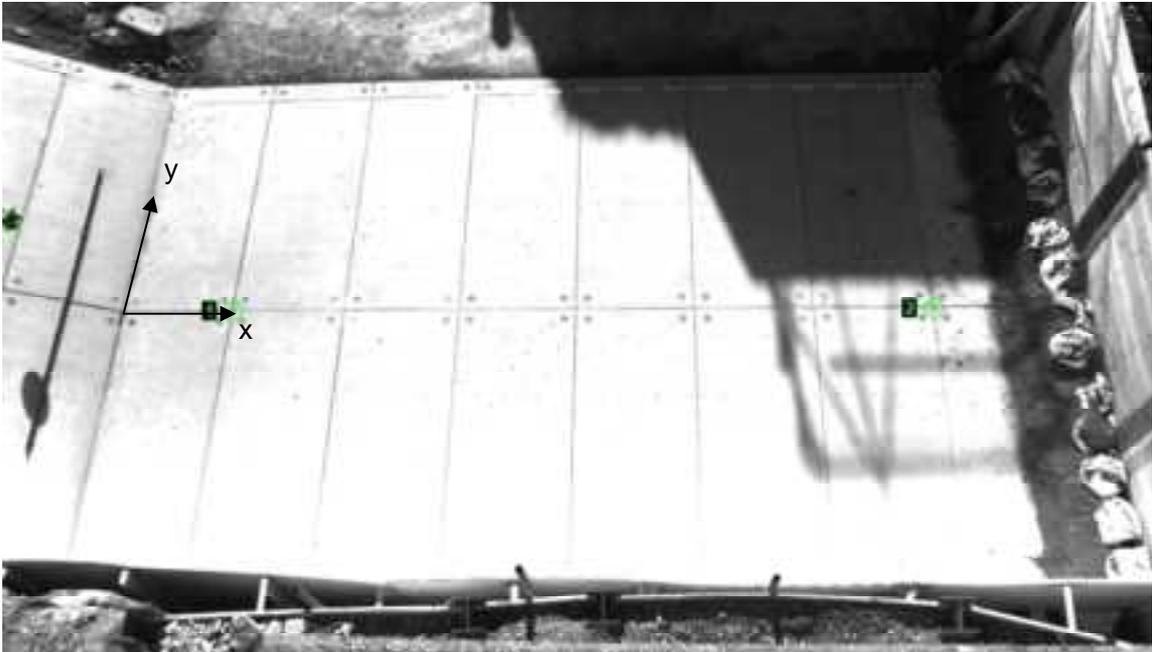


図 9.1.321 解析に用いた標点の位置

図 9.1.322 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は直線的に落下する挙動であった。

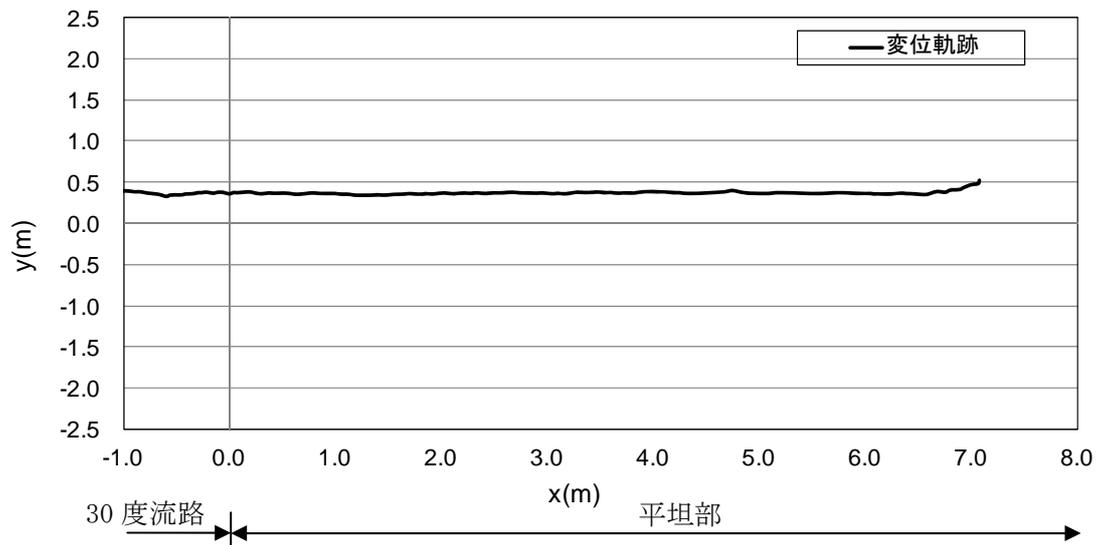


図 9.1.322 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.323 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界で y 方向成分の速度低下が見られた。なお、1.6 秒後の急激な速度変化は、壁との衝突によるものである。

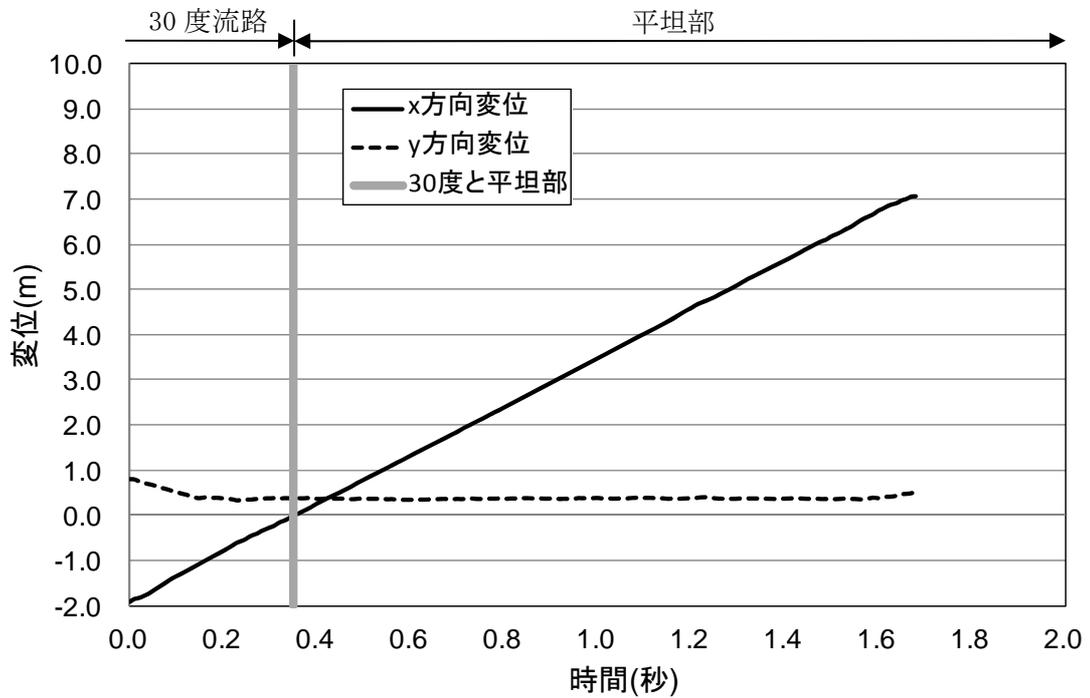


図 9.1.323(a) 岩塊模型の変位履歴

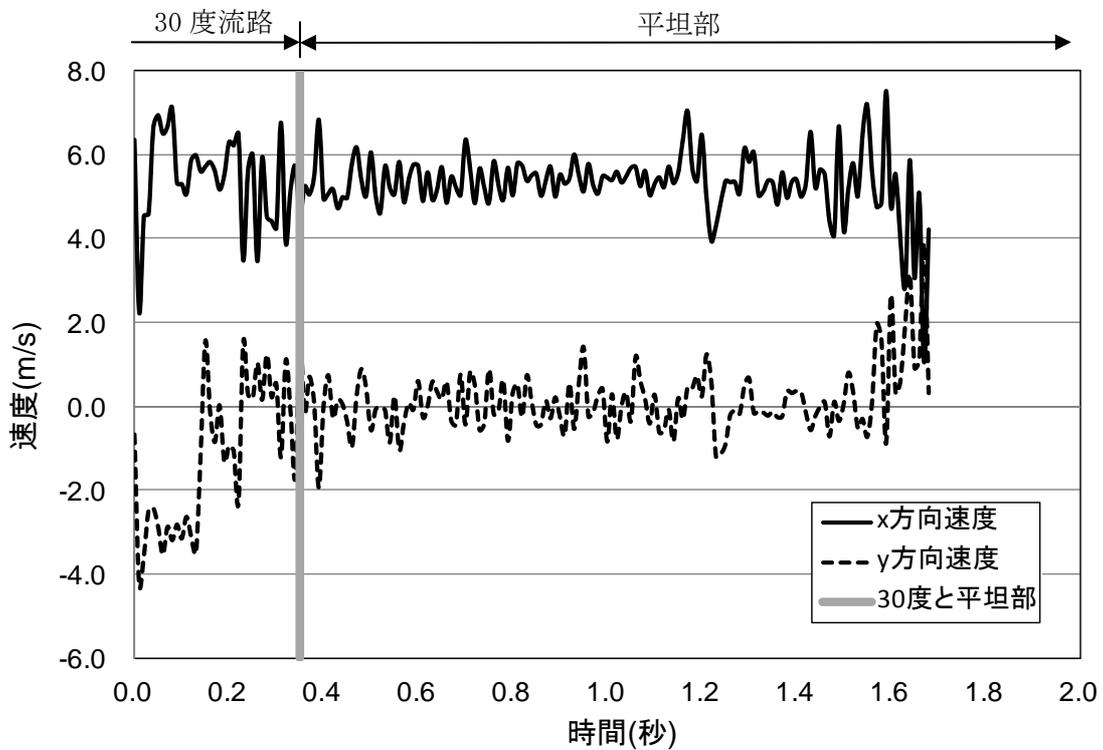


図 9.1.323(b) 岩塊模型の速度履歴

(2) No. 24 塊状 20cm 平面上

① 流路横

図 9.1.324 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.324 解析に用いた標点の位置

図 9.1.325 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路部と 30 度流路部にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて大きく跳ね返る挙動が見られた。

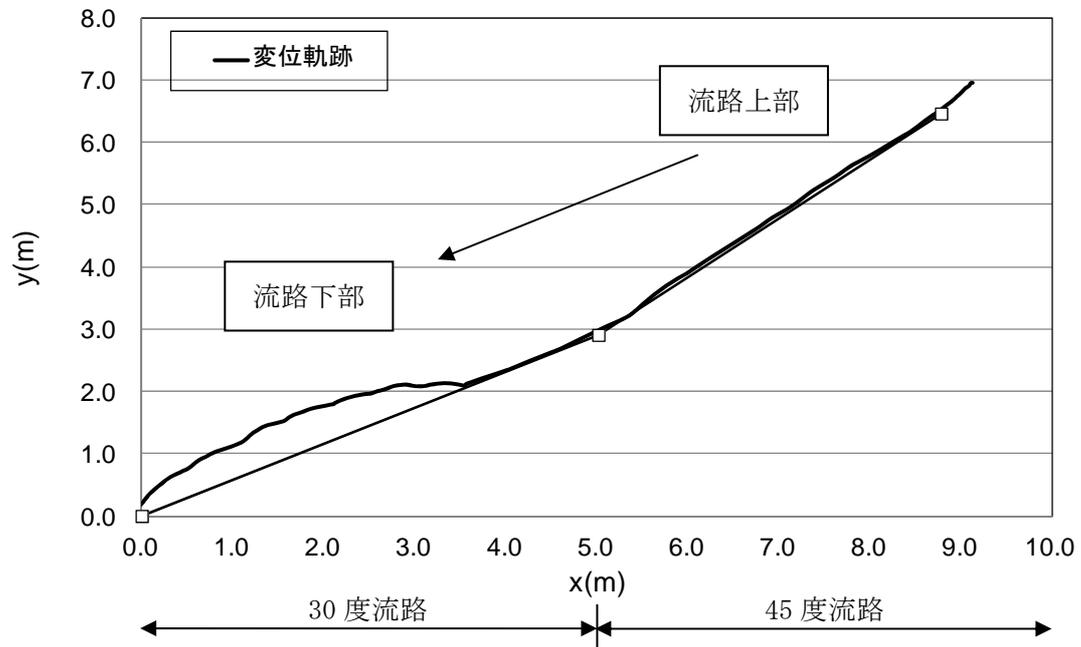


図 9.1.325 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.326 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル位置にて、大きく跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路部で速度の x、y 方向成分が同様な挙動が見られ、30 度流路部では x 方向成分の落下速度上がり、y 方向成分の落下速度が低下した後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

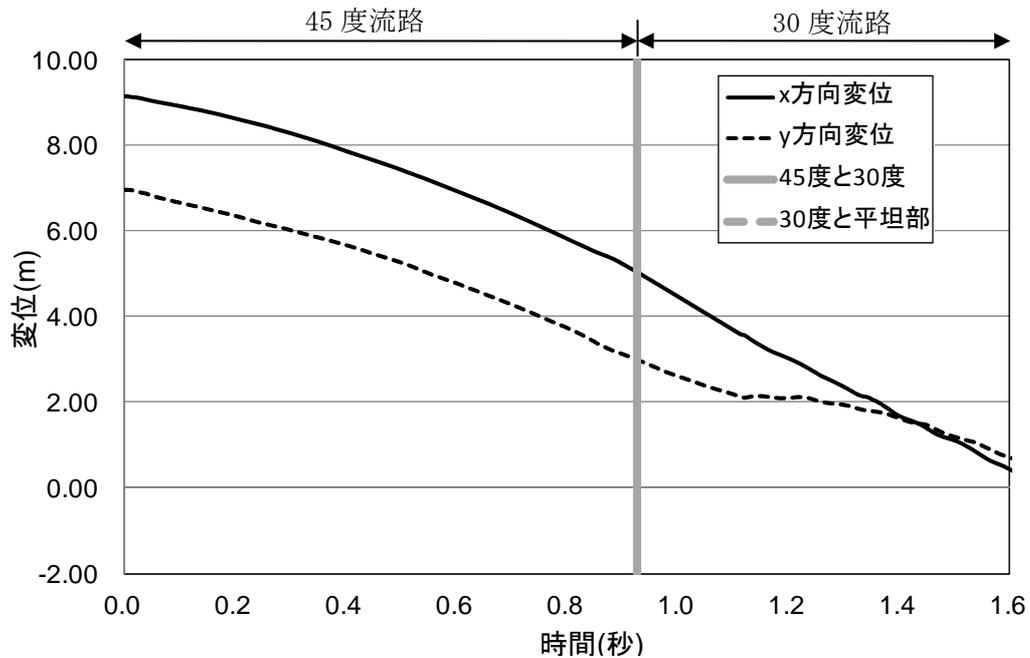


図 9.1.326(a) 岩塊模型の変位履歴

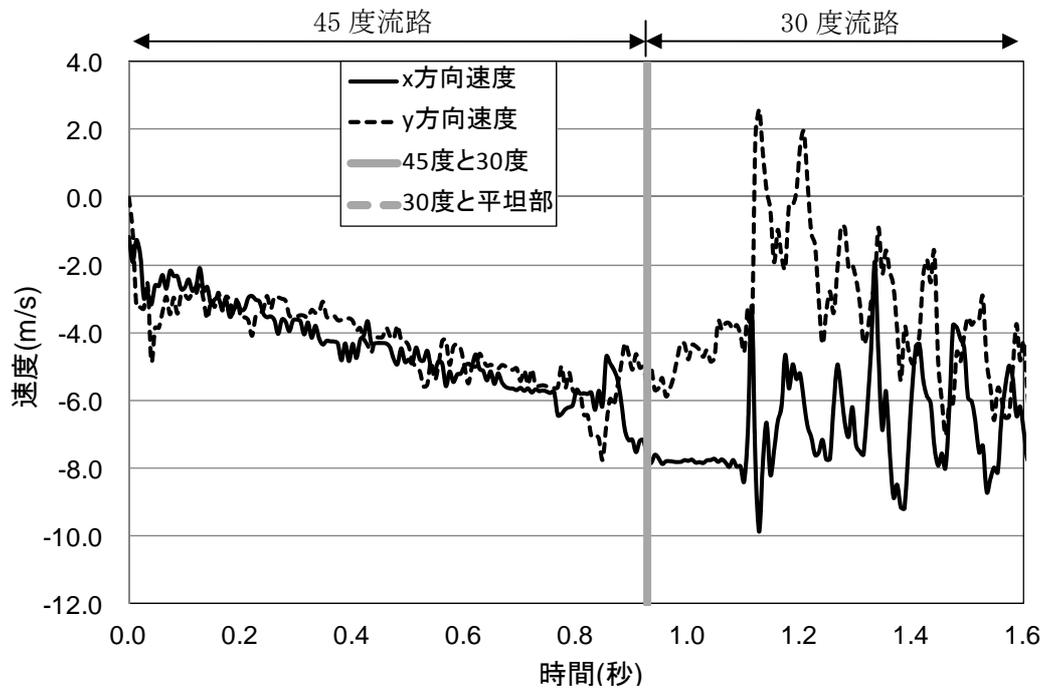


図 9.1.326(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 327 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路上部および下部と 30 度流路部のアングル設置位置にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時は速度の x 方向成分は上がり、y 方向成分は下がる挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、速度の増減を繰り返しながら、流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

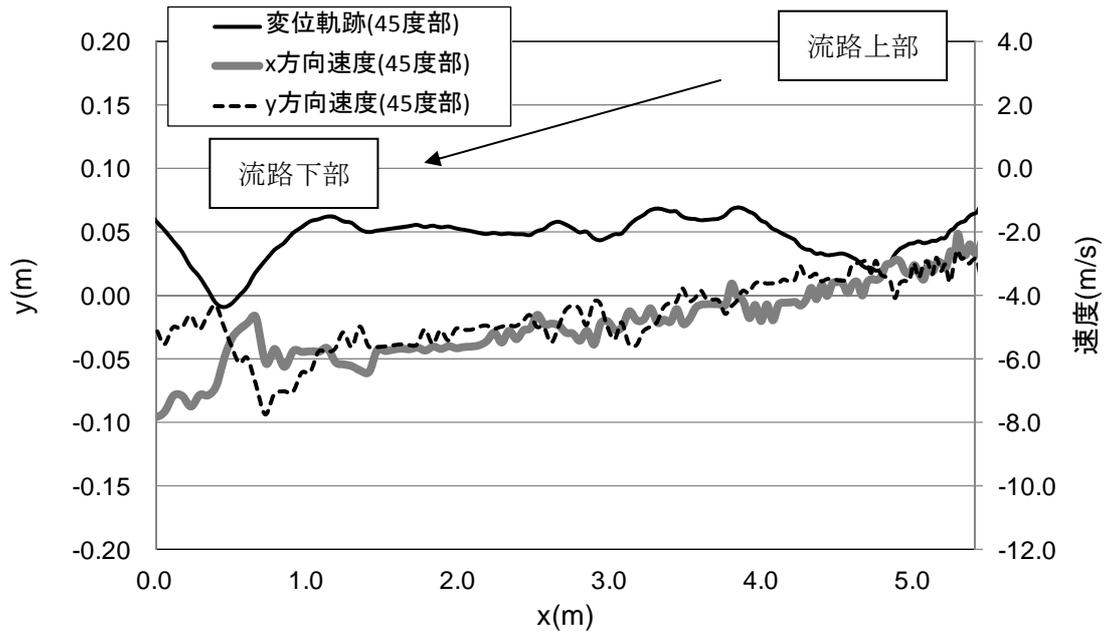


図 9. 1. 327 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

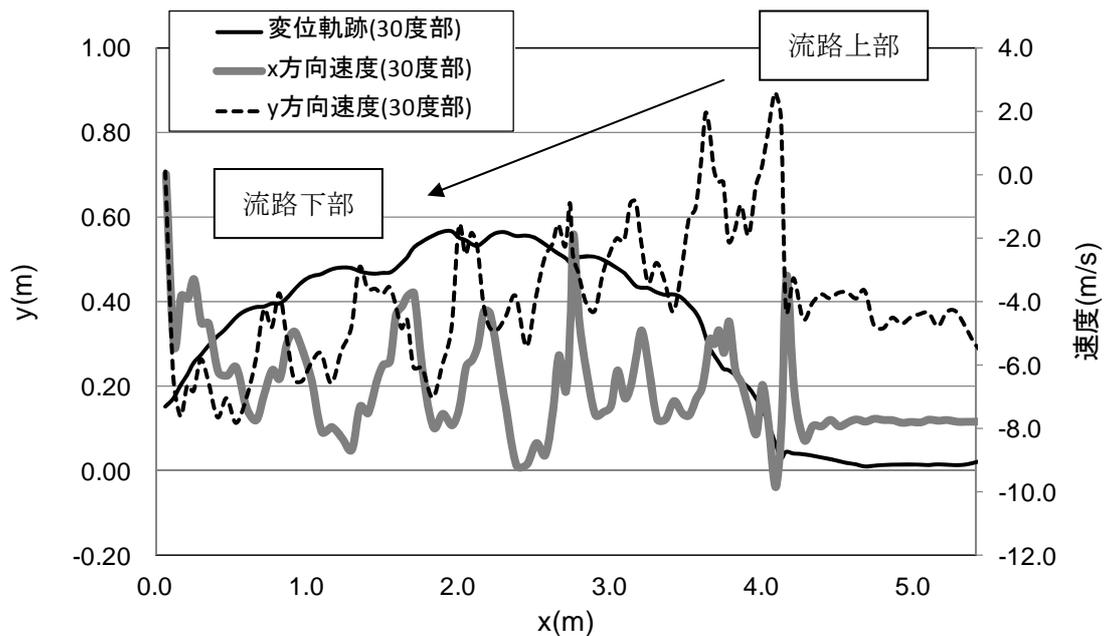


図 9. 1. 327 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.328 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

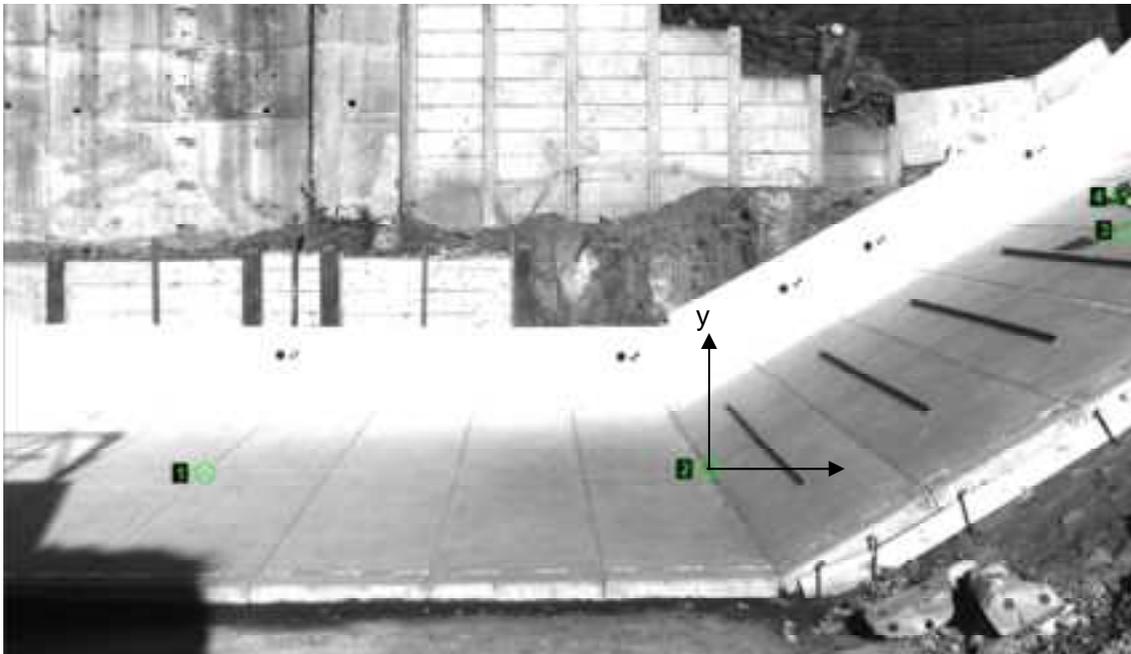


図 9.1.328 解析に用いた標点の位置

図 9.1.329 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部と平坦部の境界で跳ね返りの挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

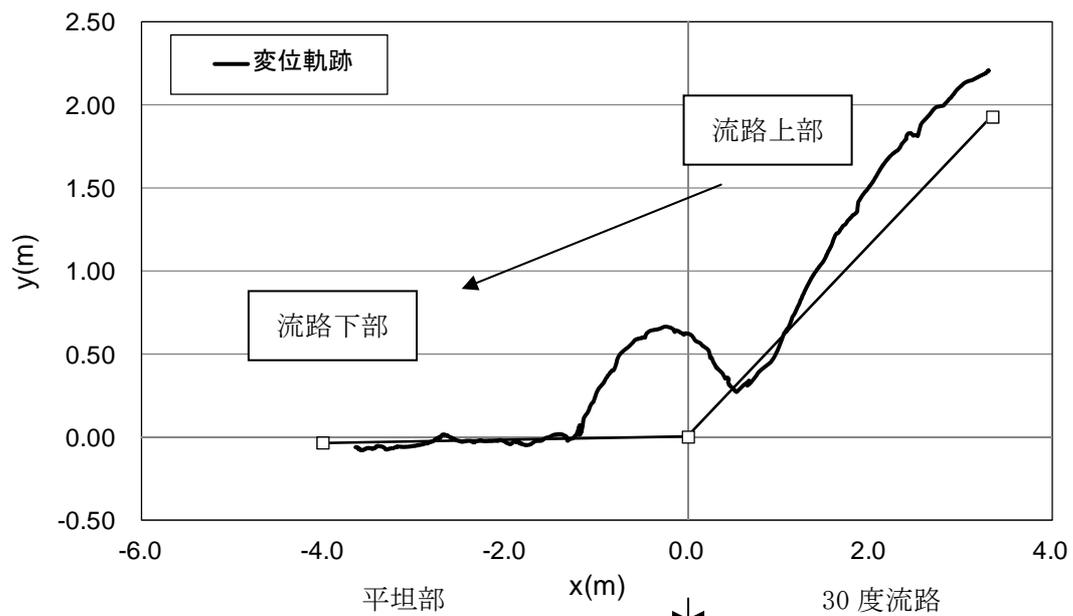


図 9.1.329 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 1. 330 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界において、落下速度の x 方向成分は下がり、y 方向成分は下方に向かって上がる挙動を示し、その後、x 方向成分、y 方向成分ともゼロ付近に収束する挙動を示した。

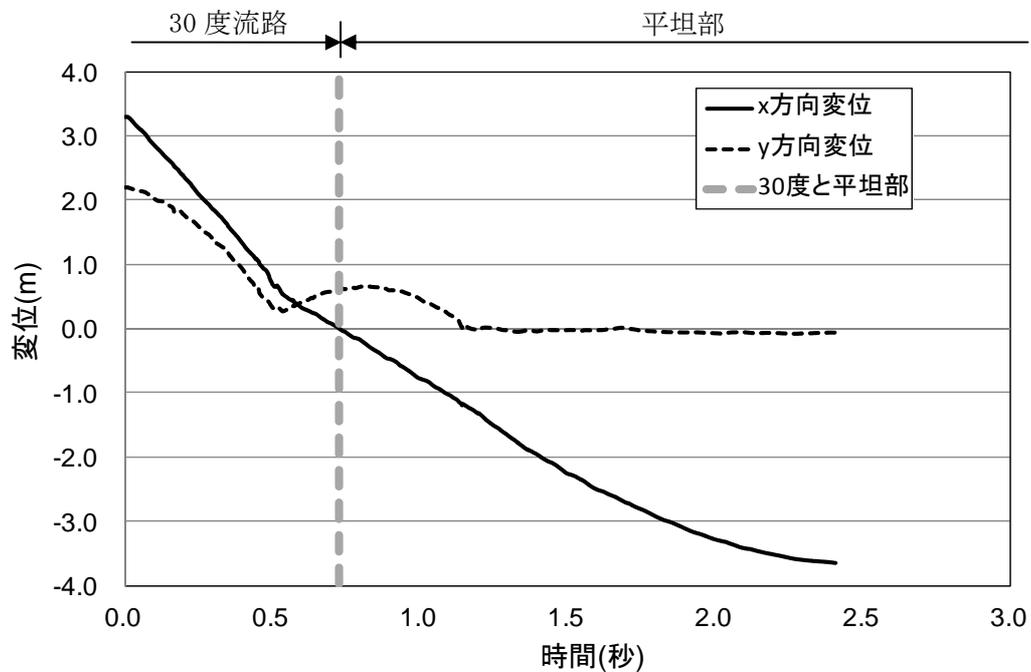


図 9. 1. 330(a) 岩塊模型の変位履歴

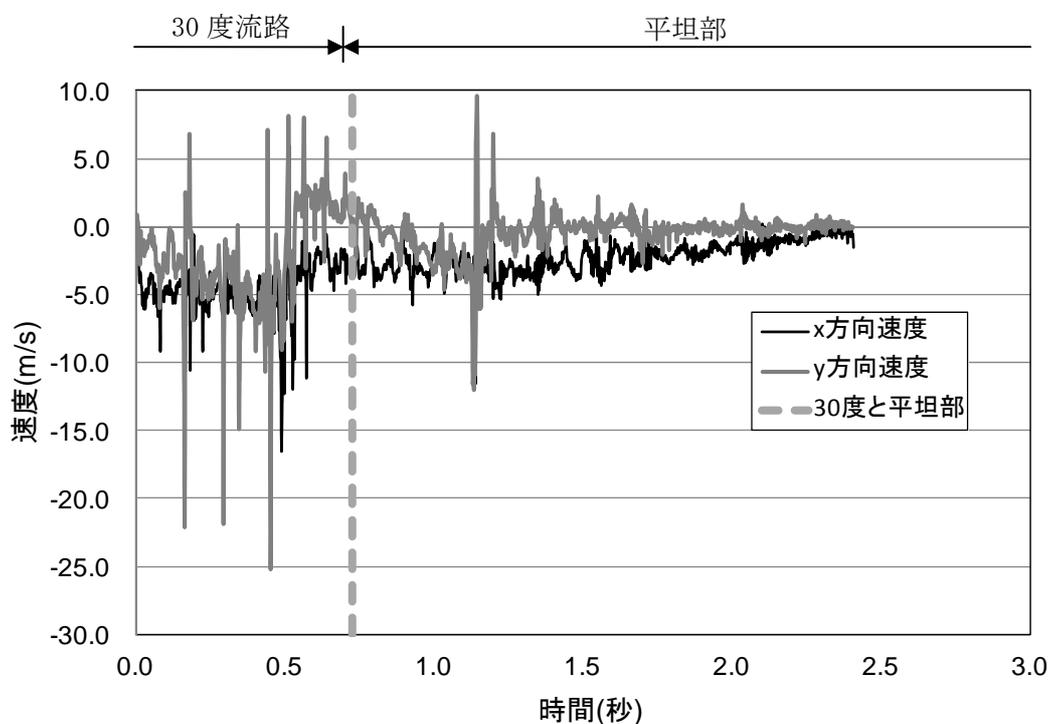


図 9. 1. 330(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.331 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、x 方向成分、y 方向成分ともにゼロに収束していることが分かる。

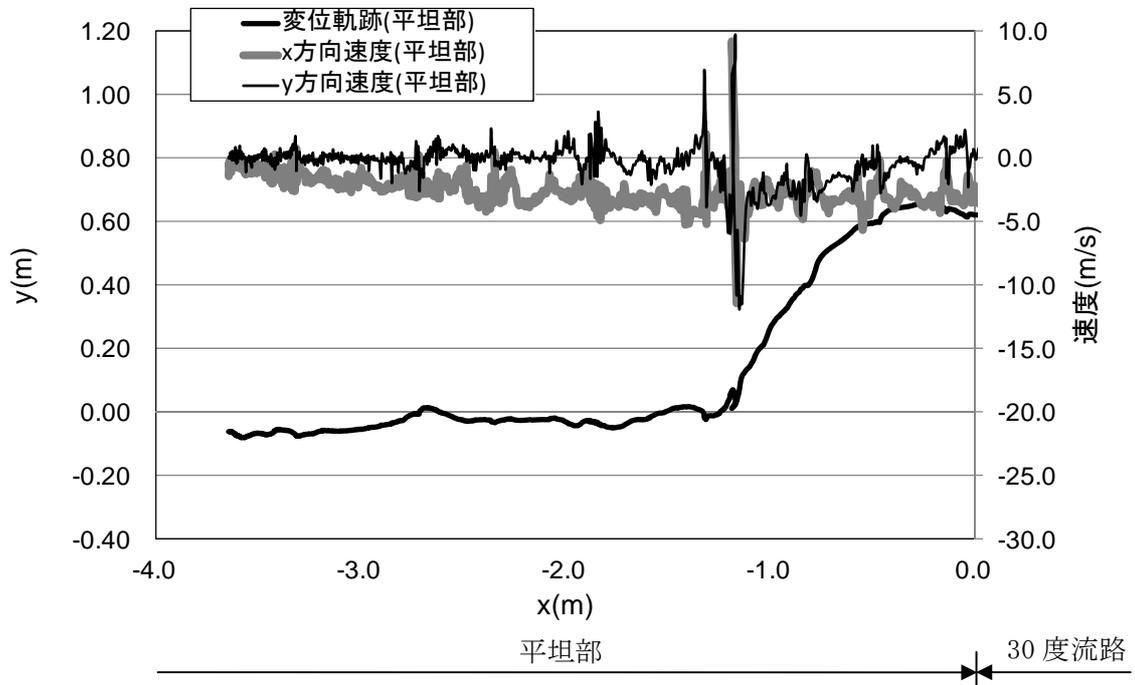


図 9.1.331 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.332 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きへの座標補正を行った。

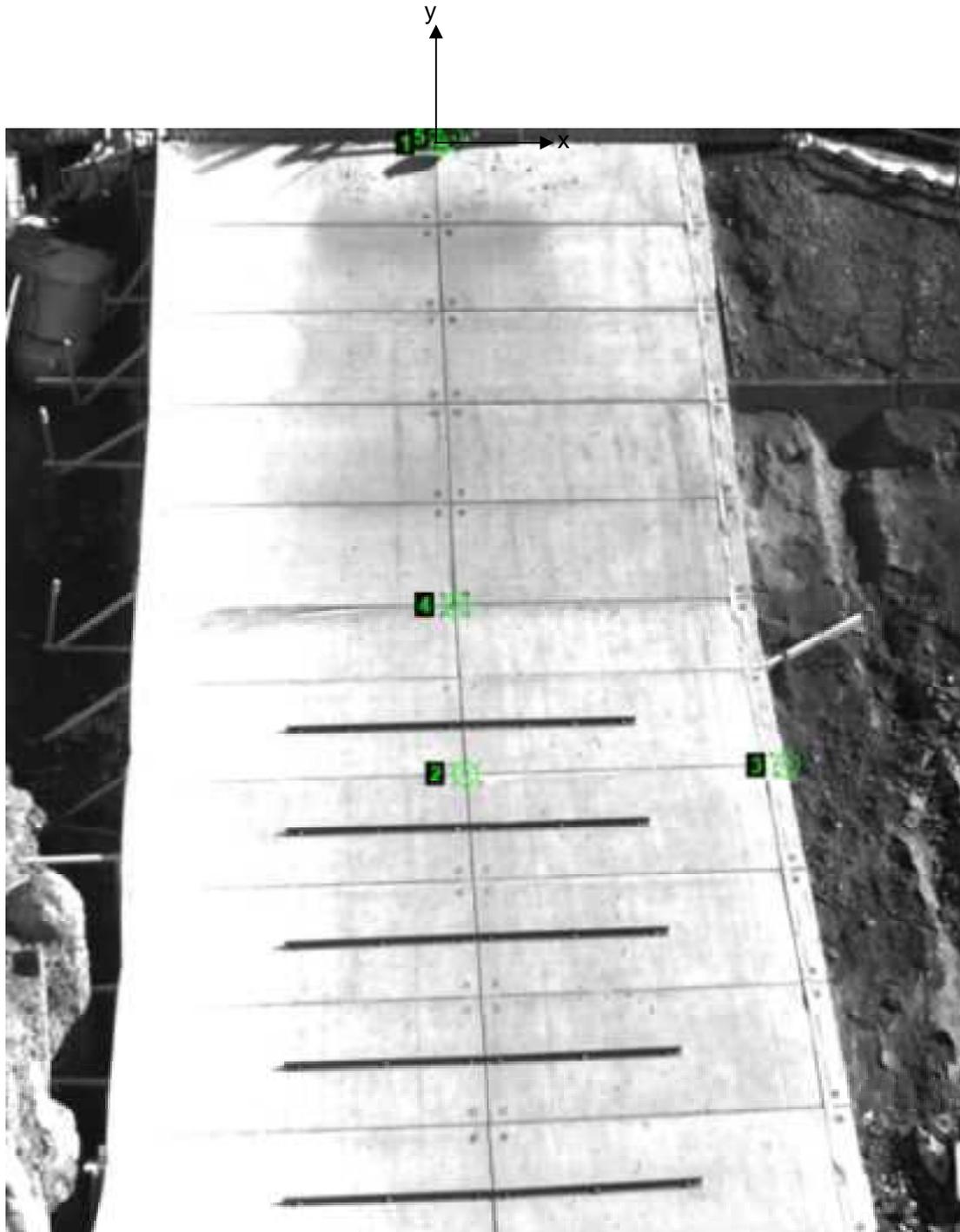


図 9.1.332 解析に用いた標点の位置

図 9.1.333 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的に落下する挙動を示すものの、アングル設置位置と 30 度流路下部にて右側に移動した。

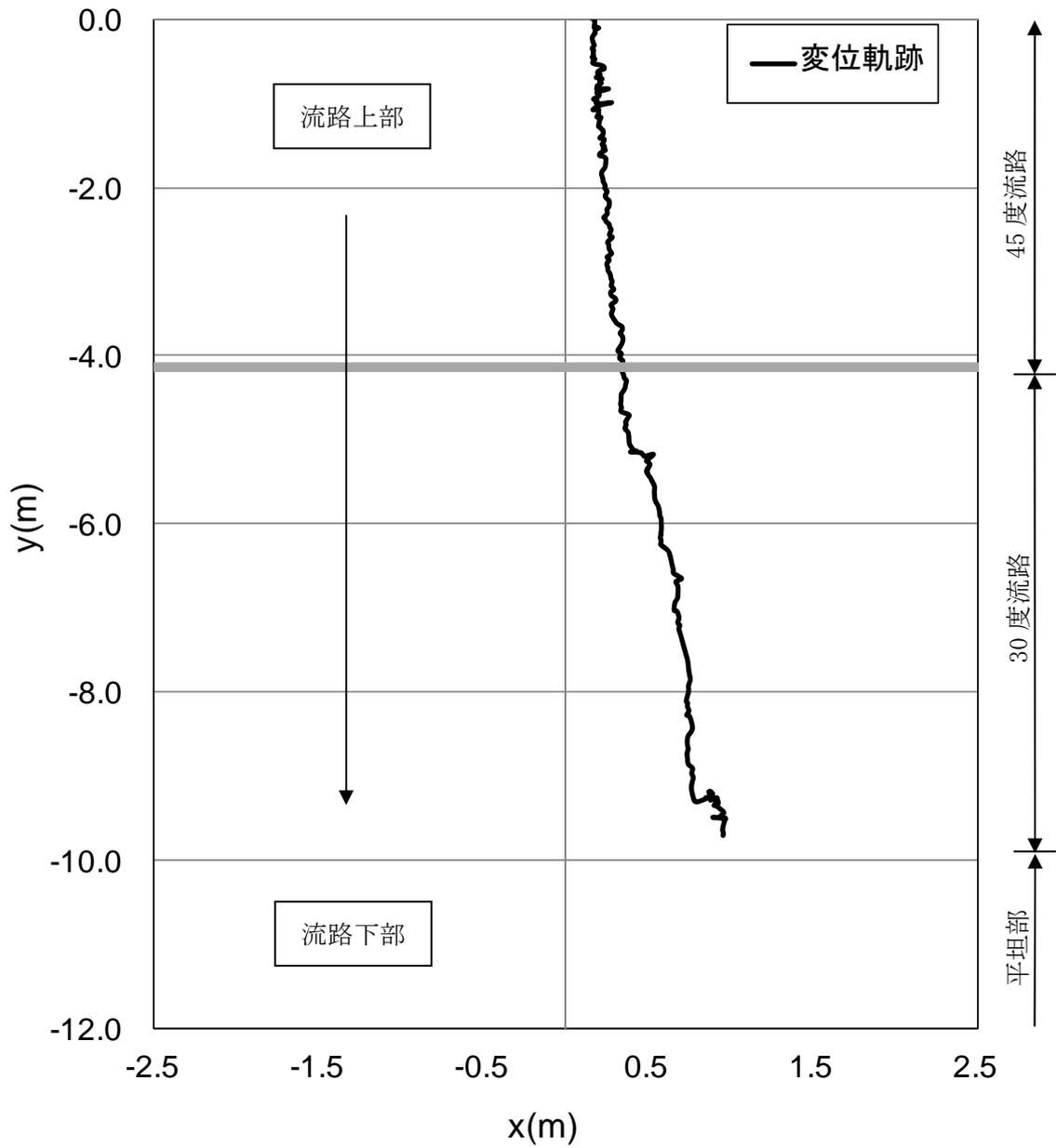


図 9.1.333 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.334 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置と 30 度流路下部で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置と 30 度流路下部で落下速度の y 方向成分が低下する挙動を示した。

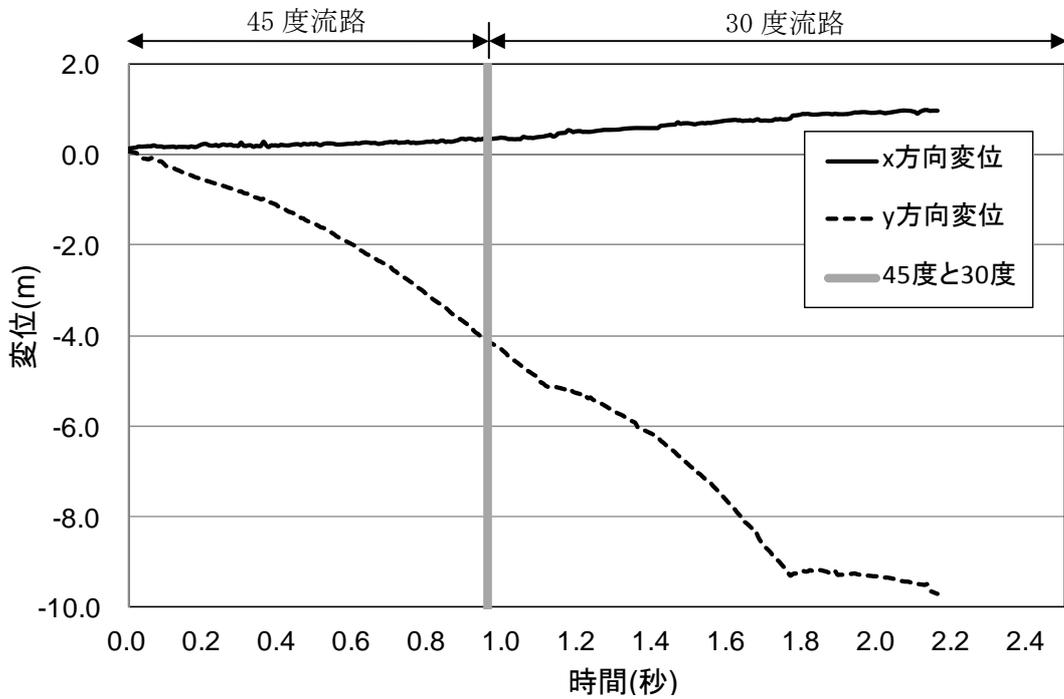


図 9.1.335(a) 岩塊模型の変位履歴

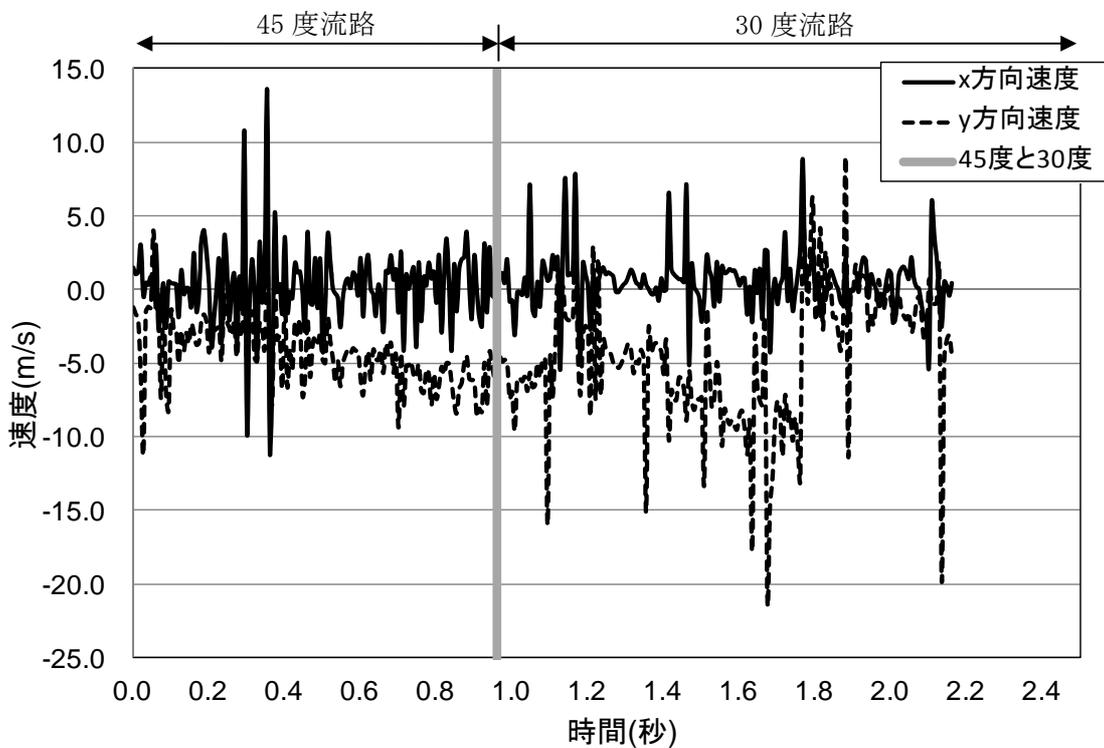


図 9.1.335(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.336 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

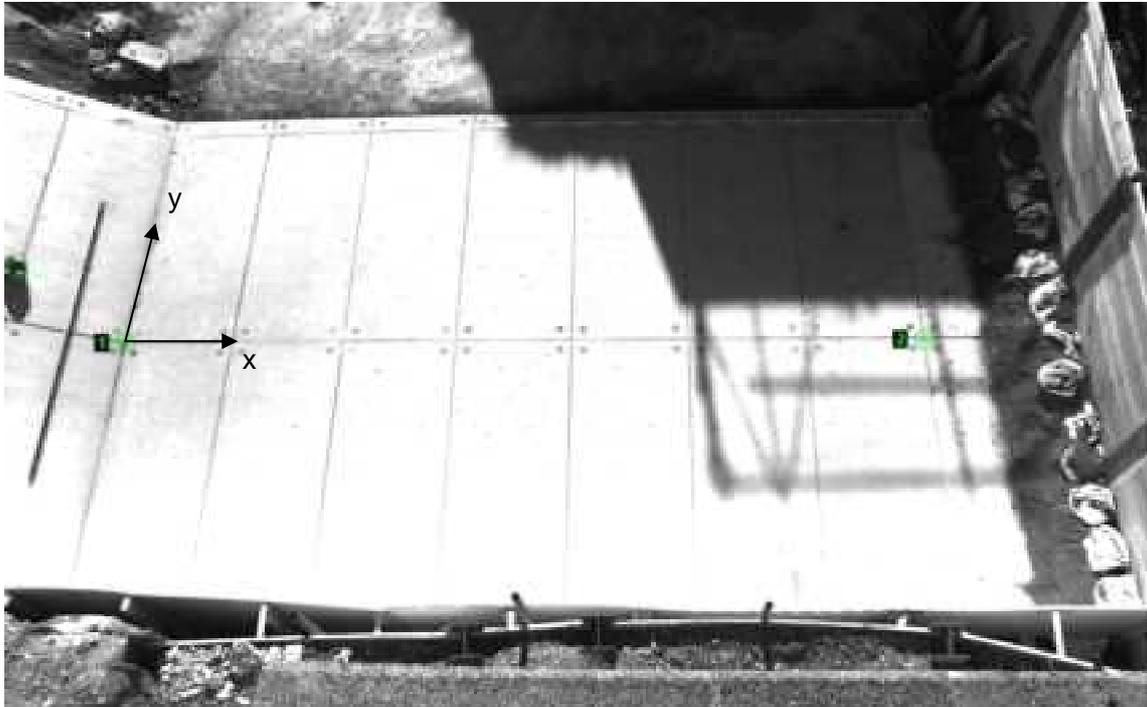


図 9.1.336 解析に用いた標点の位置

図 9.1.337 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は 30 度流路と平坦部の境界で曲線的な挙動であった。

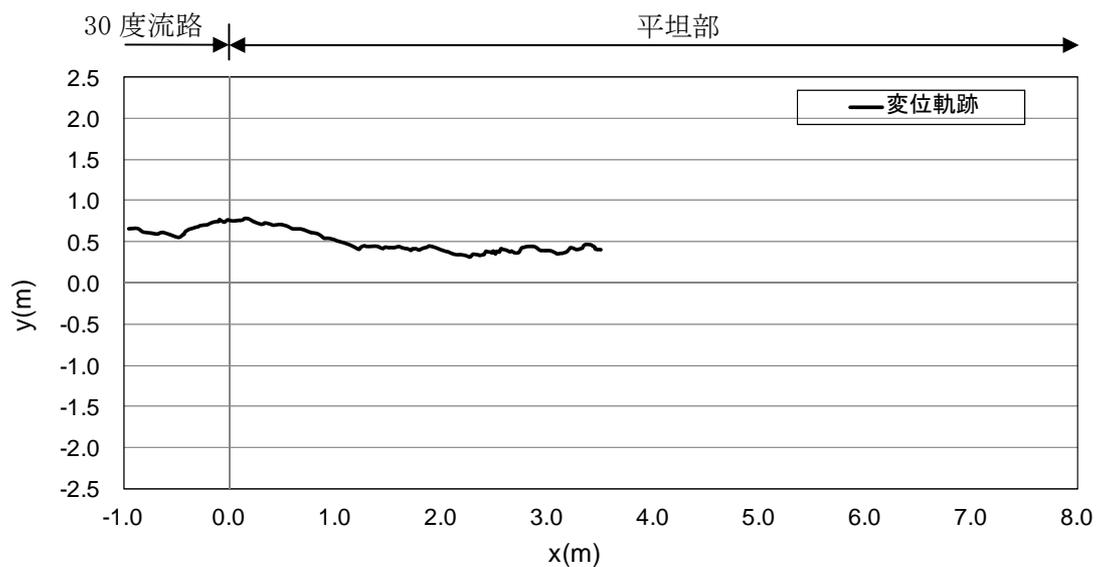


図 9.1.337 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.338 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは 30 度流路下部で速度低下が生じ、その後、速度ゼロに収束する挙動が見られた。

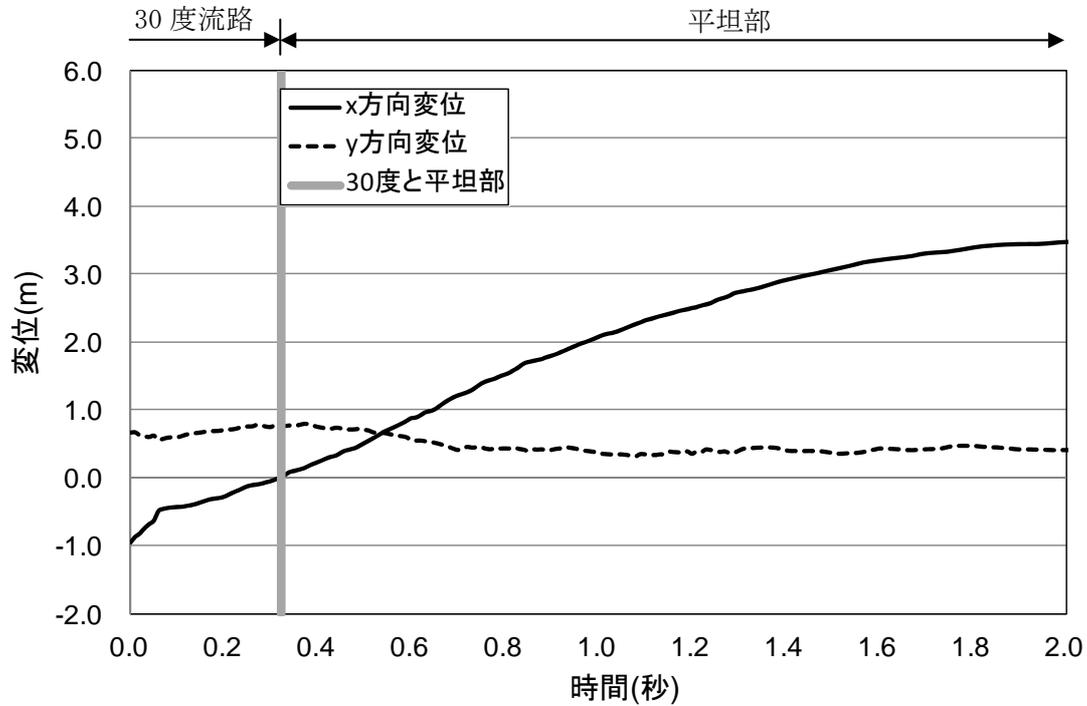


図 9.1.338(a) 岩塊模型の変位履歴

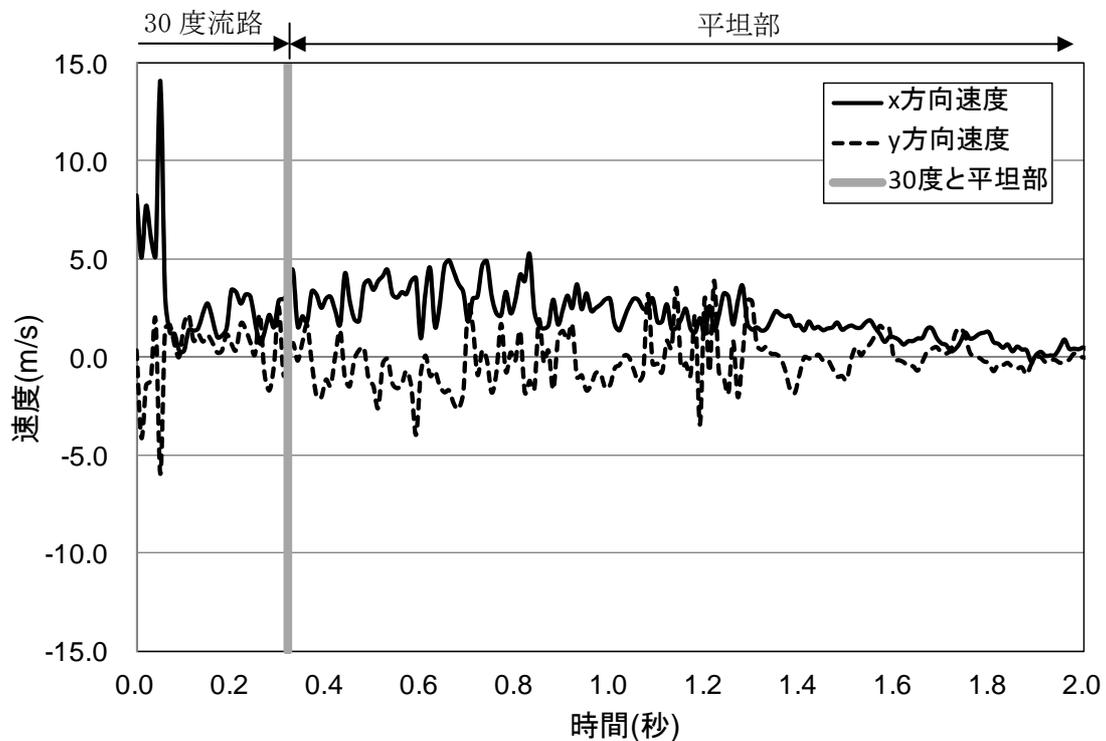


図 9.1.338(b) 岩塊模型の速度履歴

(3) No. 25 球形 40cm 平面上

① 流路横

図 9.1.339 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.339 解析に用いた標点の位置

図 9.1.340 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。45 度流路部で跳ね返りは生じておらず、標点位置が上方に移動したのみであり、跳ね返りの挙動は見られなかった。

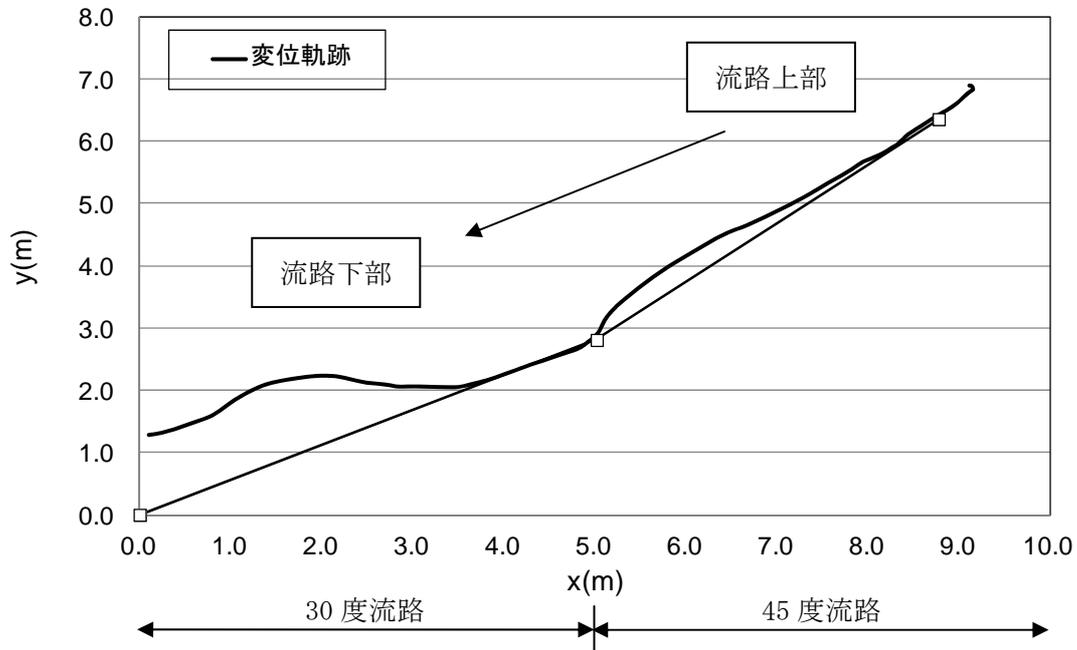


図 9.1.340 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.341 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル位置にて跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45度流路部で速度のx、y方向成分が同様な挙動が見られ、45度流路と30度流路の境界においては、x方向成分、y方向成分とも落下速度に変化が見られ、その後、アングル位置においてx方向成分の速度が急激に低下し、y方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、x方向成分の速度は上がり、y方向成分の速度が下方に向かって上がる挙動が見られた。

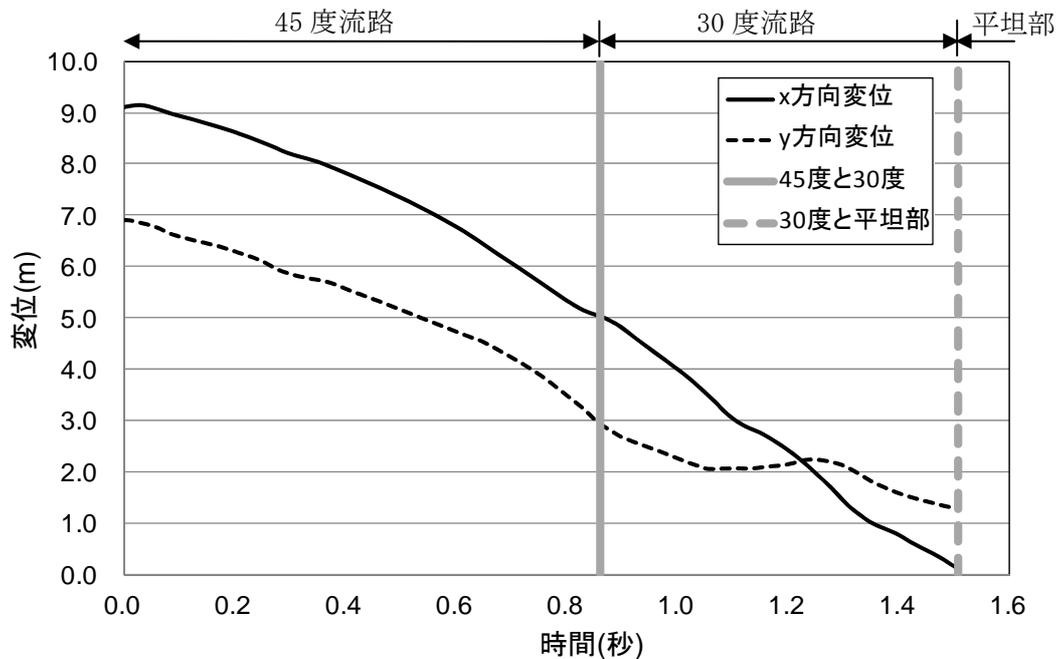


図 9.1.341(a) 岩塊模型の変位履歴

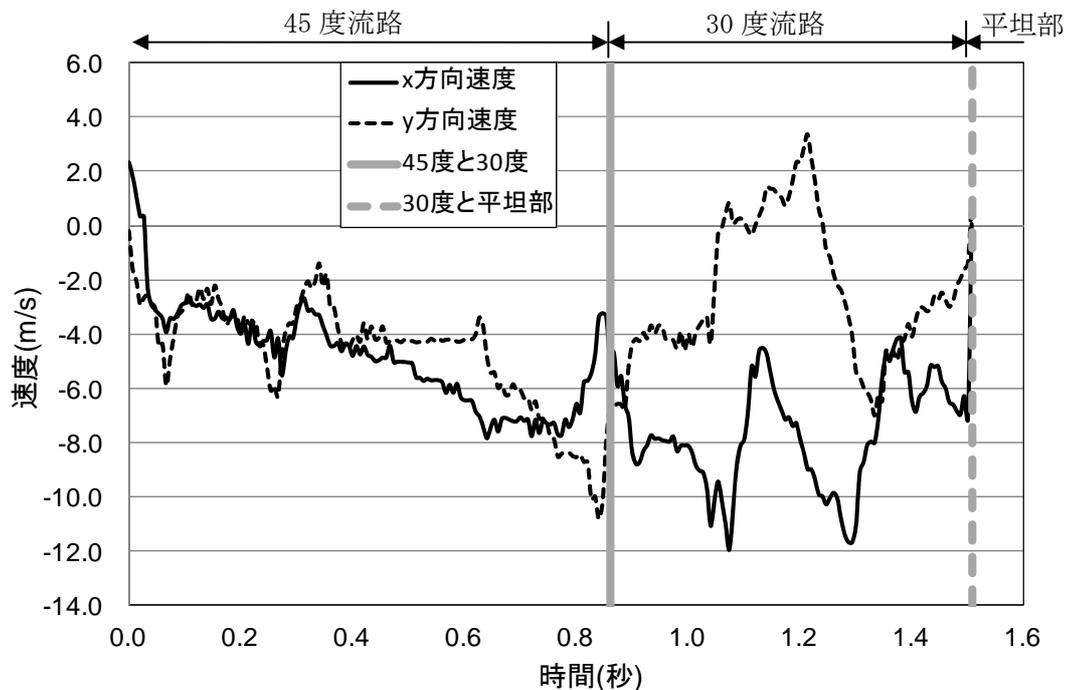


図 9.1.341(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 342 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 30 度流路部のアングル設置位置にて跳ね返りが生じていることが分かる。45 度流路下部における変位の変化は、標点位置の移動によるもので、跳ね返り現象は生じていなかった。速度軌跡から、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、流路下部に向かって、x 方向成分は速度が上がり、y 方向成分は下方に向かって速度が上がる挙動が見られた。

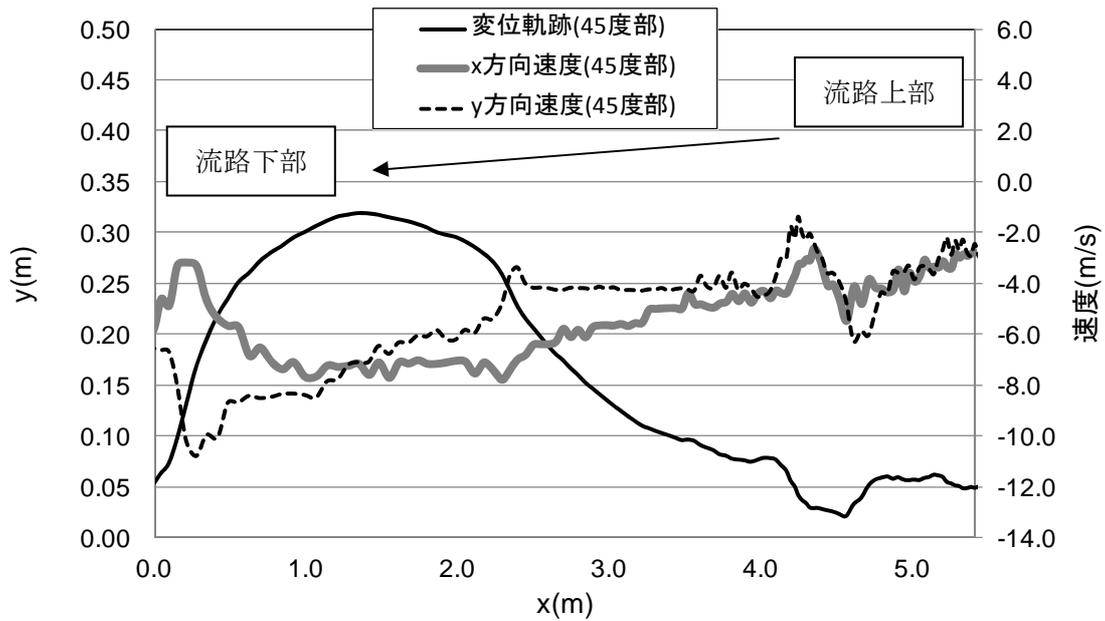


図 9. 1. 342 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

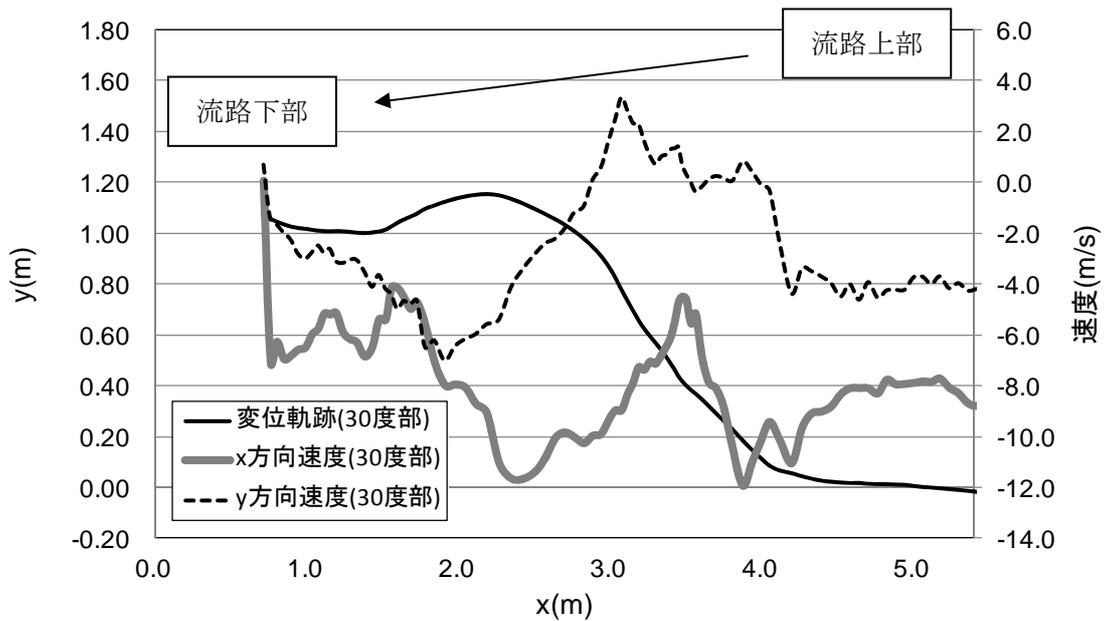


図 9. 1. 342 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.343 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

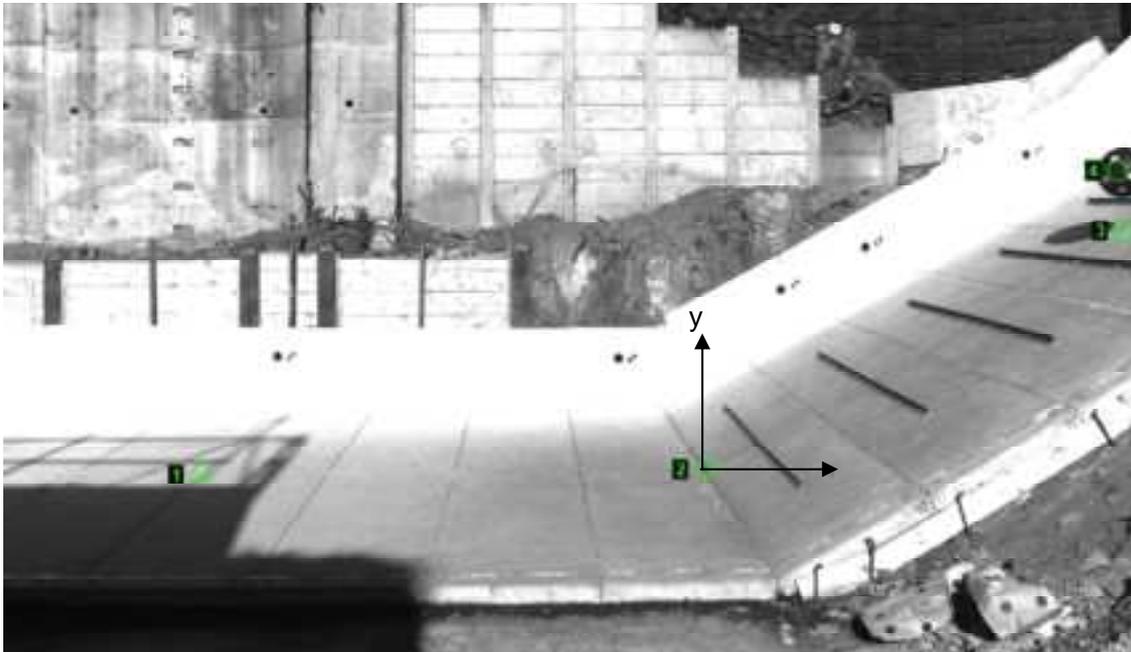


図 9.1.343 解析に用いた標点の位置

図 9.1.344 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部のアンクル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

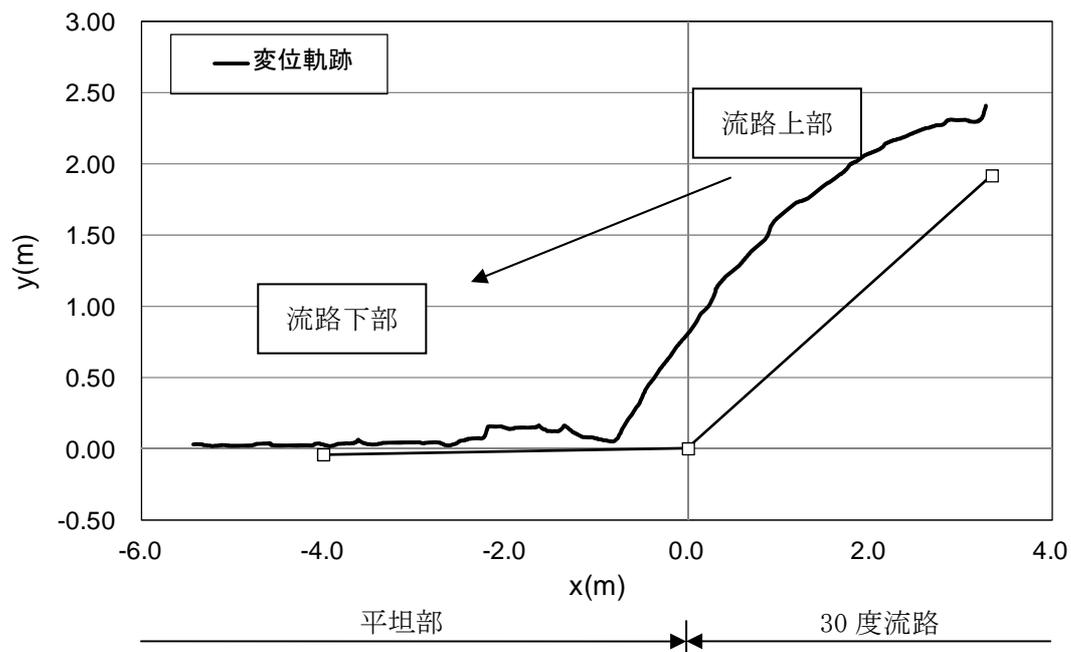


図 9.1.344 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.345 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置にて x 方向成分と y 方向成分の落下速度が変化した後、平坦部において、落下速度の x 方向成分は 30 度流路部と同様の速度変化をを繰り返し、y 方向成分は低下する挙動を示した。特に、y 方向成分はゼロ付近に収束する挙動を示した。

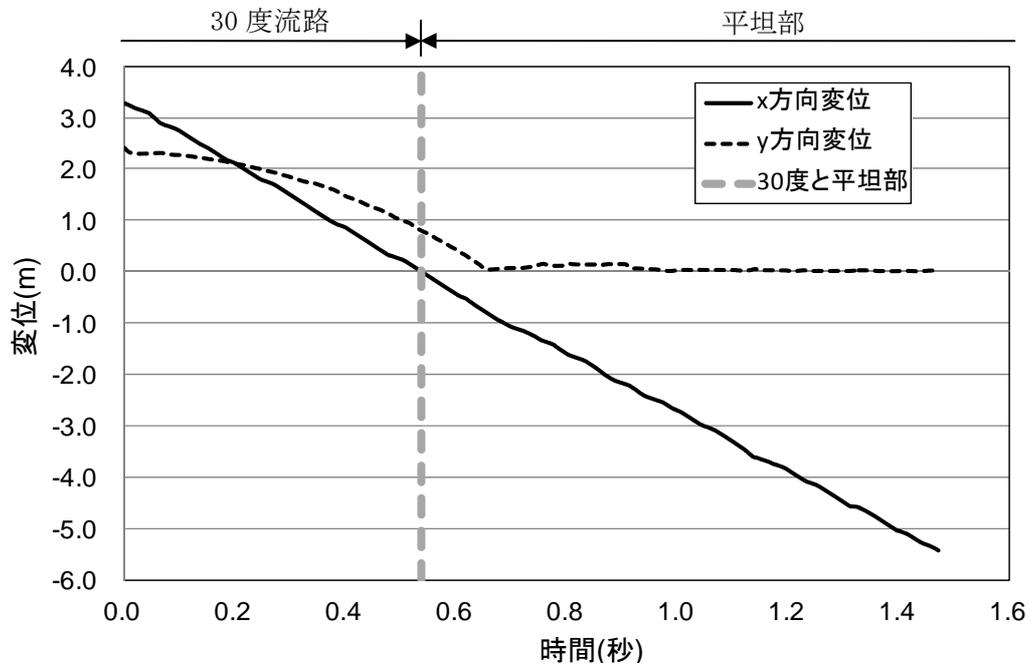


図 9.1.345(a) 岩塊模型の変位履歴

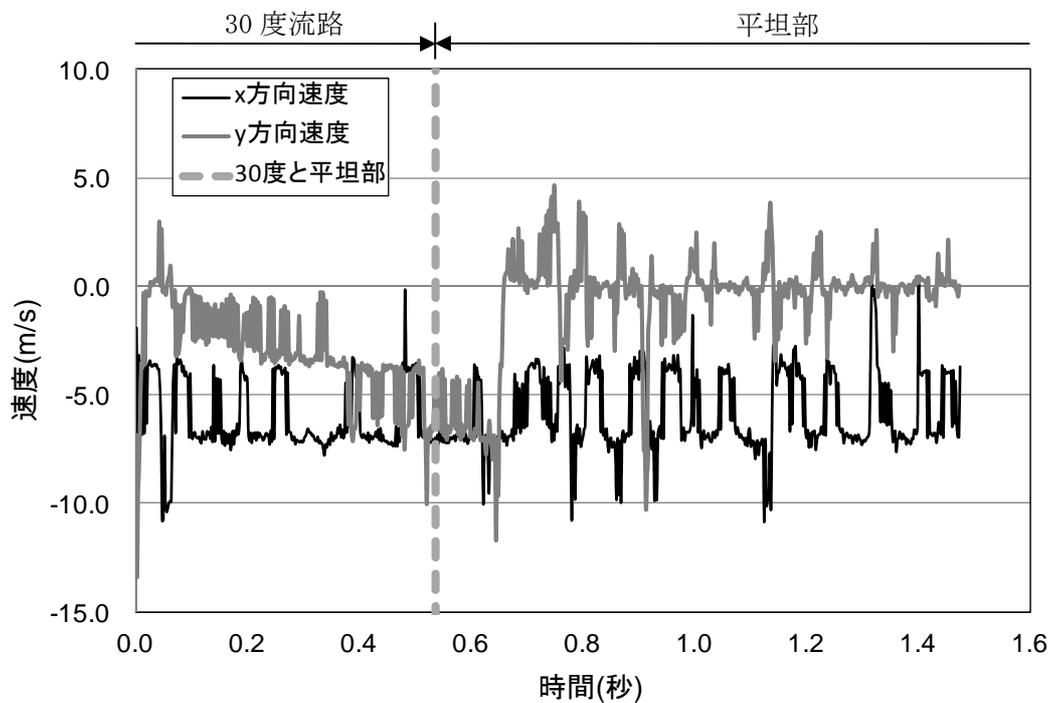


図 9.1.345(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.346 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、y 方向成分はゼロに収束していることが分かる。

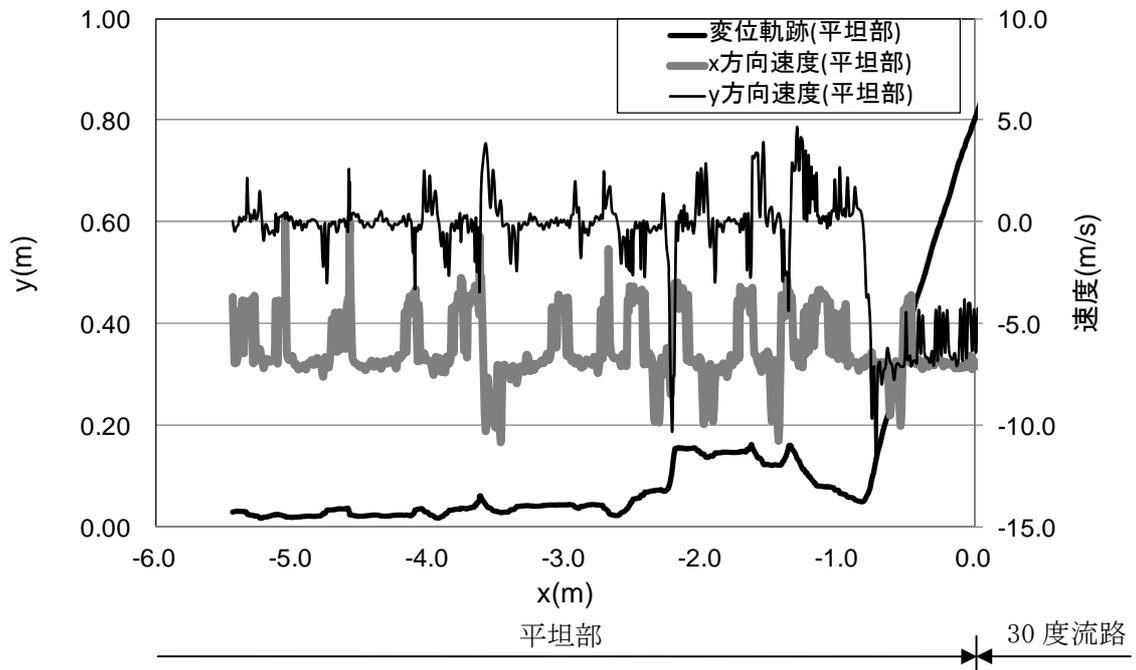


図 9.1.346 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.347 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

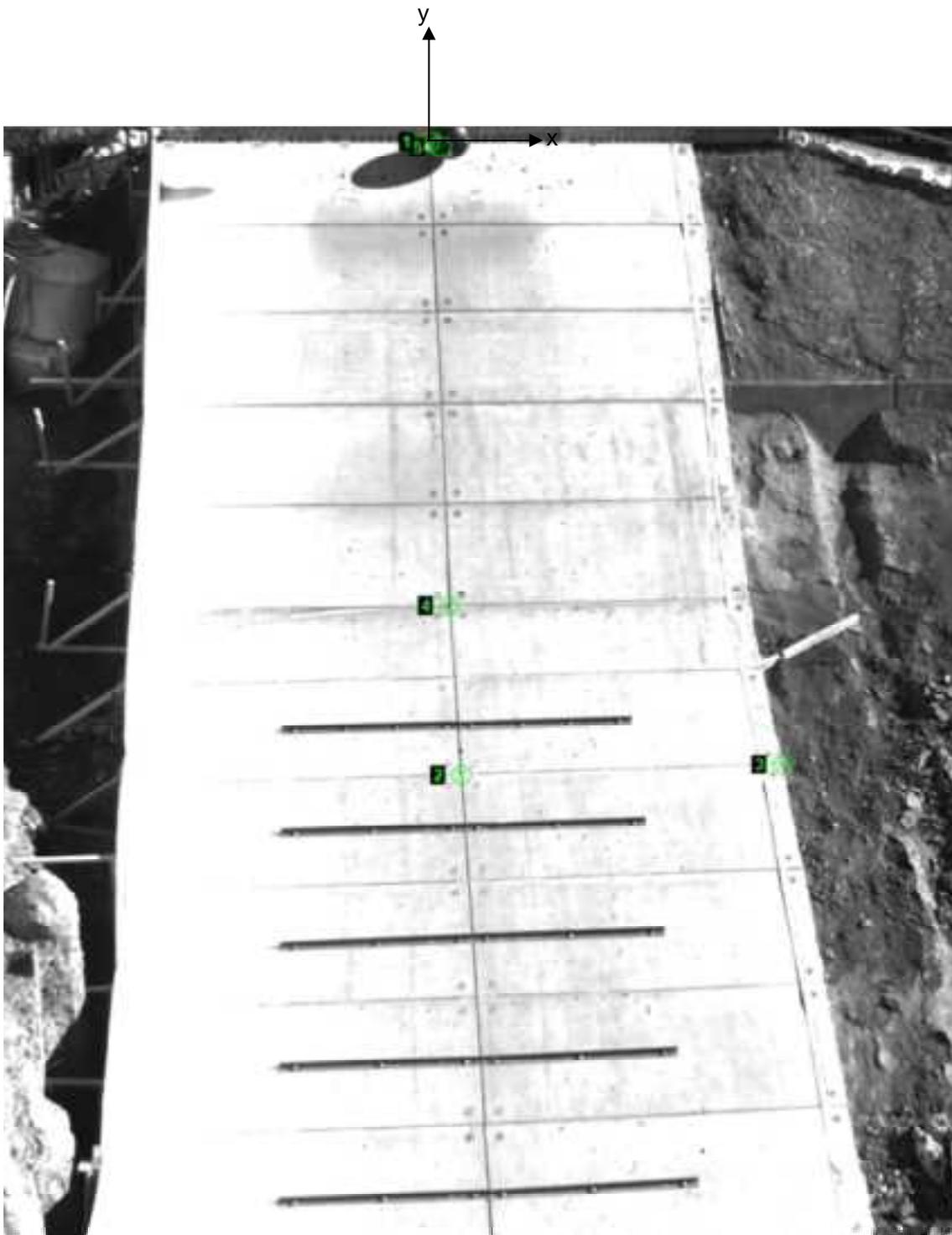


図 9.1.347 解析に用いた標点の位置

図 9.1.348 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的に落下する挙動を示すものの、アングル設置位置で右側に移動した。

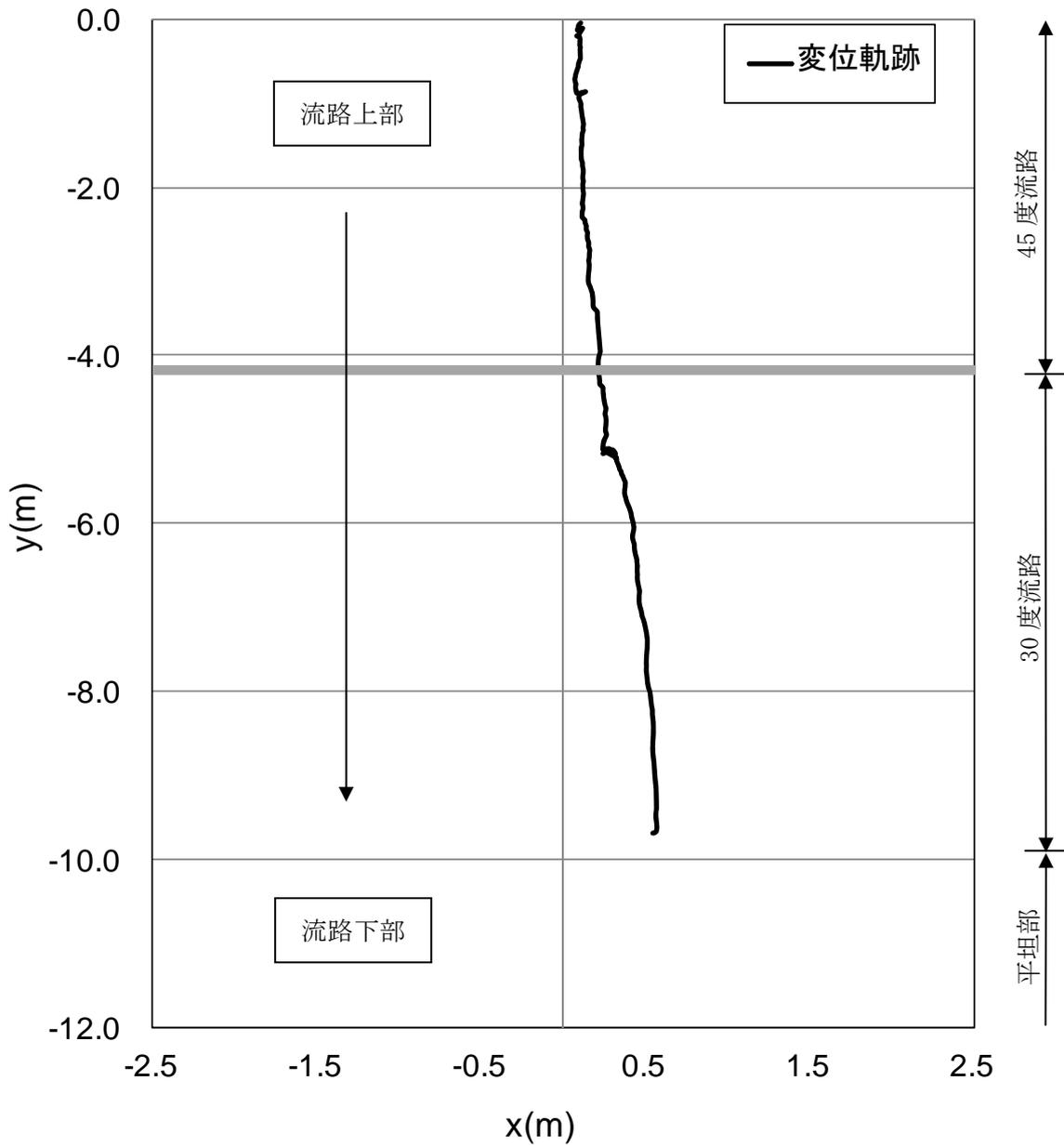


図 9.1.348 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.345 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で上方に向かって落下速度の y 方向成分が低下する挙動を示した。

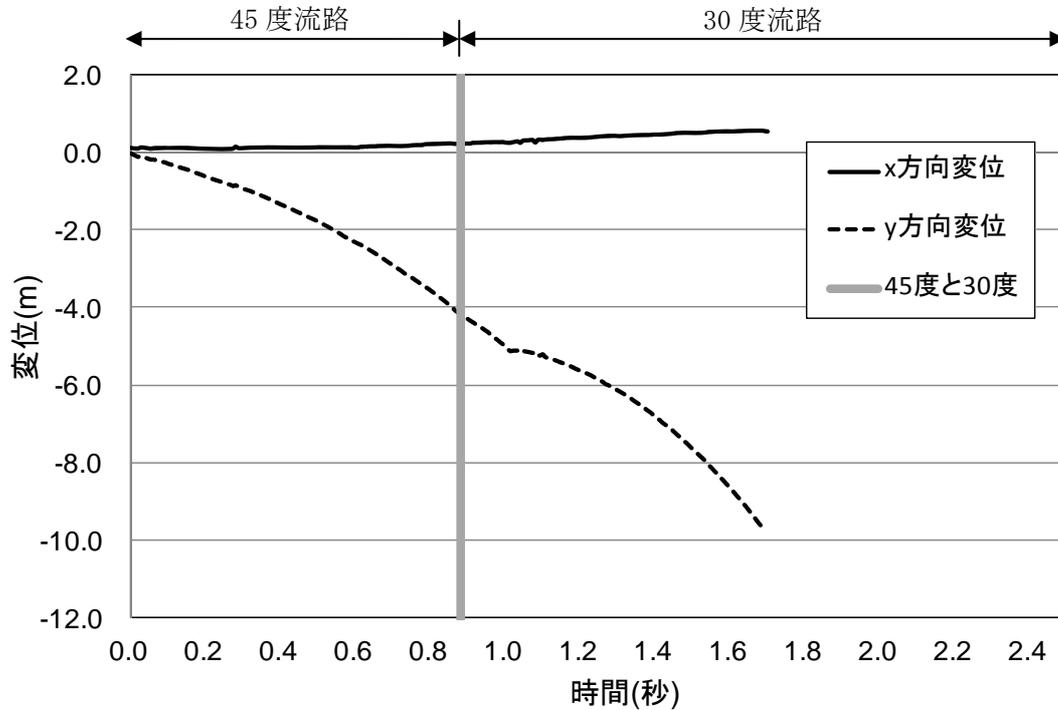


図 9.1.345(a) 岩塊模型の変位履歴

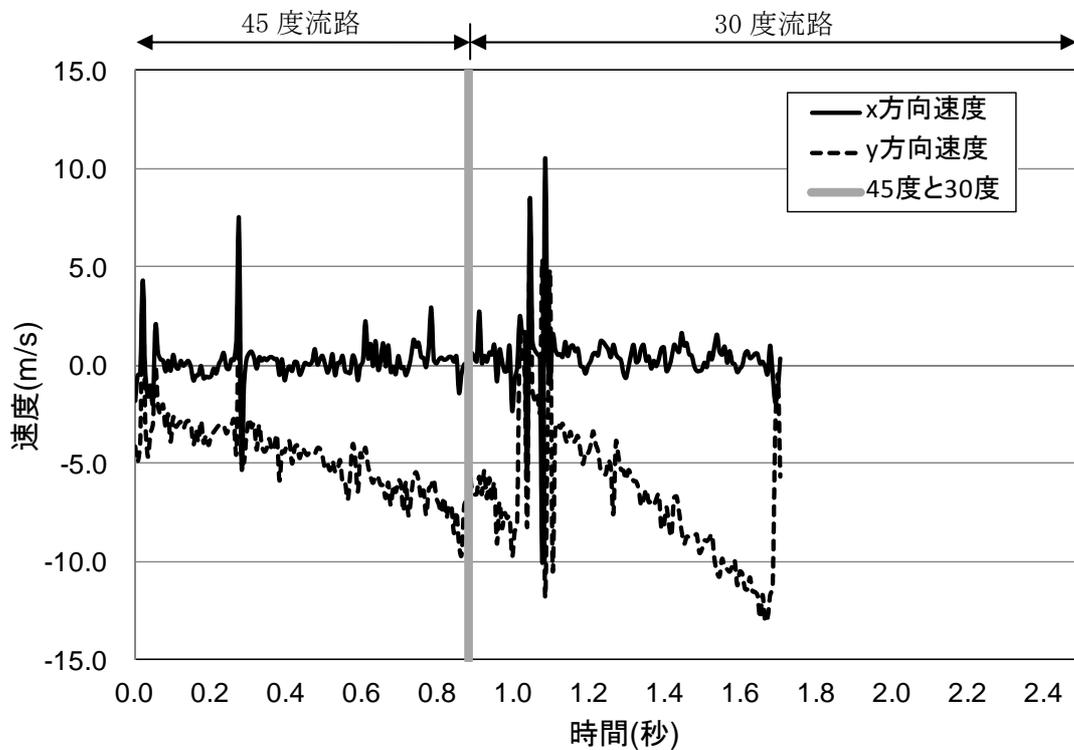


図 9.1.345(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.346 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

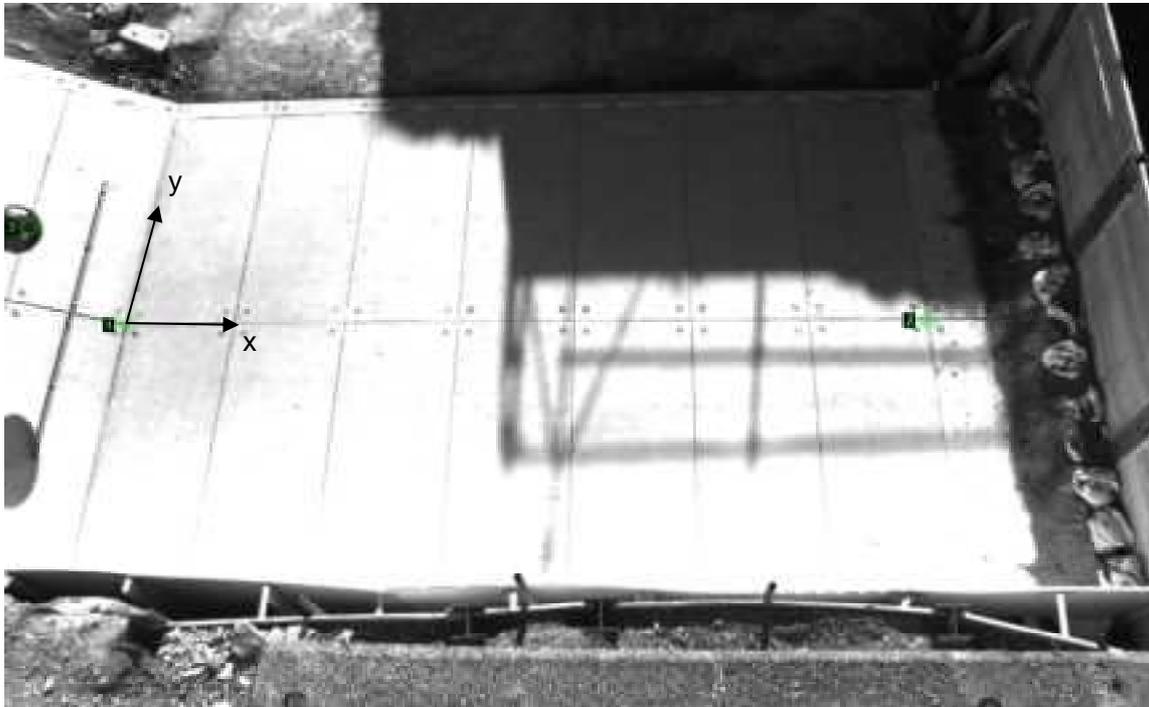
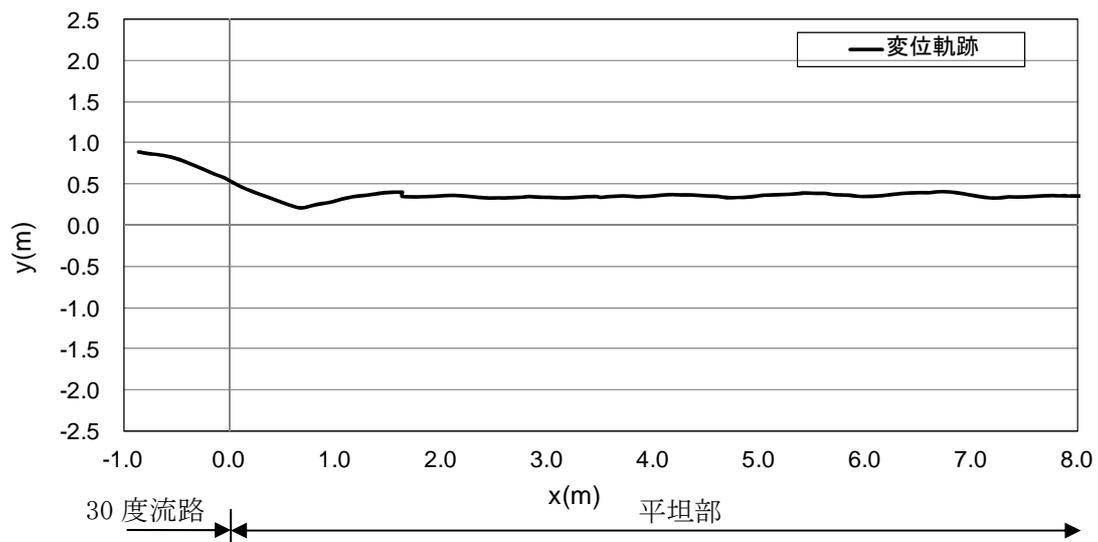


図 9.1.346 解析に用いた標点の位置

図 9.1.347 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は平坦部で落下方向に変化が生じたものの、直線的に落下する挙動であった。



9.1.347 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.348 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界で y 方向成分の速度低下が見られた。また、岩塊模型が平坦部に落下したい際に、一時的に落下速度の x 方向成分に急激な速度低下が見られた。

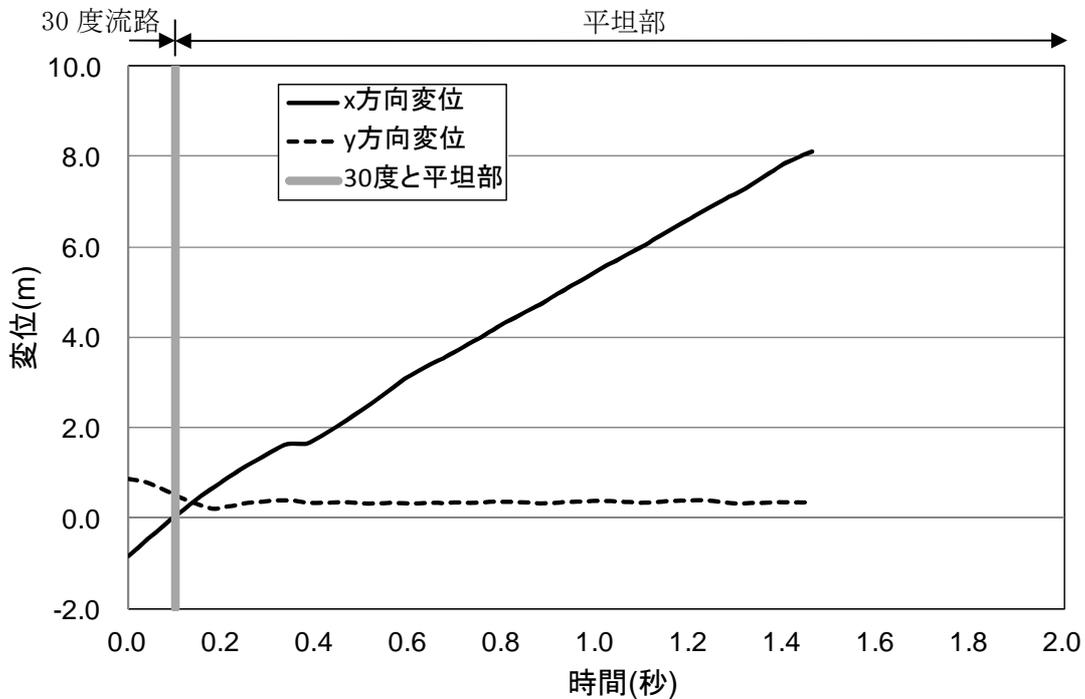


図 9.1.348(a) 岩塊模型の変位履歴

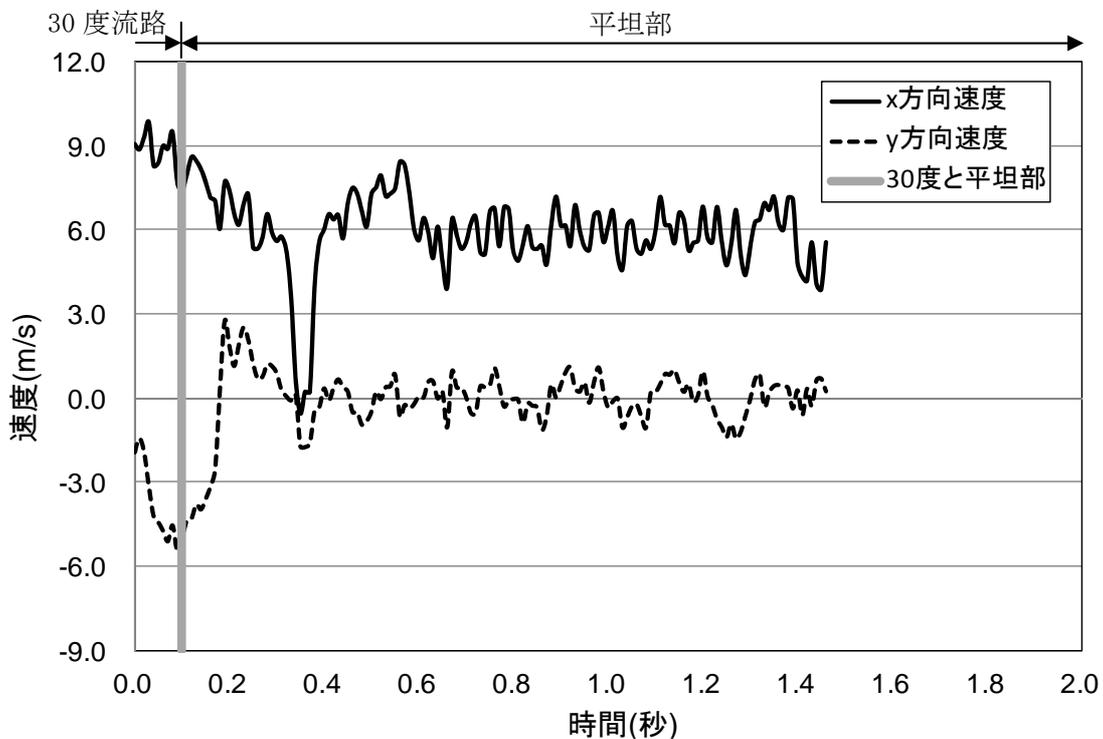


図 9.1.348(b) 岩塊模型の速度履歴

(4) No. 26 塊状 40cm 平面上

① 流路横

図 9.1.349 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.349 解析に用いた標点の位置

図 9.1.350 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路と 30 度流路にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

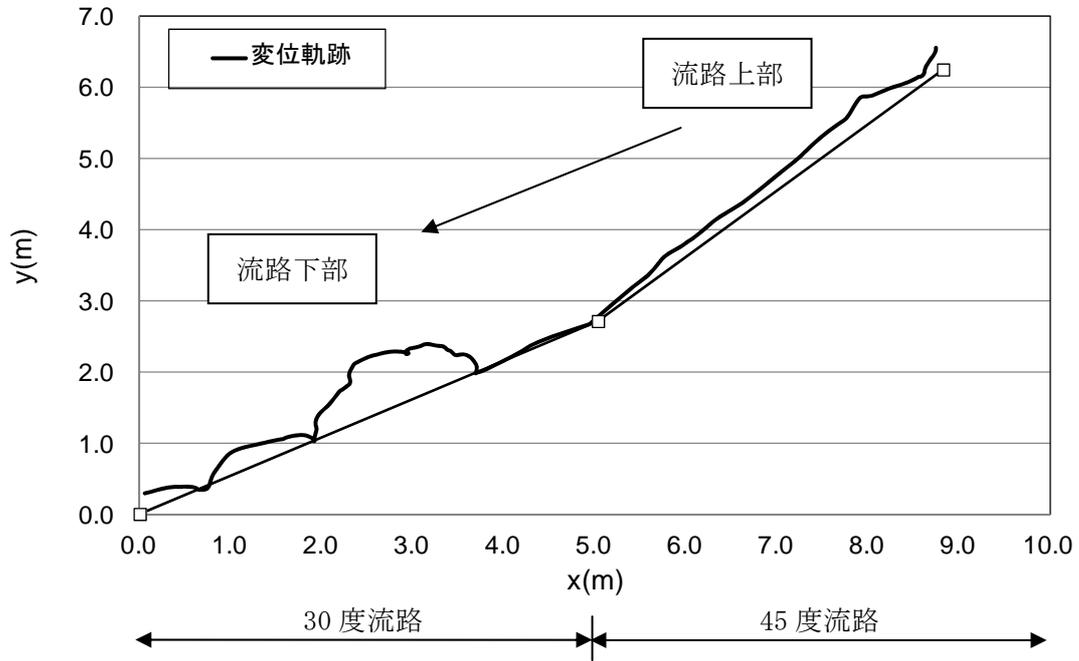


図 9.1.350 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.351 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路上部とアングル位置にて、跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路部で速度の x、y 方向成分が同様な挙動が見られ、45 度流路と 30 度流路の境界においては、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度に変化が見られ、その後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、同岩塊の跳ね返りに伴い同様な挙動を 2 回ほど繰り返し、30 度流路下部にて、x 方向成分の速度は上がり、y 方向成分の速度が下方に向かって上がる挙動が見られた。

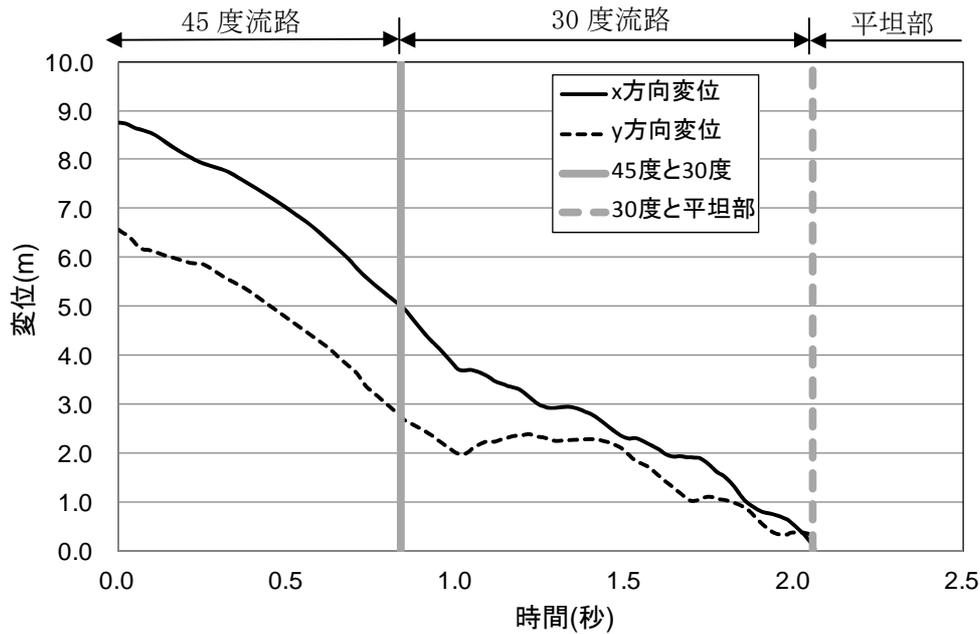


図 9.1.351(a) 岩塊模型の変位履歴

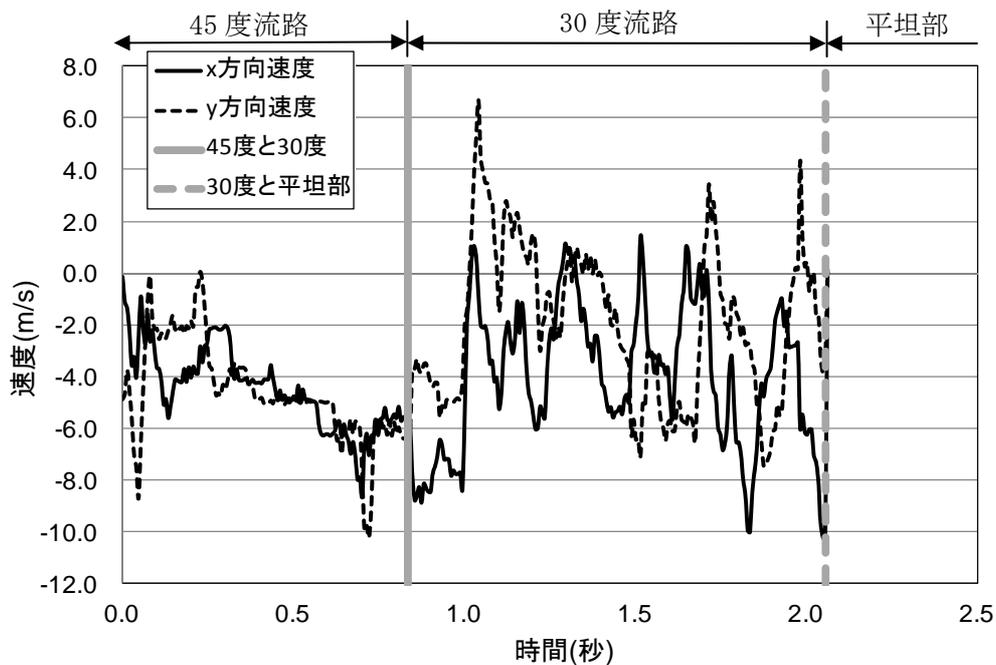


図 9.1.351(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 352 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路上部と 30 度流路部のアングル設置位置にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路上部で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時に、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度が低下する挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、流路下部に向かって、同じような挙動を 2 回程度繰り返し、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

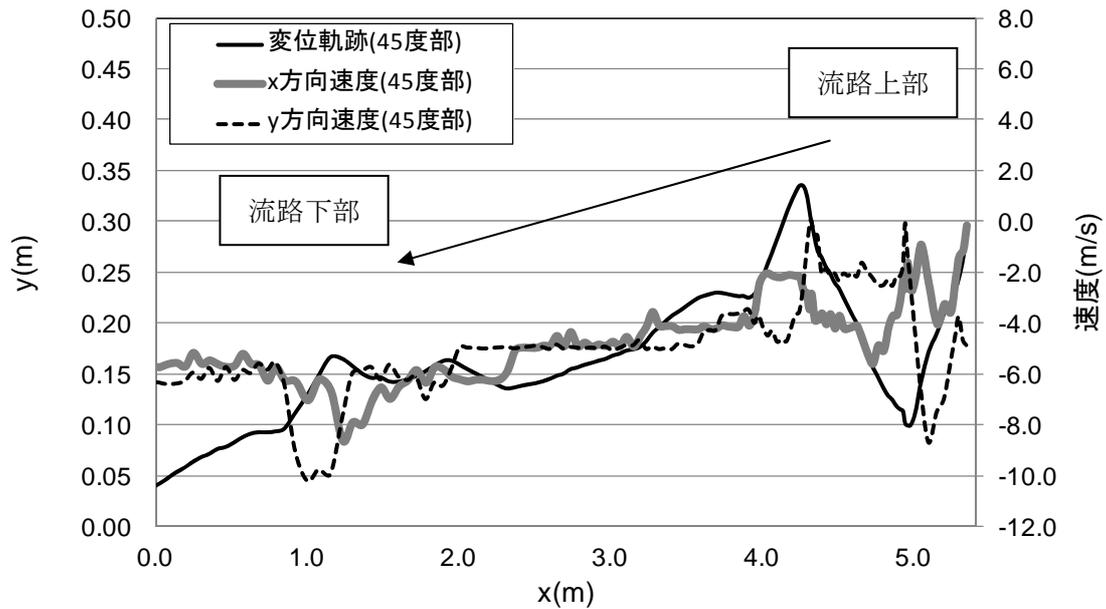


図 9. 1. 352 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

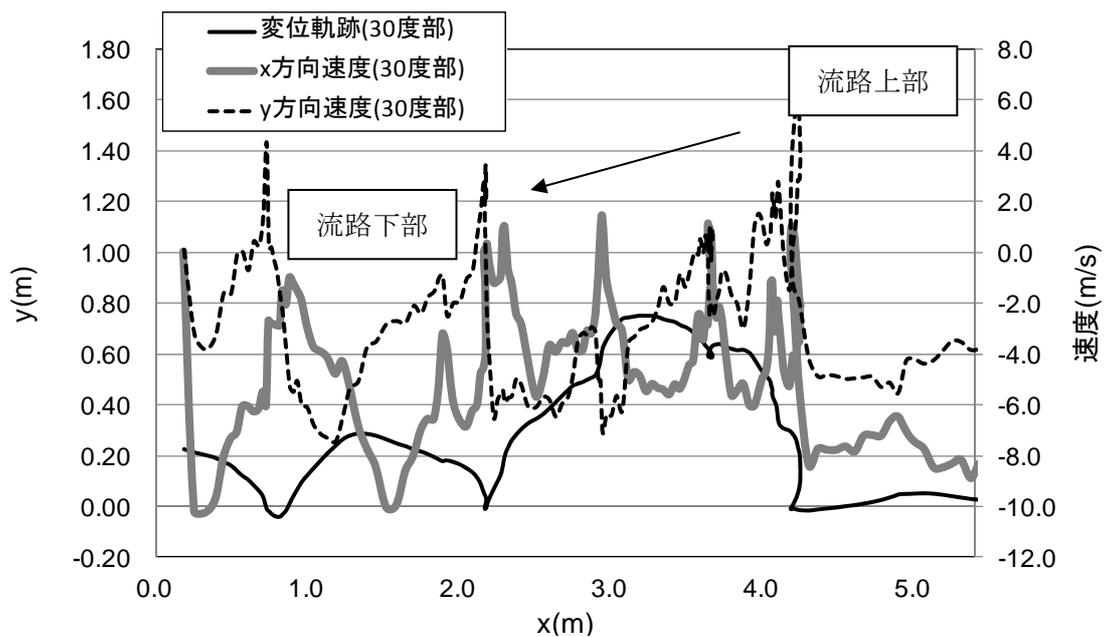


図 9. 1. 352 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.353 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

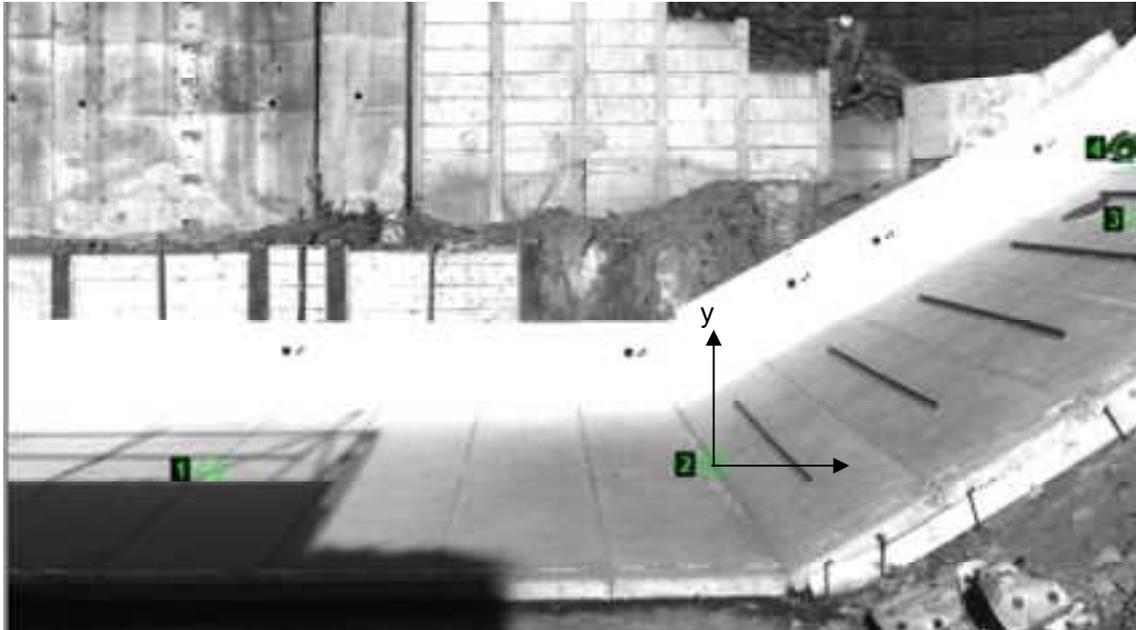


図 9.1.353 解析に用いた標点の位置

図 9.1.354 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部のアンクル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

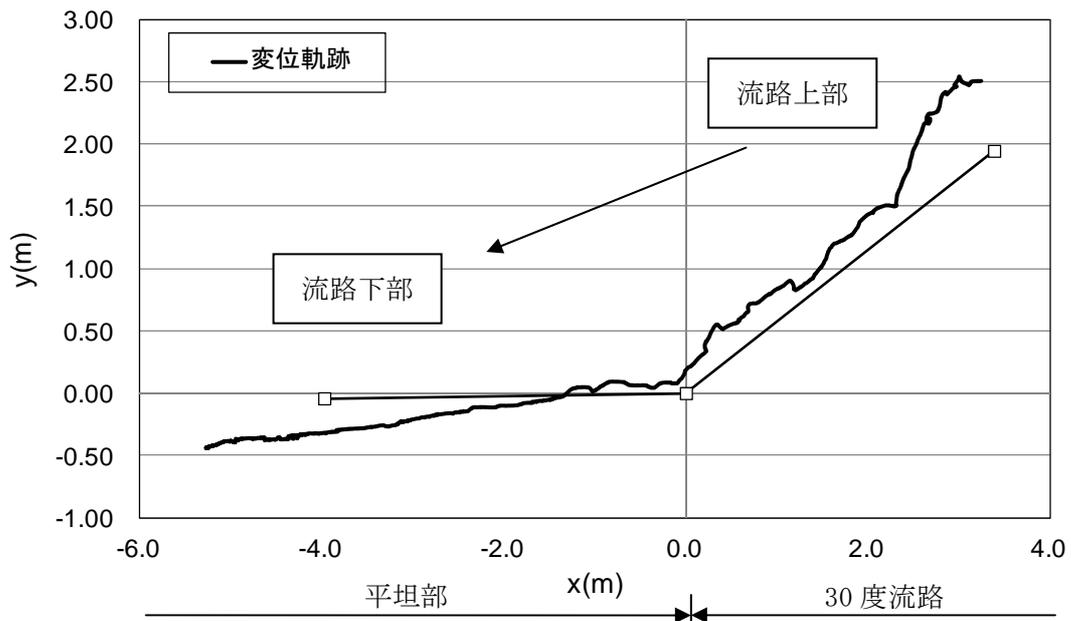


図 9.1.354 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.355 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置にて x 方向成分と y 方向成分の落下速度が変化した後、平坦部において、落下速度の x 方向成分、y 方向成分ともはゼロ付近に収束する挙動を示した。

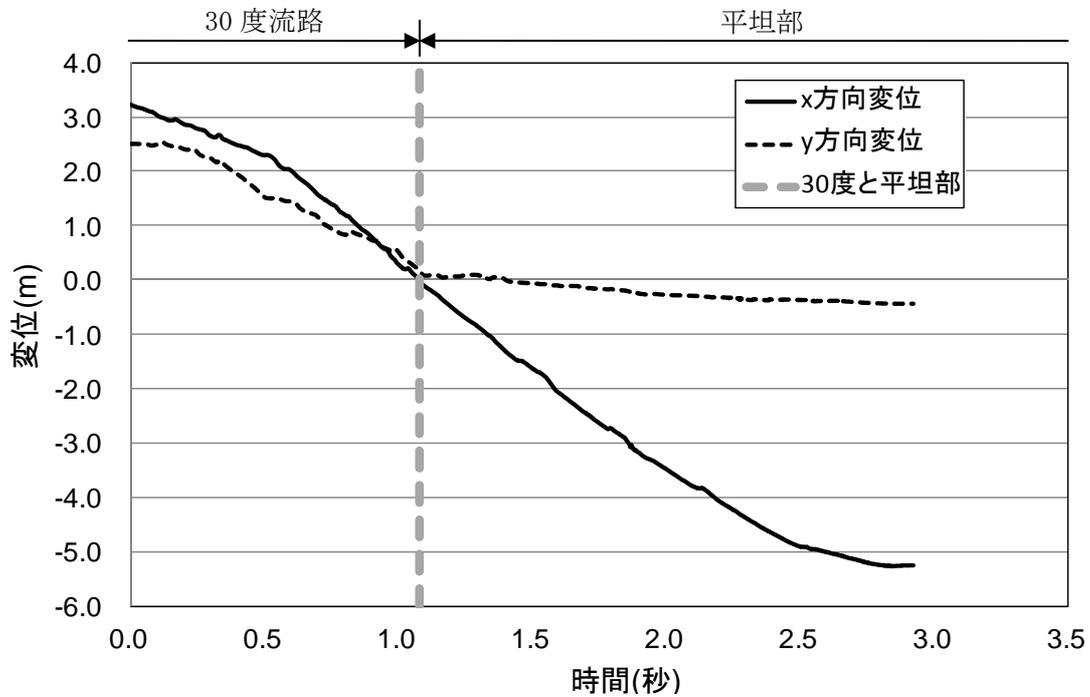


図 9.1.355(a) 岩塊模型の変位履歴

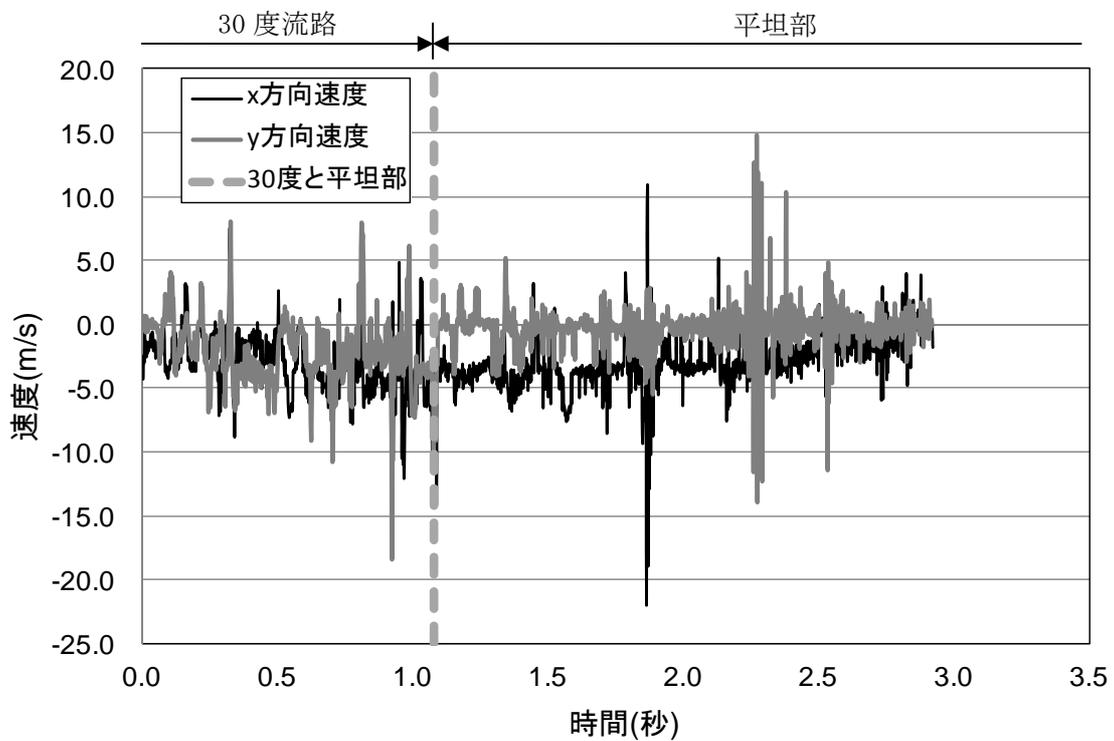


図 9.1.355(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 356 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。ここで、変位軌跡が負の値を示しているのは、流路中心より手前側に岩塊模型が転がってきたことによるものである。速度軌跡からは、x 方向成分、y 方向成分ともゼロに収束する挙動が見られた。

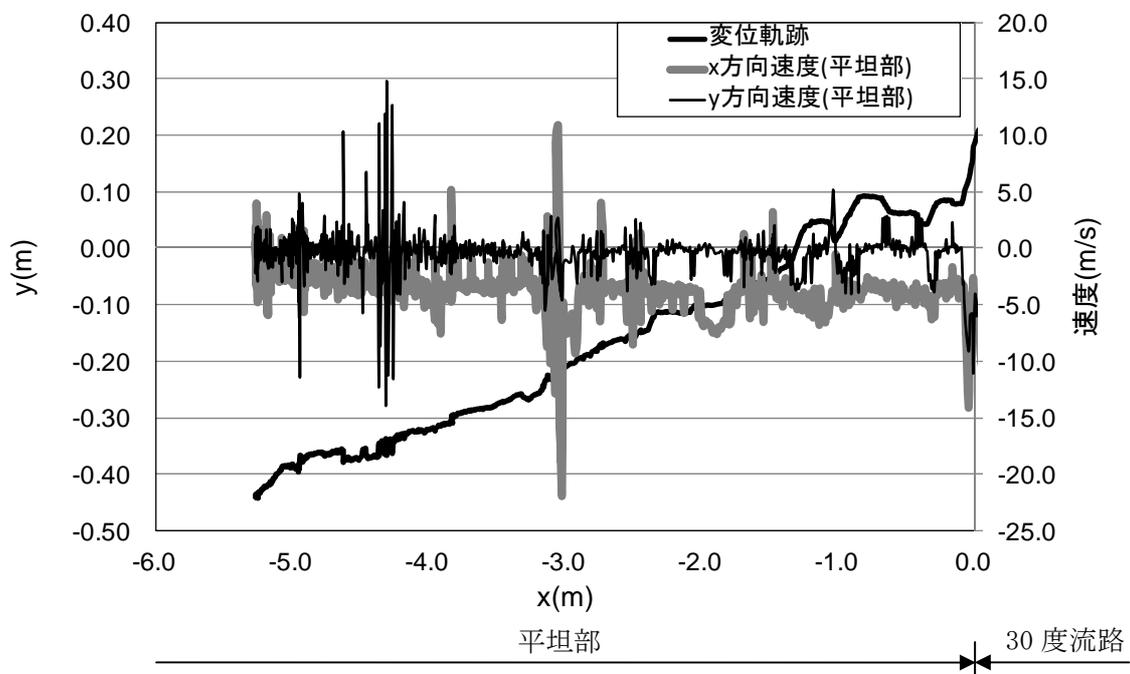


図 9. 1. 356 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.357 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

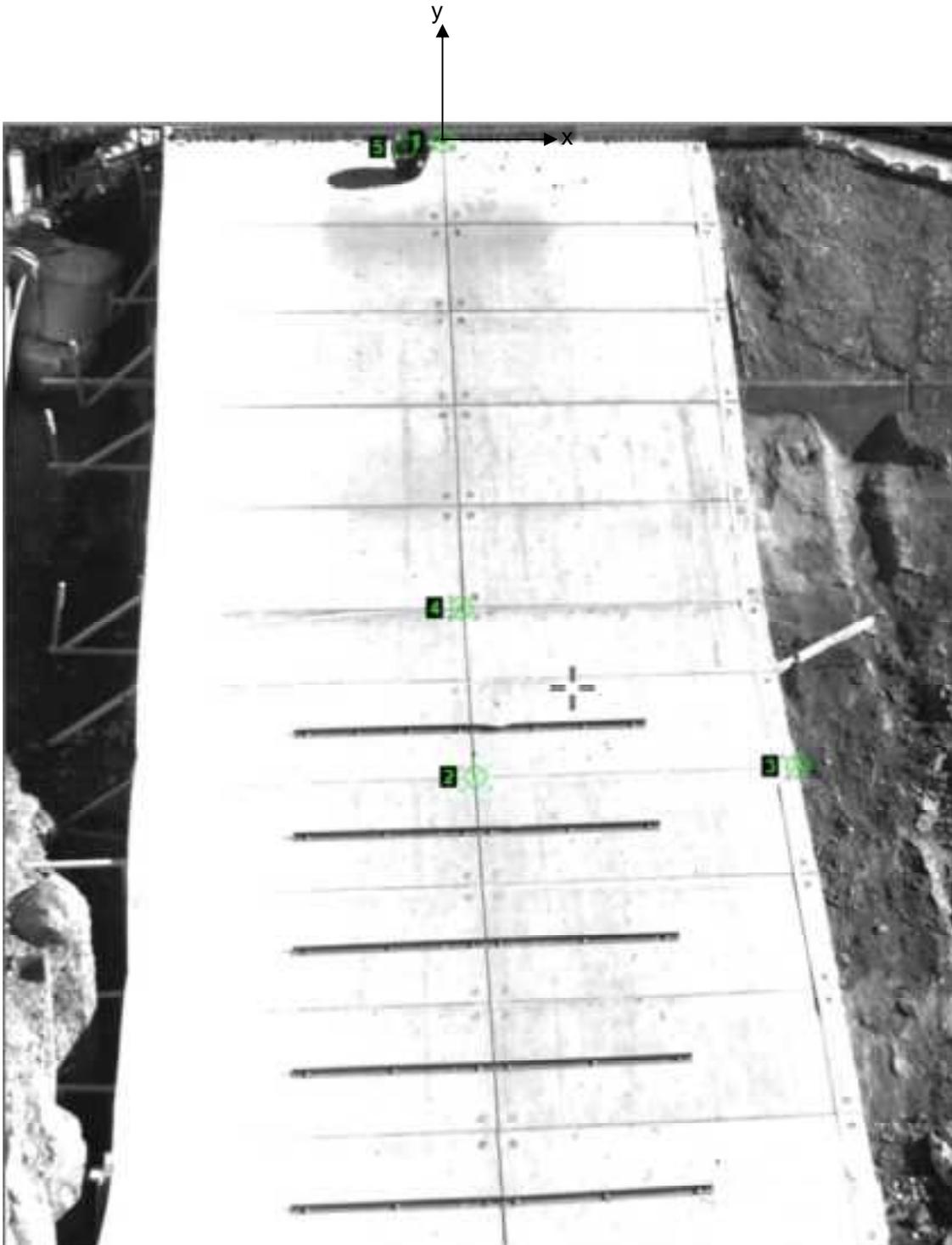


図 9.1.357 解析に用いた標点の位置

図 9.1.358 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、跳ね返りに伴い、方向を変えながら落下する挙動を示した。特に、アングル設置位置にて比較的大きく右側に移動した。

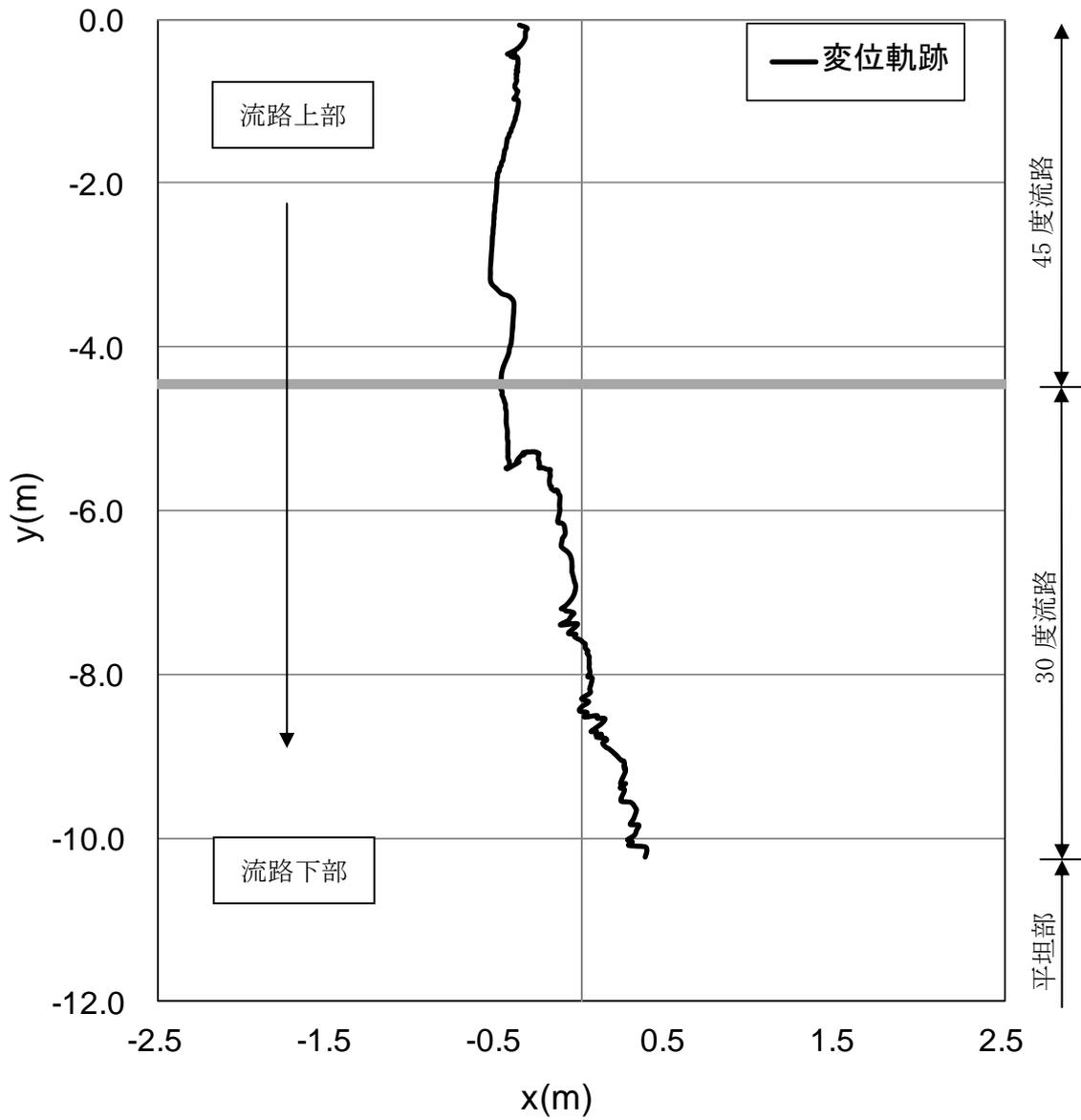


図 9.1.358 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.359 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で上方に向かって落下速度の x 方向成分、y 方向成分とも上方に増加する挙動を示した。30 度流路下流における跳ね返りに伴い、速度の増減が顕著に見られた。

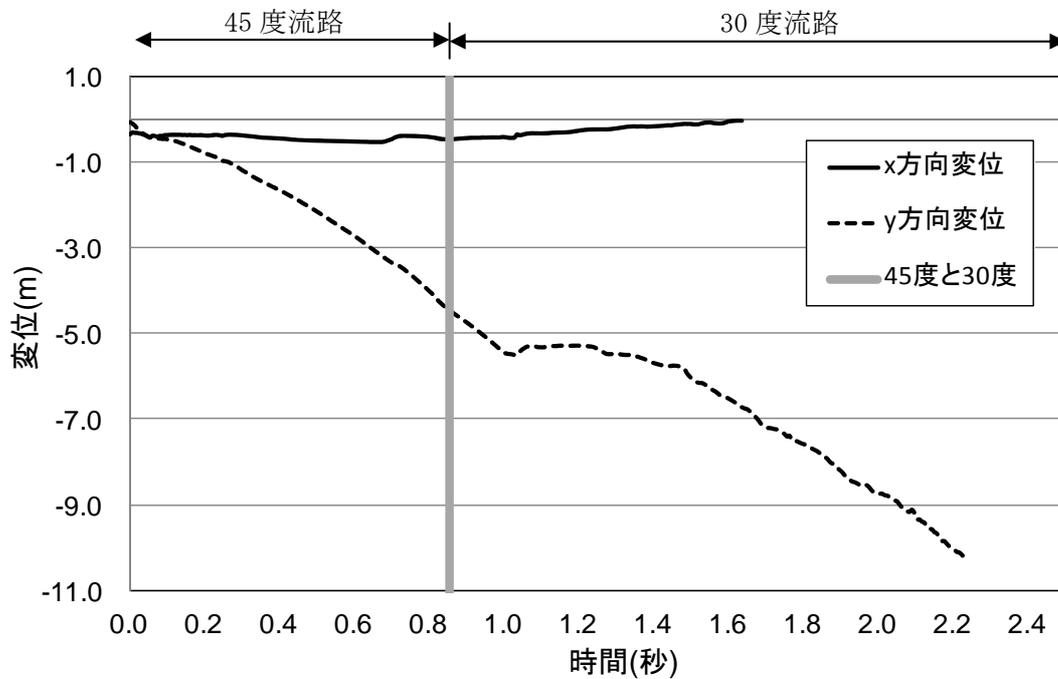


図 9.1.359(a) 岩塊模型の変位履歴

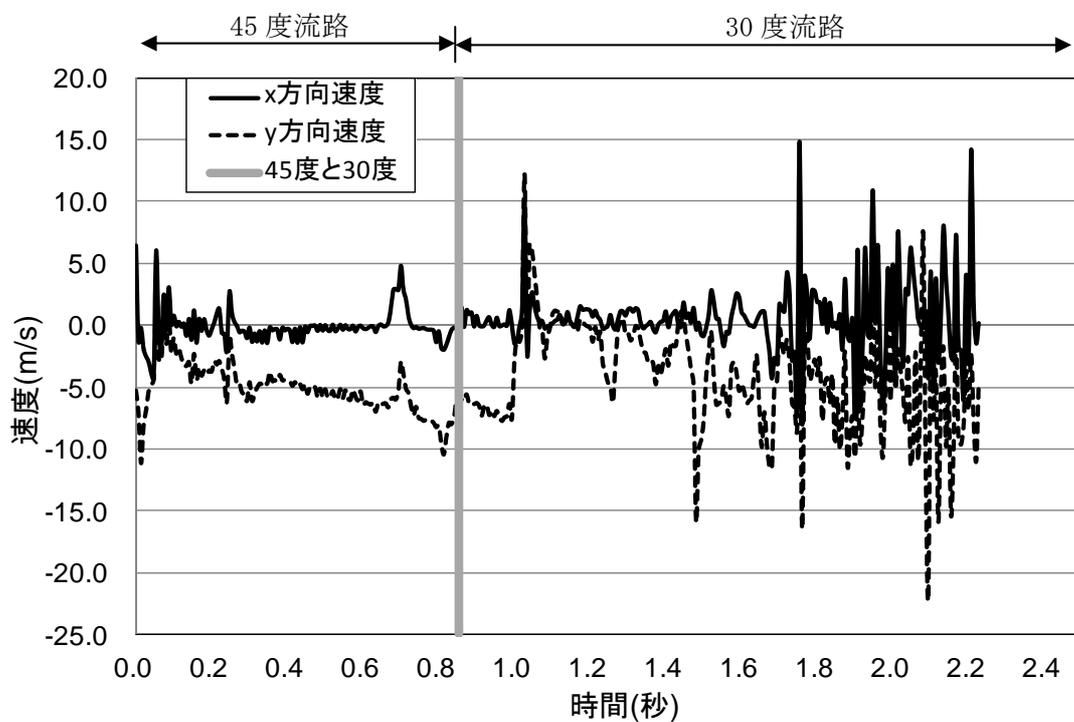


図 9.1.359(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.360 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きに座標補正を行った。

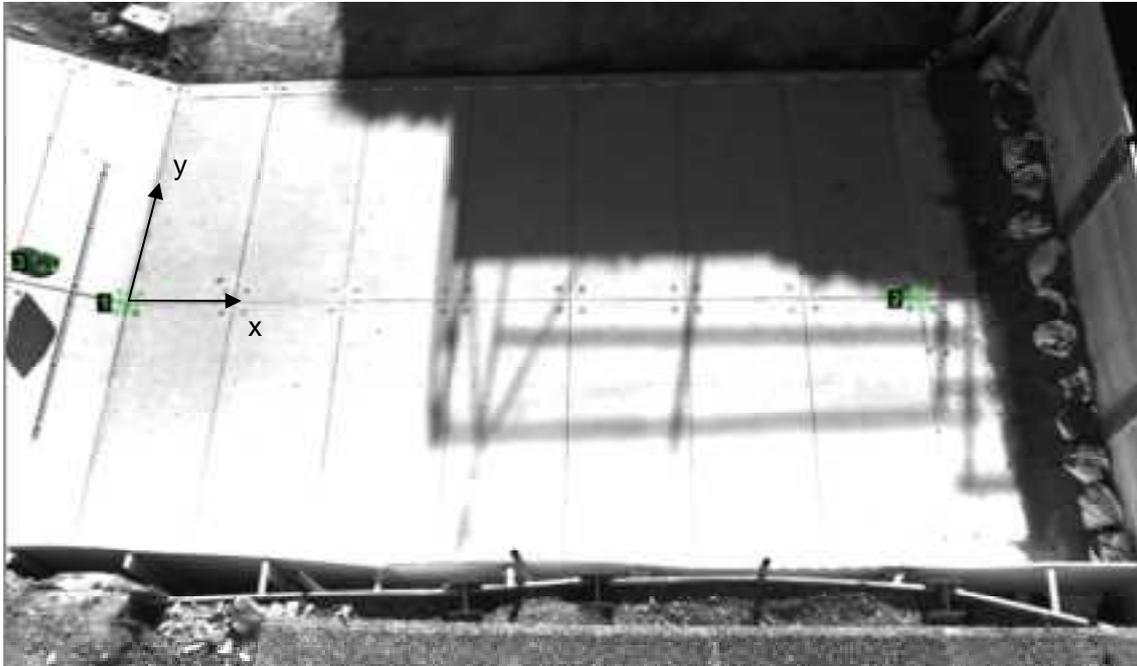


図 9.1.360 解析に用いた標点の位置

図 9.1.361 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は平坦部で落下方向に変化が生じたものの、直線的に落下する挙動であった。

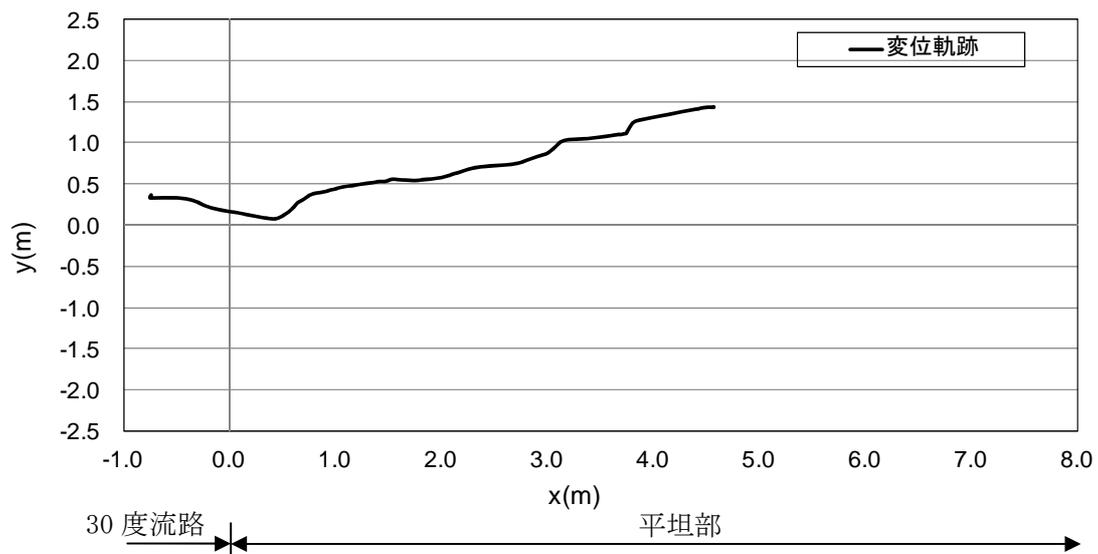


図 9.1.361 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.362 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界で x 方向成分、y 方向成分とも速度が低下する挙動が見られ、平坦部では速度ゼロに収束するような挙動が見られた。

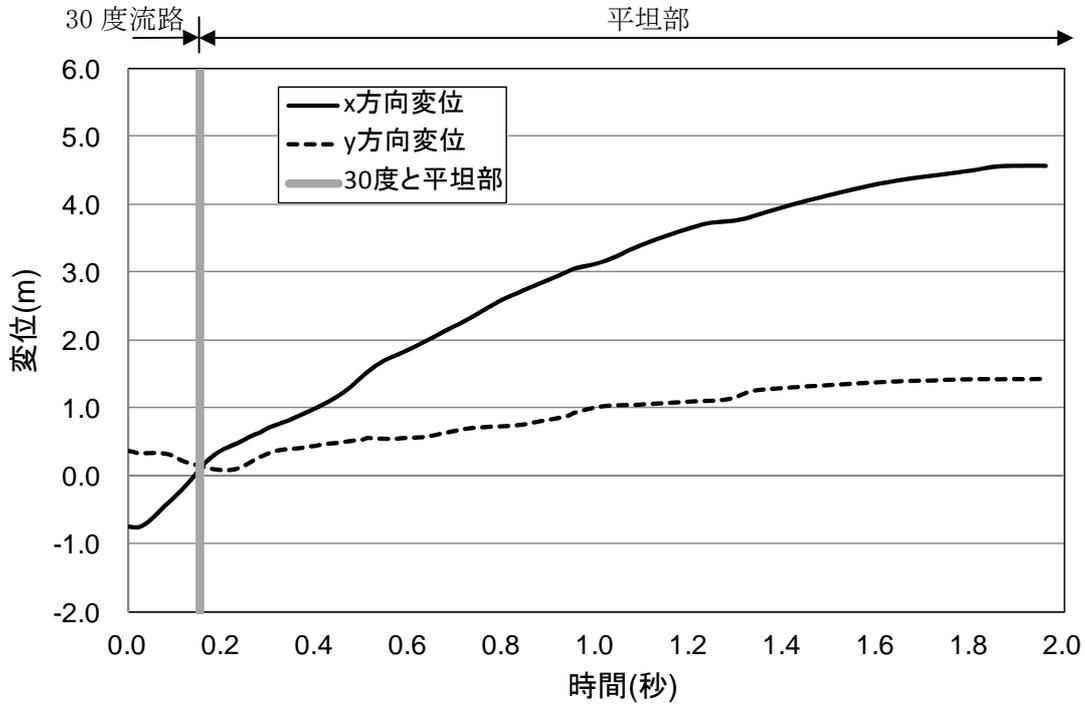


図 9.1.362(a) 岩塊模型の変位履歴

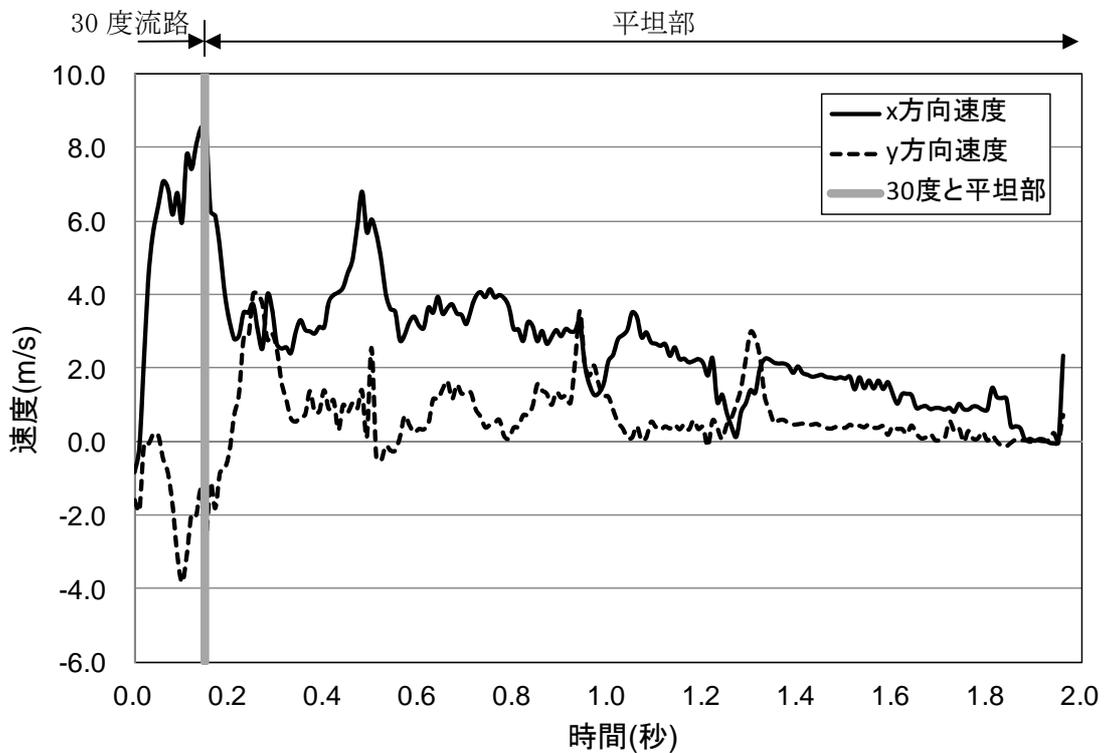


図 9.1.362(b) 岩塊模型の速度履歴

(5) No. 27 板状 40cm 平面上

① 流路横

図 9.1.363 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.363 解析に用いた標点の位置

図 9.1.364 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路上部と 30 度流路にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

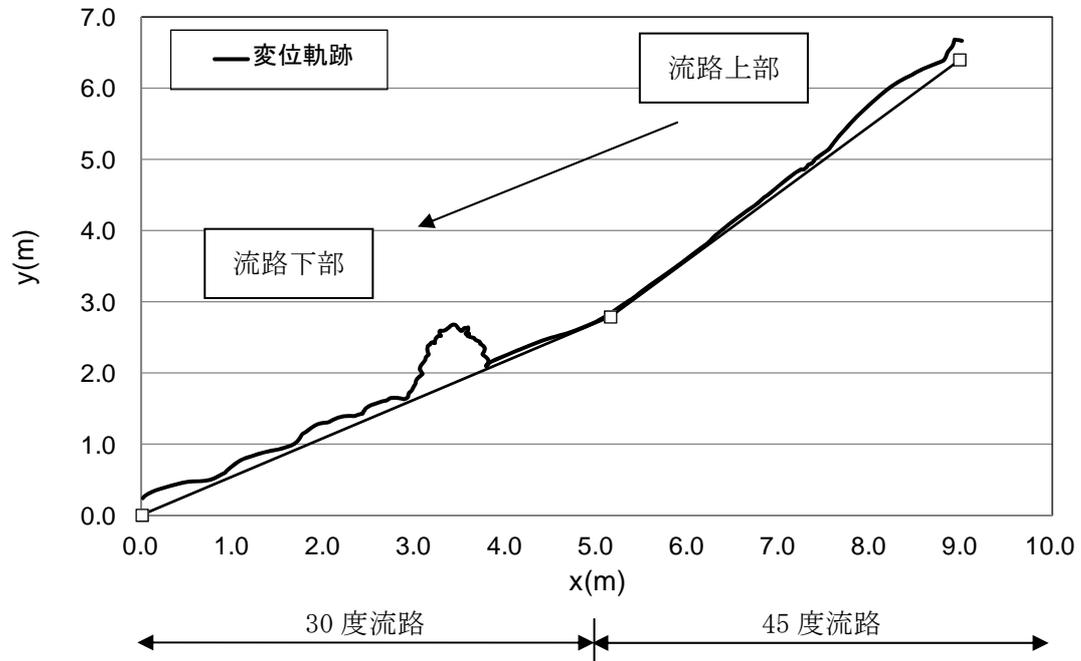


図 9.1.364 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 1. 365 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路部上部とアングル位置、および 30 度流路下部にて、跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路部で速度の x、y 方向成分が同様な挙動が見られ、45 度流路と 30 度流路の境界においては、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度に変化が見られ、その後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、同岩塊の跳ね返りに伴い速度の増減を繰り返す挙動が見られた。

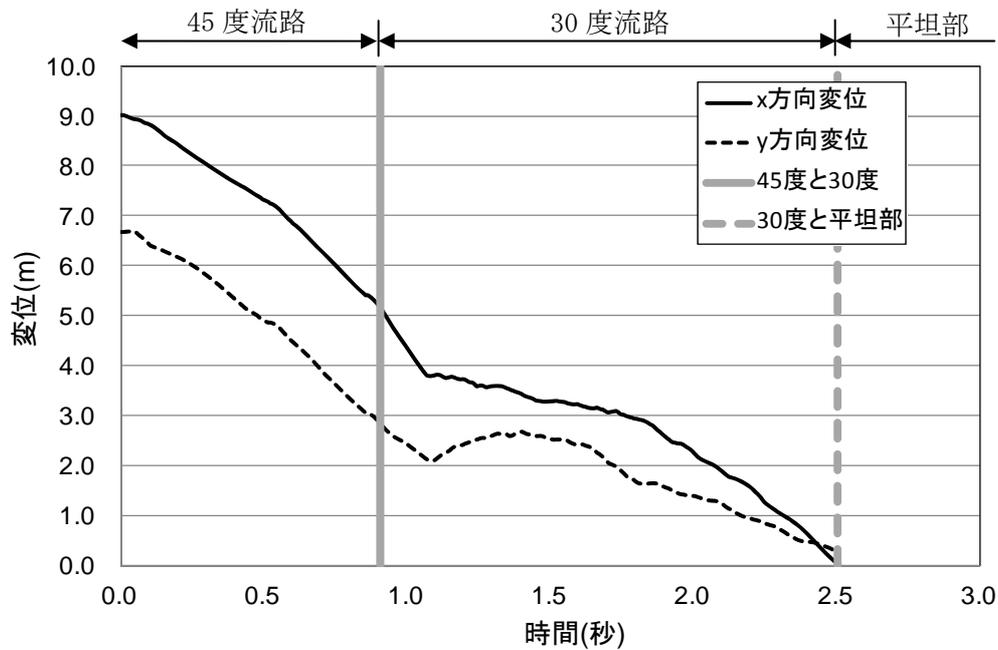


図 9. 1. 365 (a) 岩塊模型の変位履歴

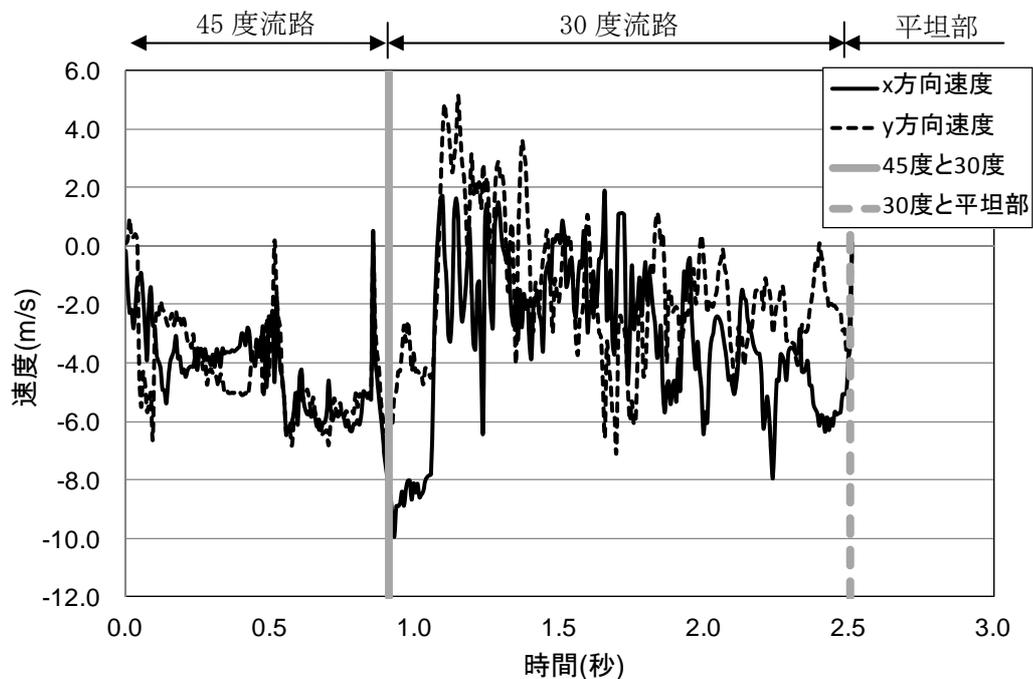


図 9. 1. 365 (b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.366 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路上部と 30 度流路部のアングル設置位置以降にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路上部で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時に、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度が低下する挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、流路下部に向かって、同じような挙動を 4 回程度見られた。

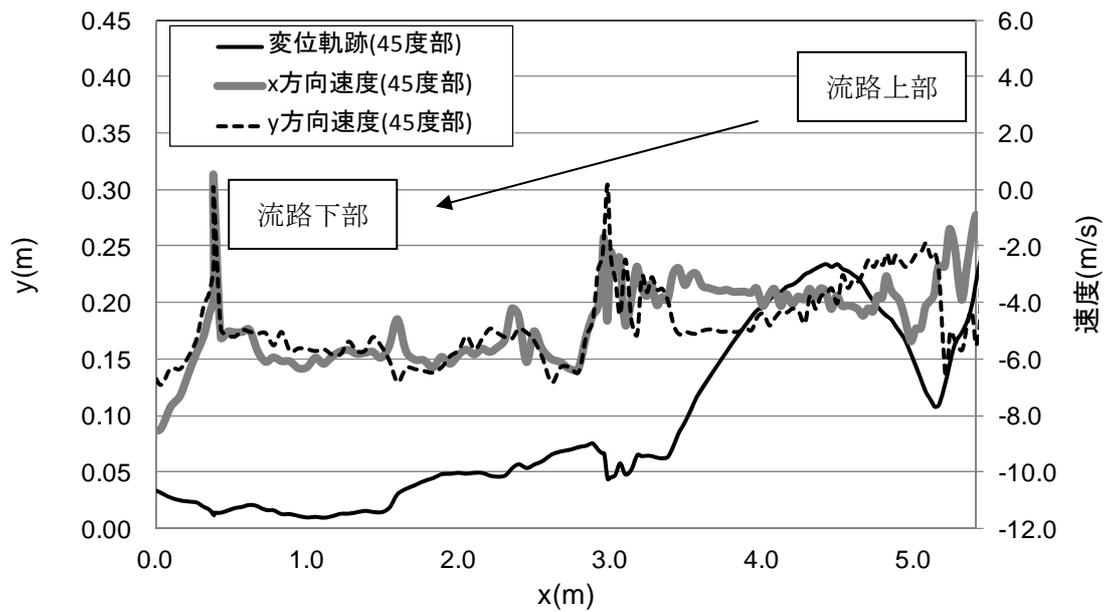


図 9.1.366 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

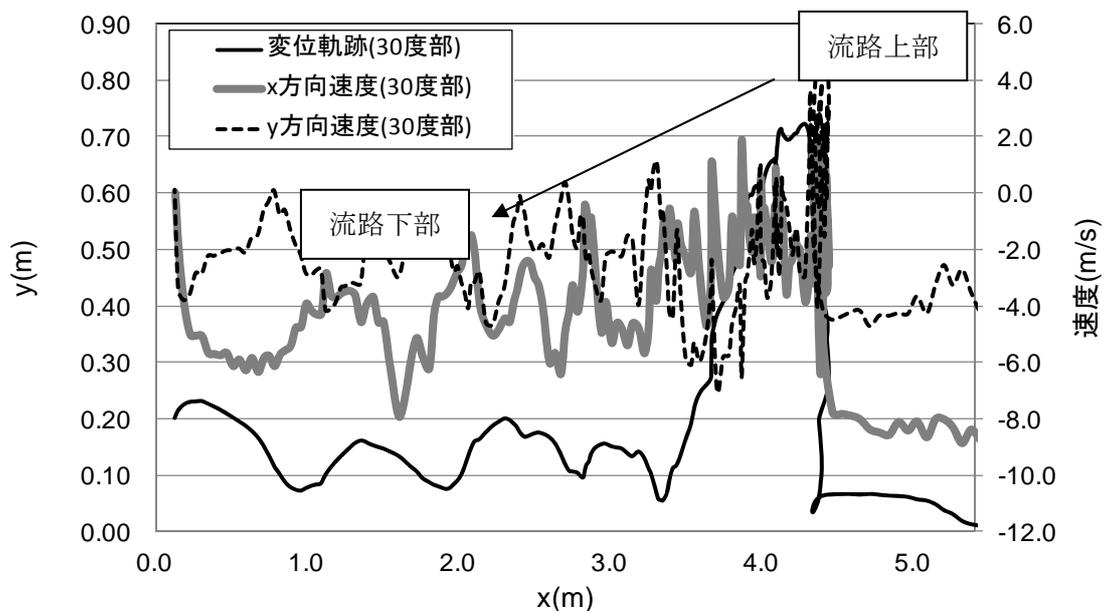


図 9.1.366 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.367 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

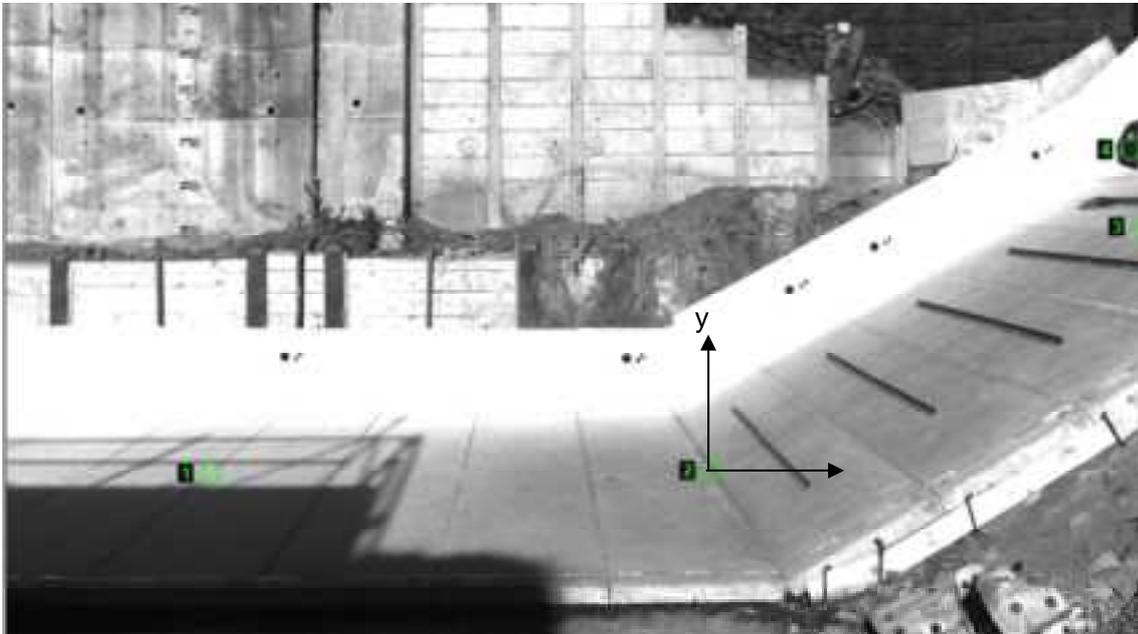


図 9.1.367 解析に用いた標点の位置

図 9.1.368 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部のアングル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

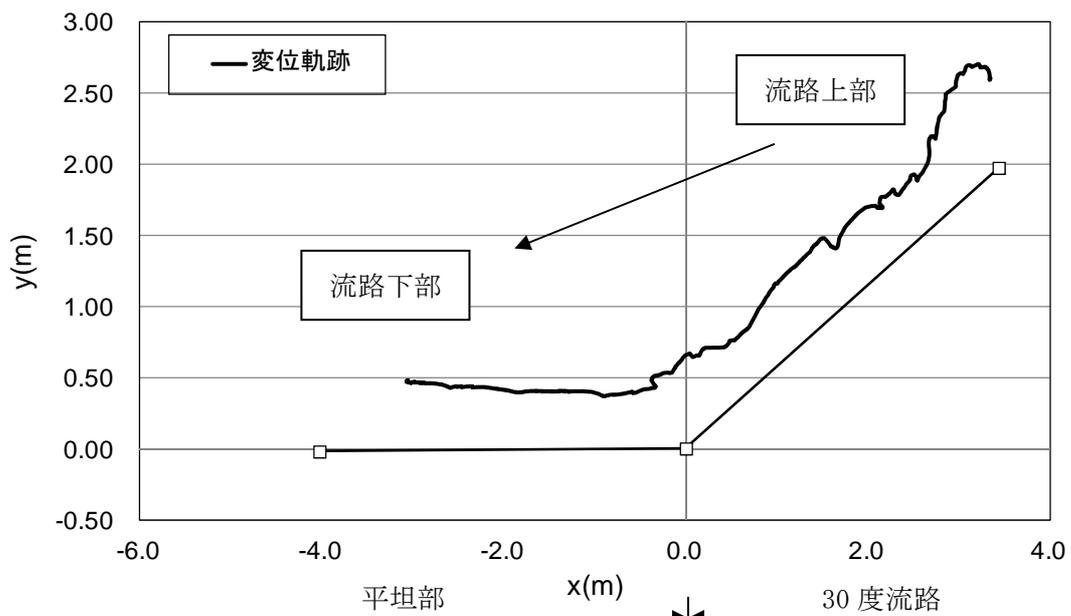


図 9.1.368 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.369 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置から 30 度流路下部にて x 方向成分と y 方向成分の落下速度の増減を繰り返した後、平坦部において、落下速度の x 方向成分、y 方向成分ともはゼロ付近に収束する挙動を示した。

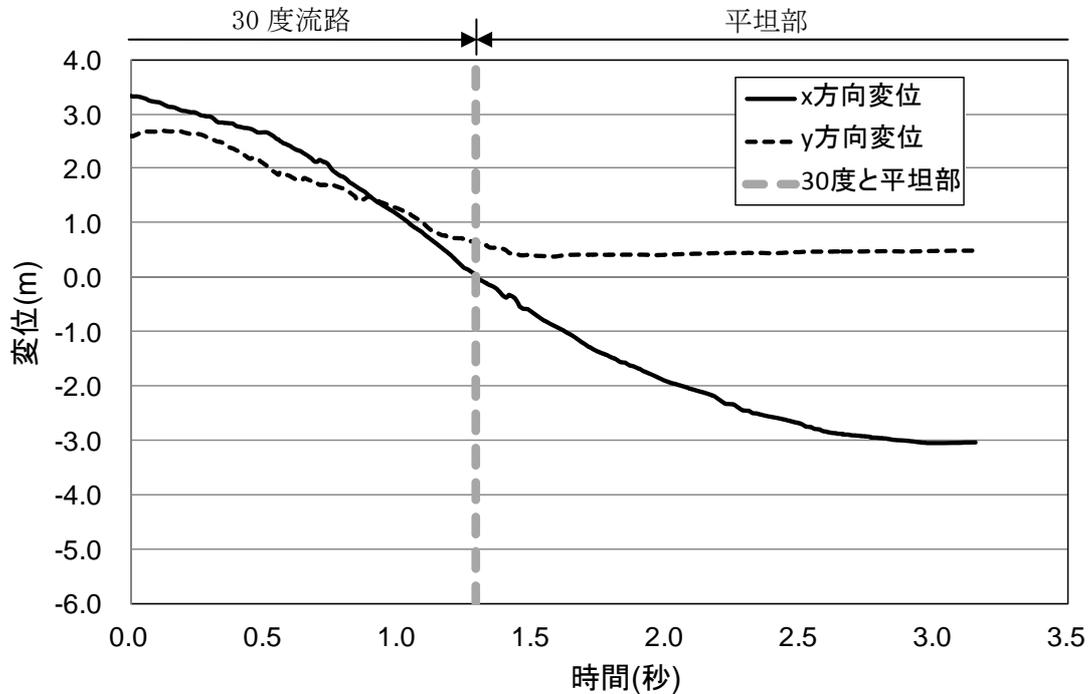


図 9.1.369(a) 岩塊模型の変位履歴

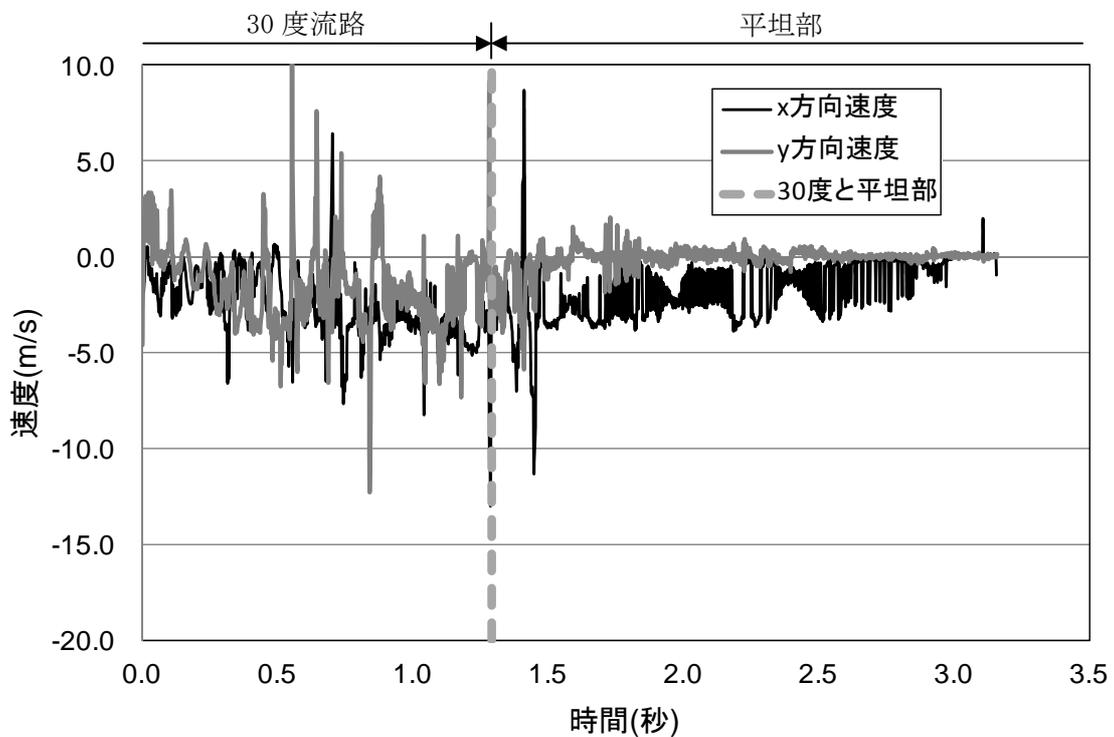


図 9.1.369(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.370 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。ここで、変位軌跡が負の値を示しているのは、流路中心より手前側に岩塊模型が転がってきたことによるものである。速度軌跡からは、x 方向成分、y 方向成分ともゼロに収束する挙動が見られた。

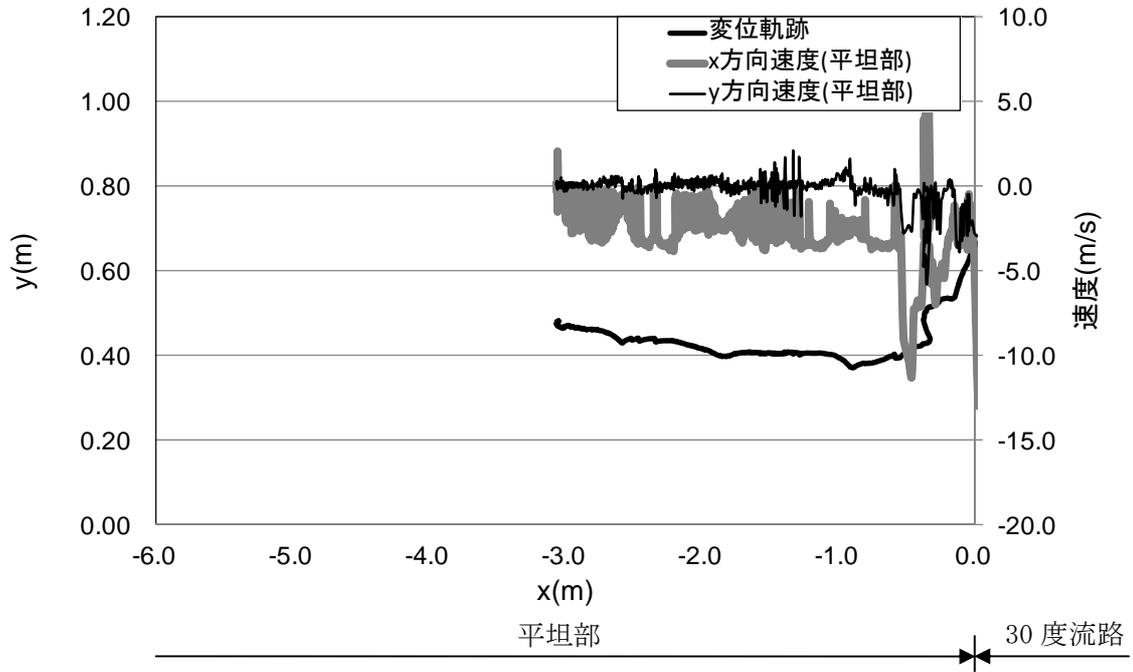


図 9.1.370 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.371 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

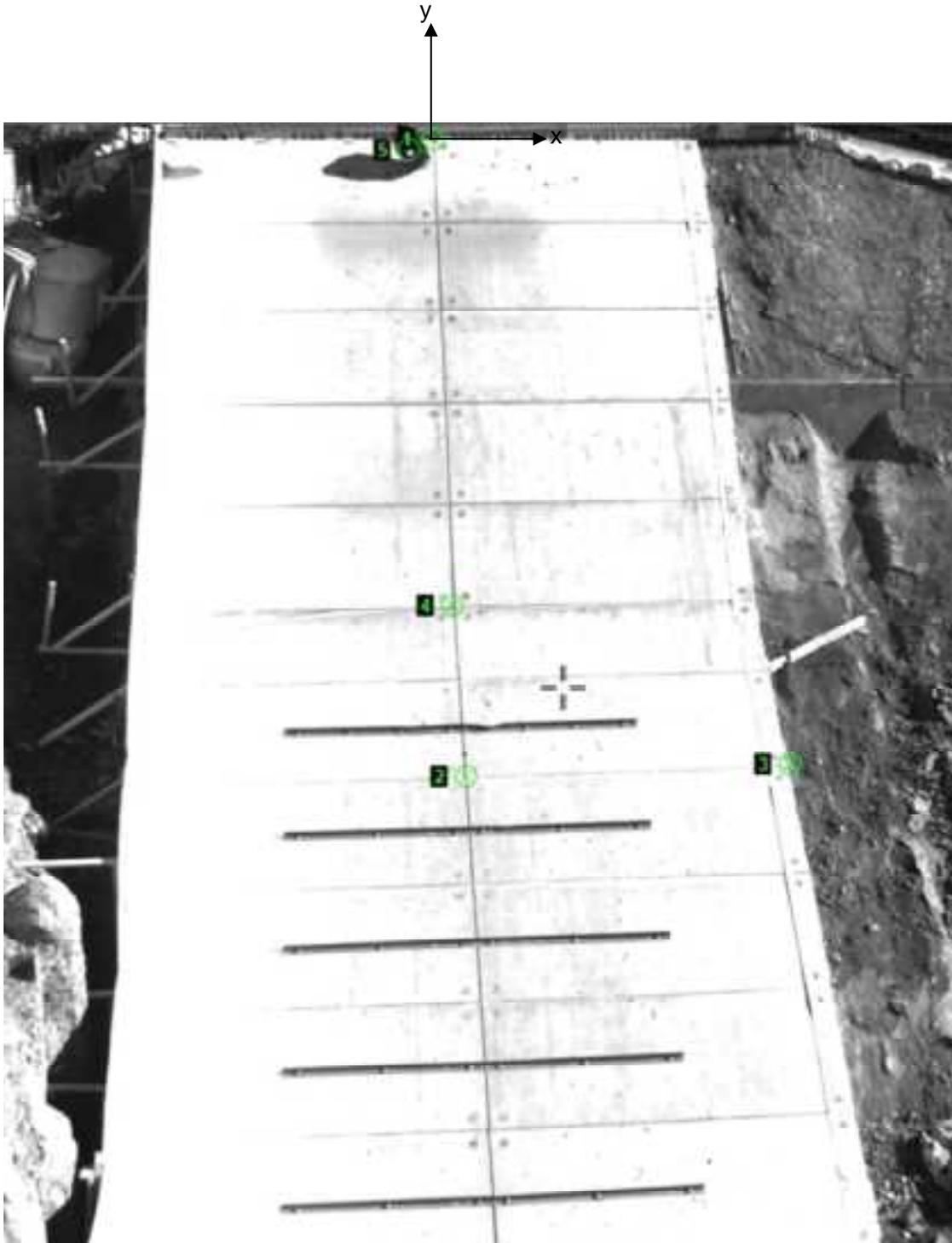


図 9.1.371 解析に用いた標点の位置

図 9.1.372 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、跳ね返りに伴い、方向を変えながら落下する挙動を示した。特に、アングル設置位置にて比較的大きく左側に移動した。

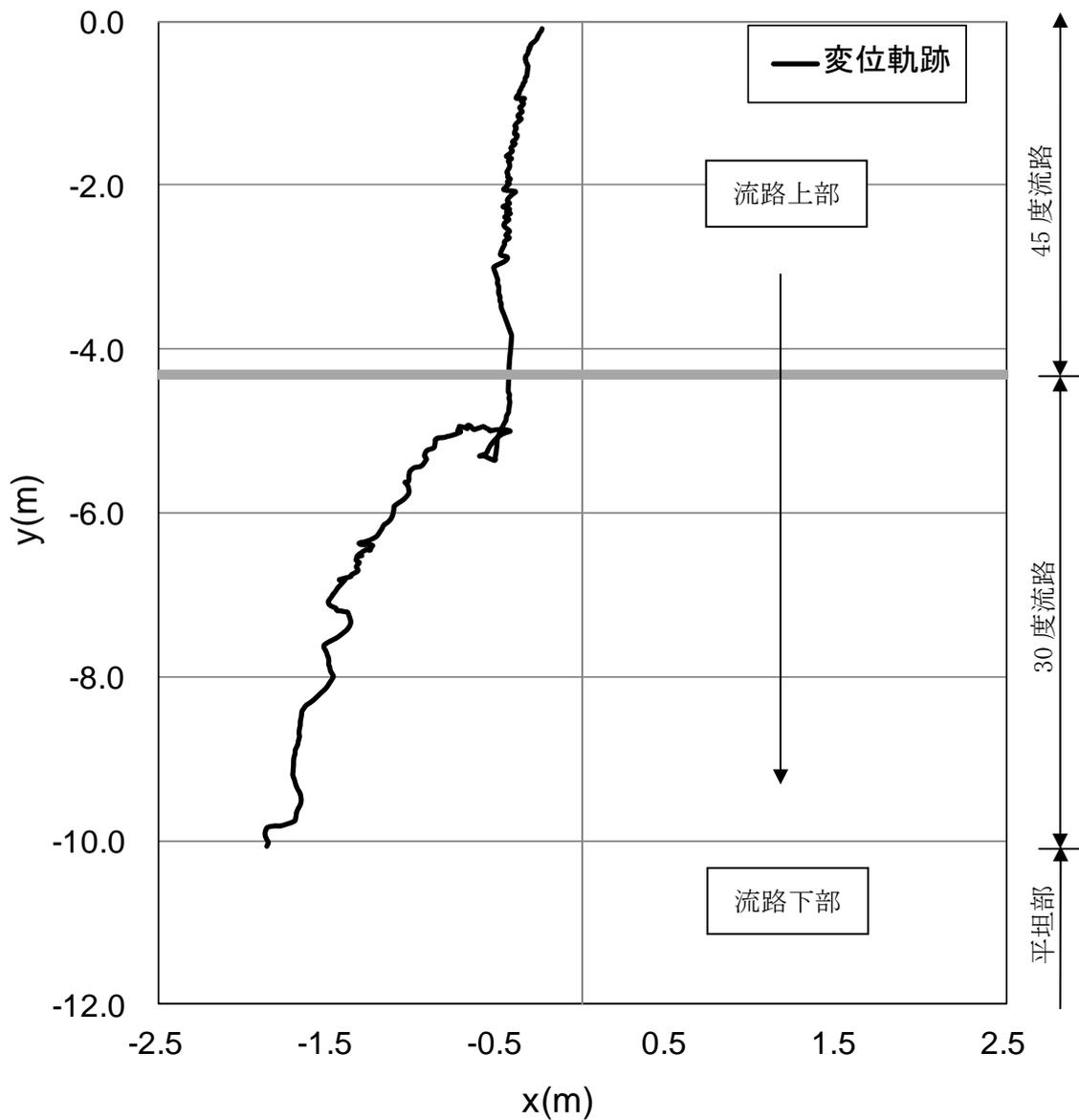


図 9.1.372 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.373 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で上方に向かって落下速度の x 方向成分、y 方向成分とも上方に増加する挙動が見られた。45 度流路部中間と 30 度流路下流において、跳ね返りに伴う速度の増減が見られる。

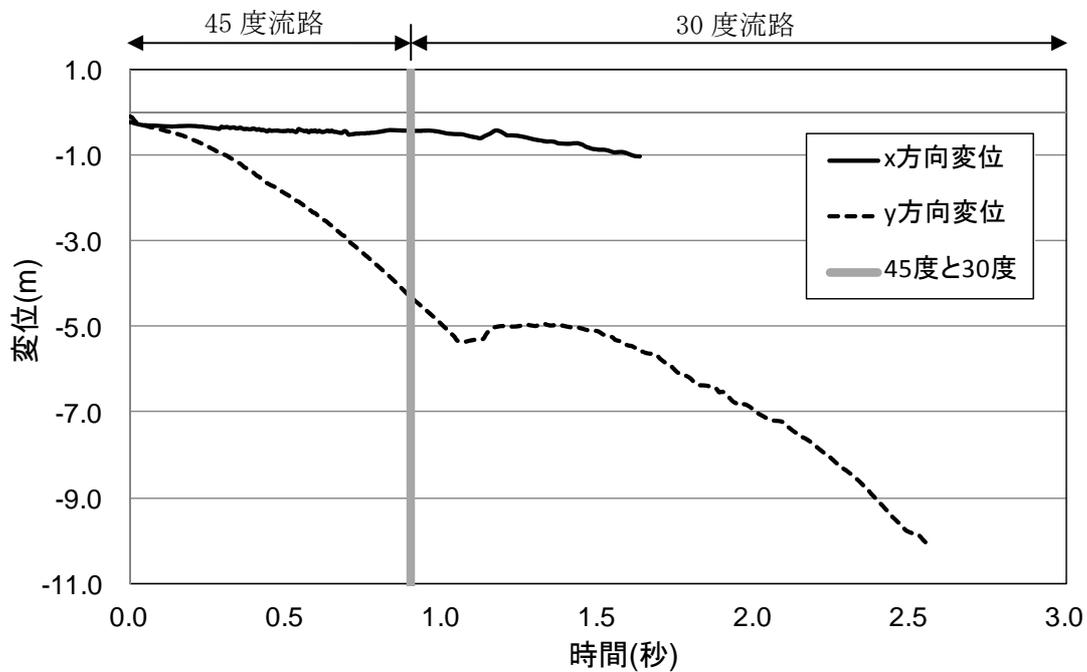


図 9.1.373(a) 岩塊模型の変位履歴

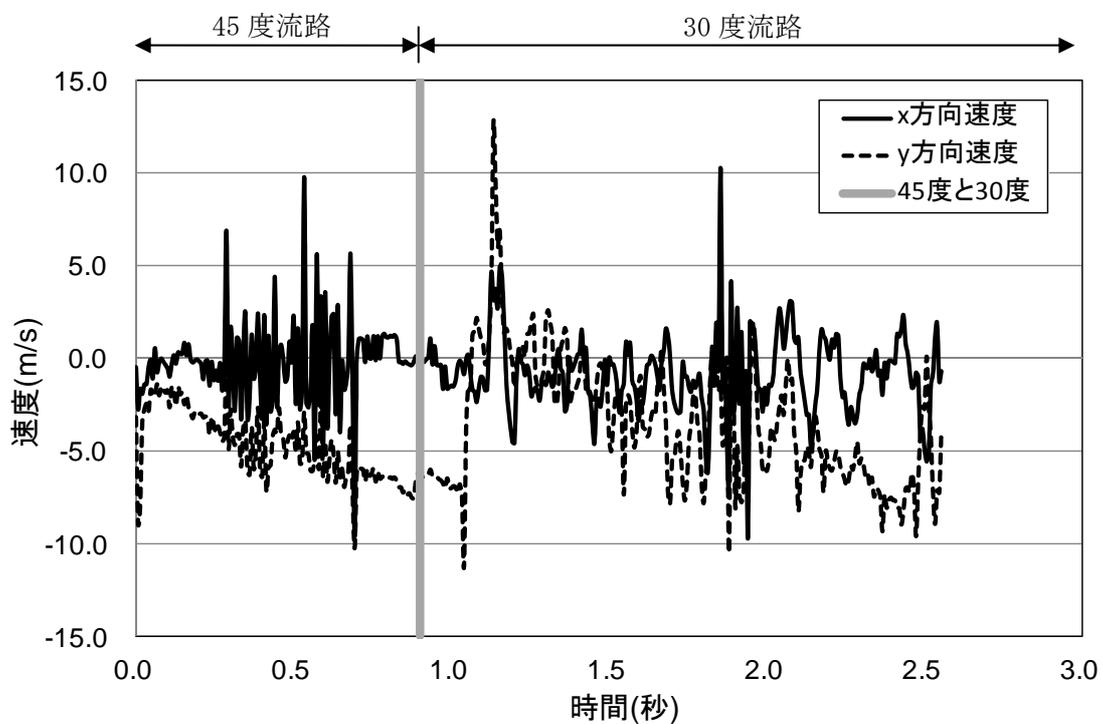


図 9.1.373(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.374 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きに座標補正を行った。



図 9.1.374 解析に用いた標点の位置

図 9.1.375 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は平坦部で落下方向に変化が生じたものの、直線的に落下する挙動であった。

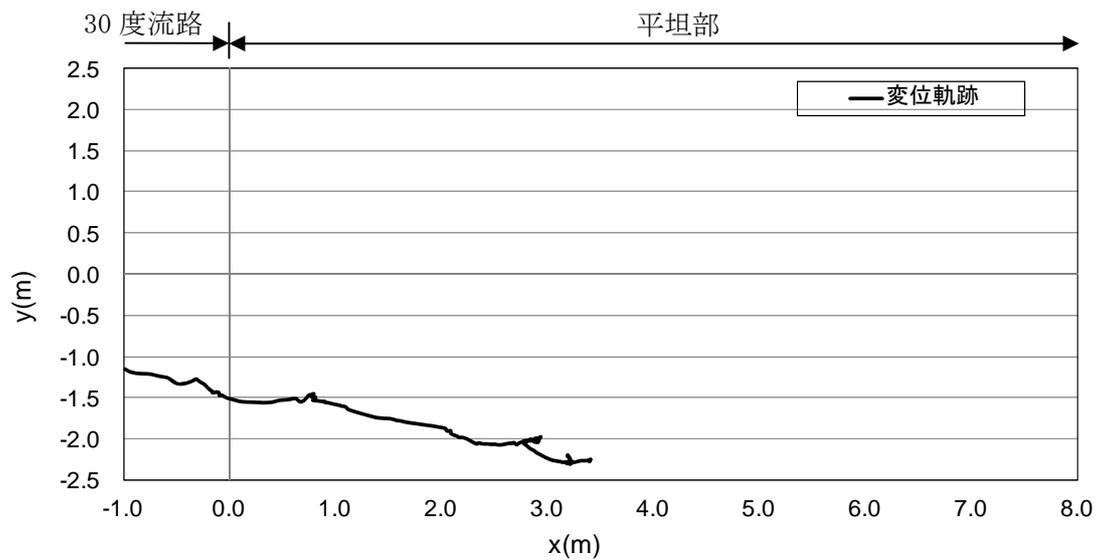


図 9.1.375 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.376 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界で x 方向成分、y 方向成分とも速度が低下する挙動が見られ、平坦部では速度ゼロに収束するような挙動が見られた。

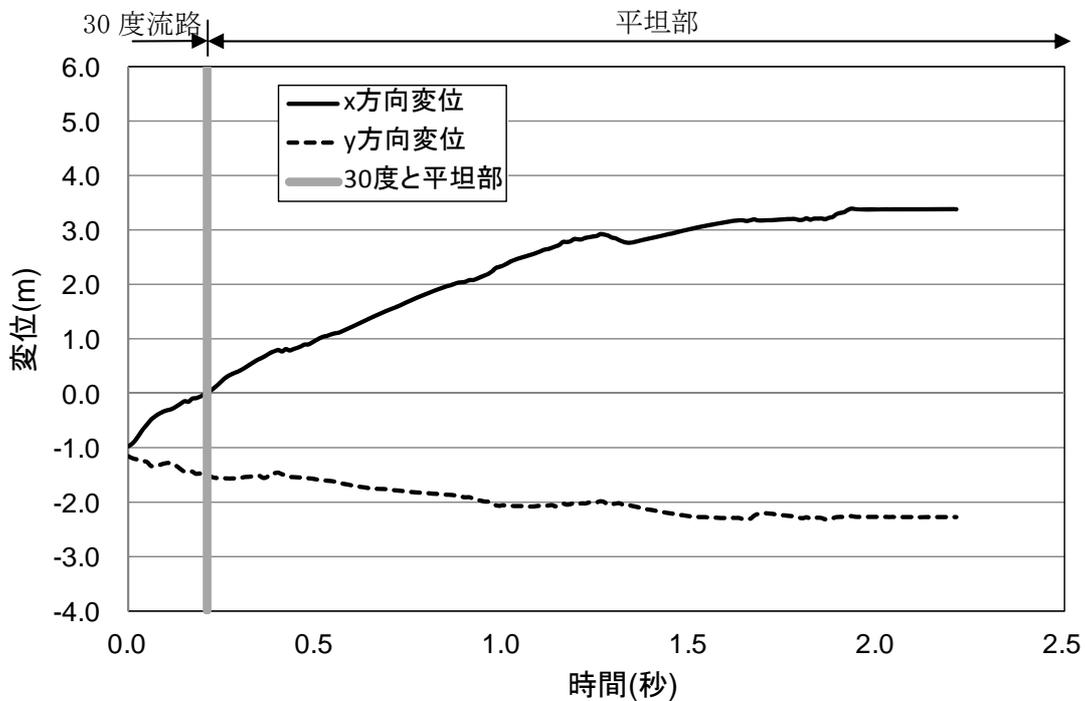


図 9.1.376(a) 岩塊模型の変位履歴

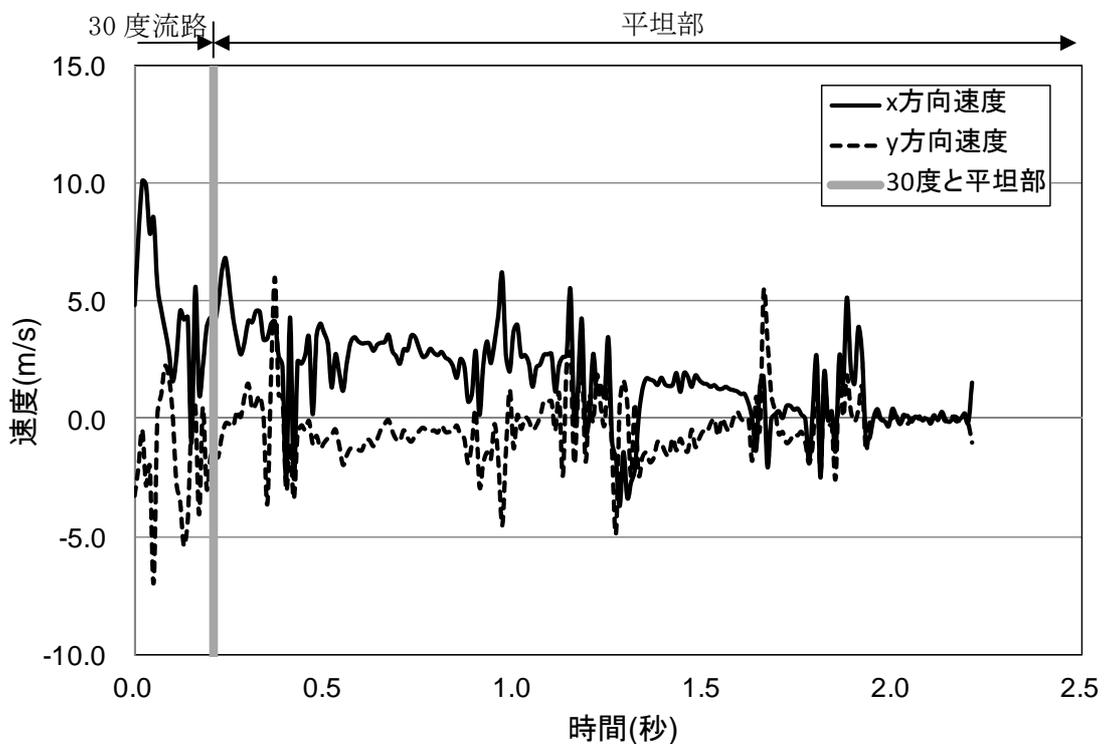


図 9.1.376(b) 岩塊模型の速度履歴

(6) No. 28 球形 20cm

① 流路横

図 9.1.377 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.377 解析に用いた標点の位置

図 9.1.378 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路と 30 度流路にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

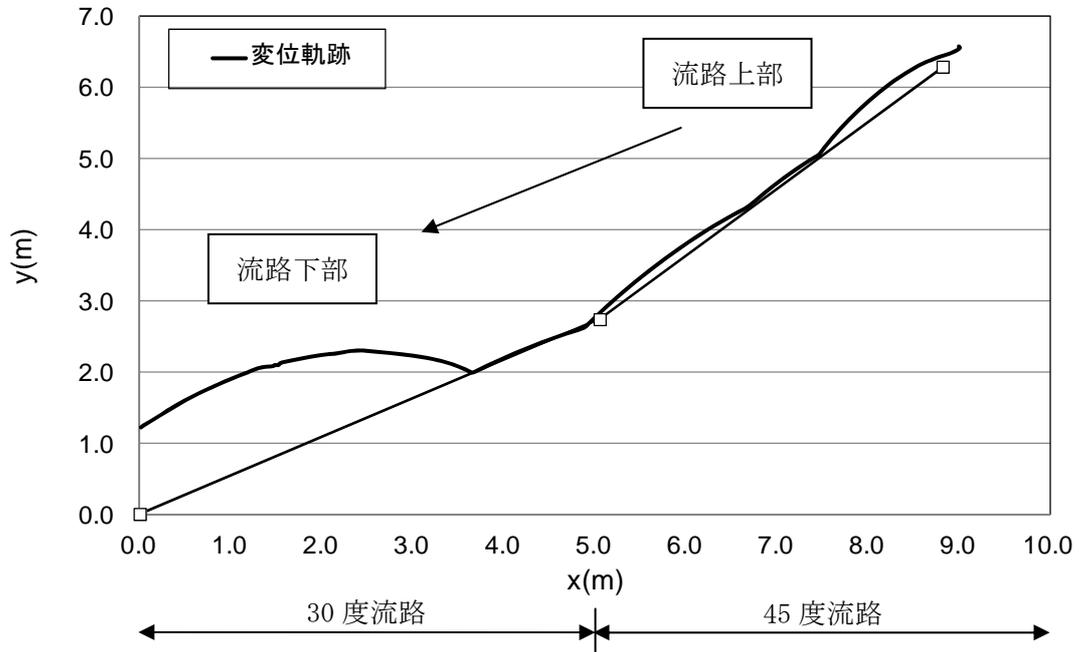


図 9.1.378 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.379 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル位置にて、跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45度流路部において速度のx、y方向成分に逆の挙動が見られ、30度流路部ではx方向成分の落下速度上がり、y方向成分の落下速度が低下した後、アングル位置においてx方向成分の速度が急激に低下し、y方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

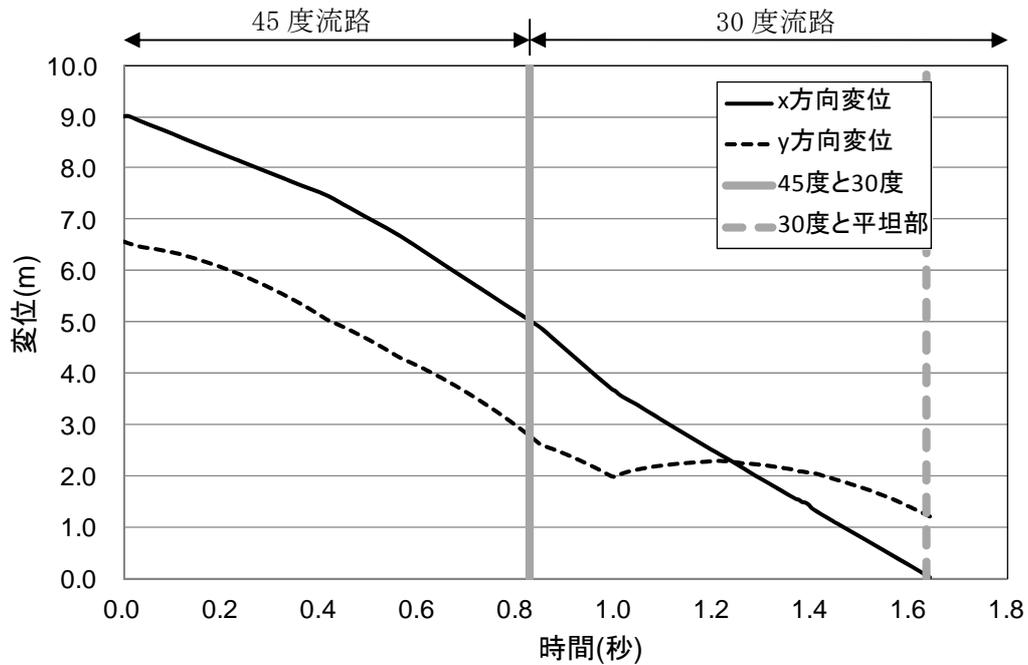


図 9.1.379(a) 岩塊模型の変位履歴

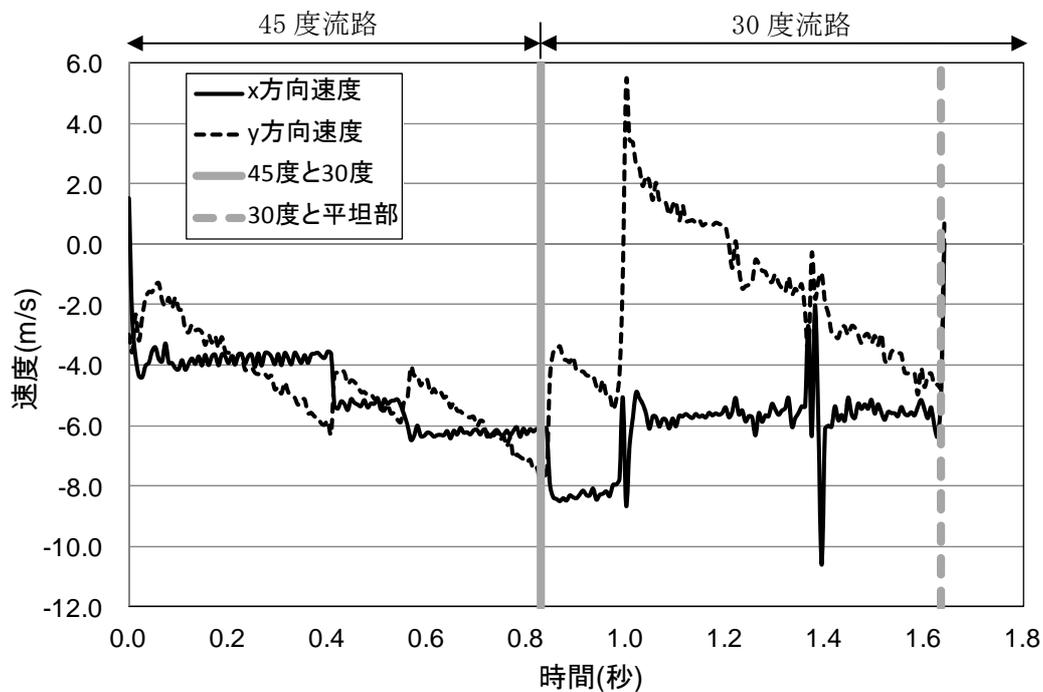


図 9.1.379(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.380 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路部と 30 度流路部のアングル設置位置にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時は速度の x 方向成分は低下し、y 方向成分は上がる挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そのうち、流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

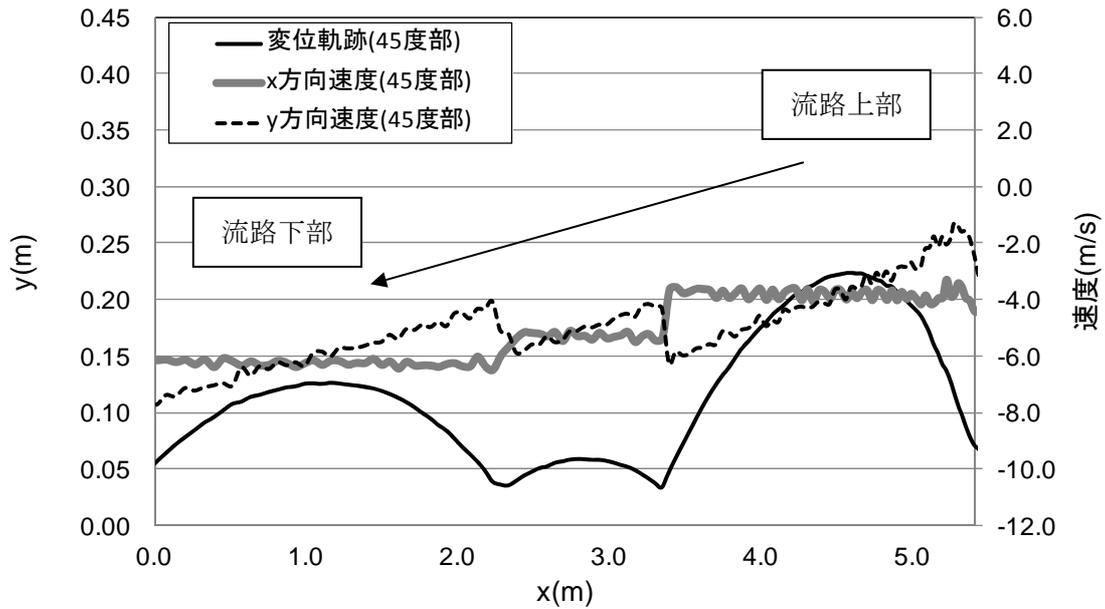


図 9.1.380(a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

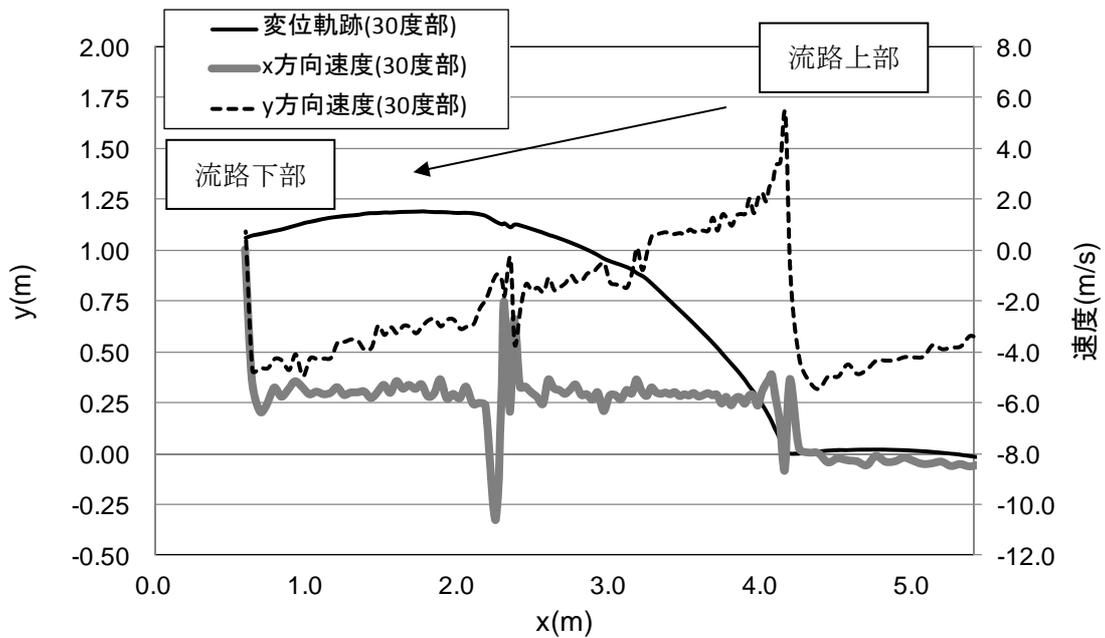


図 9.1.380(b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.381 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

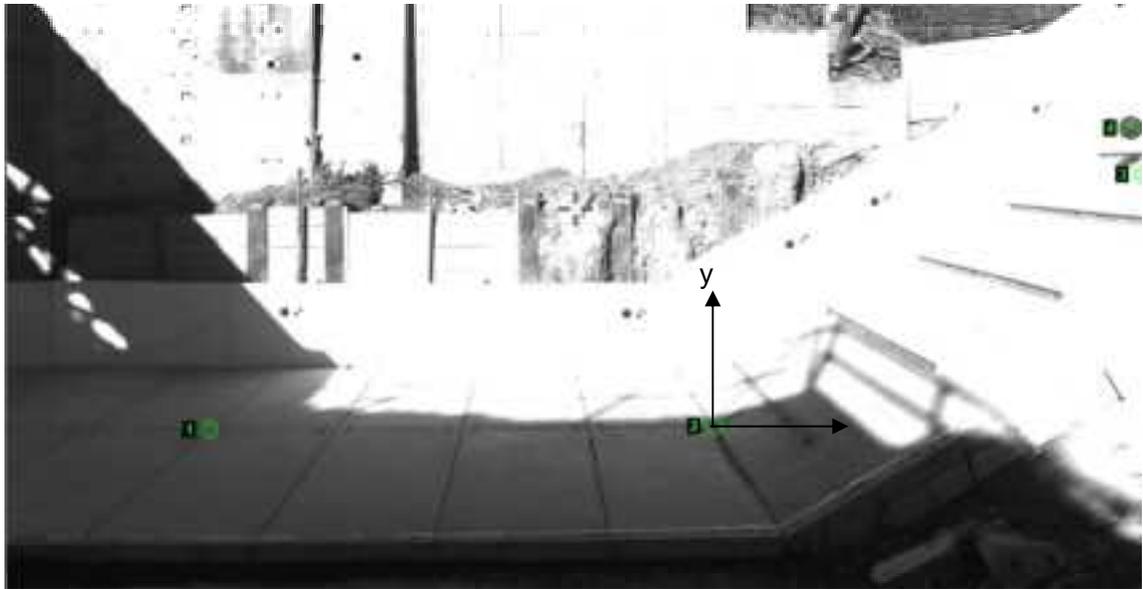


図 9.1.381 解析に用いた標点の位置

図 9.1.382 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30度流路部のアングル設置位置と平坦部にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

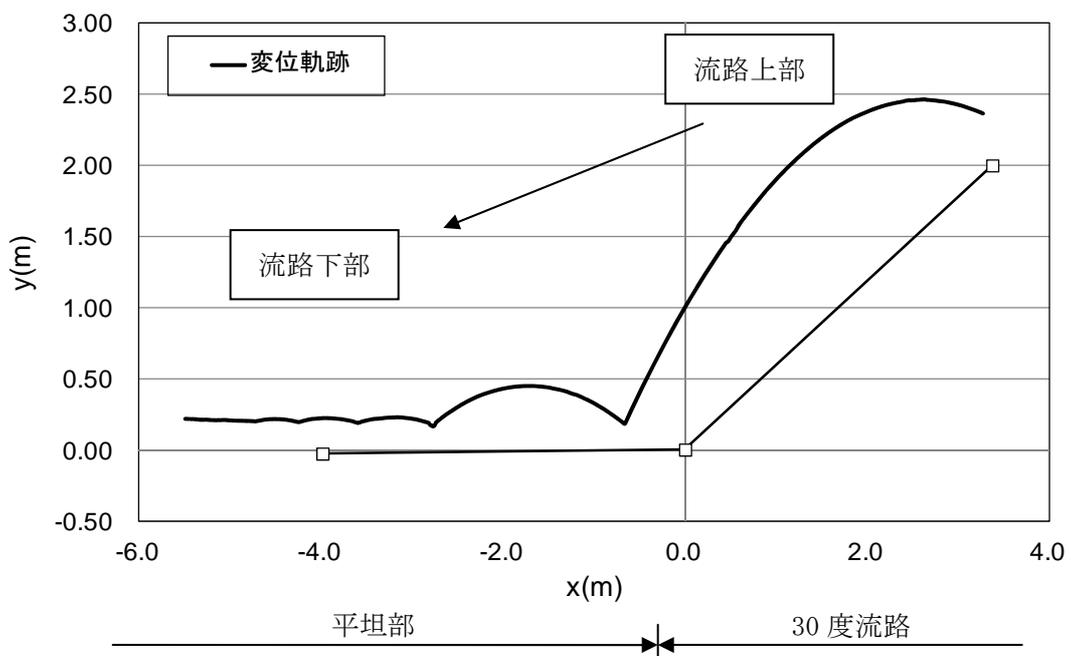


図 9.1.382 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.383 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置と平坦部において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、岩塊模型の跳ね返りにより、y 方向成分の落下速度の増減が繰り返されながら、その速度はゼロ付近に収束する挙動を示した。

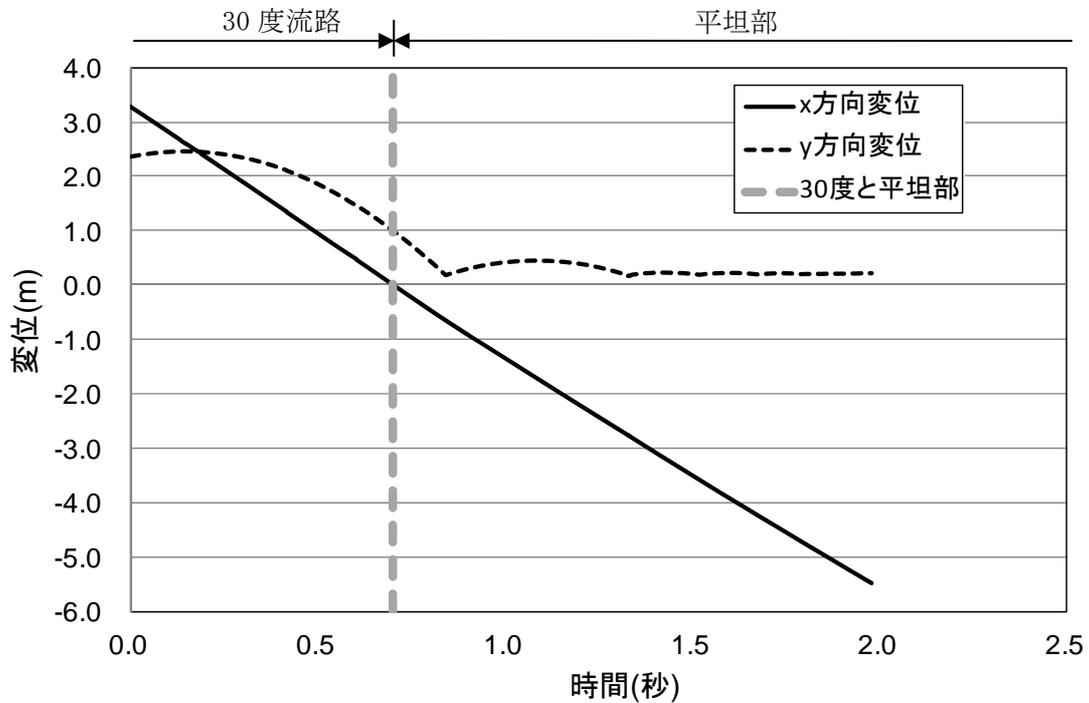


図 9.1.383(a) 岩塊模型の変位履歴

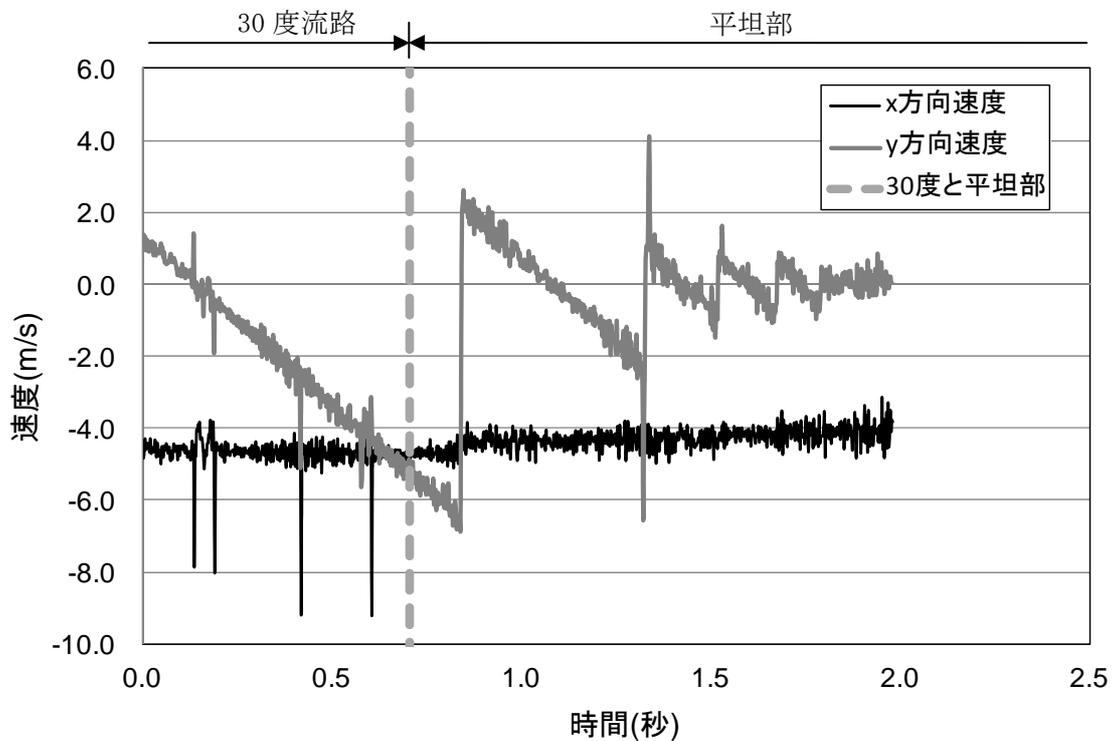


図 9.1.383(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.384 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、岩塊模型の跳ね返りにより、y 方向成分の落下速度の増減が繰り返されながら、その速度はゼロ付近に収束していることが分かる。

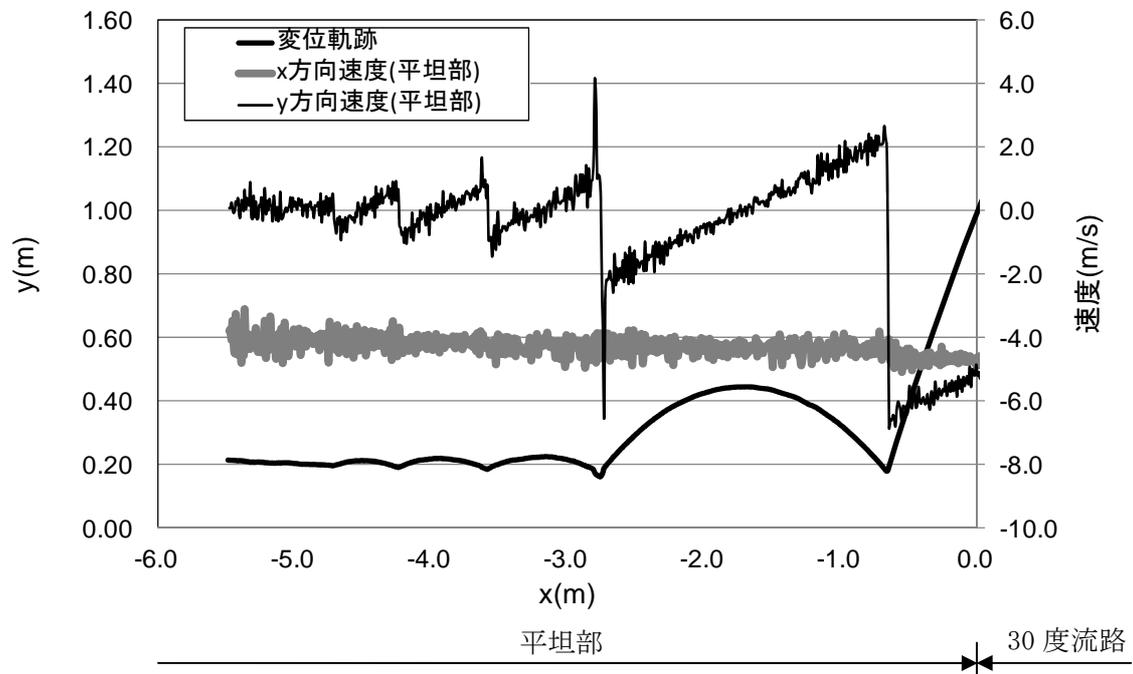


図 9.1.384 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.385 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きへの座標補正を行った。

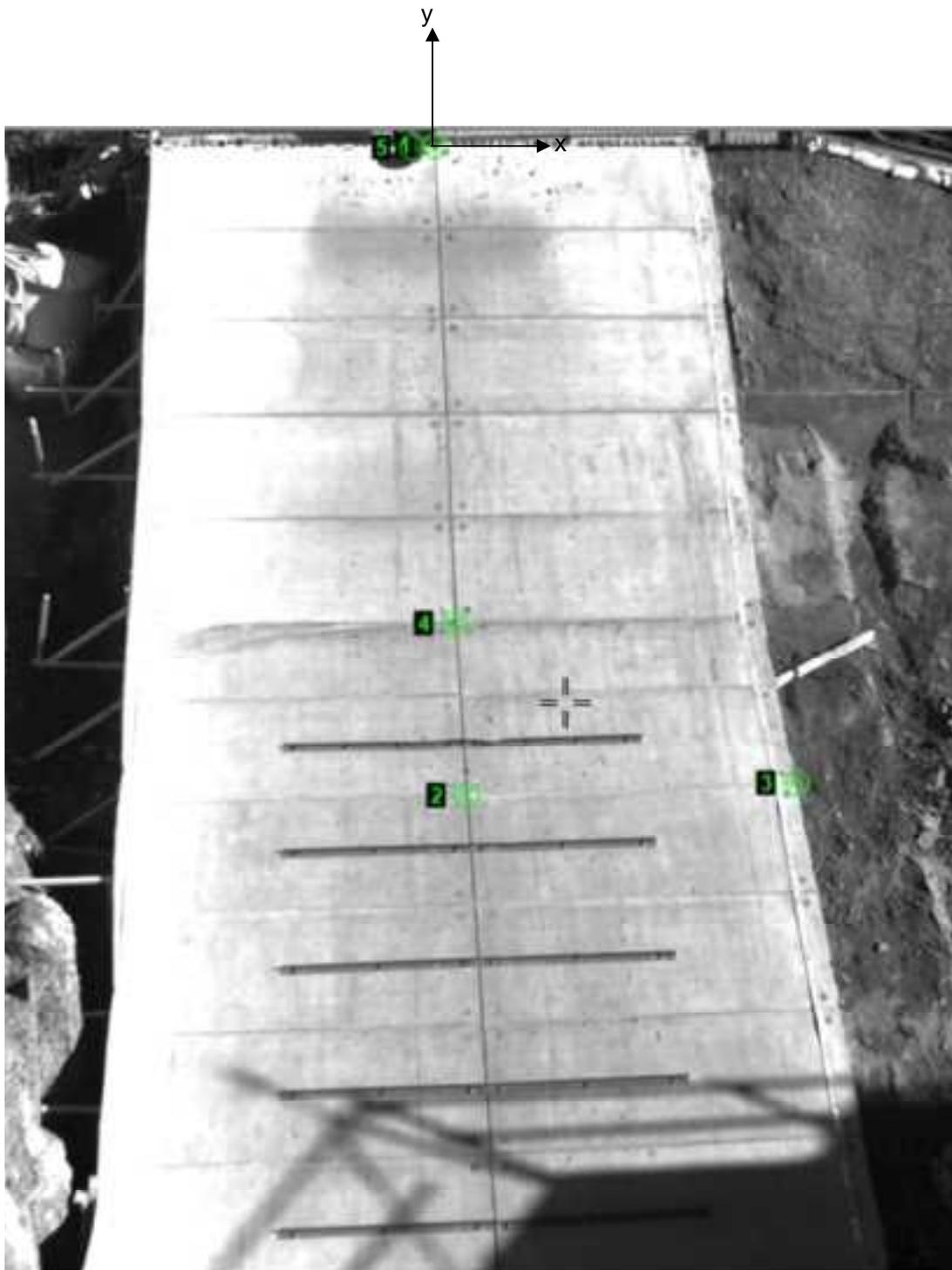


図 9.1.385 解析に用いた標点の位置

図 9.1.386 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的に落下する挙動を示すものの、アングル設置位置で左側に移動した。

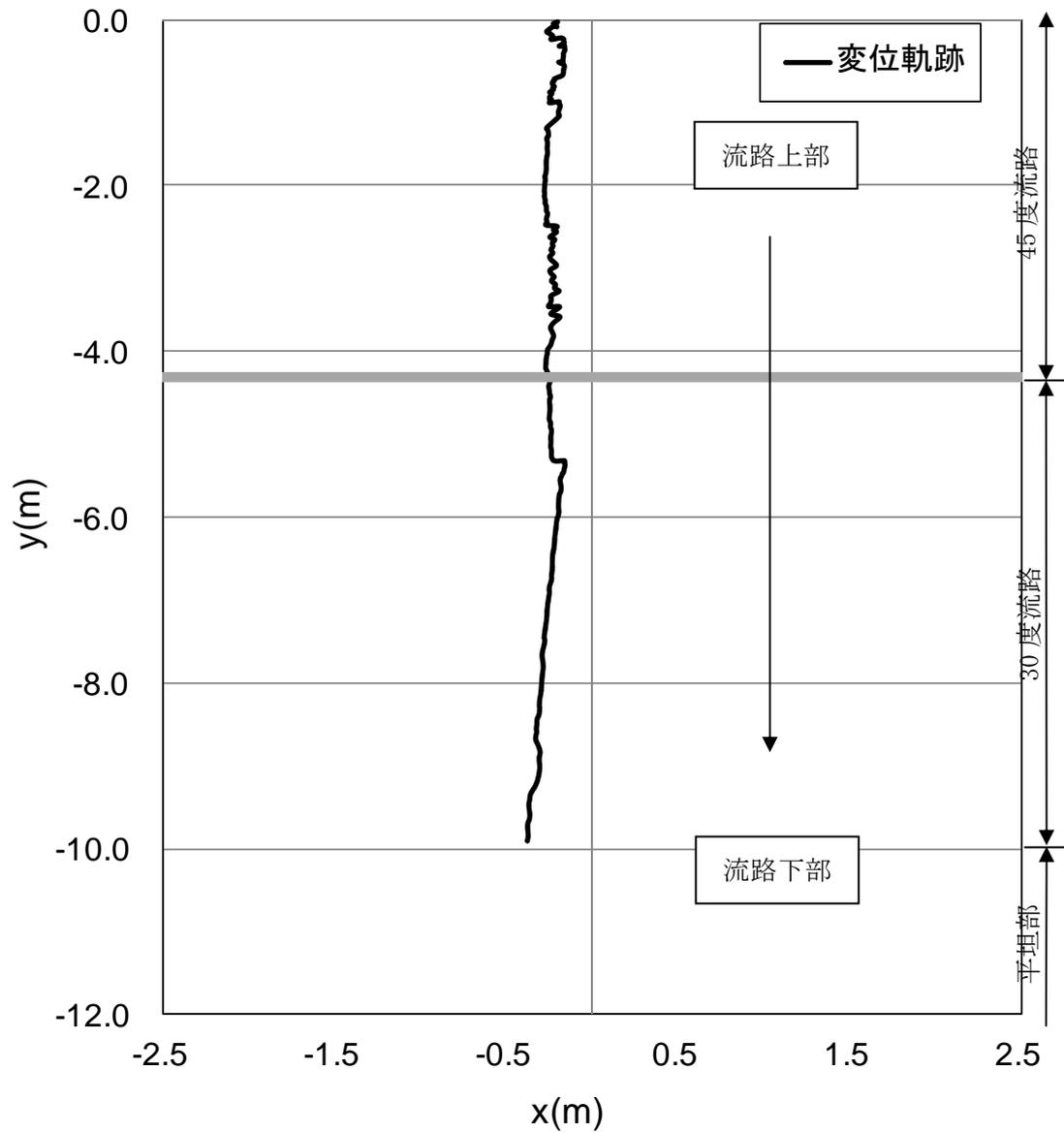


図 9.1.386 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.387 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で落下速度の y 方向成分が低下する挙動を示した。

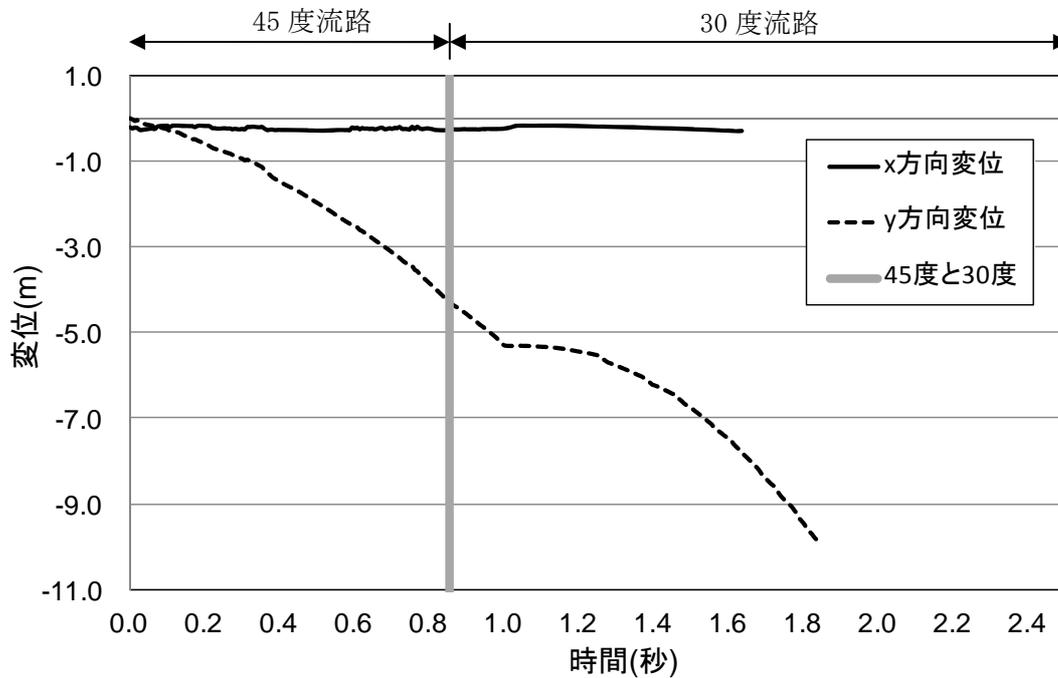


図 9.1.387(a) 岩塊模型の変位履歴

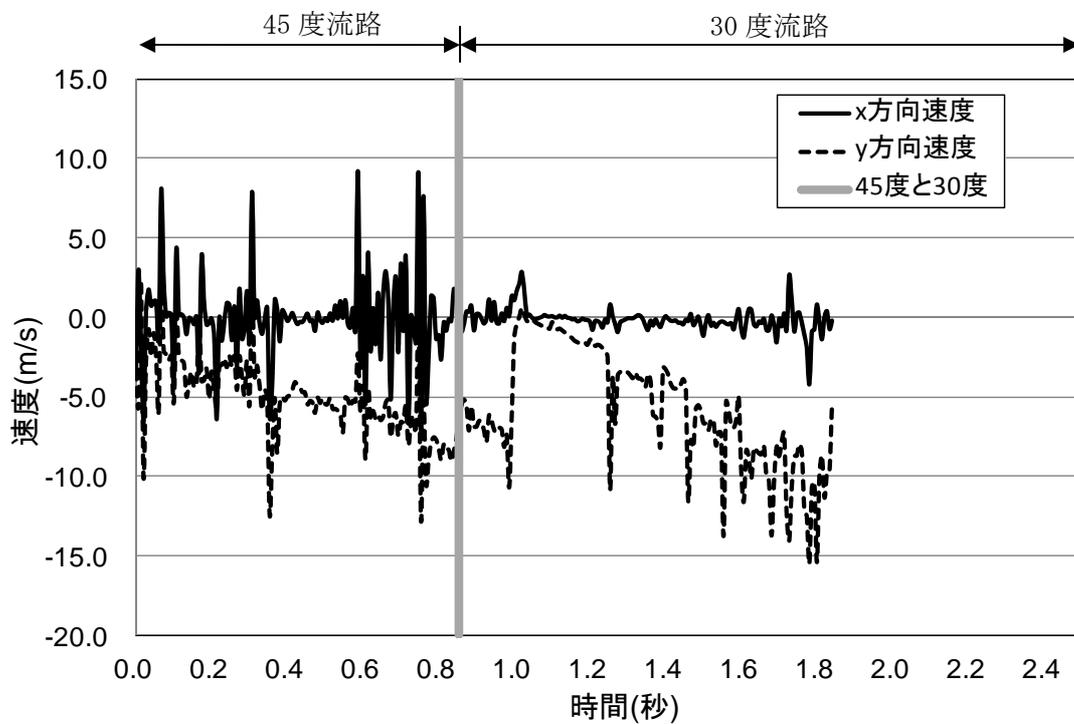


図 9.1.387(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.388 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。



図 9.1.388 解析に用いた標点の位置

図 9.1.389 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は直線的に落下する挙動であった。

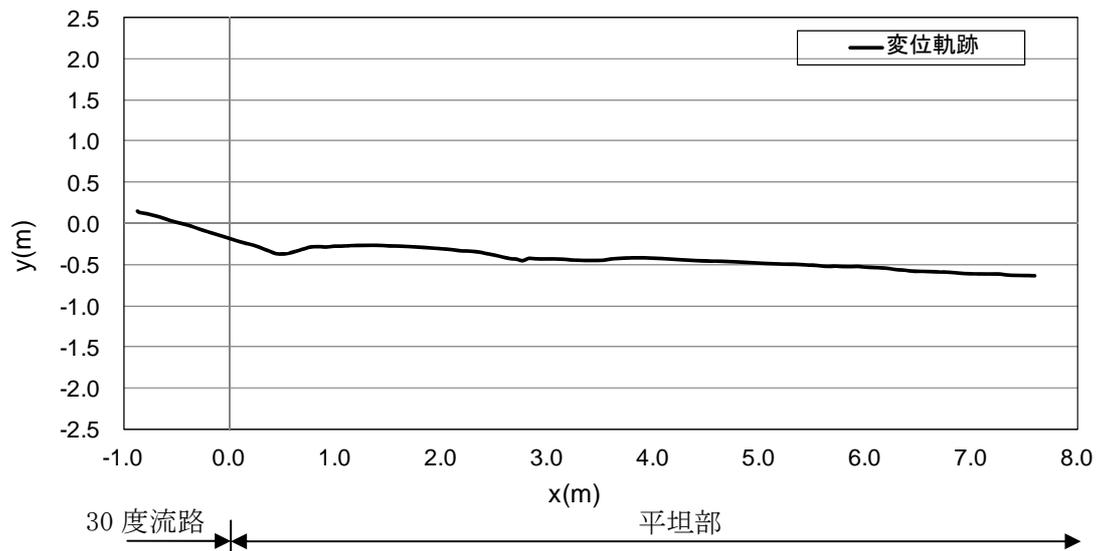


図 9.1.389 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.390 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界で x 方向成分、y 方向成分ともに、速度低下が見られた。

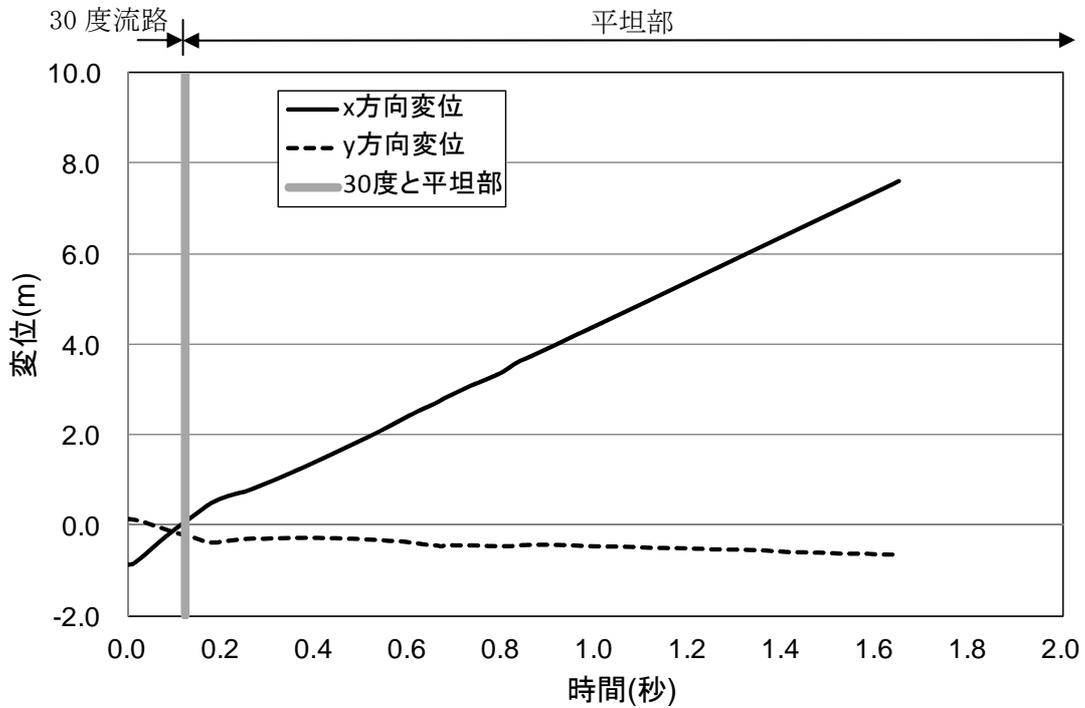


図 9.1.390(a) 岩塊模型の変位履歴

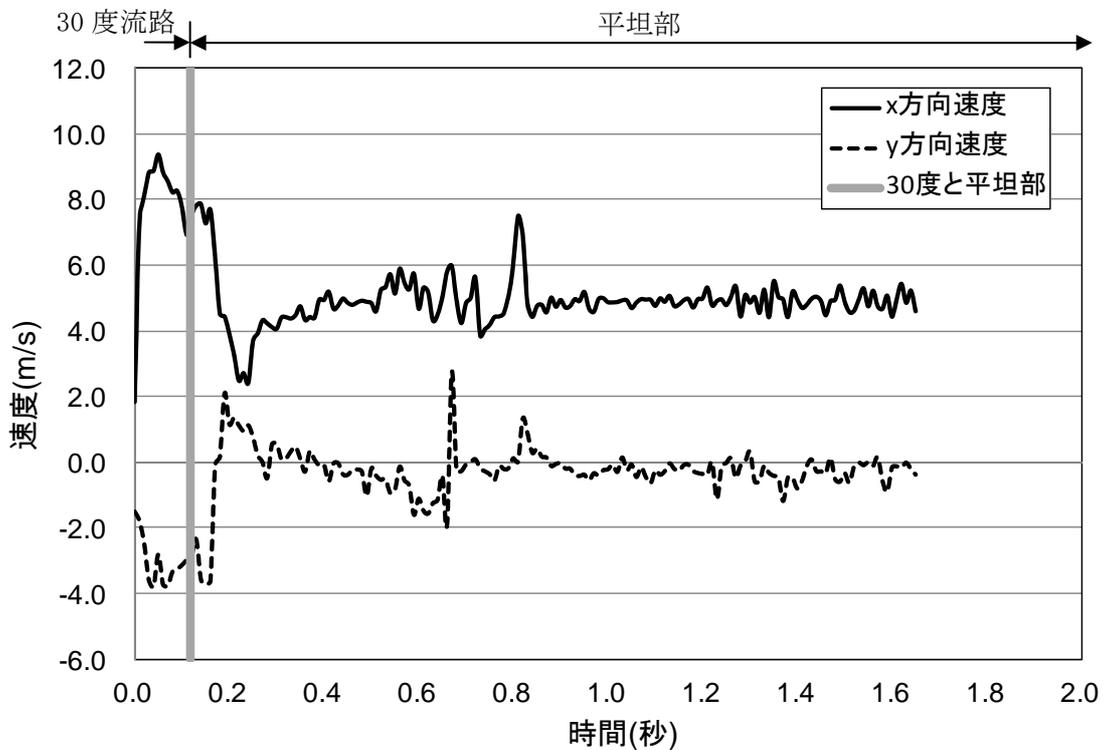


図 9.1.390(b) 岩塊模型の速度履歴

(7) No. 29 塊状 20cm 平面上

① 流路横

図 9.1.391 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.391 解析に用いた標点の位置

図 9.1.392 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路部と 30 度流路部にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて大きく跳ね返る挙動が見られた。

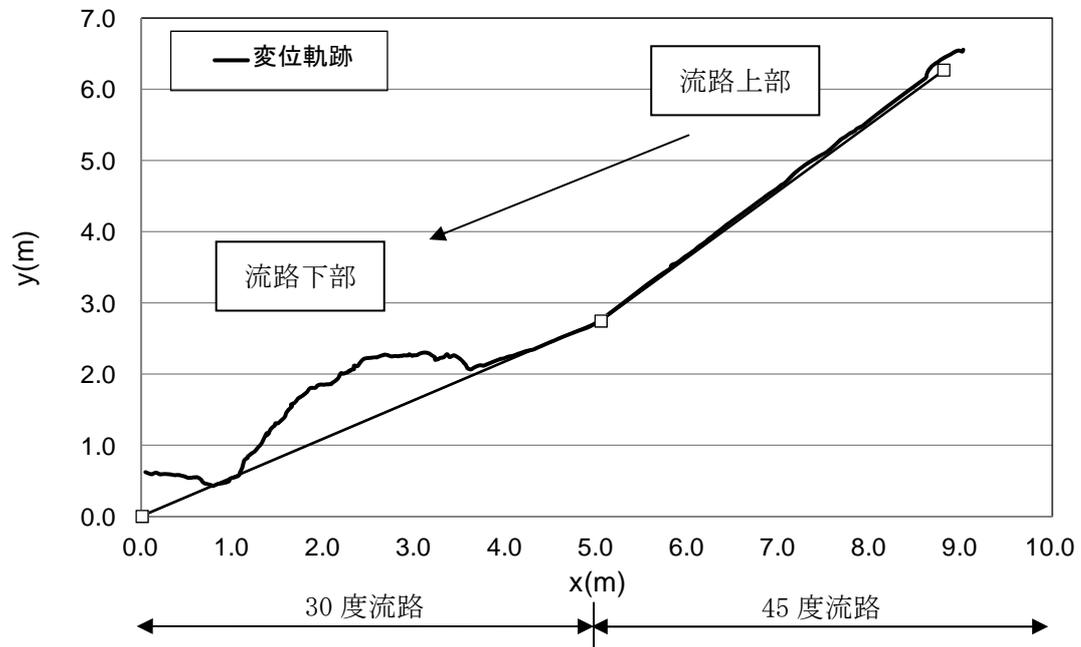


図 9.1.392 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.393 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル位置にて、大きく跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路部で速度の x、y 方向成分が同様な挙動が見られ、30 度流路部では x 方向成分の落下速度上がり、y 方向成分の落下速度が低下した後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

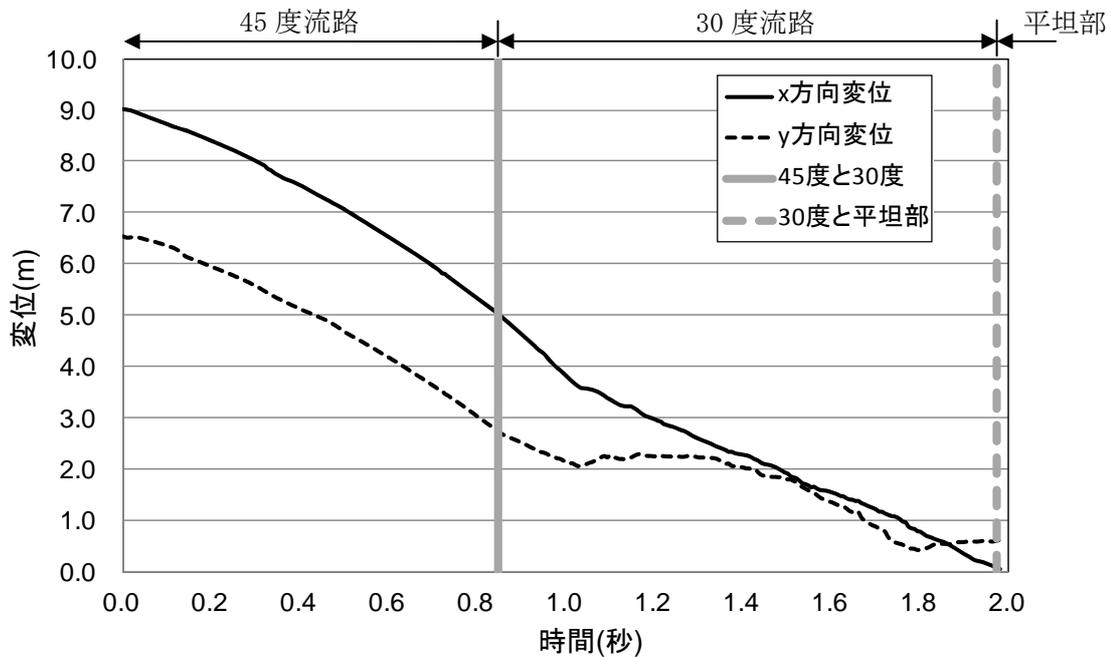


図 9.1.393(a) 岩塊模型の変位履歴

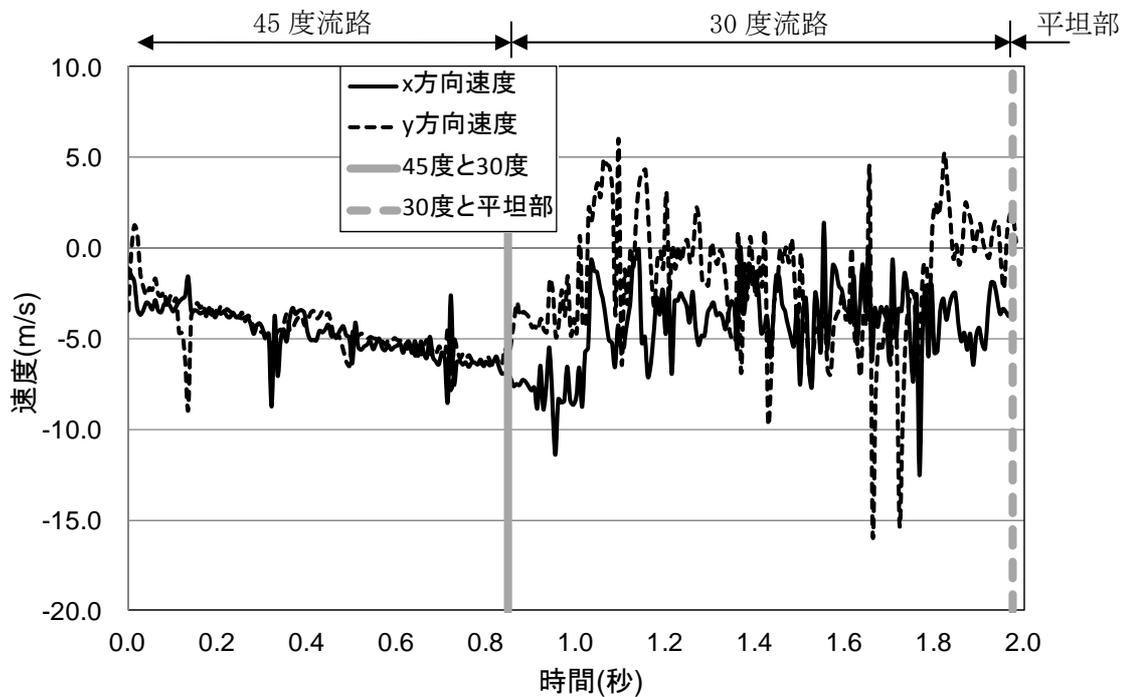


図 9.1.393(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 394 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路と 30 度流路部のアングル設置位置にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時は速度の x 方向成分は上がり、y 方向成分は下がる挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そのうち、速度の増減を繰り返しながら、流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

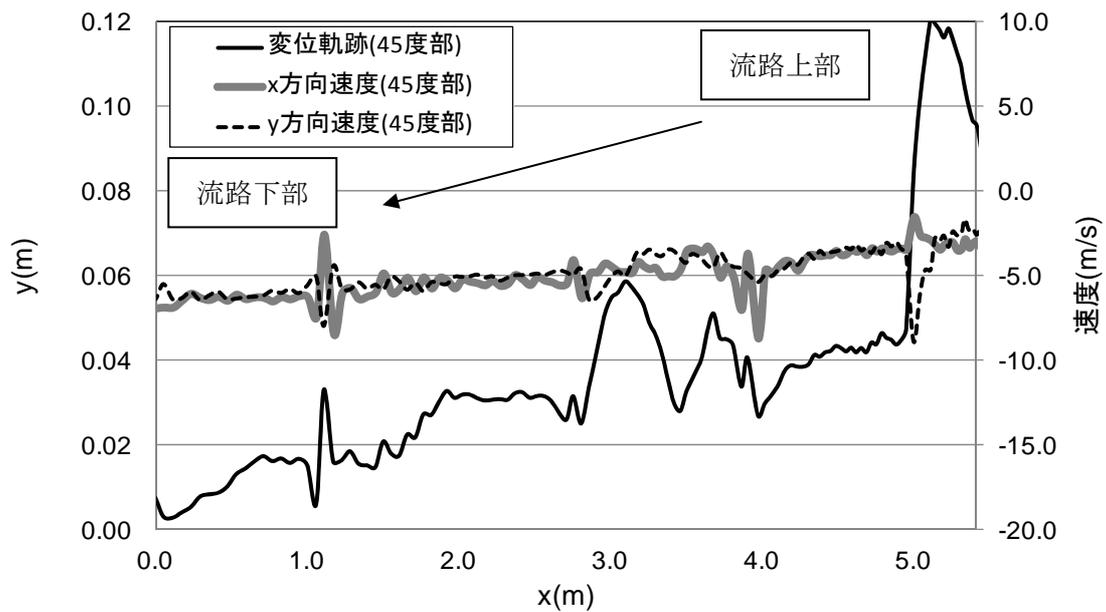


図 9. 1. 394 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

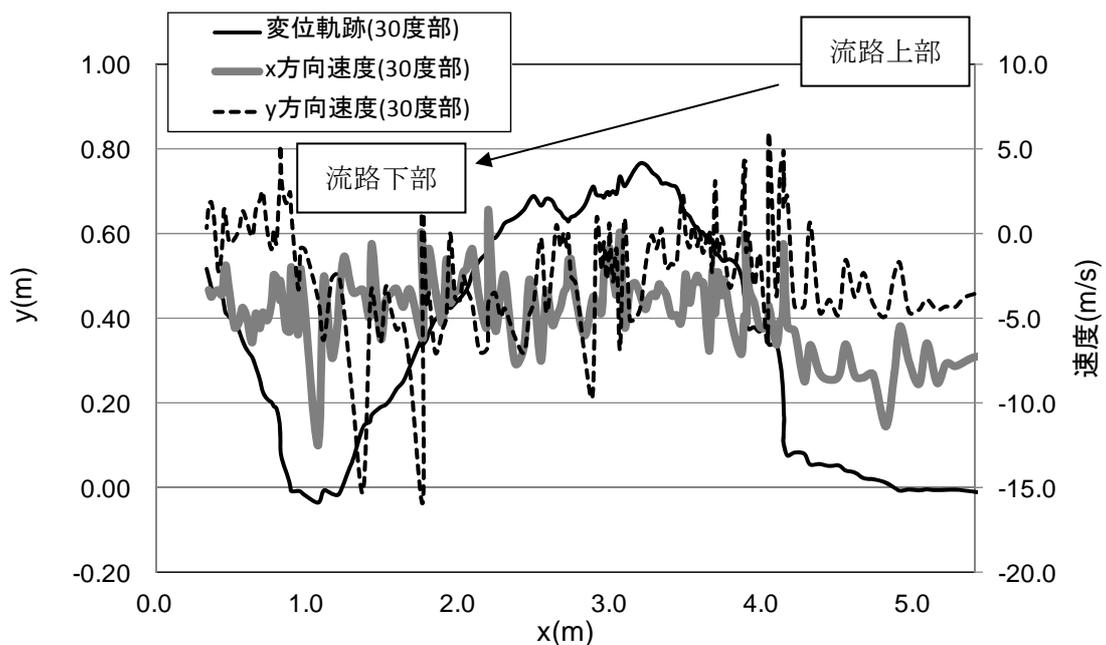


図 9. 1. 394 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.395 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

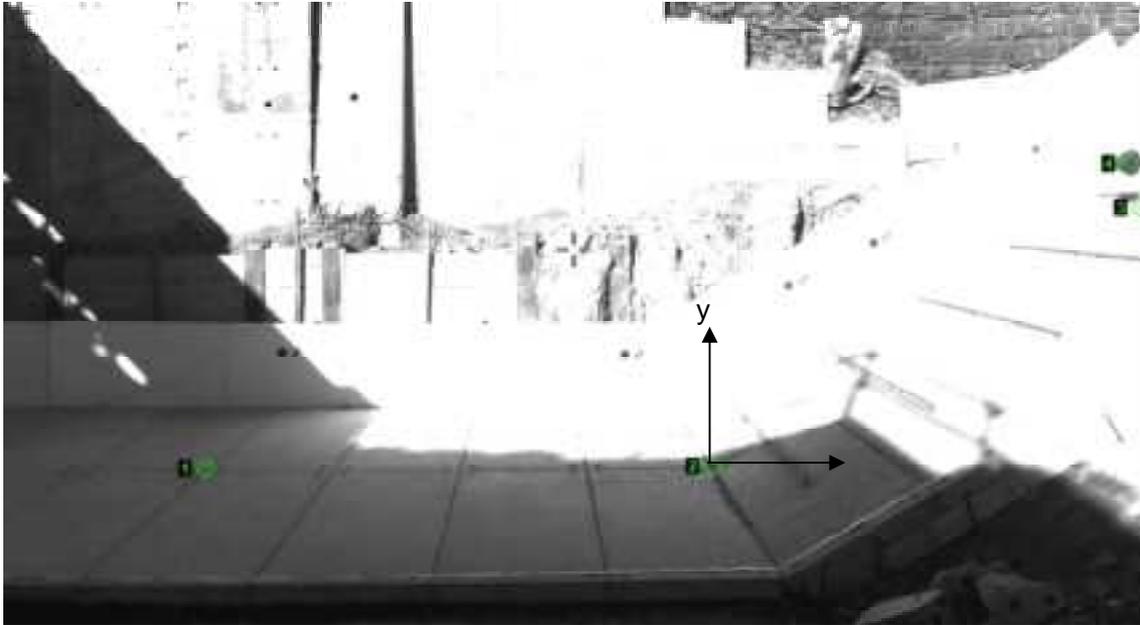


図 9.1.395 解析に用いた標点の位置

図 9.1.396 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部と平坦部で跳ね返りの挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた

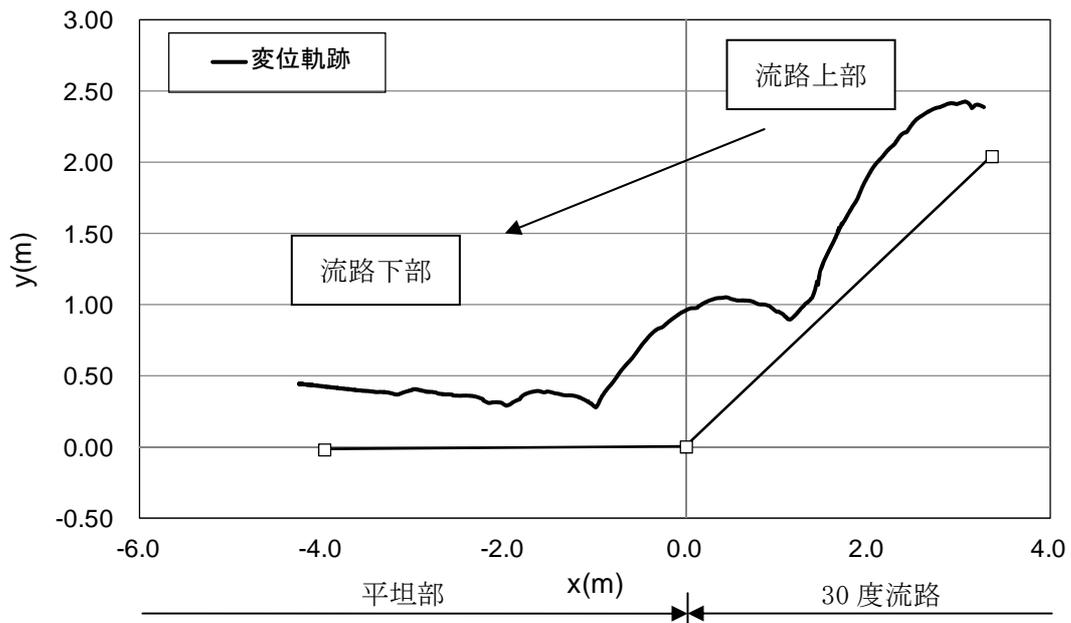


図 9.1.396 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.397 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは、30 度流路部と平坦部において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、跳ね返りにより、落下速度の y 方向成分が増減する挙動を示し、平坦部では x 方向成分、y 方向成分ともゼロ付近に収束する挙動を示した。

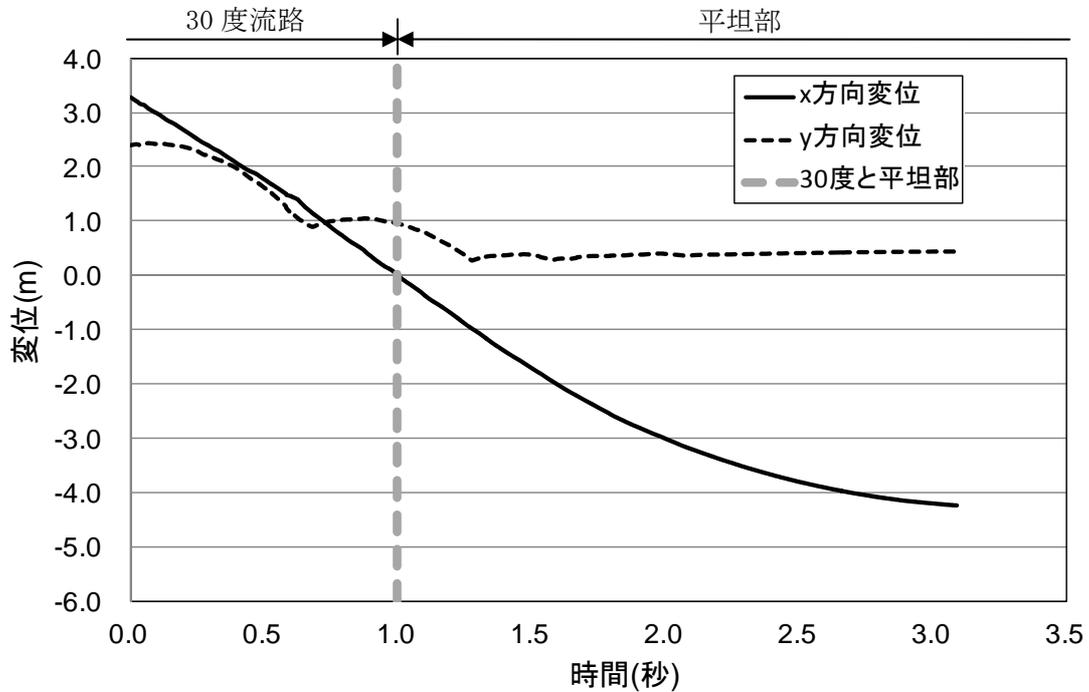


図 9.1.397(a) 岩塊模型の変位履歴

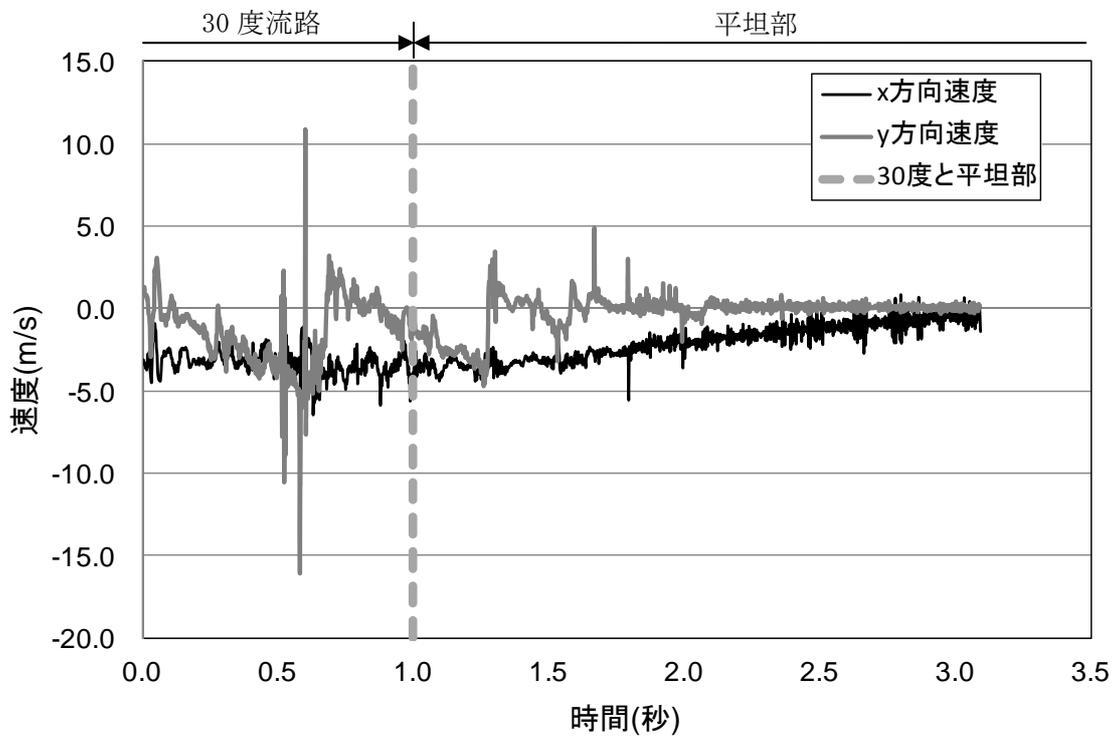


図 9.1.397(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.398 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、x 方向成分、y 方向成分ともにゼロに収束していることが分かる。

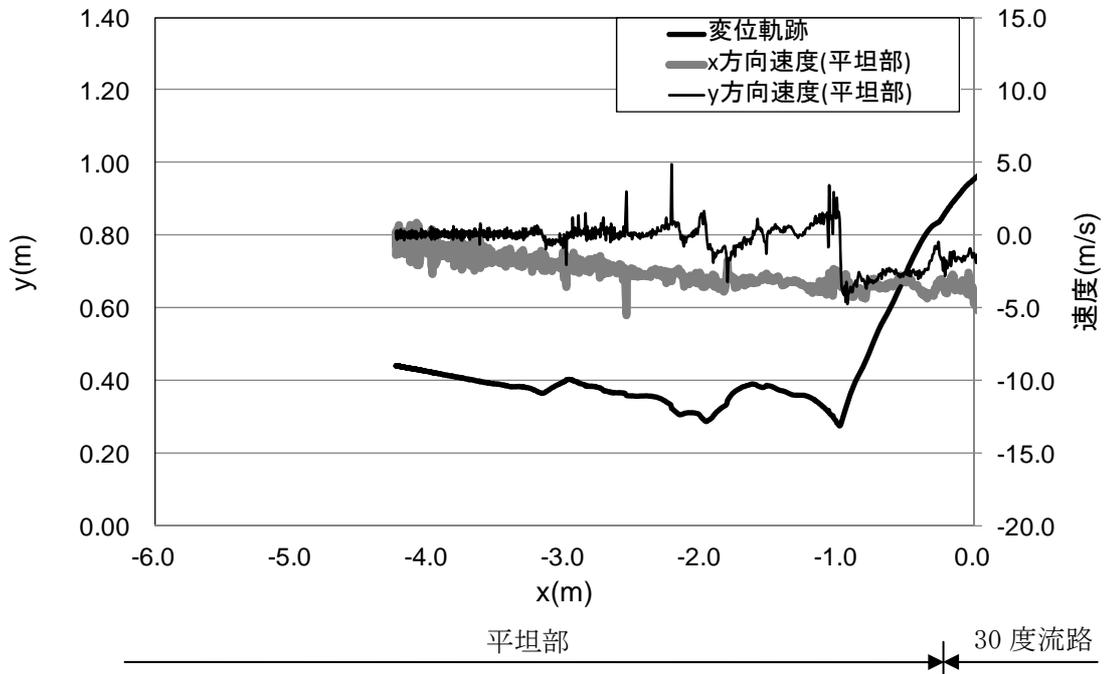


図 9.1.398 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.399 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

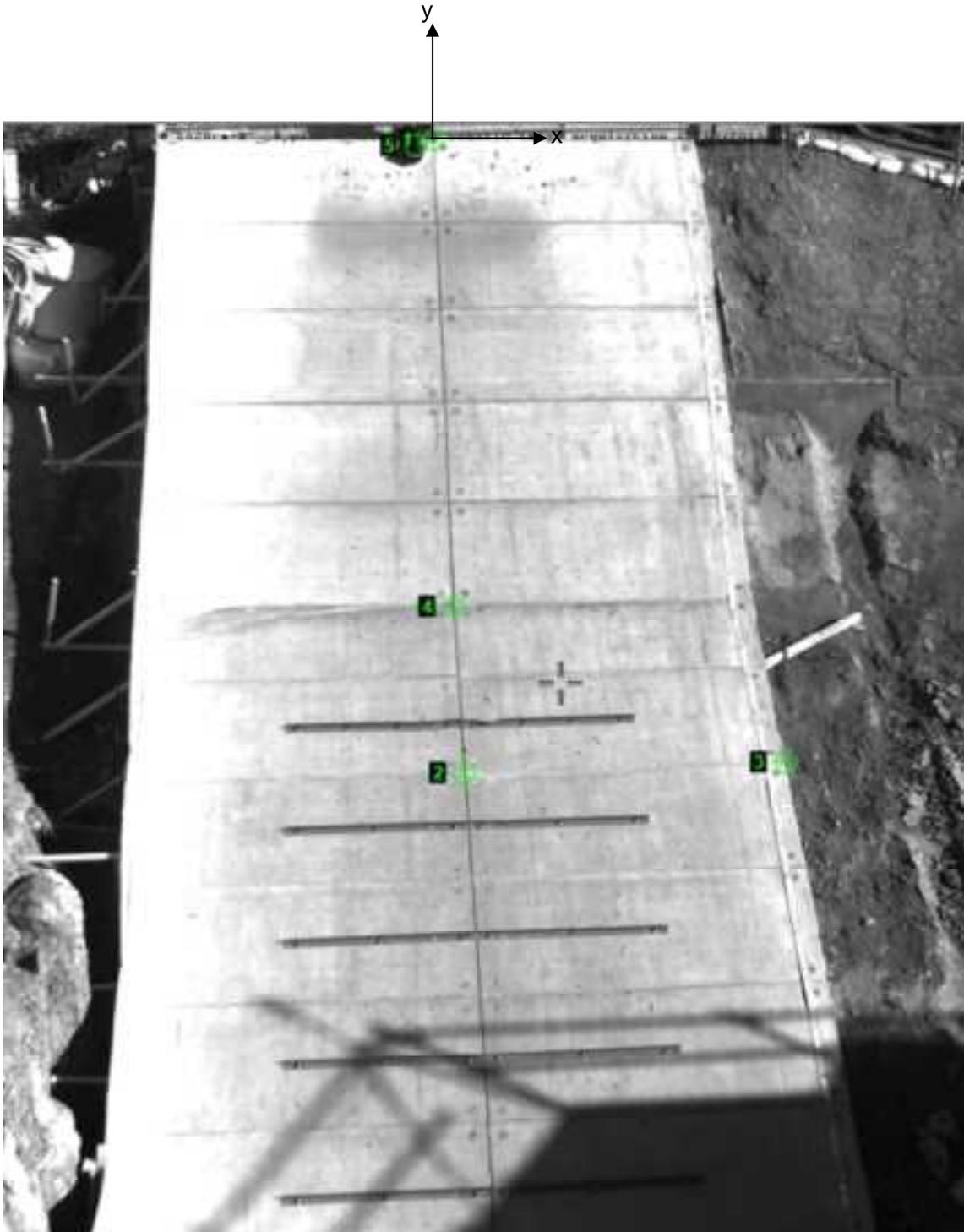


図 9.1.399 解析に用いた標点の位置

図 9.1.400 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的に落下する挙動を示すものの、アングル設置位置にて段階的に左側に移動した。

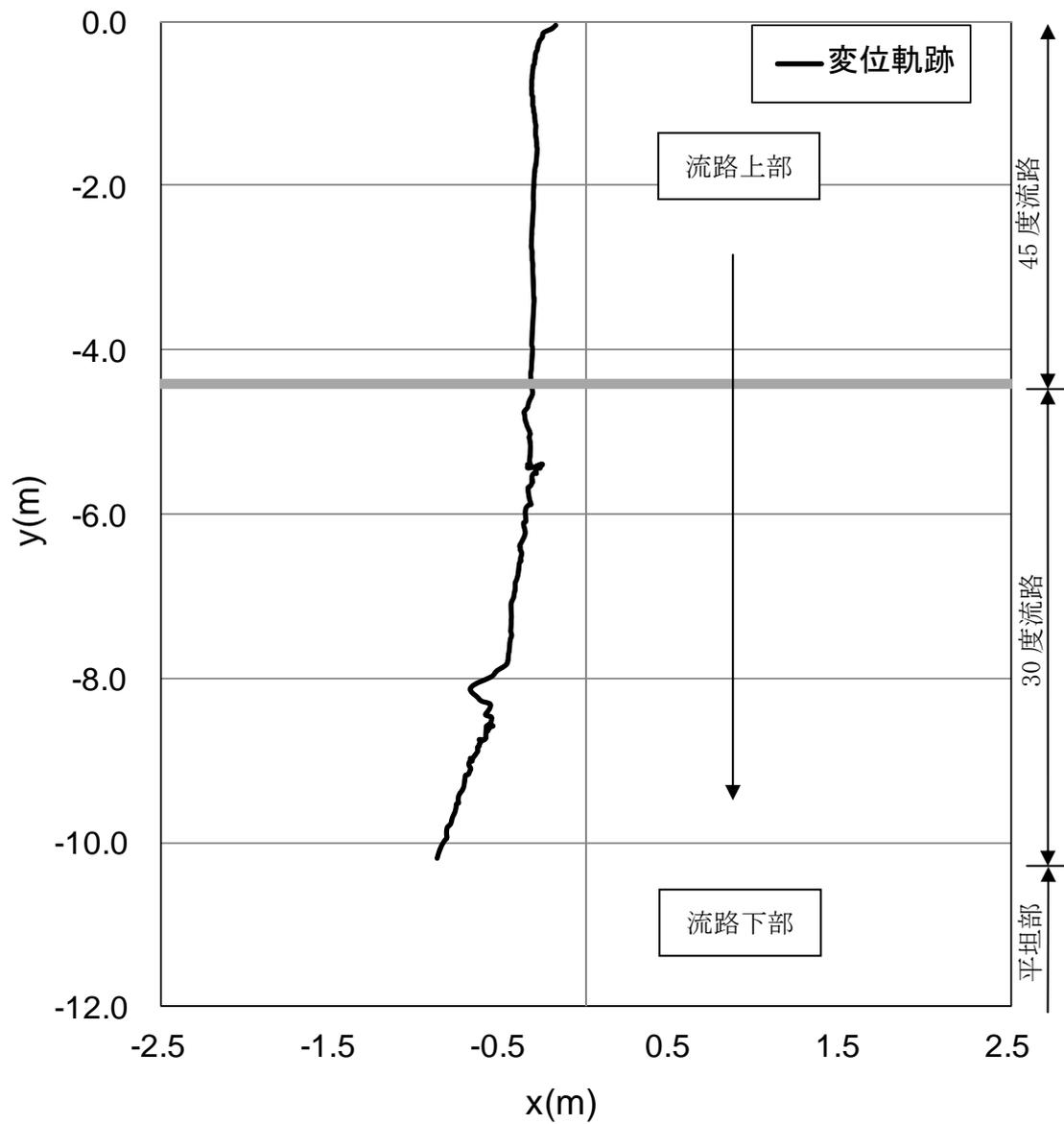


図 9.1.400 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.401 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で落下速度の y 方向成分が低下する挙動を示した。

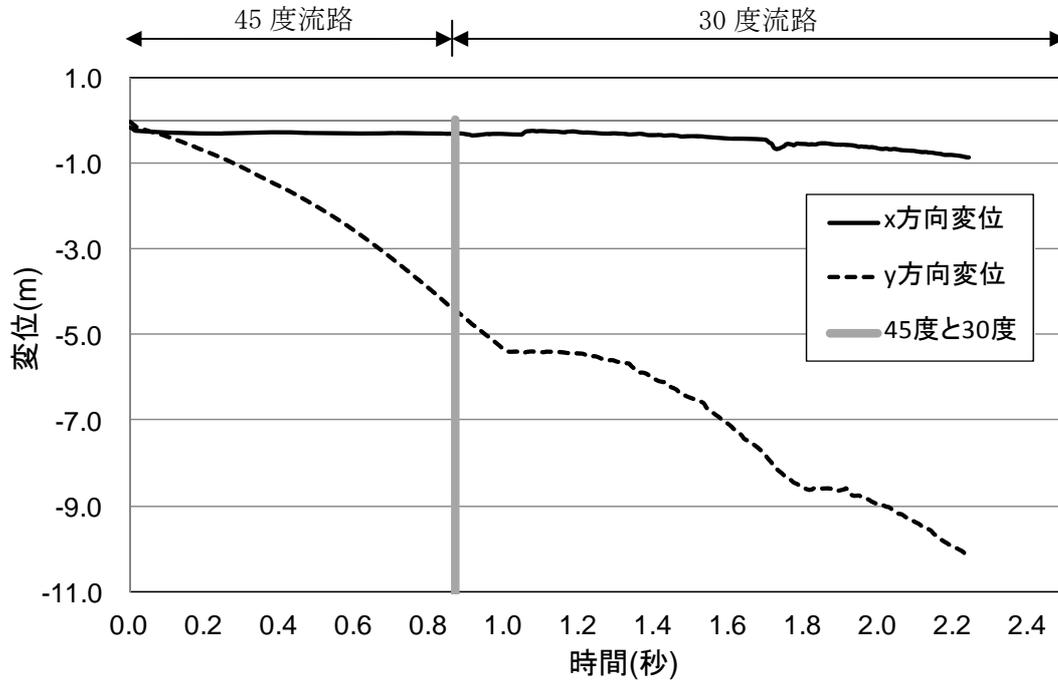


図 9.1.401(a) 岩塊模型の変位履歴

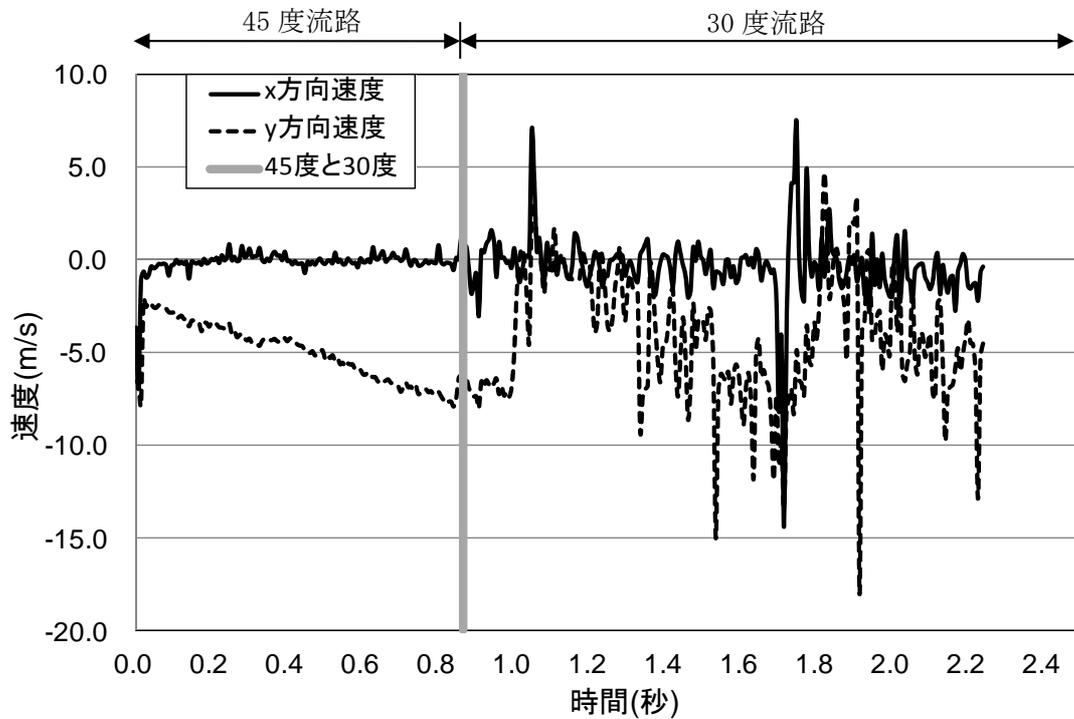


図 9.1.401(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.402 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。



図 9.1.402 解析に用いた標点の位置

図 9.1.403 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は直線的な挙動であった。

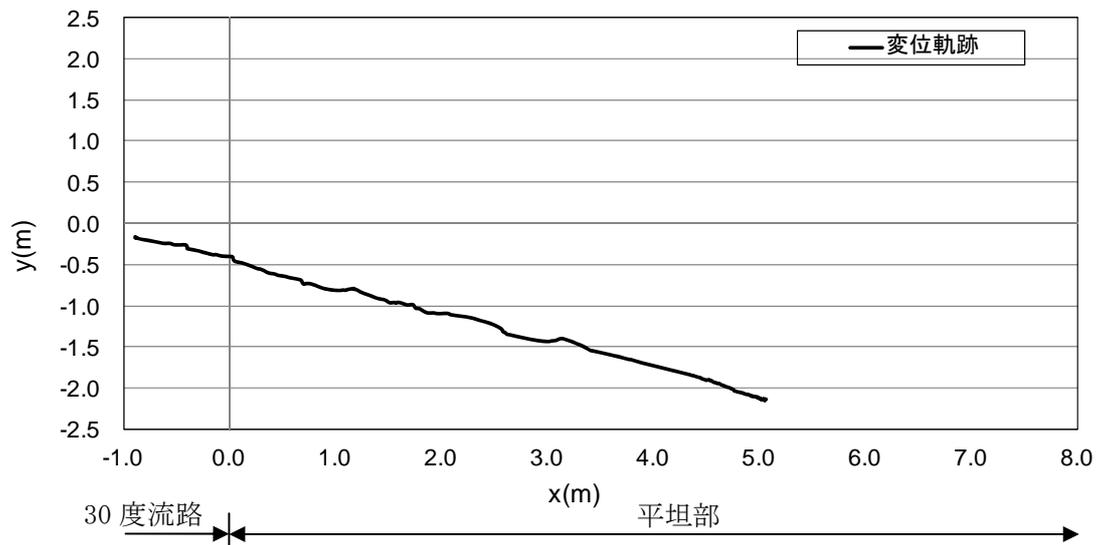


図 9.1.403 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.404 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは 30 度流路下部で速度低下が生じ、その後、速度ゼロに収束する挙動が見られた。

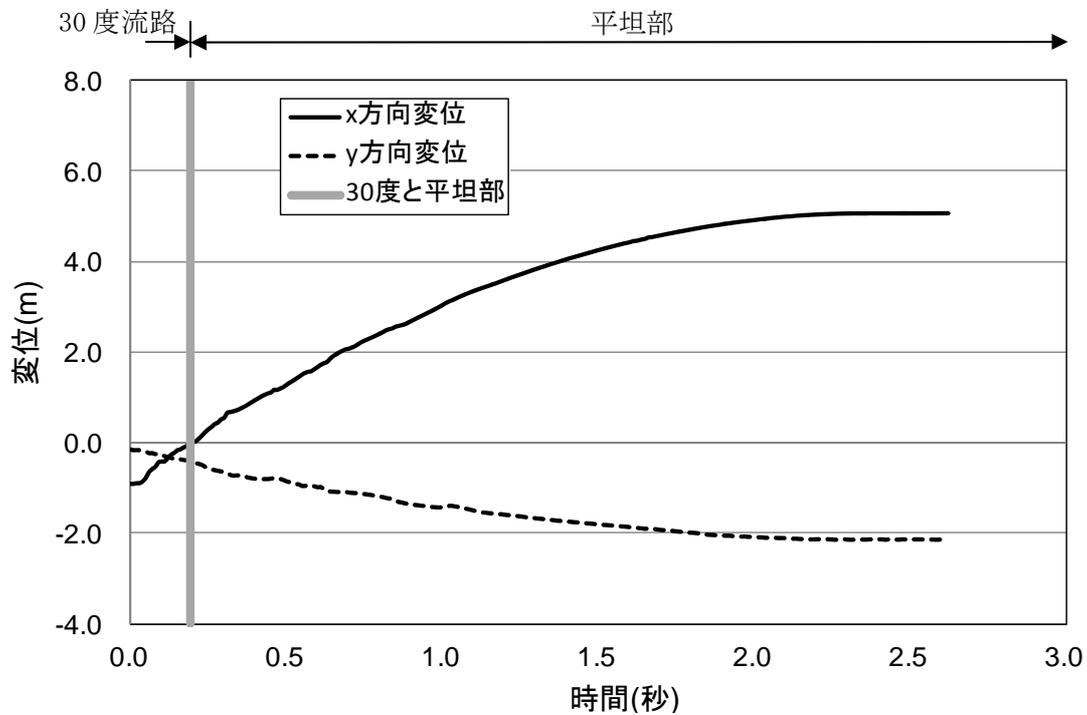


図 9.1.404(a) 岩塊模型の変位履歴

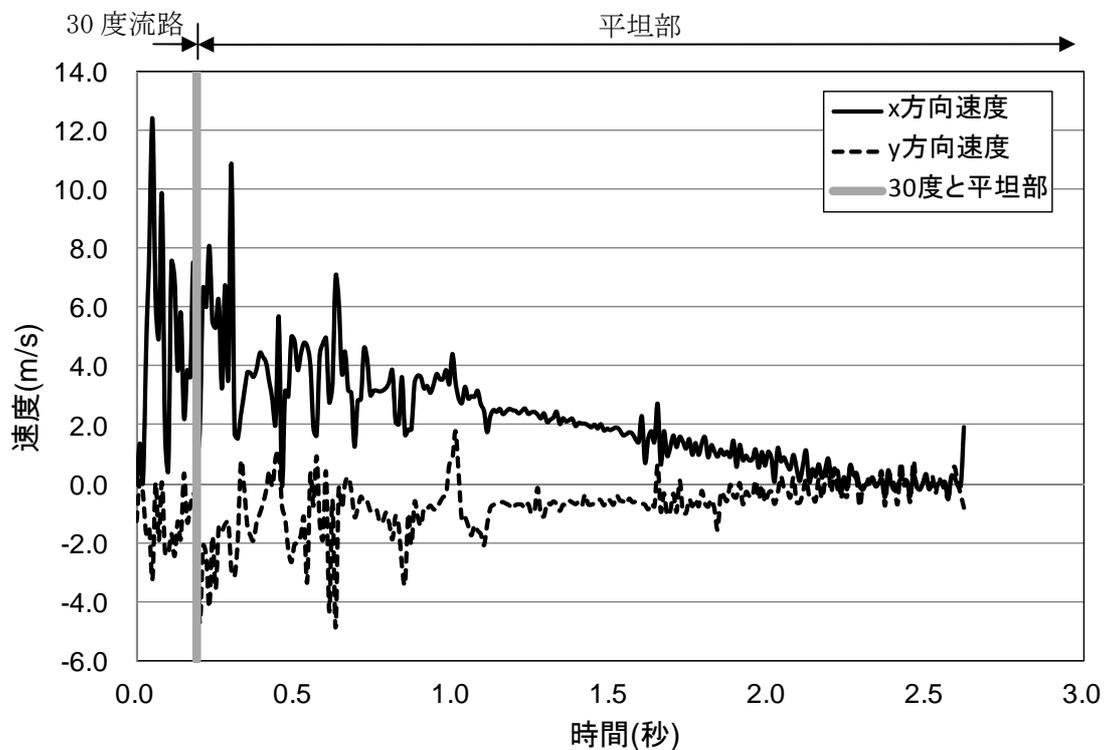


図 9.1.404(b) 岩塊模型の速度履歴

(8) No. 30 板状 20cm 平面上

① 流路横

図 9.1.405 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.405 解析に用いた標点の位置

図 9.1.406 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路上部と 30 度流路にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

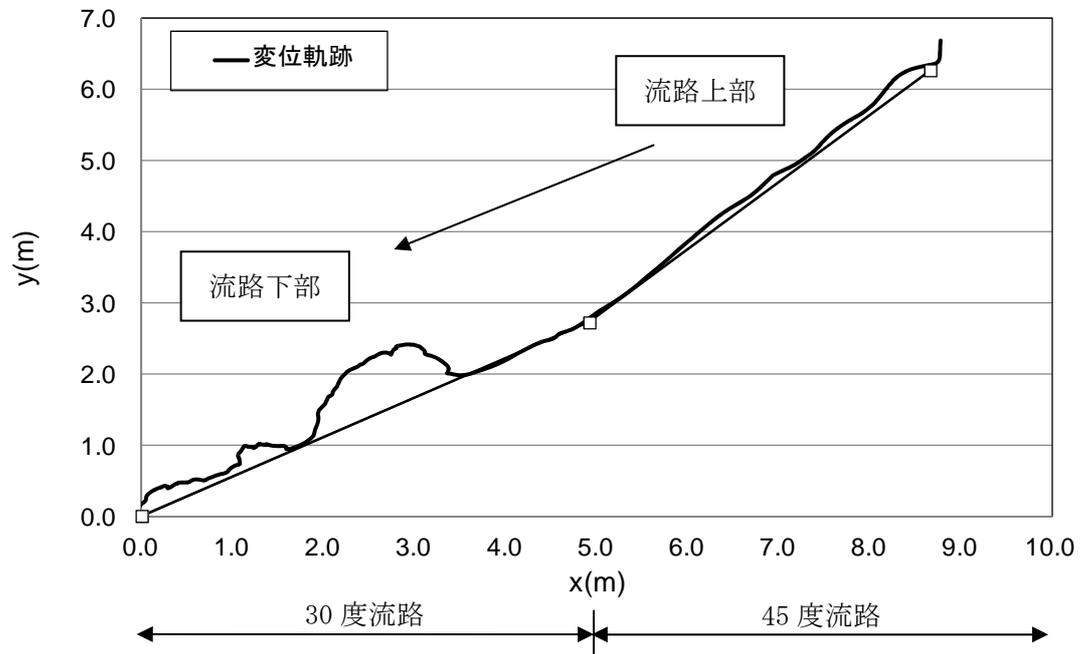


図 9.1.406 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.407 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路部上部とアングル位置、および 30 度流路下部にて、跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路部で速度の x、y 方向成分が同様な挙動が見られ、45 度流路と 30 度流路の境界においては、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度に変化が見られ、その後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、同岩塊の跳ね返りに伴い速度の増減を繰り返す挙動が見られた。

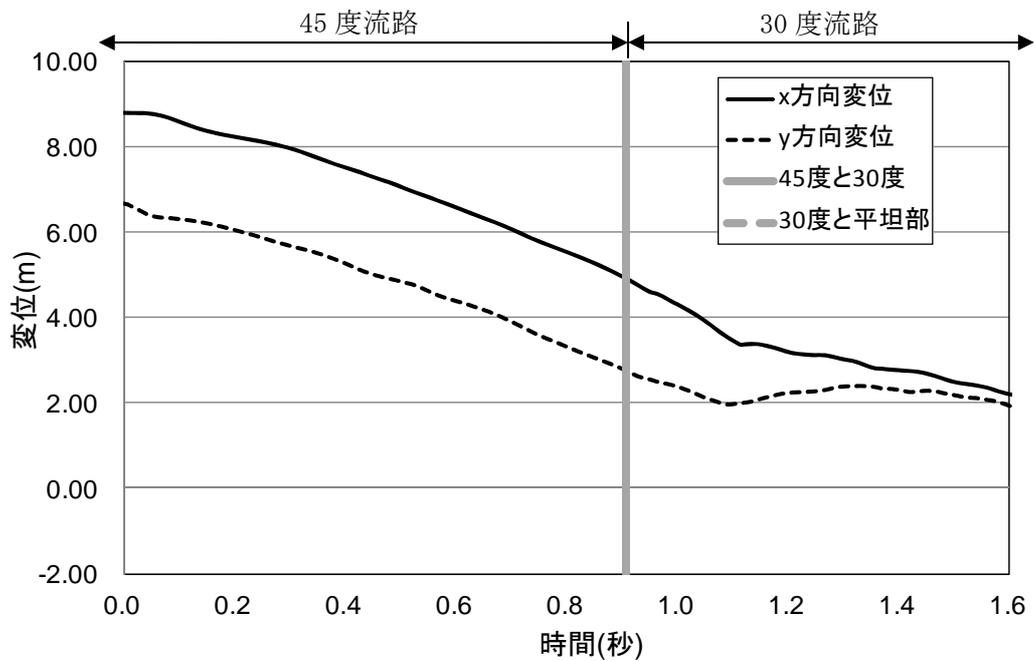


図 9.1.407(a) 岩塊模型の変位履歴

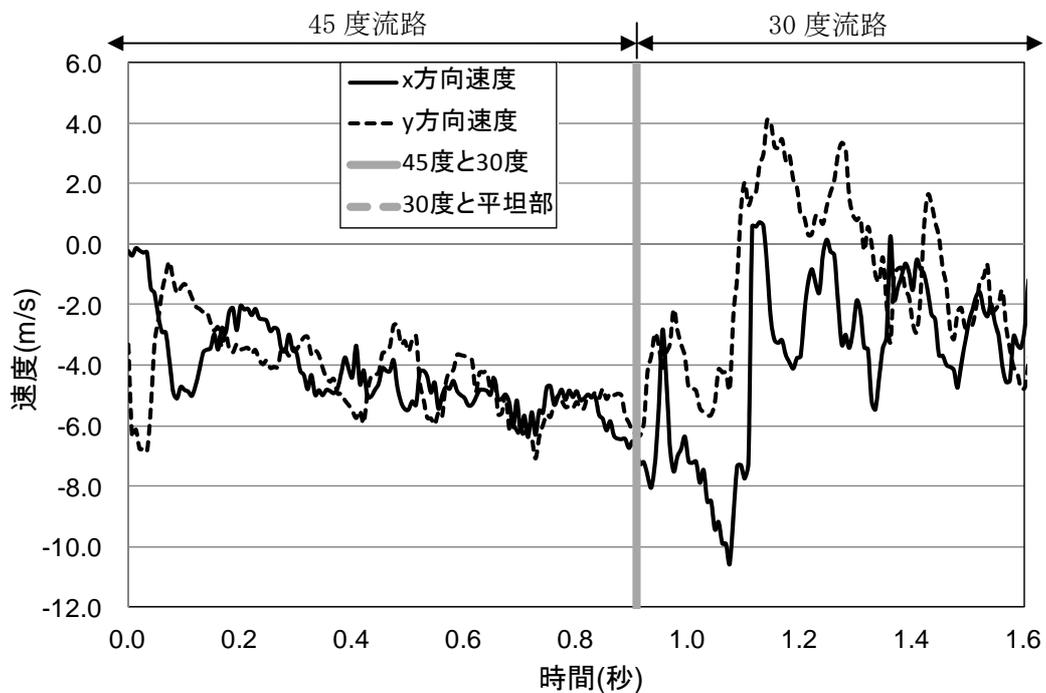


図 9.1.407(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 408 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路と 30 度流路部のアングル設置位置以降にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路上面で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時に、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度が低下する挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、流路下部に向かって、同じような挙動を 3 回程度繰り返す挙動が見られた。

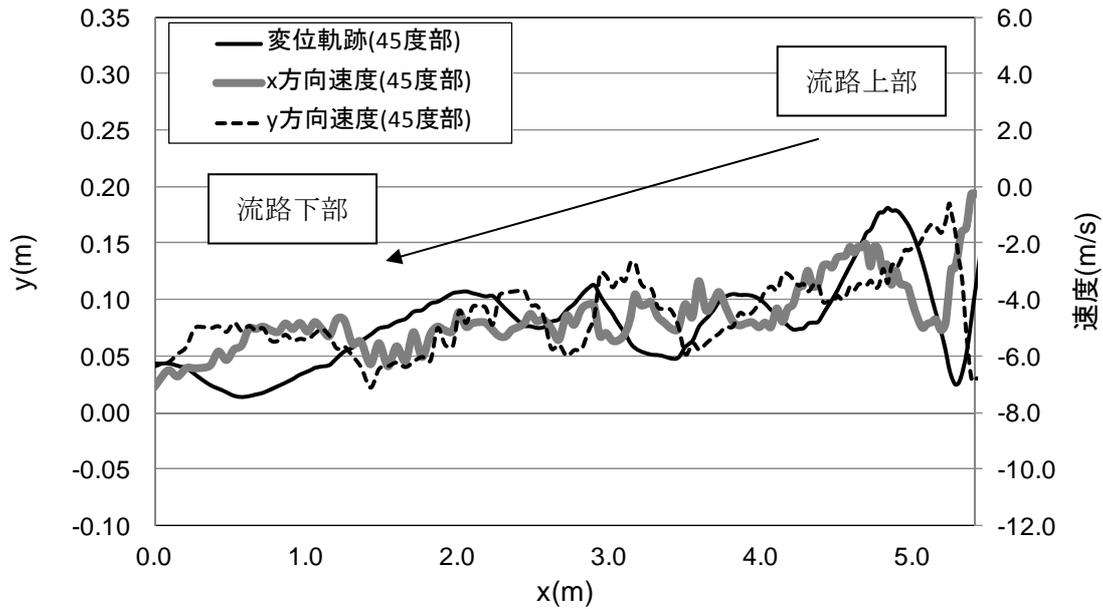


図 9. 1. 408 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

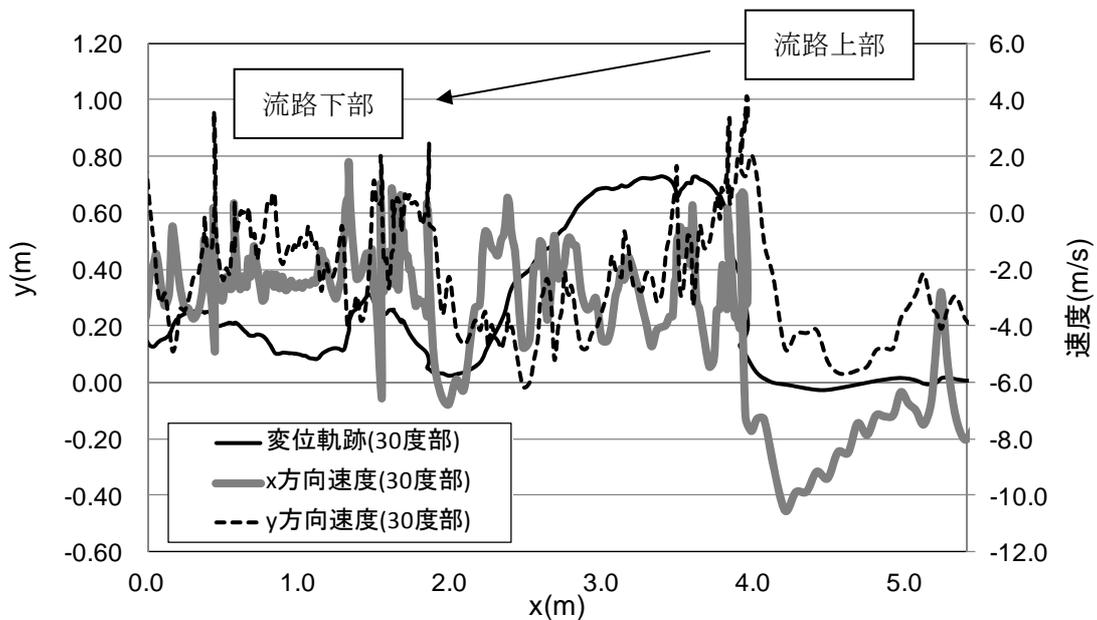


図 9. 1. 408 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.409 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

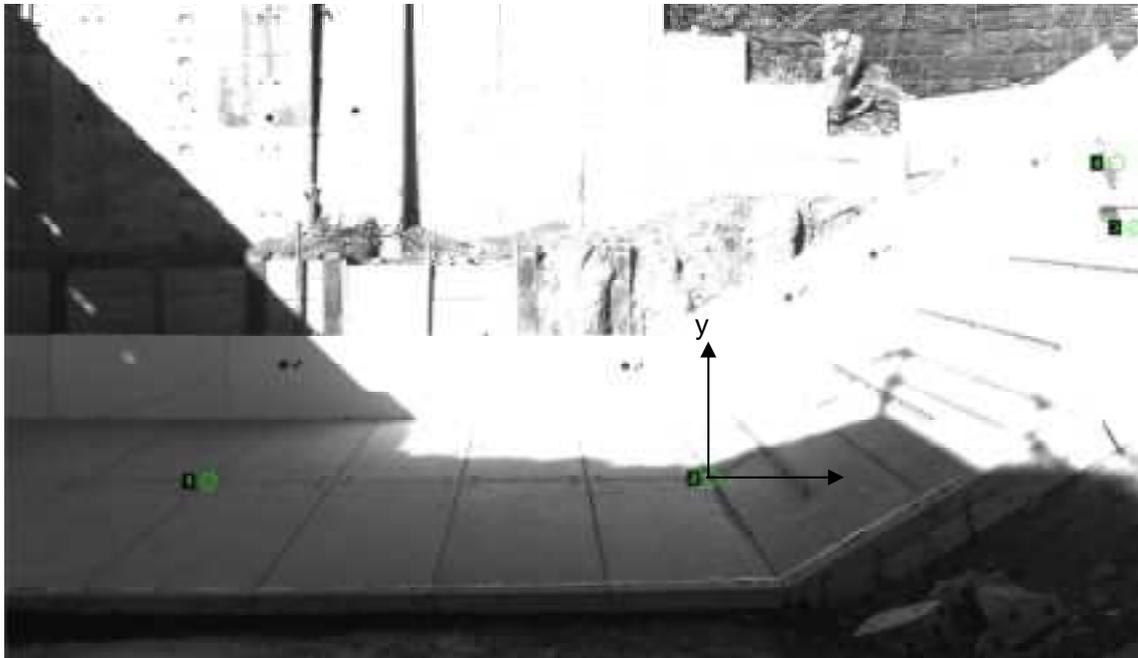


図 9.1.409 解析に用いた標点の位置

図 9.1.410 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部のアンクル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

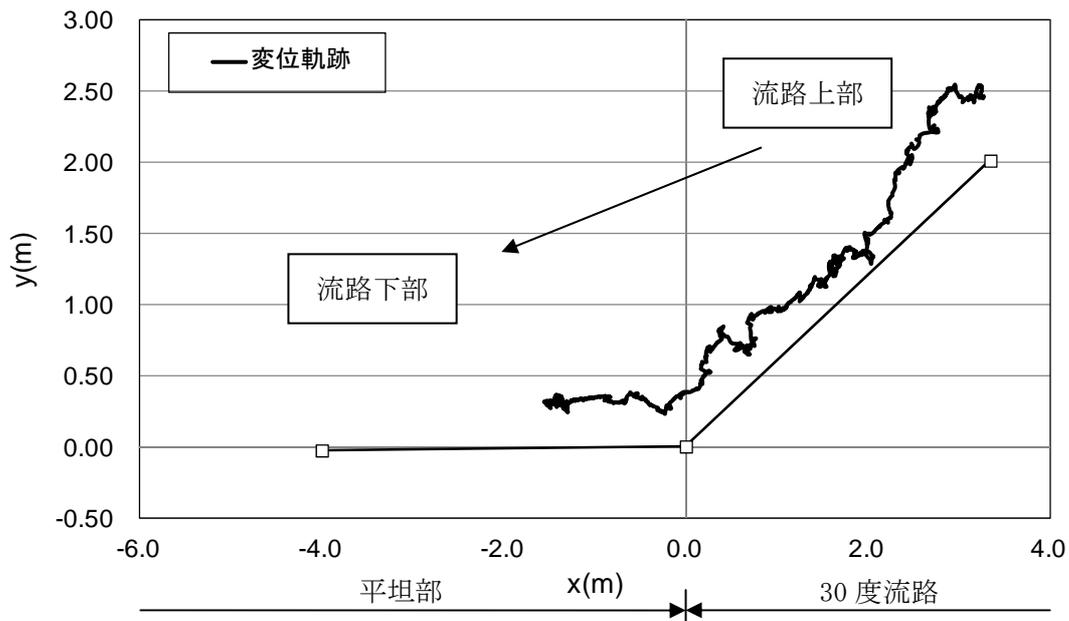


図 9.1.410 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.411 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置から 30 度流路下部にて x 方向成分と y 方向成分の落下速度の増減を繰り返した後、平坦部において、落下速度の x 方向成分、y 方向成分ともはゼロ付近に収束する挙動を示した。

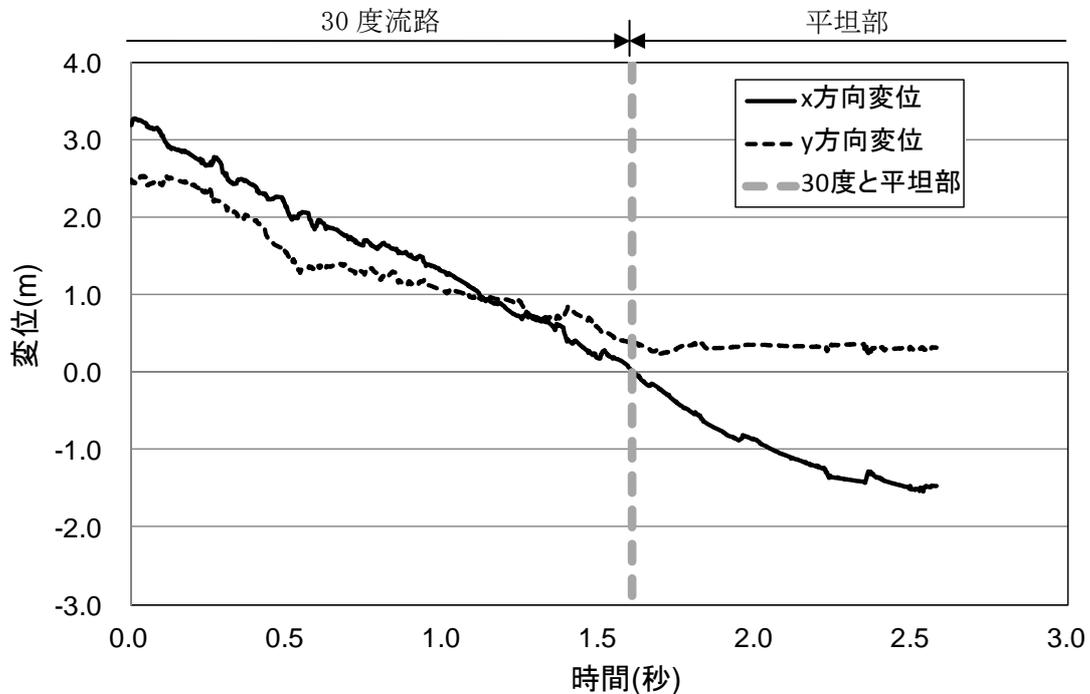


図 9.1.411(a) 岩塊模型の変位履歴

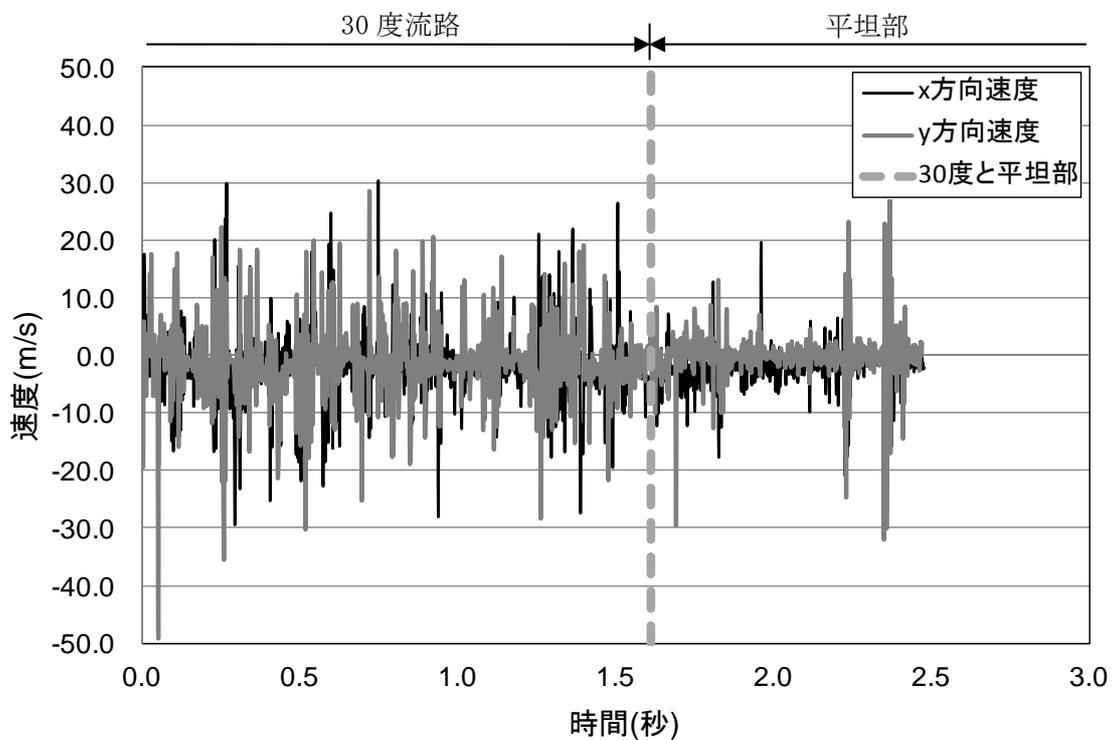


図 9.1.411(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.412 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、x 方向成分、y 方向成分ともゼロに収束する挙動が見られた。

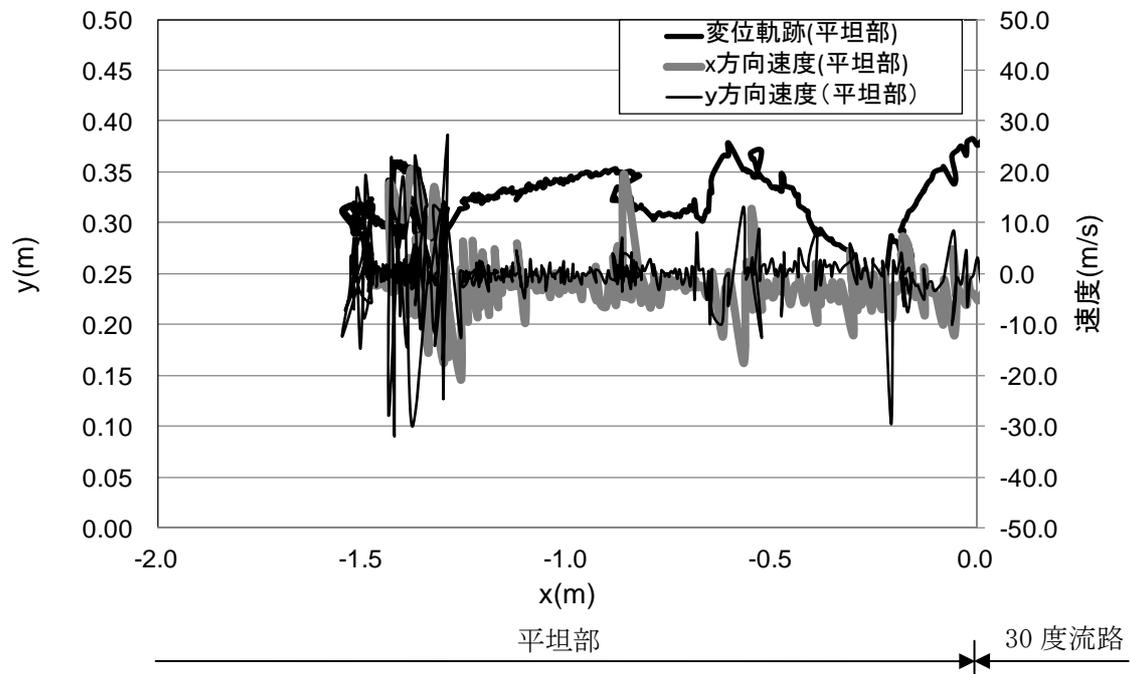


図 9.1.412 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.413 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きへの座標補正を行った。

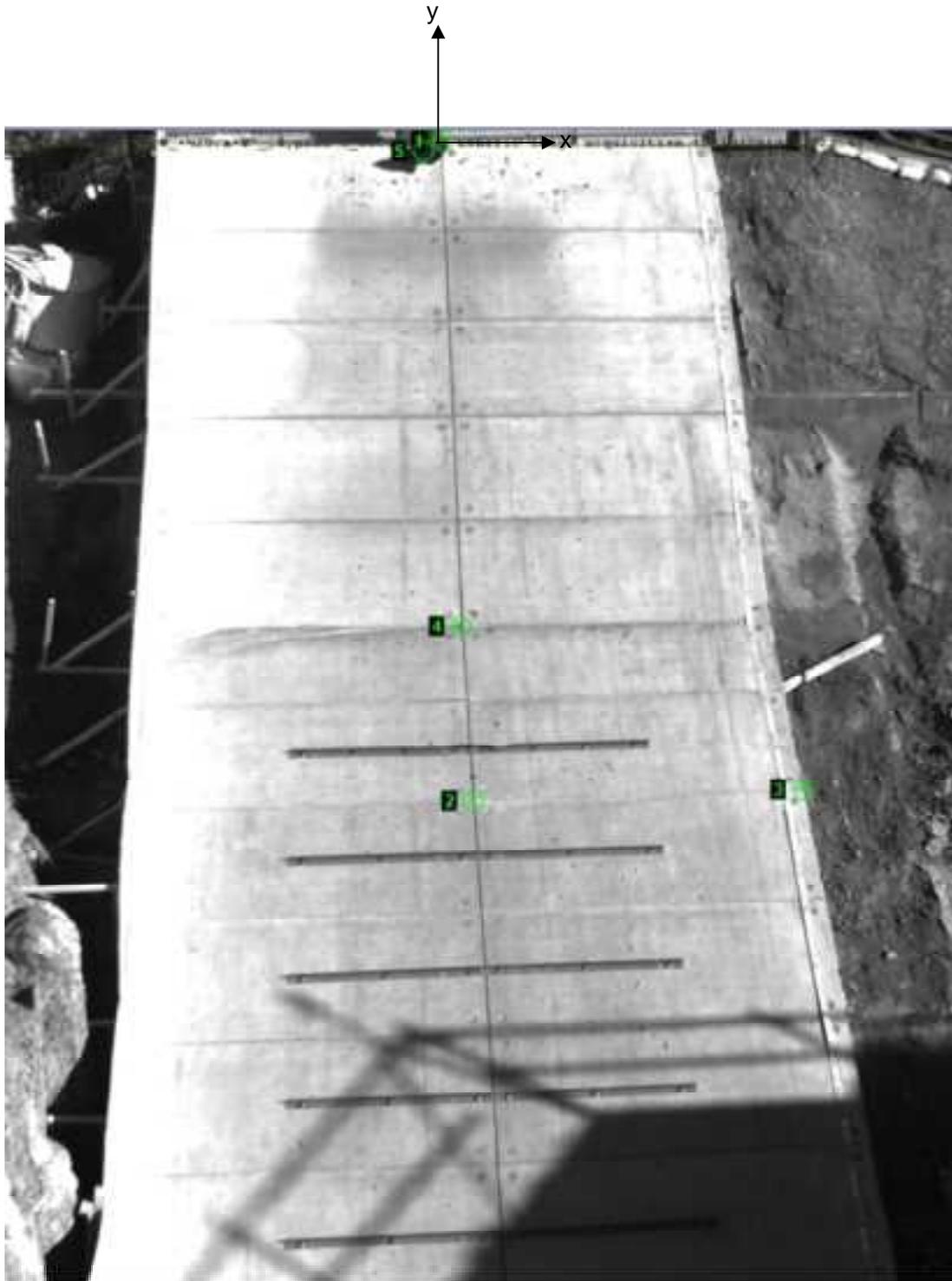


図 9.1.413 解析に用いた標点の位置

図 9.1.414 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、跳ね返りに伴い、方向を変えながら落下する挙動を示した。特に、アングル設置位置にて比較的大きく左側に移動した。

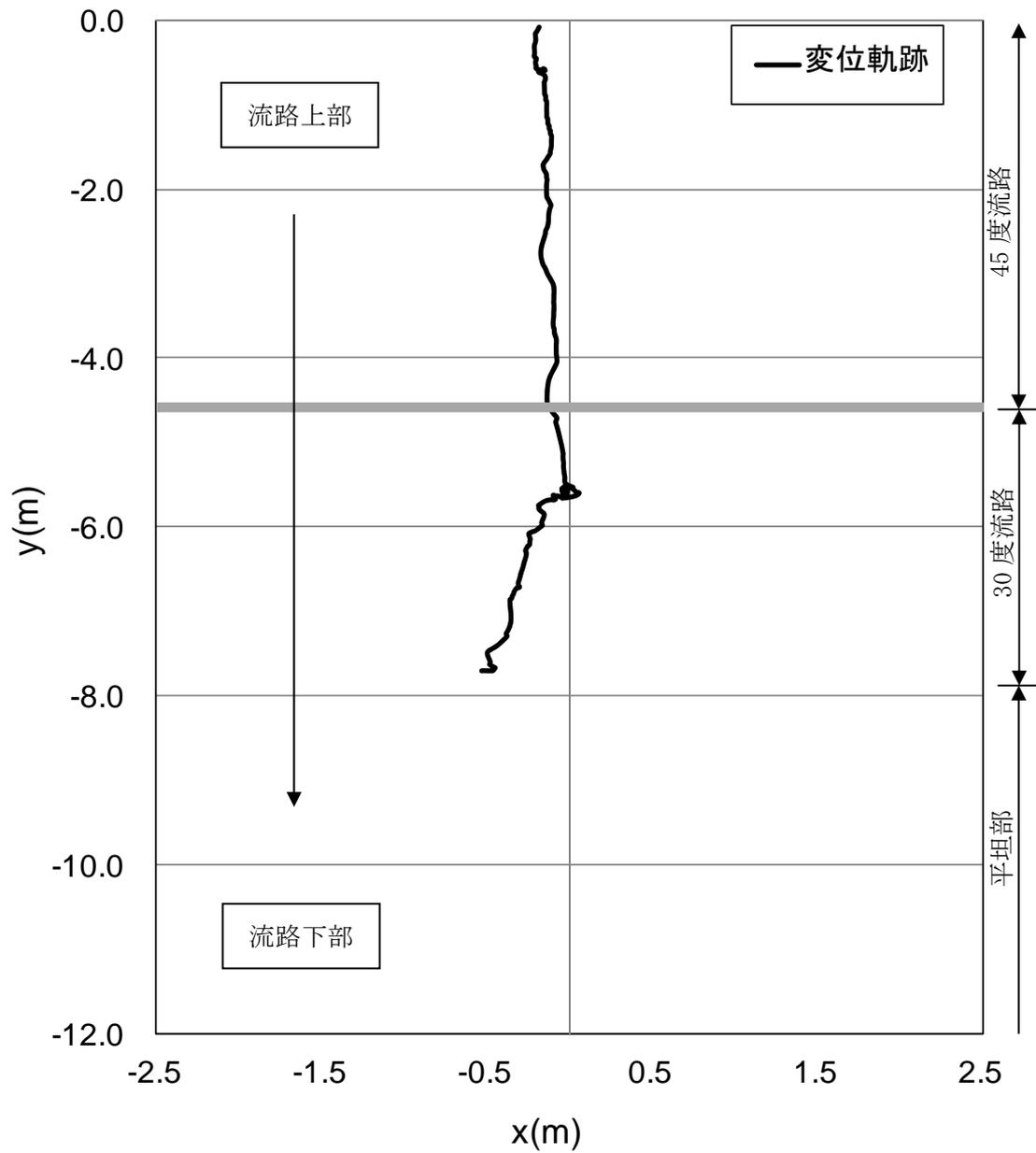


図 9.1.414 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.415 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で上方に向かって落下速度の x 方向成分、y 方向成分とも上方に増加する挙動を示した。また、30 度流路下端に向かって y 方向成分の落下速度は上がる挙動を示した。

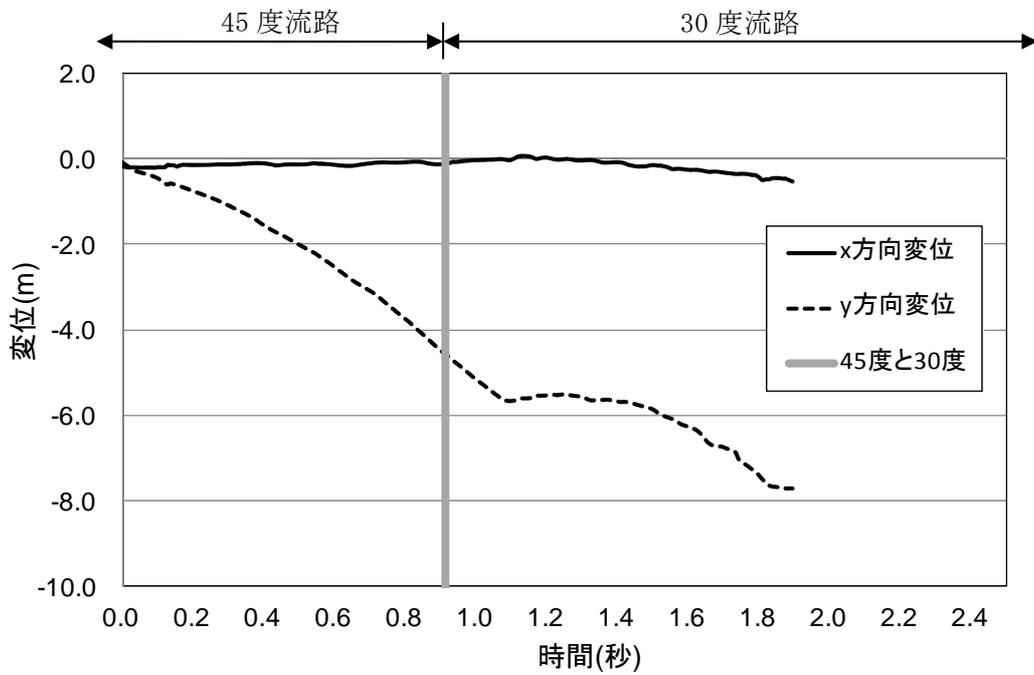


図 9.1.415(a) 岩塊模型の変位履歴

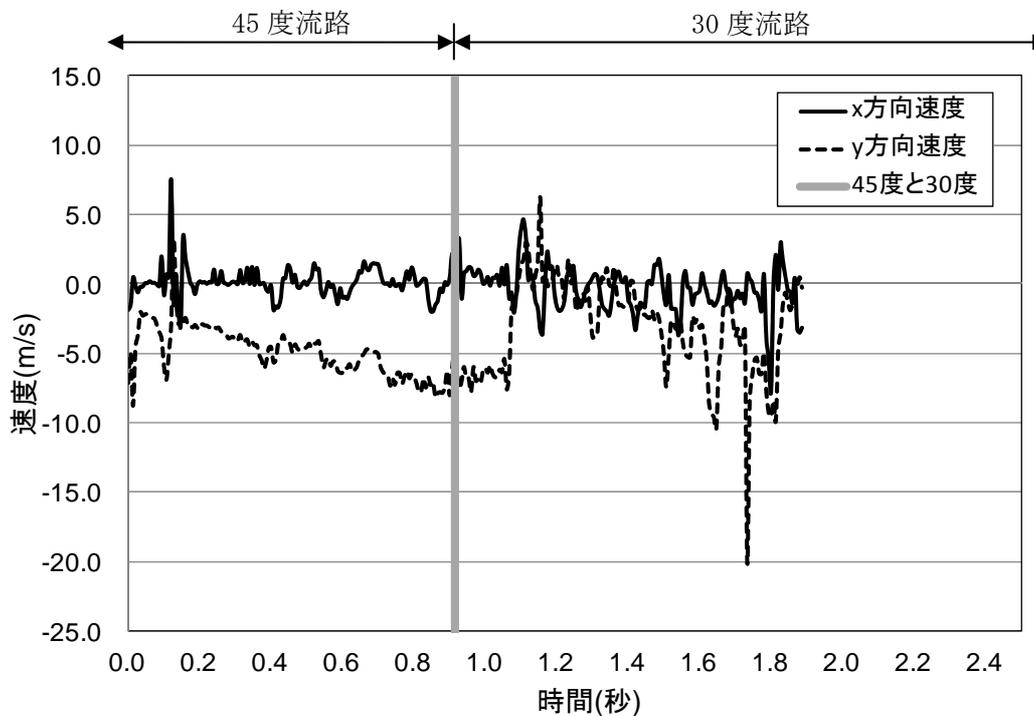


図 9.1.415(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.416 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

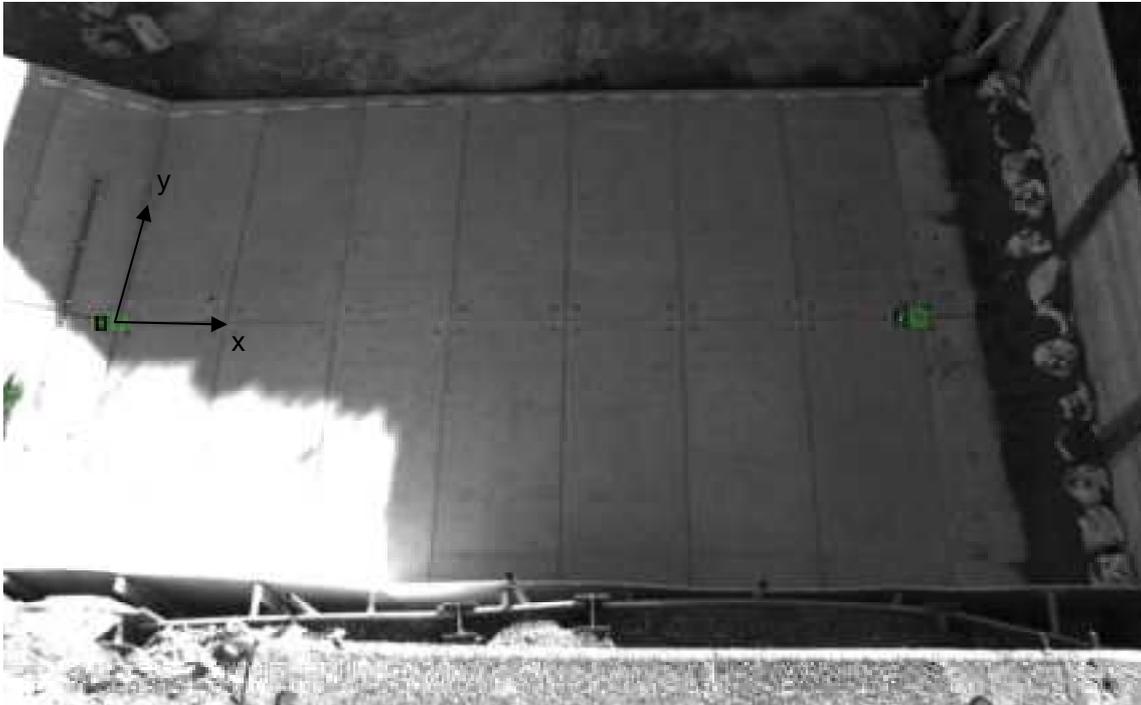


図 9.1.416 解析に用いた標点の位置

図 9.1.417 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は直線的に落下する挙動であった。

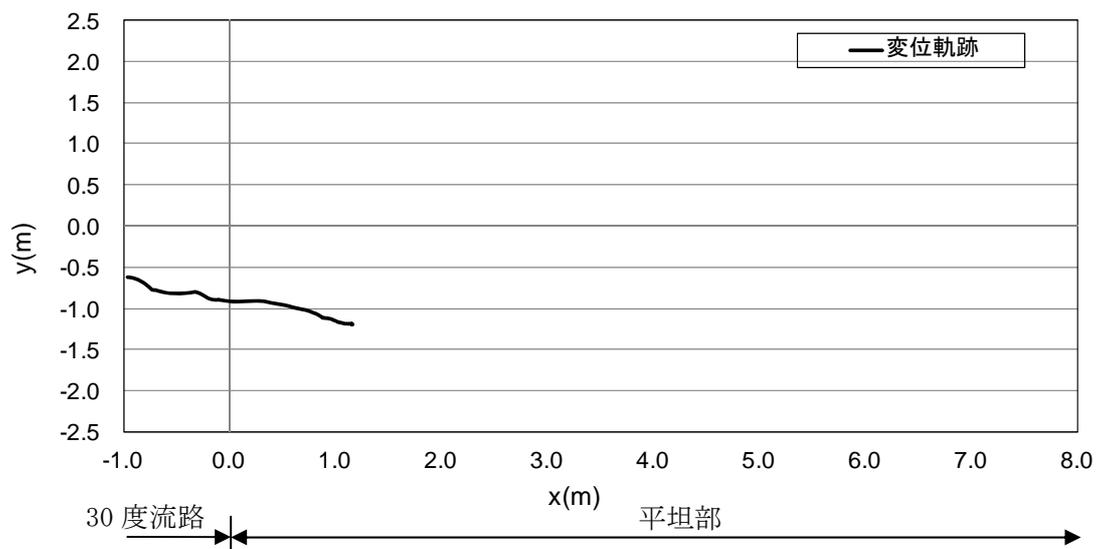


図 9.1.417 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.418 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界で x 方向成分、y 方向成分とも速度が低下する挙動が見られ、平坦部では速度ゼロに収束するような挙動が見られた。

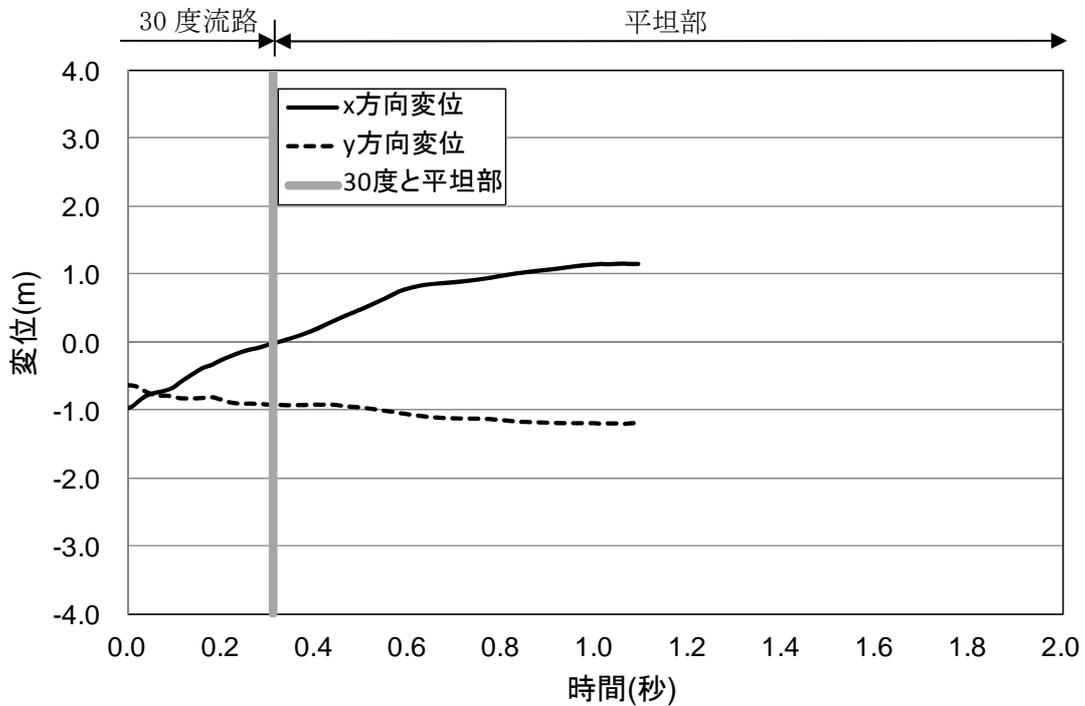


図 9.1.418(a) 岩塊模型の変位履歴

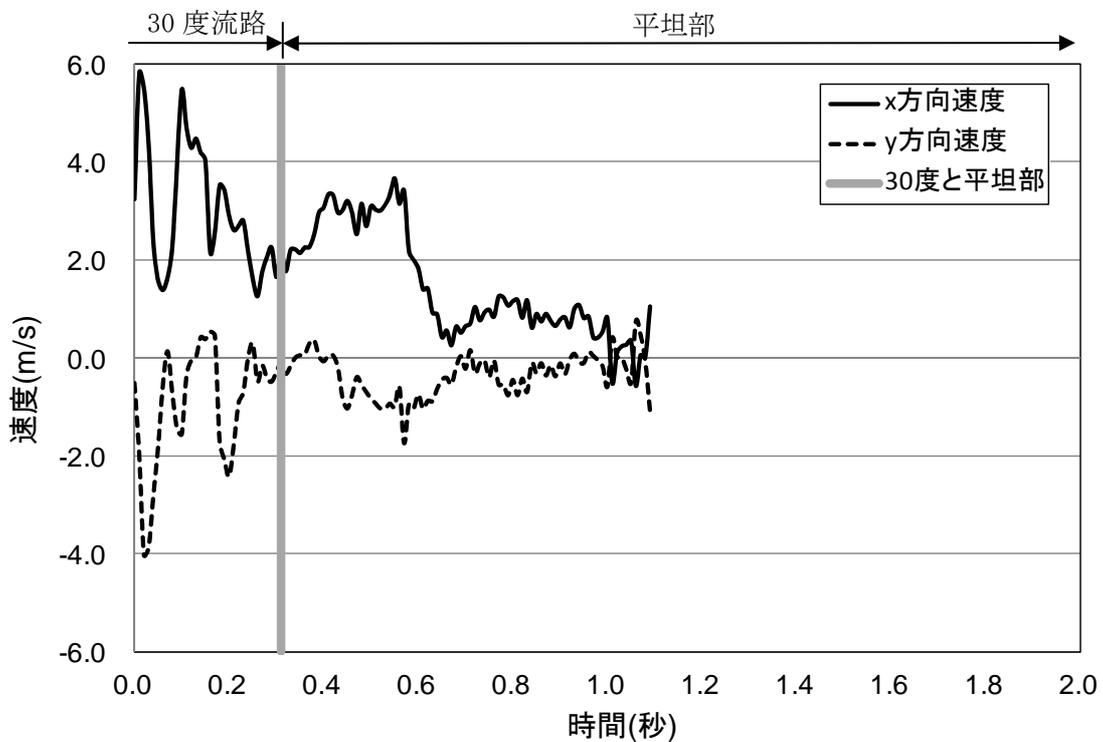


図 9.1.418(b) 岩塊模型の速度履歴

(9) No. 31 球形 40cm

① 流路横

図 9.1.419 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.419 解析に用いた標点の位置

図 9.1.420 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路と 30 度流路部にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

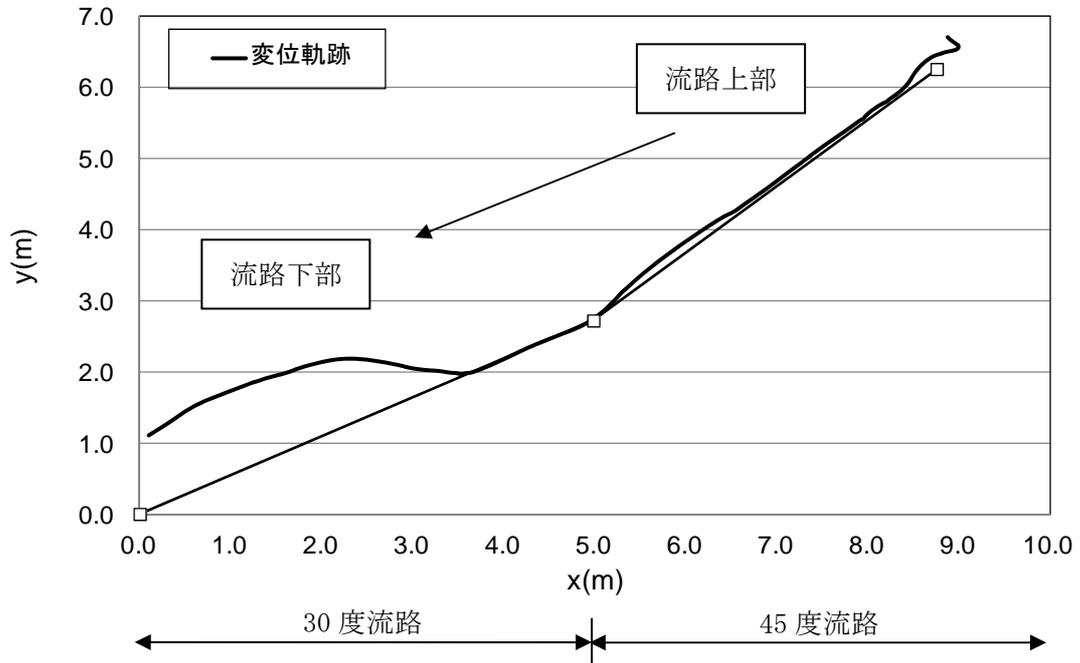


図 9.1.420 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.421 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路上部とアングル位置にて跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路部で速度の x、y 方向成分が同様な挙動が見られ、45 度流路と 30 度流路の境界においては、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度に変化が見られ、その後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、x 方向成分の速度は上がり、y 方向成分の速度が下方に向かって上がる挙動が見られた。

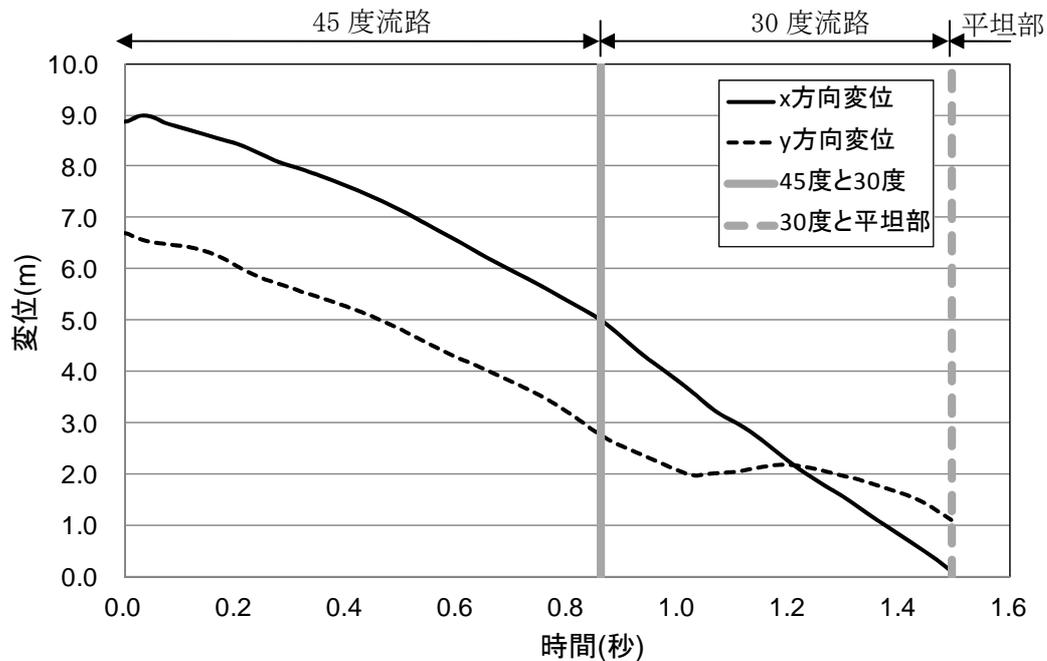


図 9.1.421(a) 岩塊模型の変位履歴

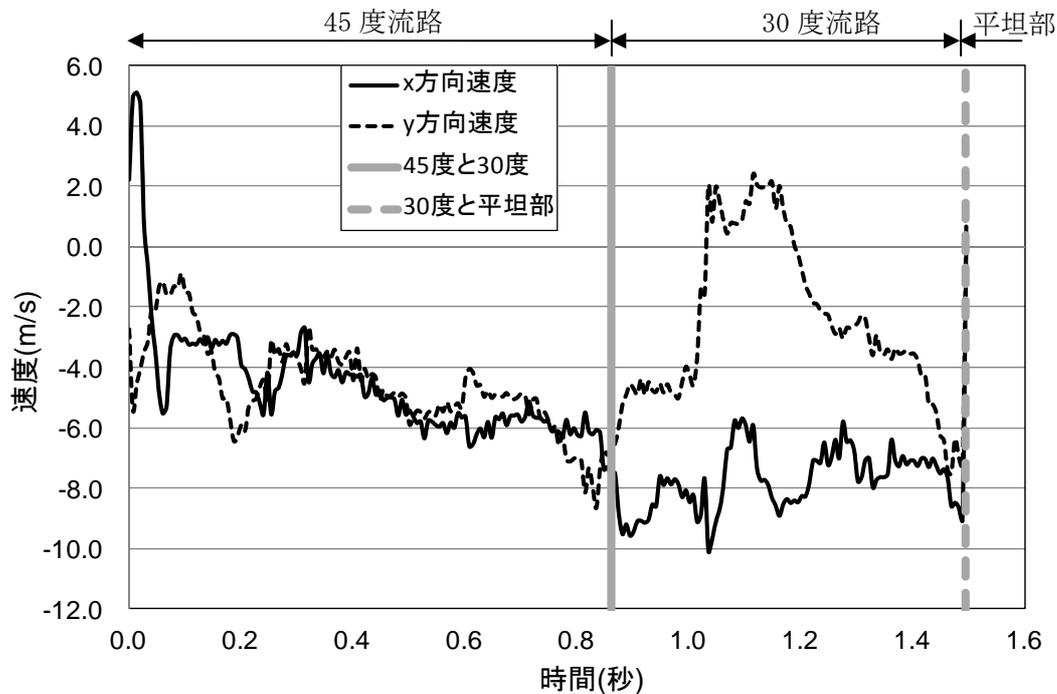


図 9.1.421(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 422 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路と 30 度流路部のアングル設置位置にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路においては、跳ね返り時に x 方向成分と y 方向成分とも速度が低下するような挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、流路下部に向かって、x 方向成分は速度に大きな変化はなく、y 方向成分は下方に向かって速度が上がる挙動が見られた。

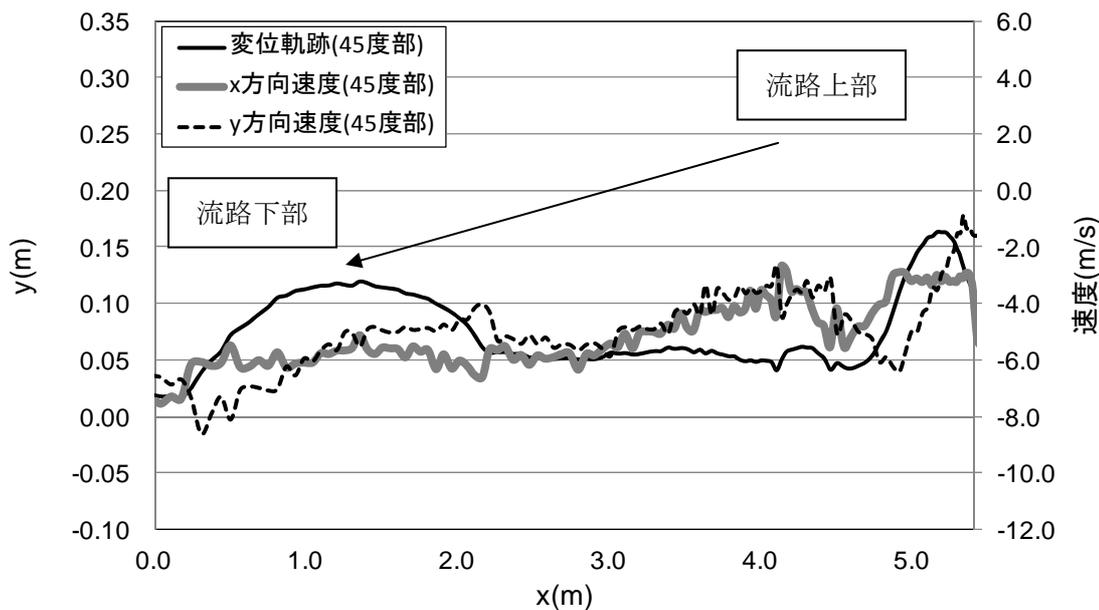


図 9. 1. 422 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

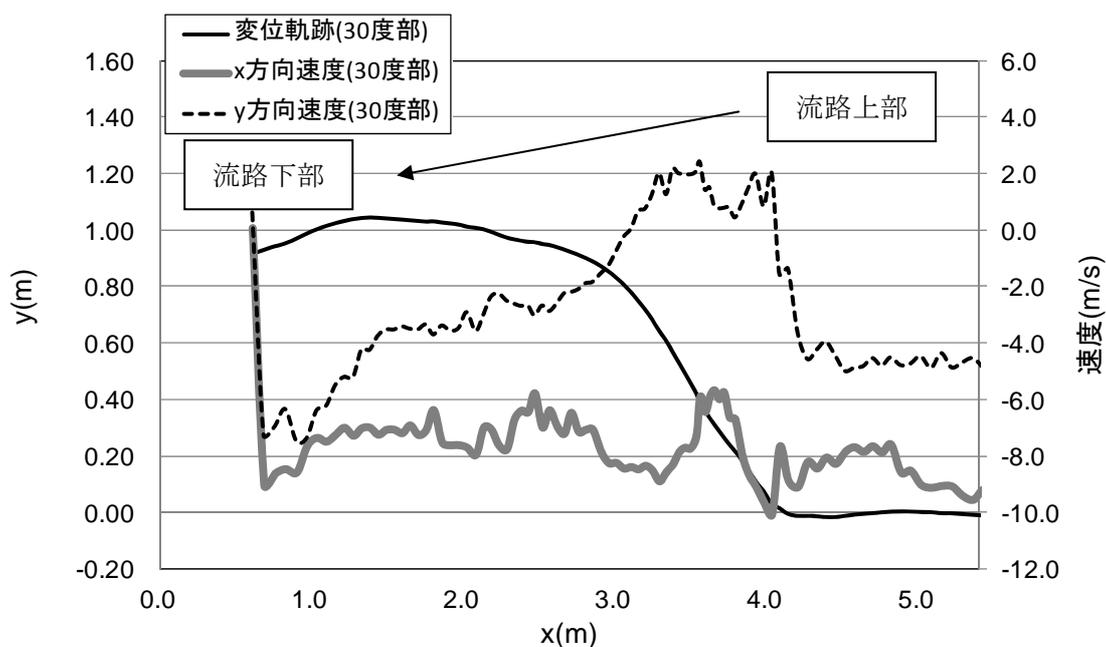


図 9. 1. 422 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.423 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

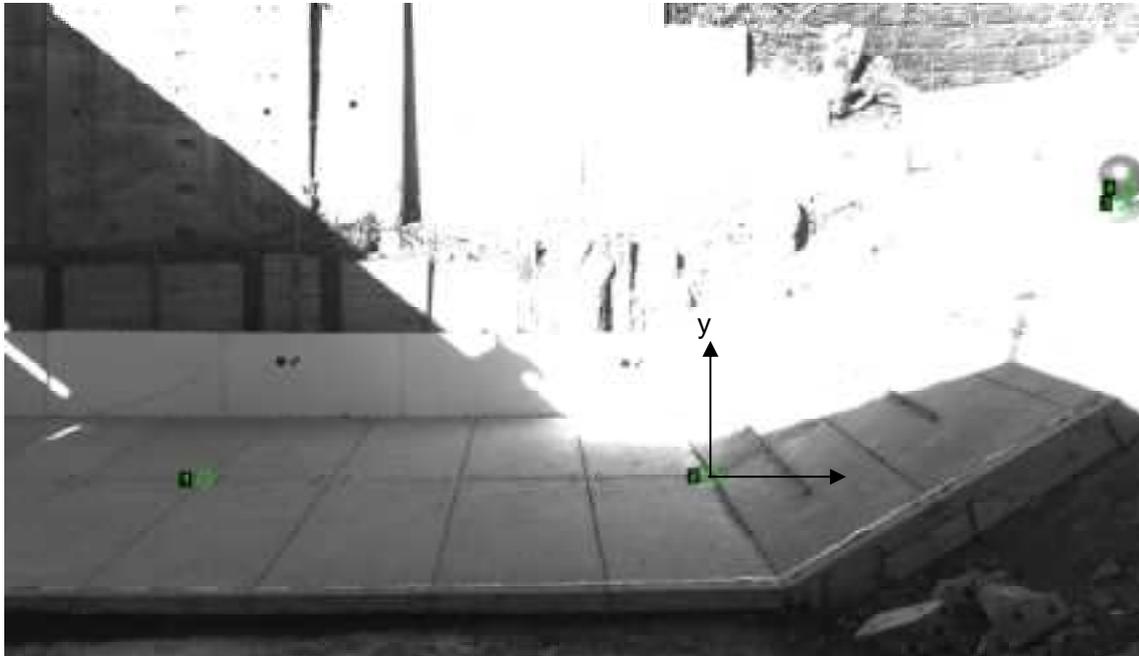


図 9.1.423 解析に用いた標点の位置

図 9.1.424 に岩塊模型の変位軌跡を示す。平坦部と 30 度流路部のアングル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

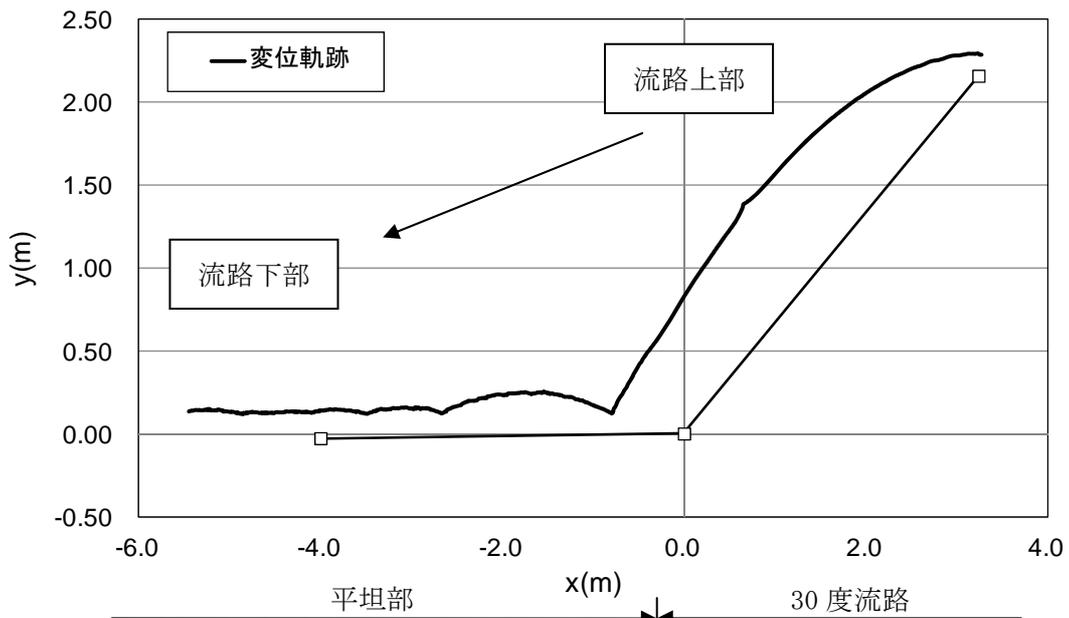


図 9.1.424 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.425 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは、平坦部とアンクル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アンクル設置位置にて x 方向成分と y 方向成分の落下速度が変化した後、平坦部において、落下速度の x 方向成分は 30 度流路部と同程度の速度で移動し、y 方向成分は跳ね返りに伴い、上方に速度が上がったのち、ゼロに収束する挙動を示した。

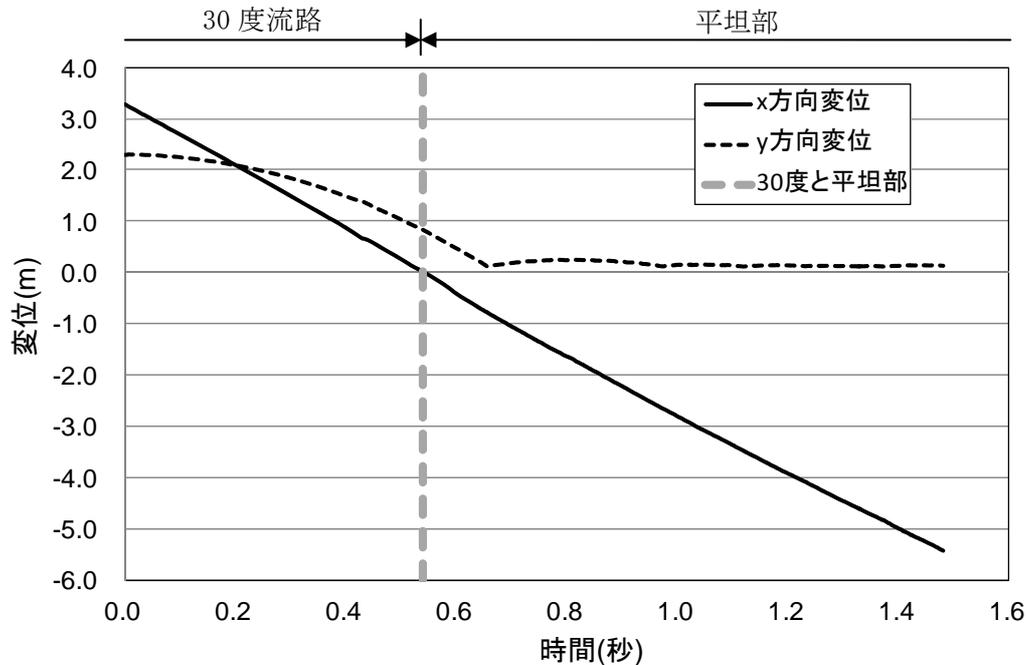


図 9.1.425(a) 岩塊模型の変位履歴

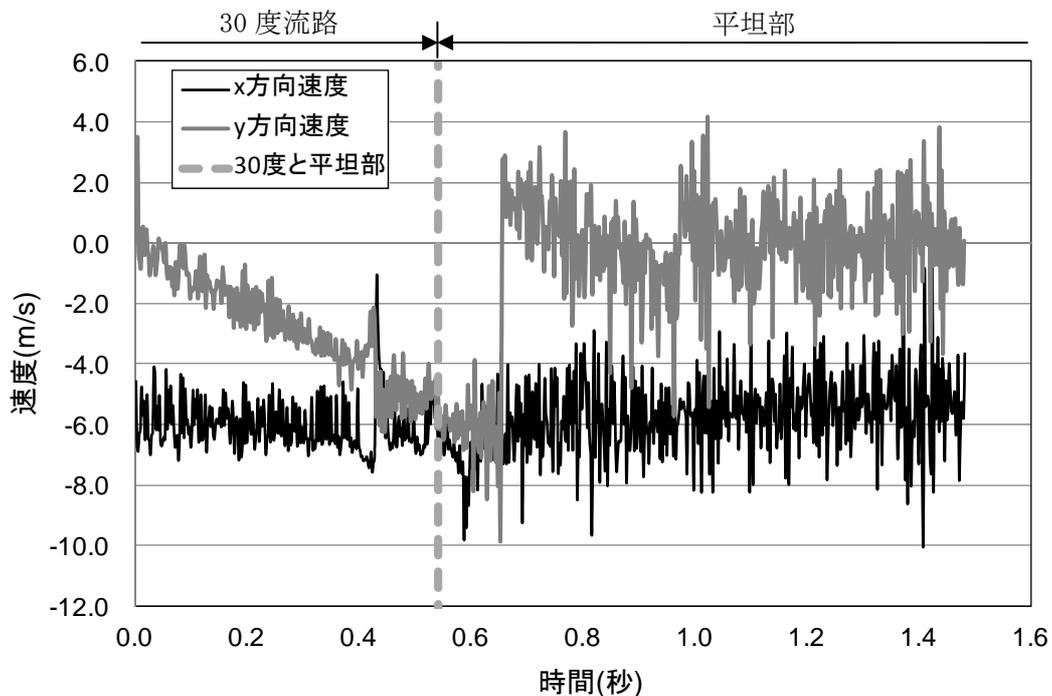


図 9.1.425(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.426 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、y 方向成分はゼロに収束する挙動を示していることが分かる。

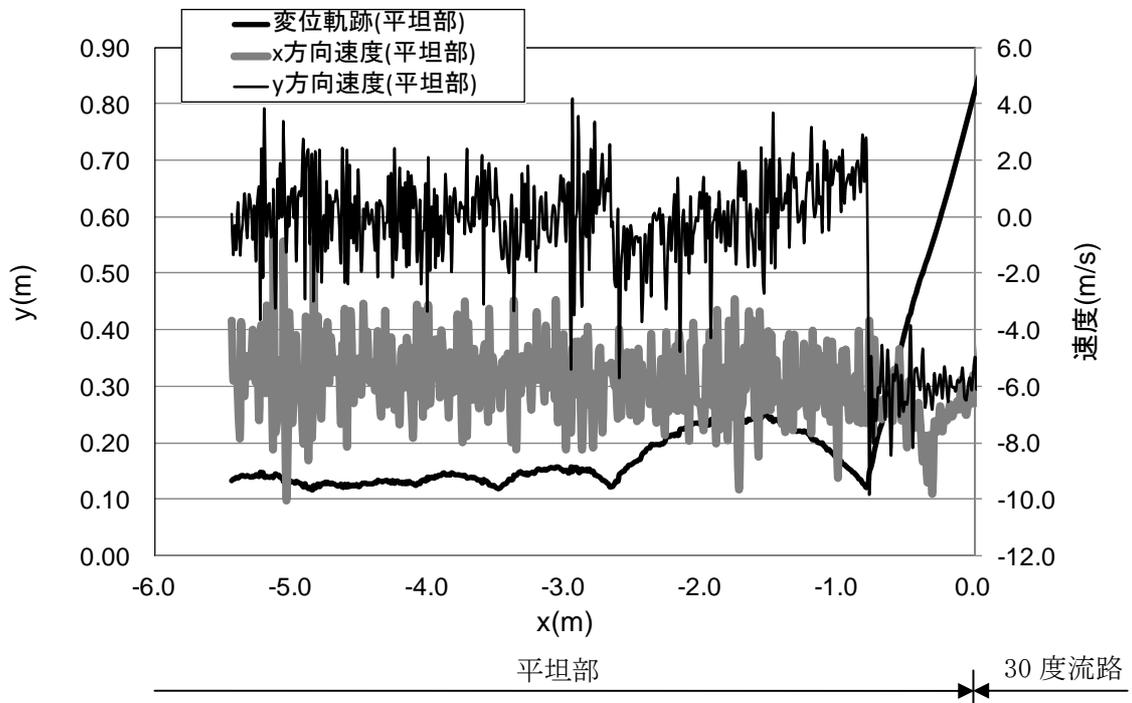


図 9.1.426 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.427 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

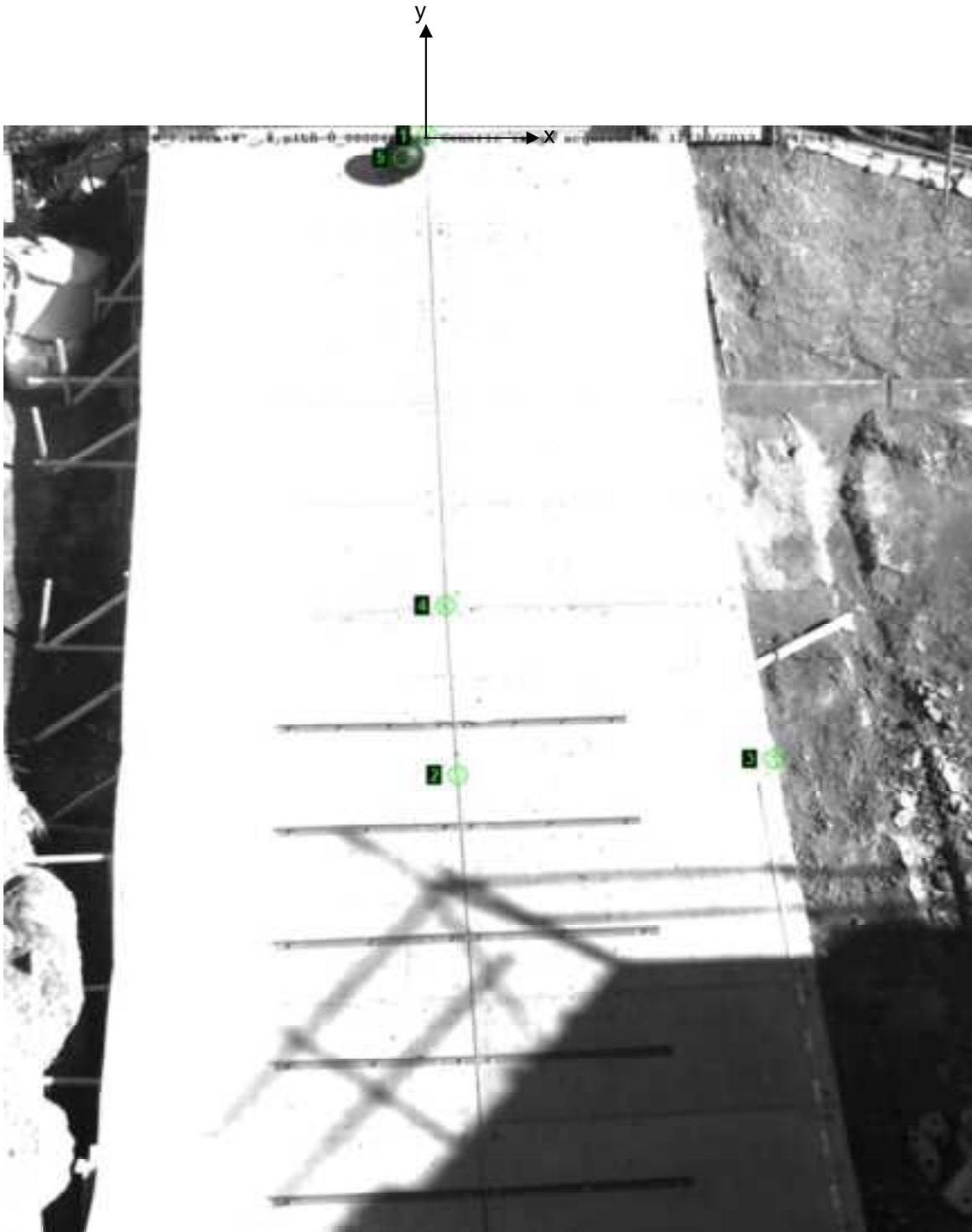


図 9.1.427 解析に用いた標点の位置

図 9.1.428 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的に落下する挙動を示した。ただし、アングル設置位置で若干右側に移動した。

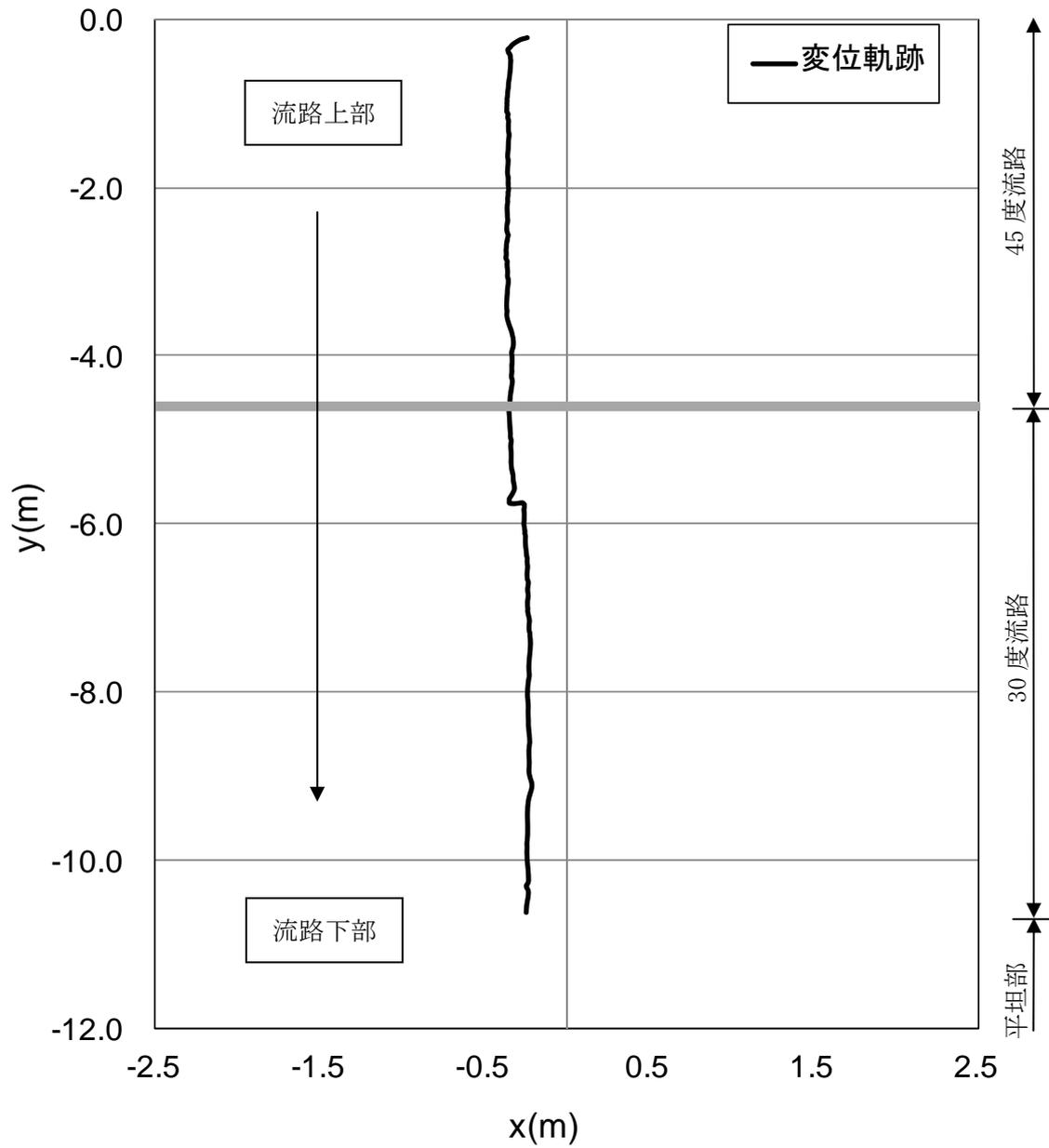


図 9.1.428 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.429 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で上方に向かって落下速度の y 方向成分が低下する挙動を示した。

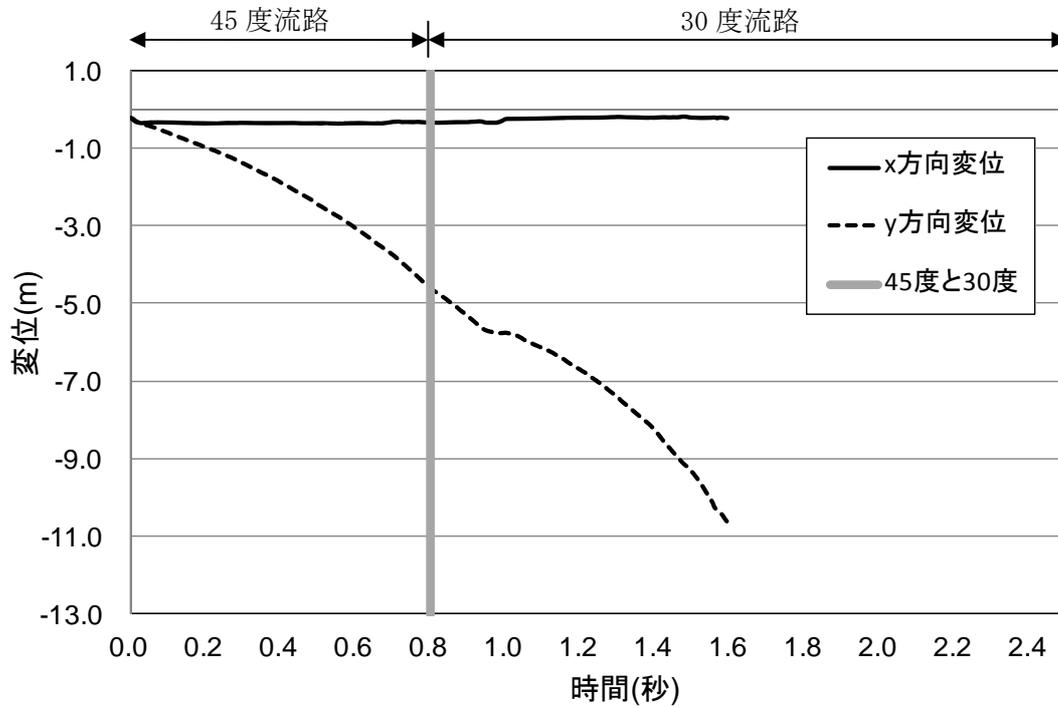


図 9.1.429(a) 岩塊模型の変位履歴

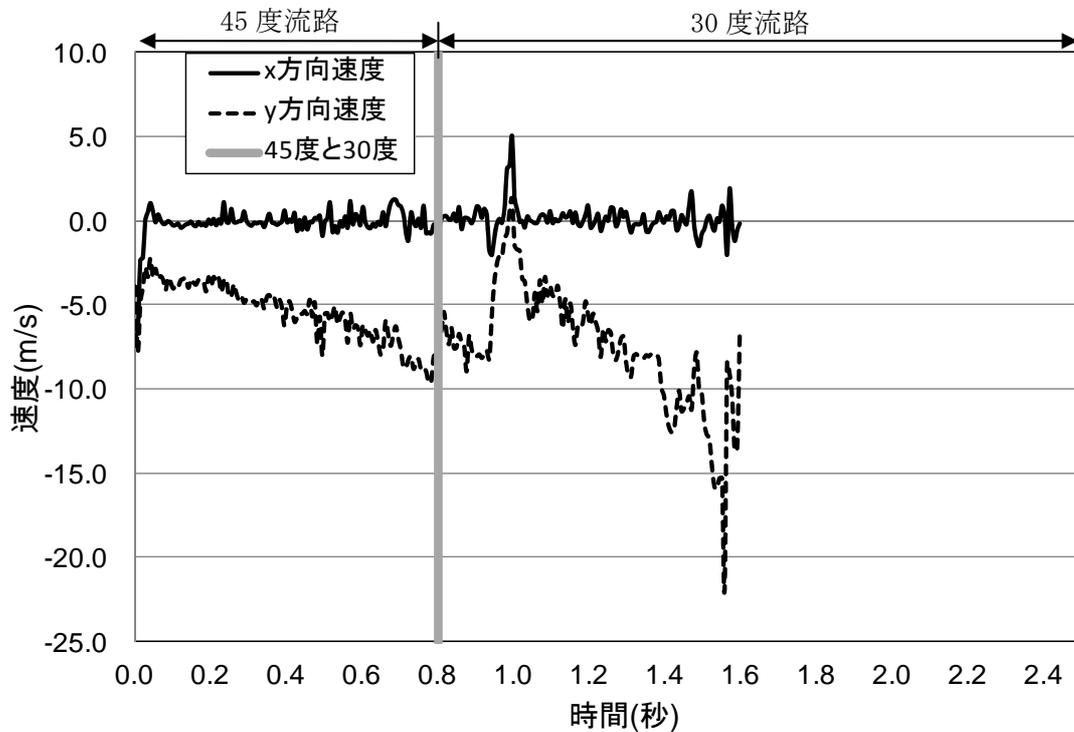


図 9.1.429(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.430 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。



図 9.1.430 解析に用いた標点の位置

図 9.1.431 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は直線的に落下する挙動であった。

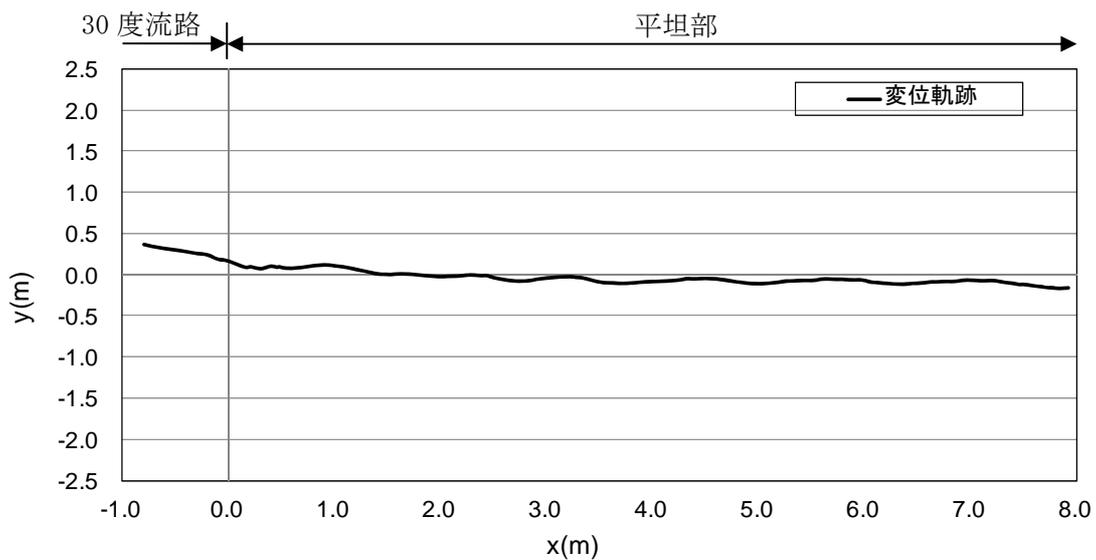


図 9.1.431 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.432 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30 度流路部と平坦部の境界で x 方向成分、y 方向成分とも速度低下が見られた。

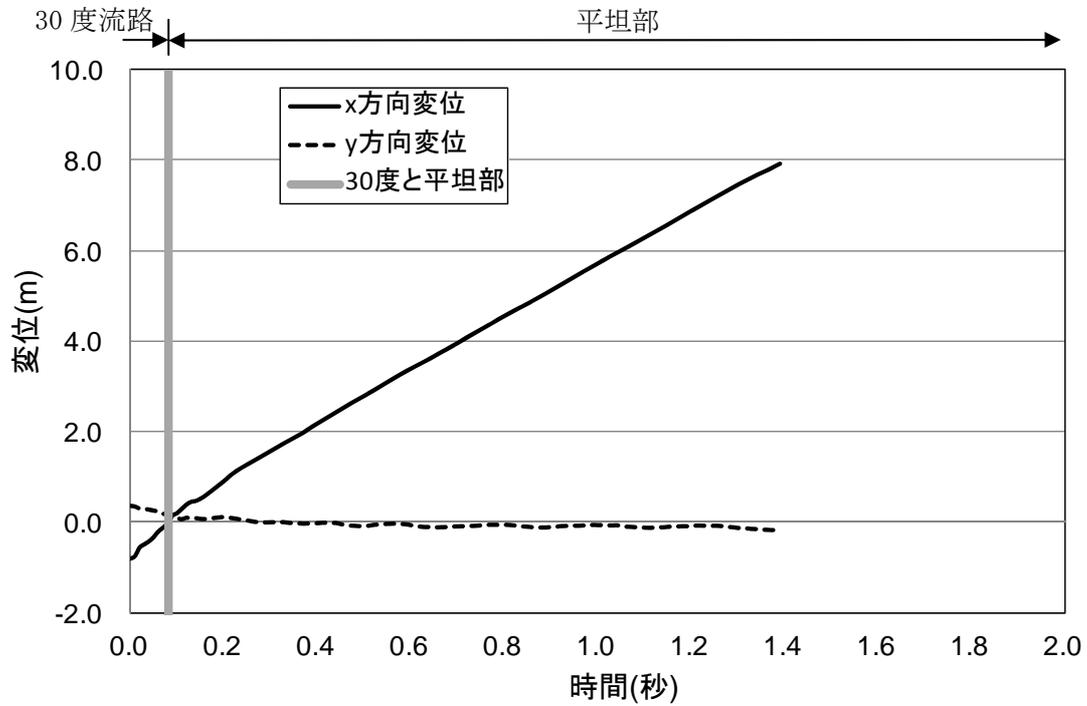


図 9.1.432(a) 岩塊模型の変位履歴

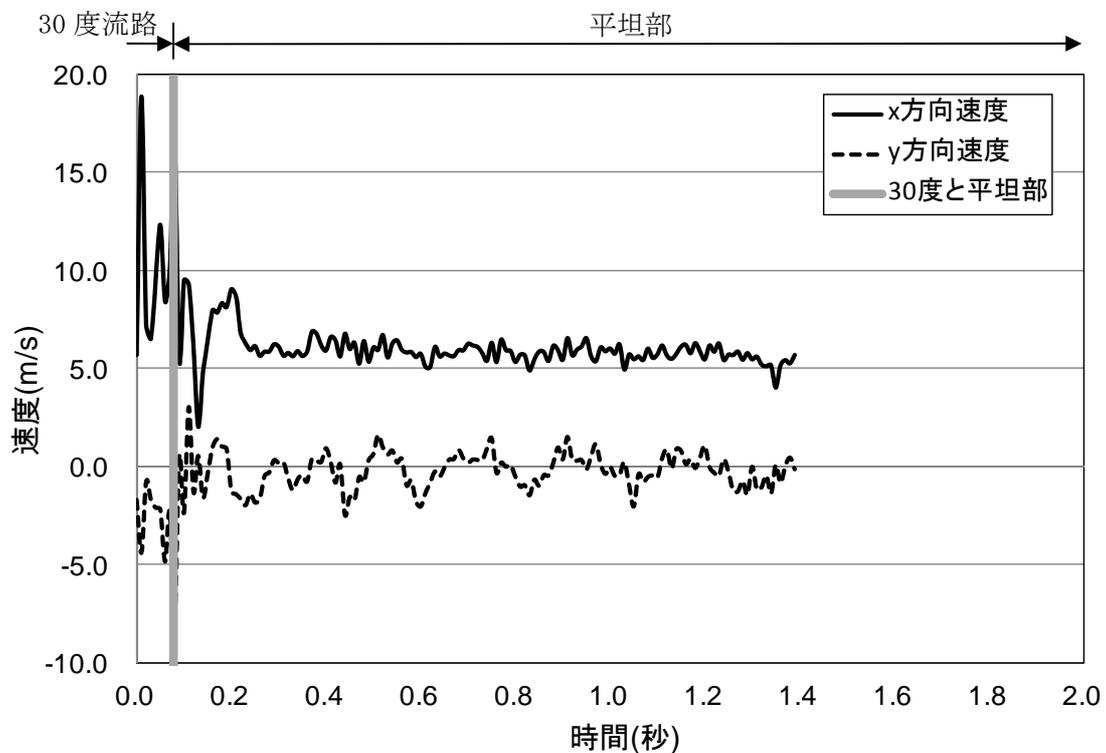


図 9.1.432(b) 岩塊模型の速度履歴

(10) No.32 塊状 40cm 平面上

① 流路横

図 9.1.433 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.433 解析に用いた標点の位置

図 9.1.434 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路上部と 30 度流路にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

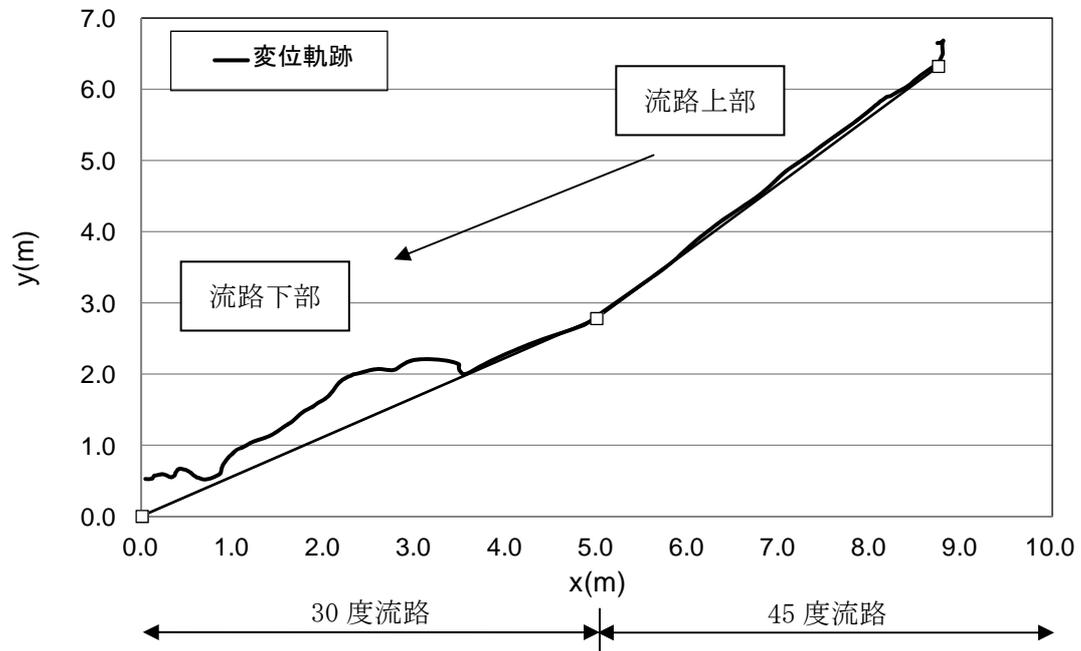


図 9.1.434 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.435 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路上部とアングル位置にて、跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路部で速度の x、y 方向成分が同様な挙動が見られ、45 度流路と 30 度流路の境界においては、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度に変化が見られ、その後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、同岩塊の跳ね返りに伴い同様な挙動を 2 回ほど繰り返し、30 度流路下部に向かって、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

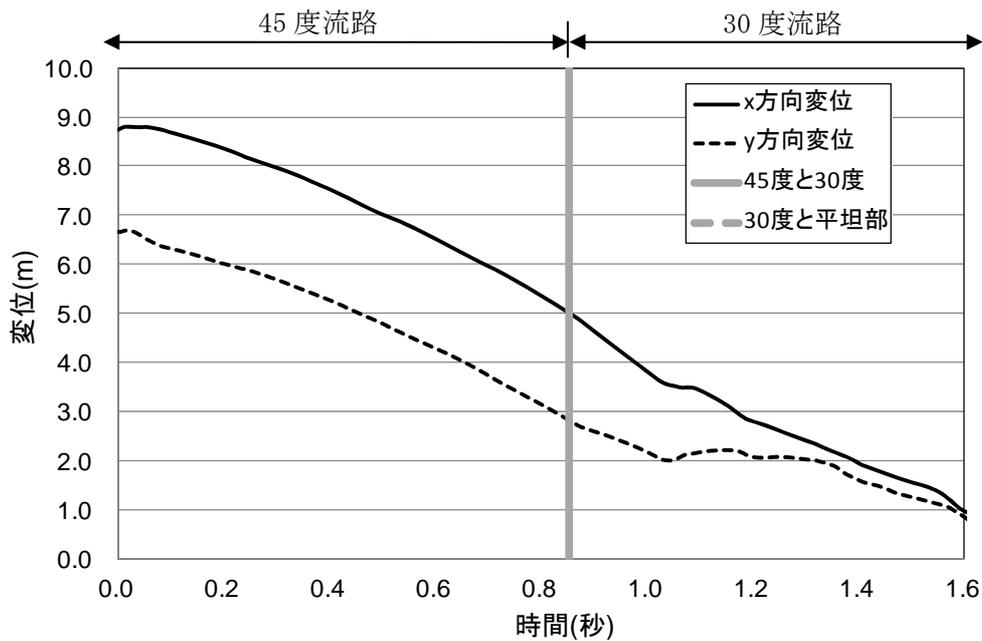


図 9.1.435(a) 岩塊模型の変位履歴

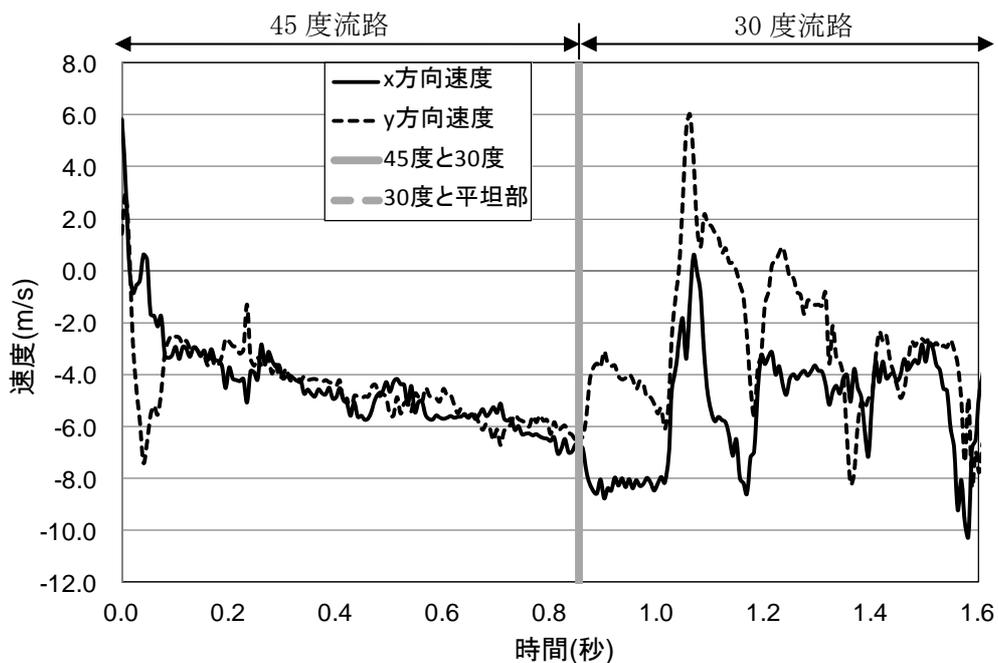


図 9.1.435(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.436 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路上部と 30 度流路部のアングル設置位置にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路上部で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時に、x 方向成分の落下速度は上がり、y 方向成分の落下速度は上方に向かって低下する挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、流路下部に向かって、同じような挙動を 2 回程度繰り返し、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

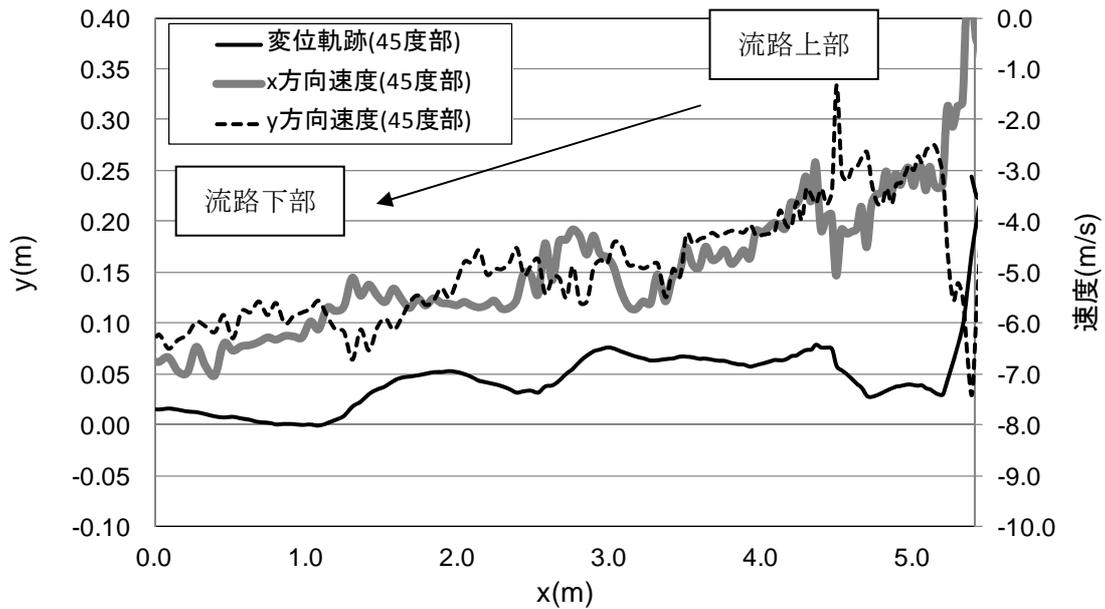


図 9.1.436(a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

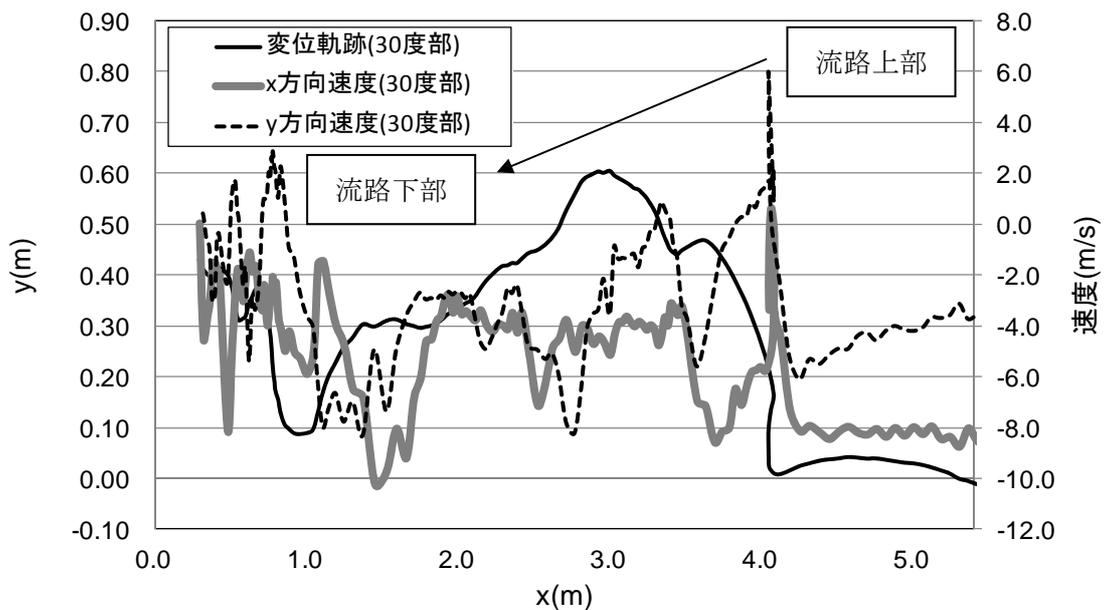


図 9.1.436(b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.437 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

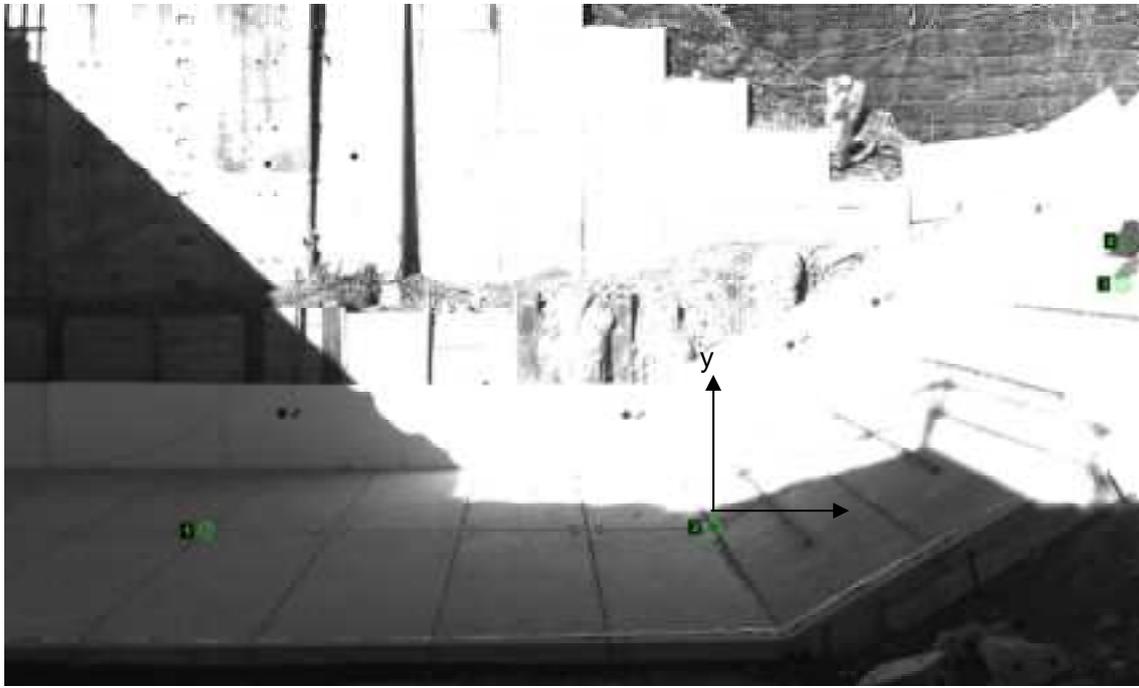


図 9.1.437 解析に用いた標点の位置

図 9.1.438 に岩塊模型の変位軌跡を示す。平坦部と 30 度流路部のアングル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

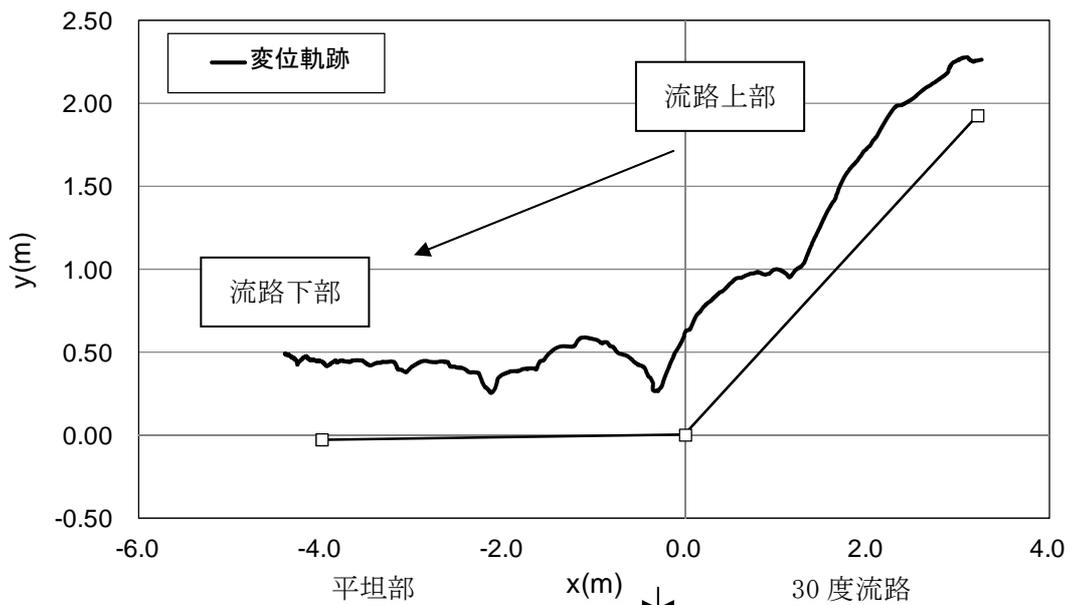


図 9.1.438 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.439 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは平坦部とアンクル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アンクル設置位置および平坦部にて跳ね返りが生じた際、x 方向成分の落下速度が低下し、y 方向成分の落下速度が上がる挙動が見られた。また、平坦部において、落下速度の x 方向成分、y 方向成分ともはゼロ付近に収束する挙動を示した。

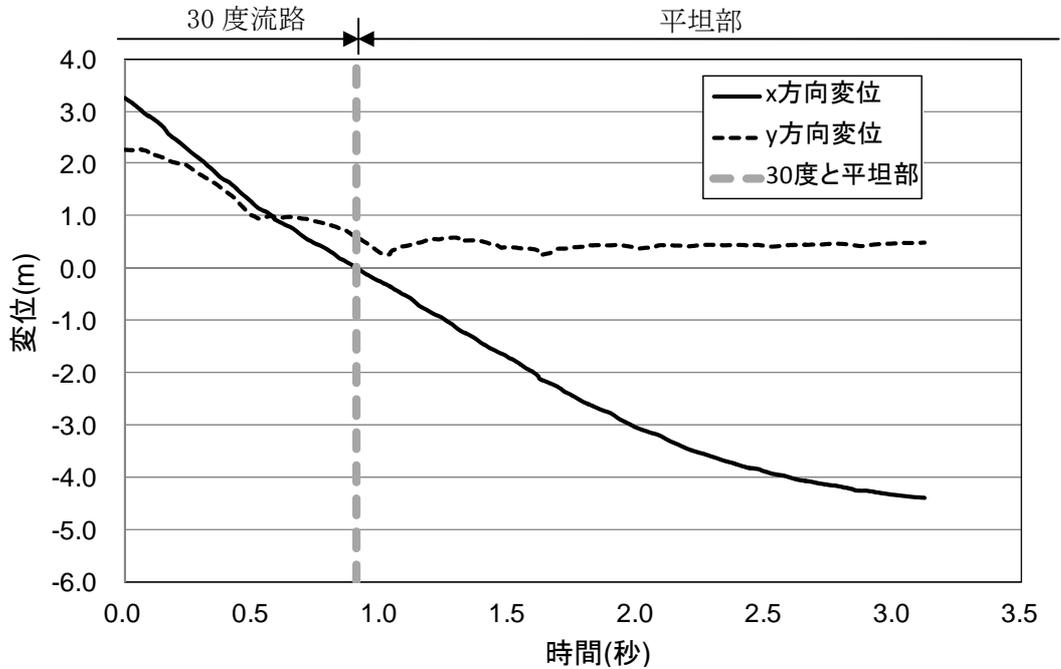


図 9.1.439(a) 岩塊模型の変位履歴

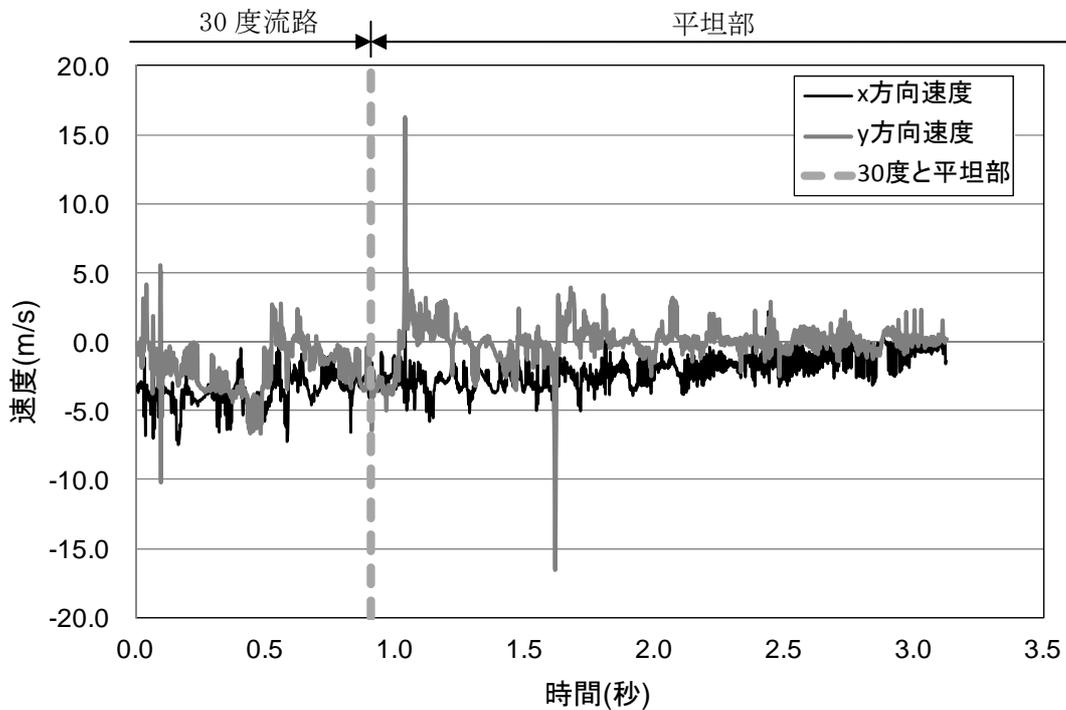


図 9.1.439(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.440 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、跳ね返り時に x 方向成分の速度が低下し、y 方向成分速度が上方に上がる挙動が見られ、そののち、x 方成分、y 方得得向成分ともゼロに収束する挙動が見られた。

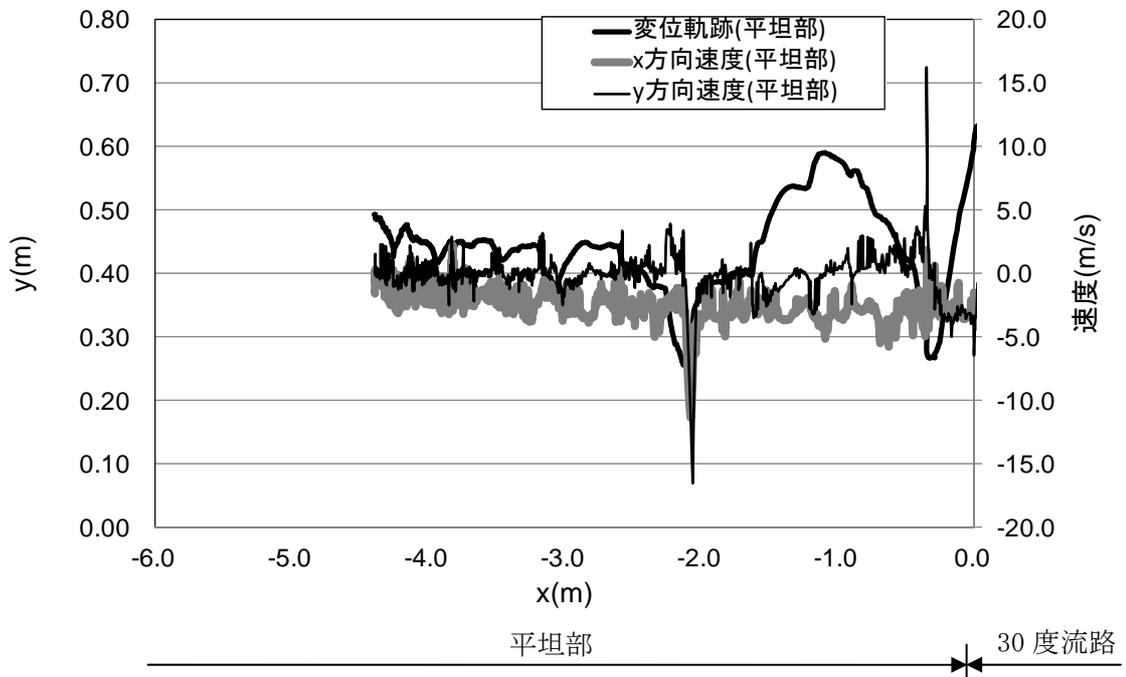


図 9.1.440 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.441 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

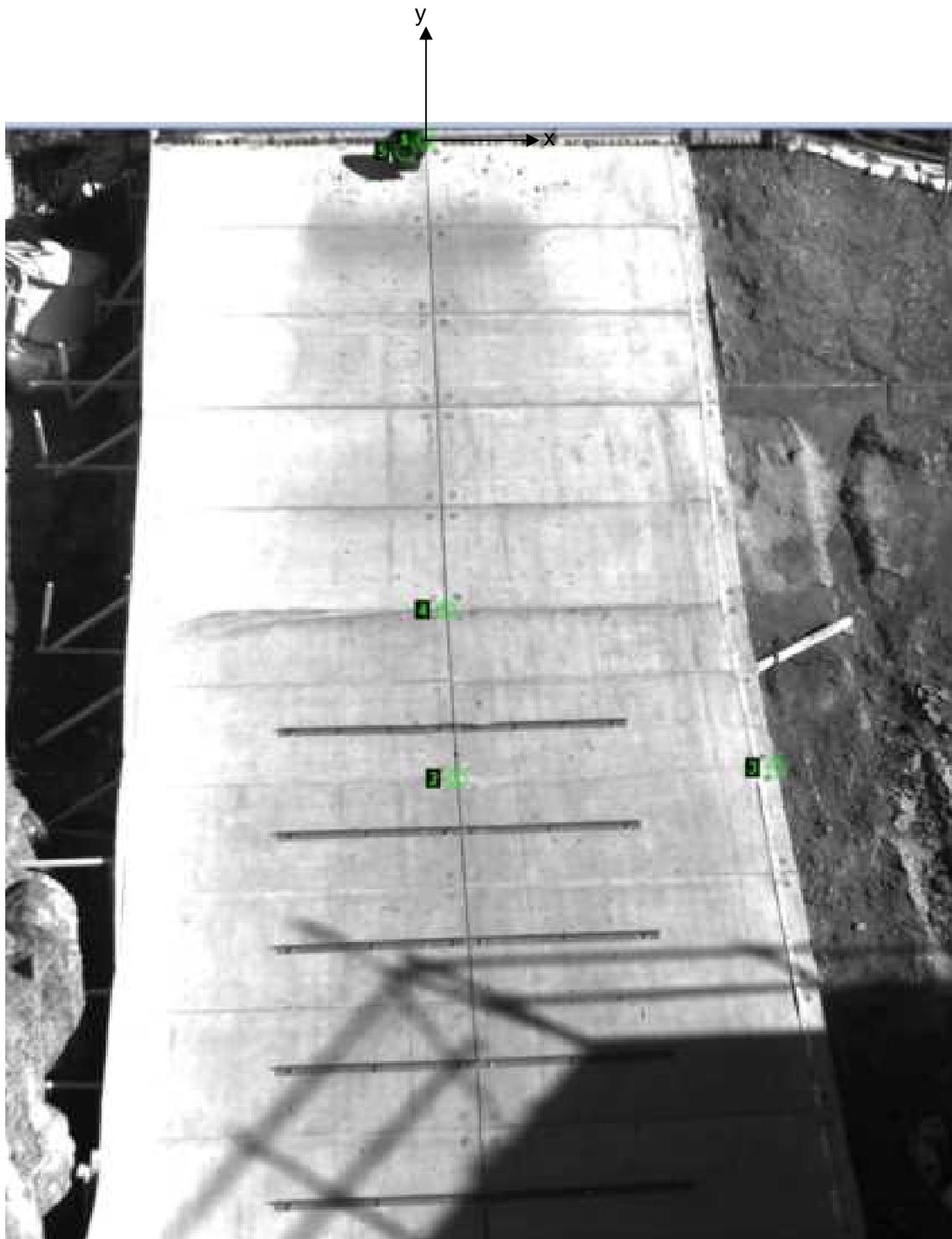
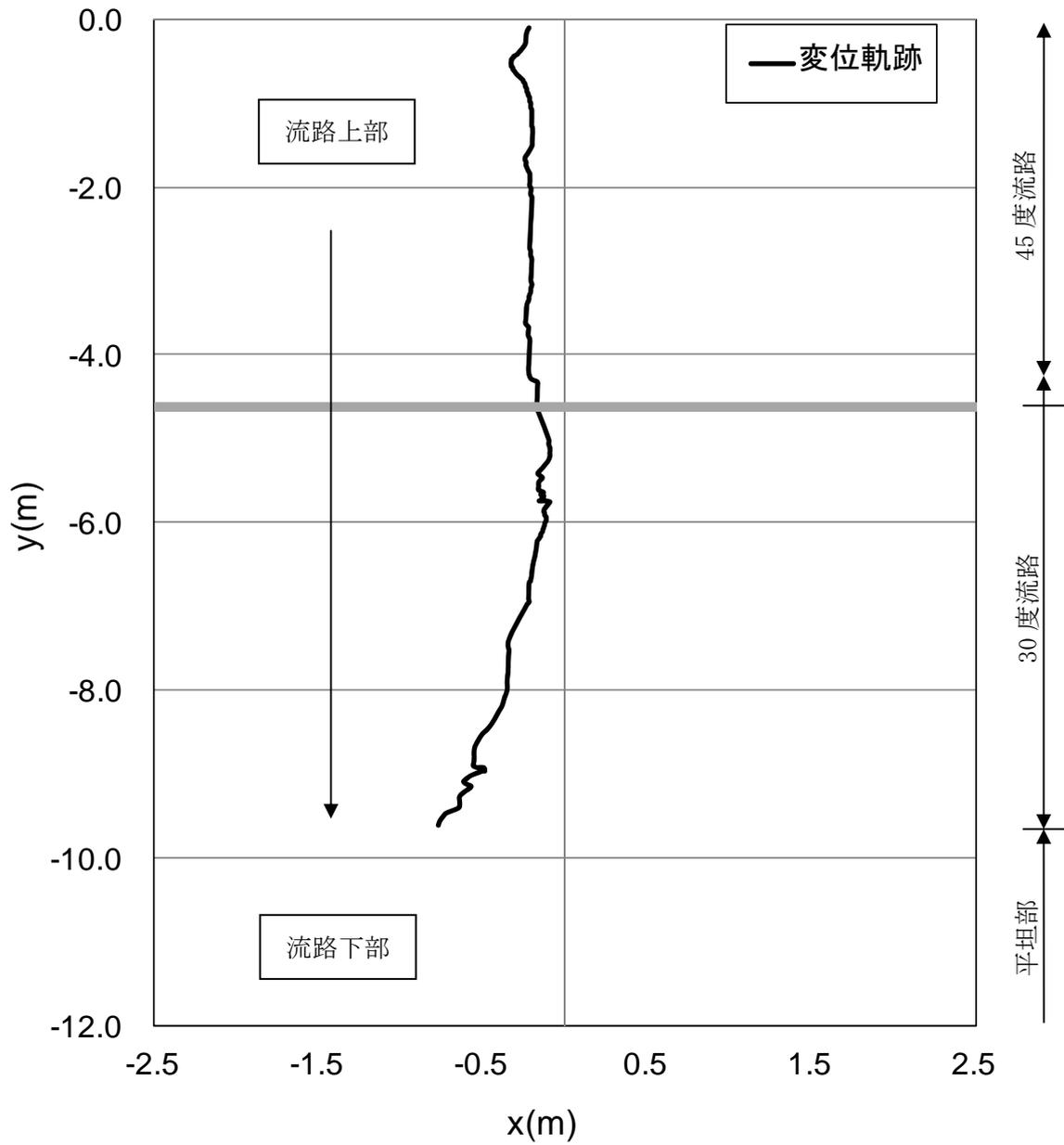


図 9.1.441 解析に用いた標点の位置

図 9.1.442 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的に落下する挙動を示し、平坦部で、跳ね返りに伴い落下方向が左側方向に移動した。



9.1.442 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.443 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路上部で跳ね返りに伴い x 方向成分の落下速度が上がり、y 方向成分の落下速度が低下し、アングル設置位置で x 方向成分の落下速度が上がり、y 方向成分の落下速度が低下する挙動を示した。30 度流路下流における跳ね返りに伴い、速度の増減が見られた。

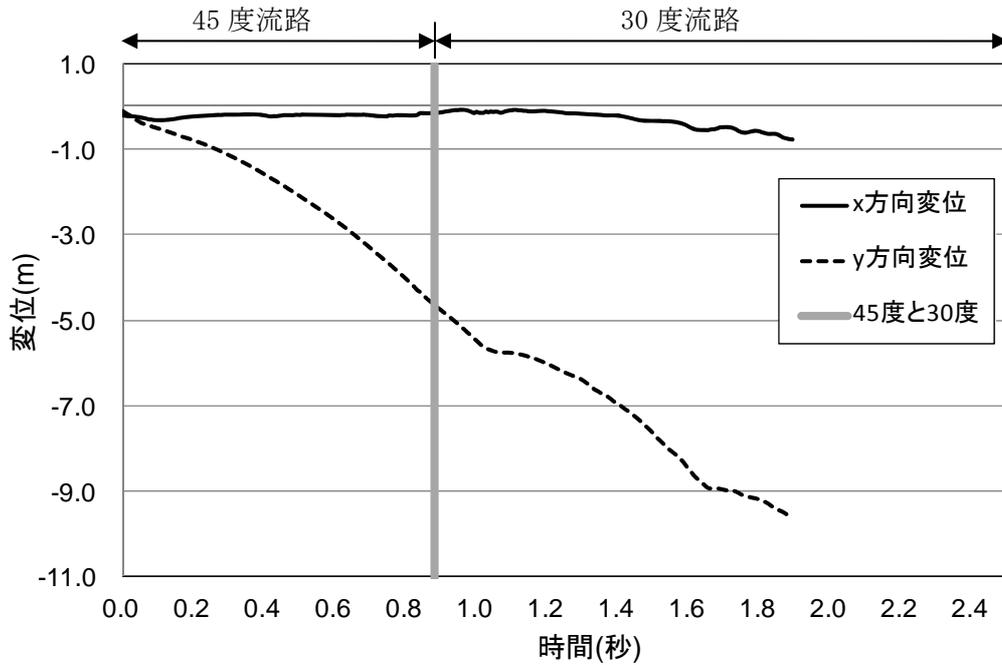


図 9.1.443(a) 岩塊模型の変位履歴

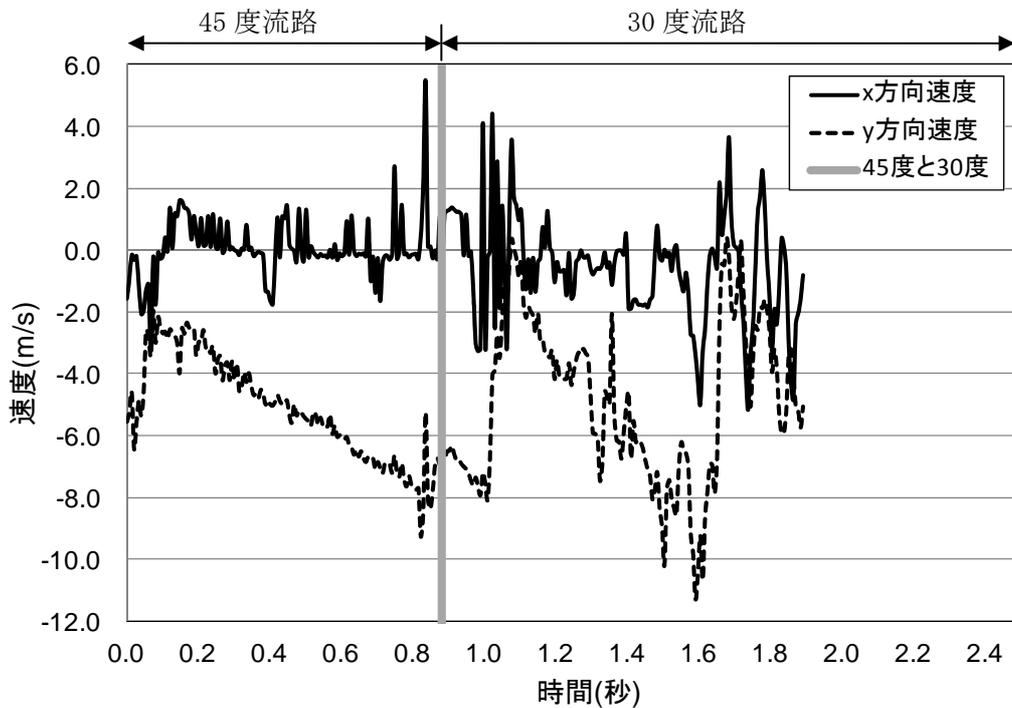


図 9.1.443(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.444 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きへの座標補正を行った。

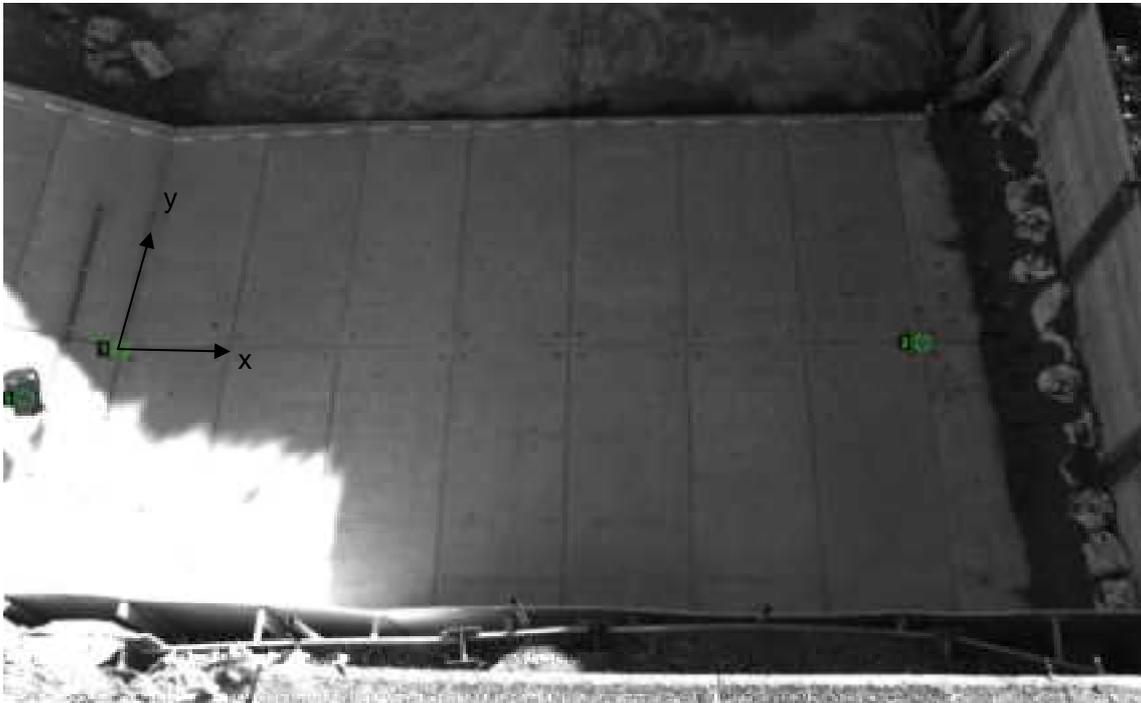


図 9.1.444 解析に用いた標点の位置

図 9.1.445 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は揺れながら落下する挙動であった。

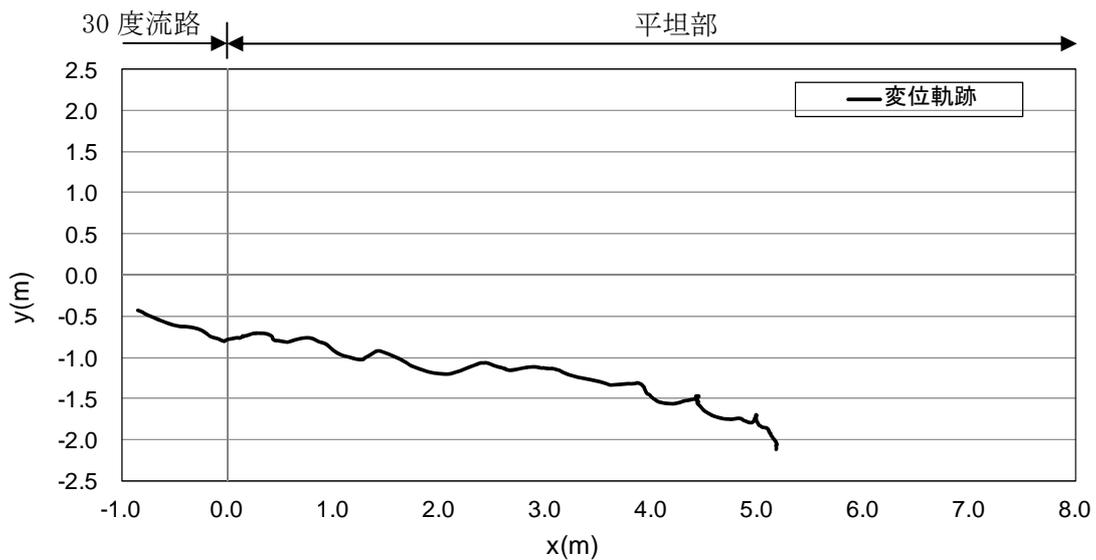


図 9.1.446 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.447 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30度流路部と平坦部の境界で x 方向成分、y 方向成分とも速度が低下する挙動が見られ、平坦部では速度の増減を繰り返しながら速度ゼロに収束するような挙動が見られた。

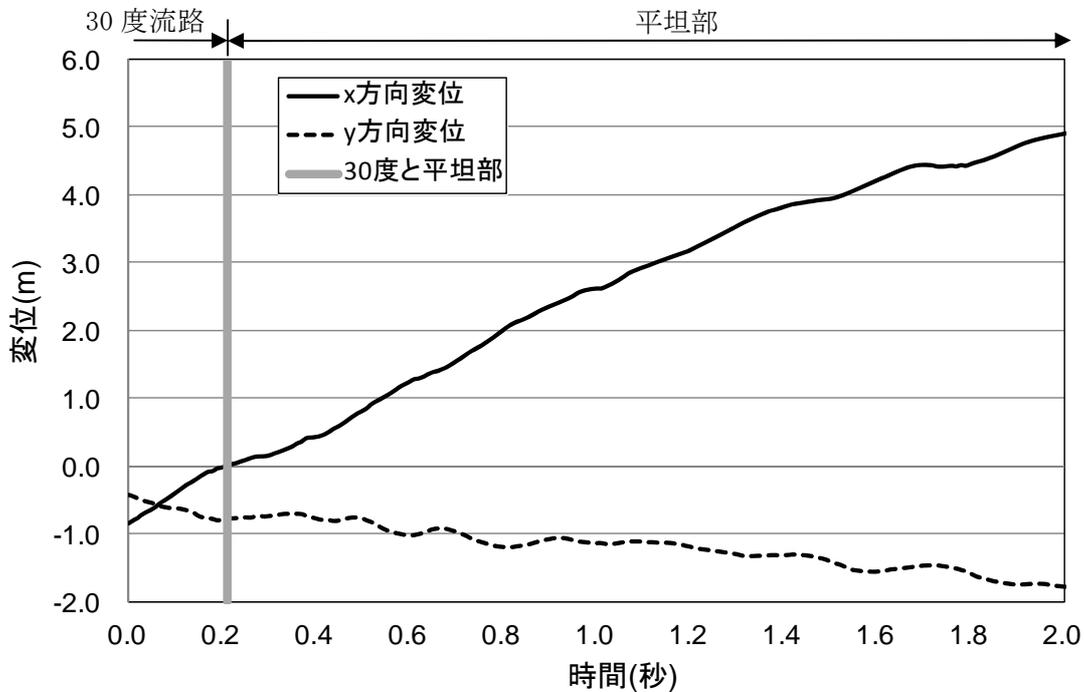


図 9.1.447(a) 岩塊模型の変位履歴

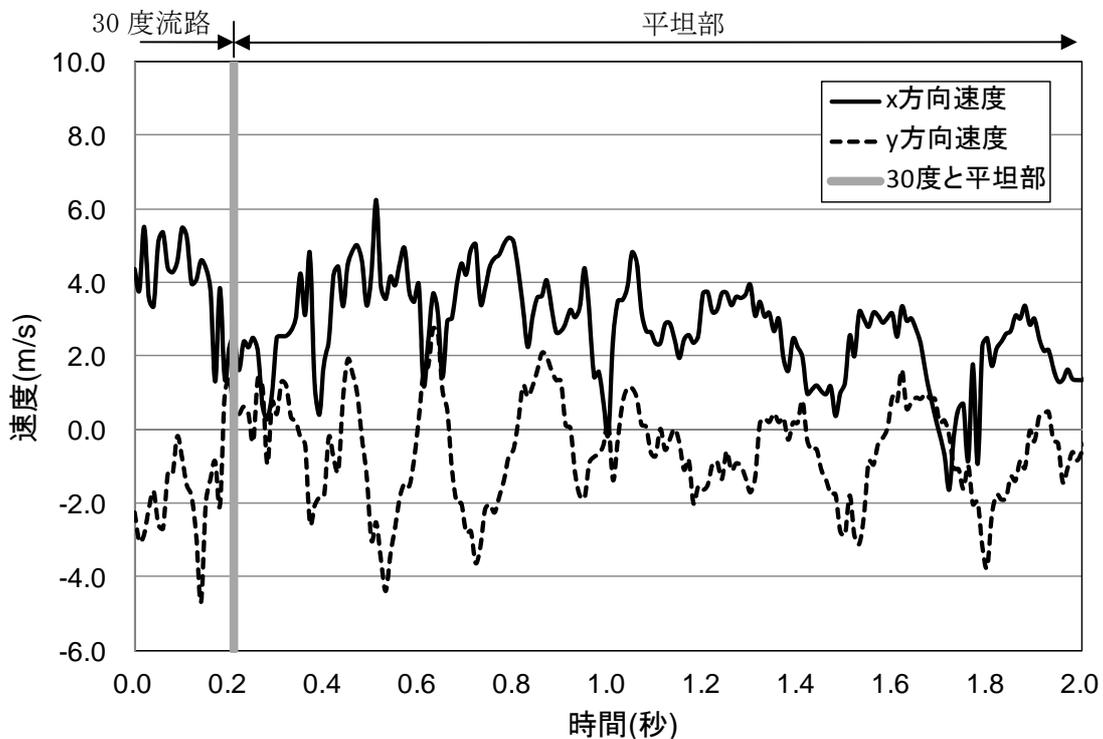


図 9.1.447(b) 岩塊模型の速度履歴

(11) No.33 板状 40cm 平面上

① 流路横

図 9.1.448 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.448 解析に用いた標点の位置

図 9.1.449 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路と 30 度流路にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

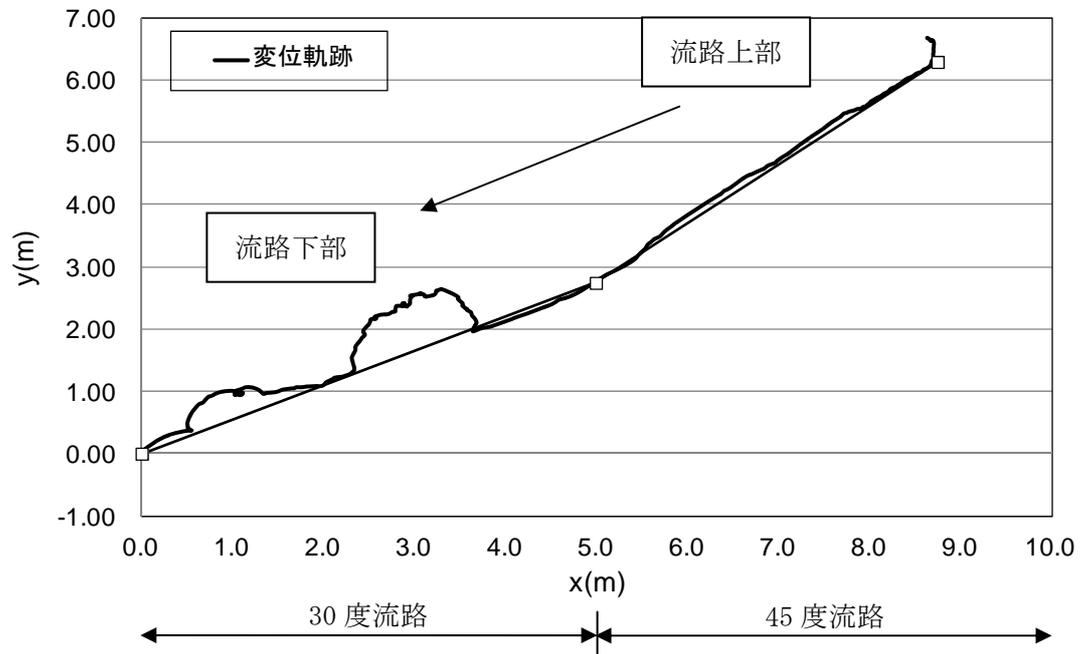


図 9.1.449 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 1. 450 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路部上部とアングル位置にて、跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路部で速度の x、y 方向成分が同様な挙動が見られ、45 度流路と 30 度流路の境界においては、x 方向成分、y 方向成分とも落下速度に変化が見られ、その後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、同岩塊の跳ね返りに伴い速度の増減を繰り返す挙動が見られた。

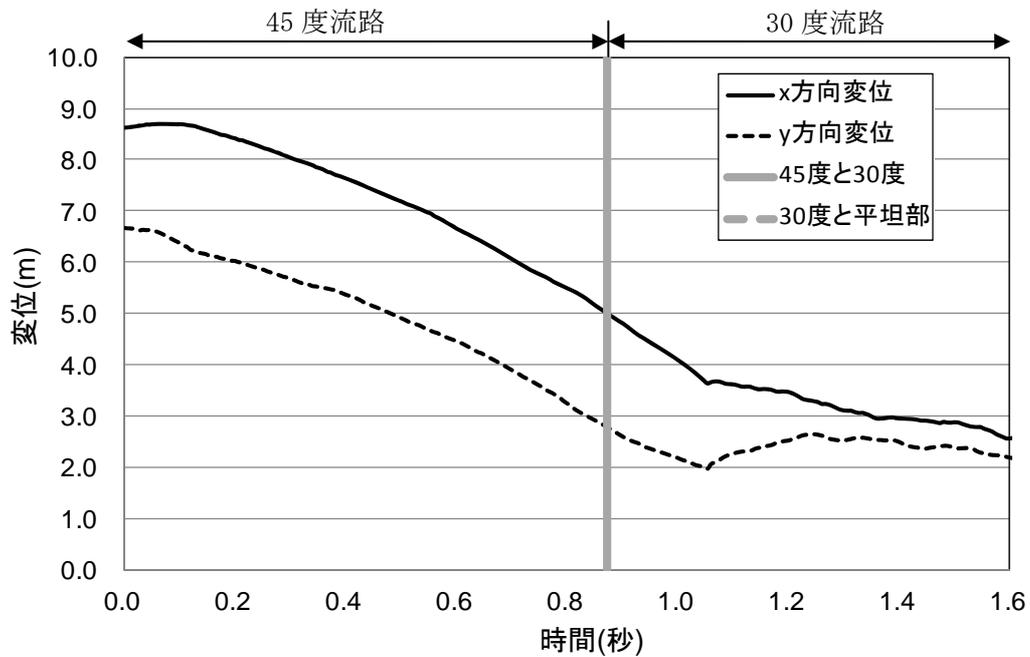


図 9. 1. 450 (a) 岩塊模型の変位履歴

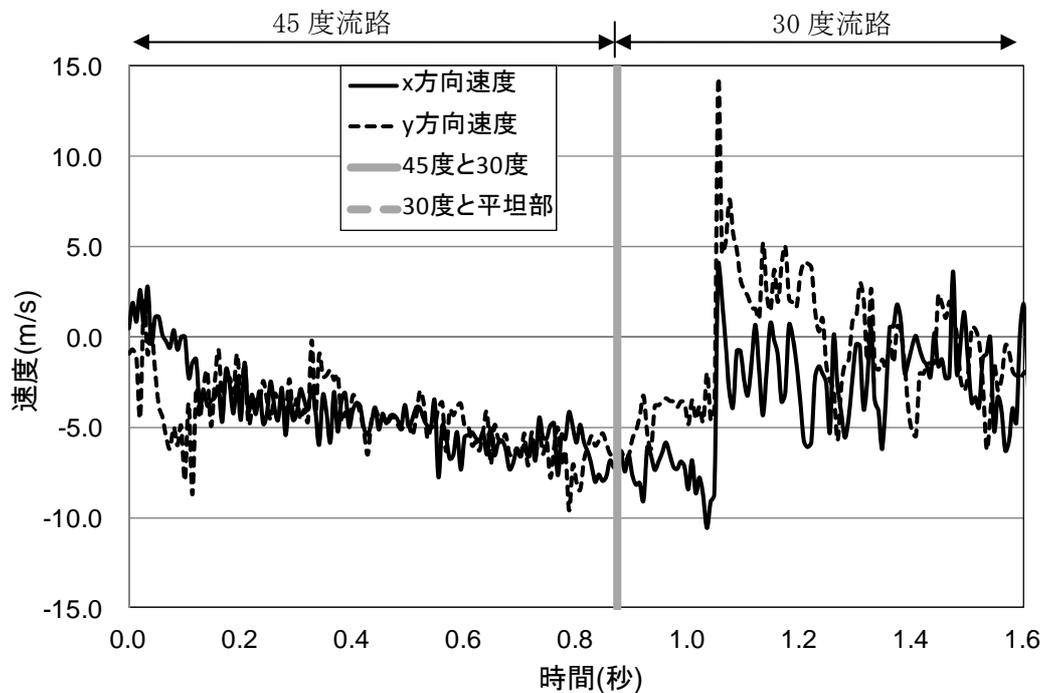


図 9. 1. 450 (b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.451 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路上部と 30 度流路部のアングル設置位置以降にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路上部で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時に、y 方向成分に落下速度が低下する挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が急激に下がり、y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そのうち、流路下部に向かって、同じような挙動がもう 1 回見られた。

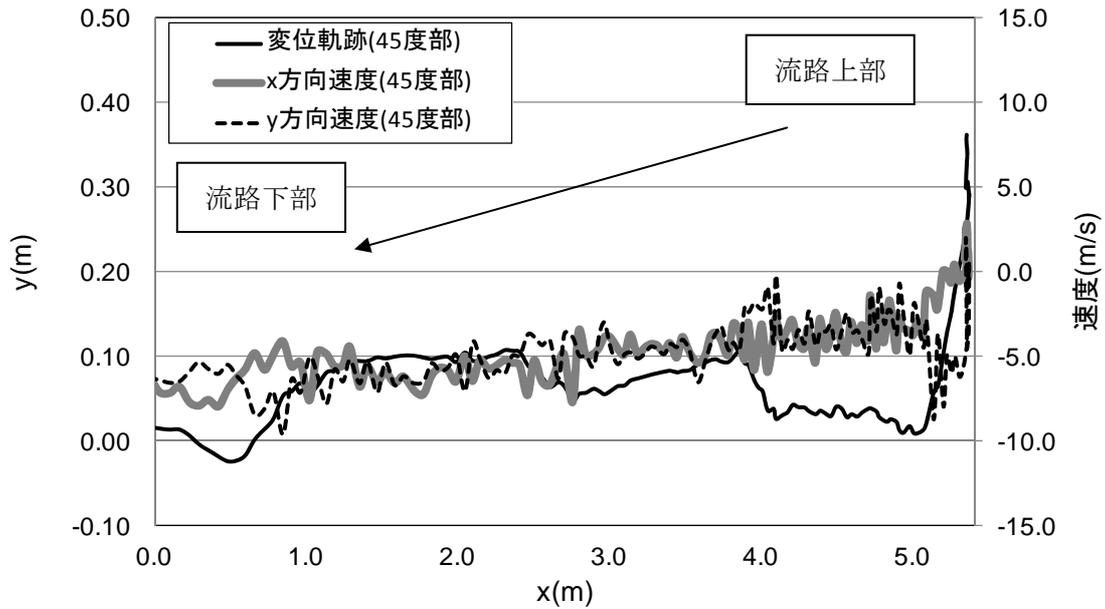


図 9.1.451 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

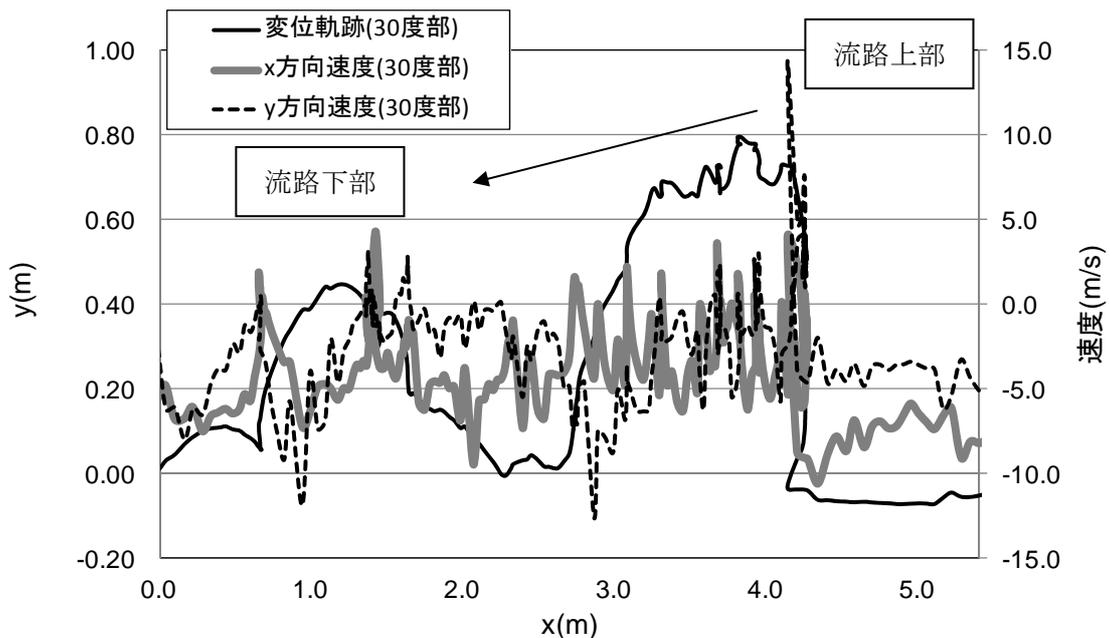


図 9.1.451 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.452 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

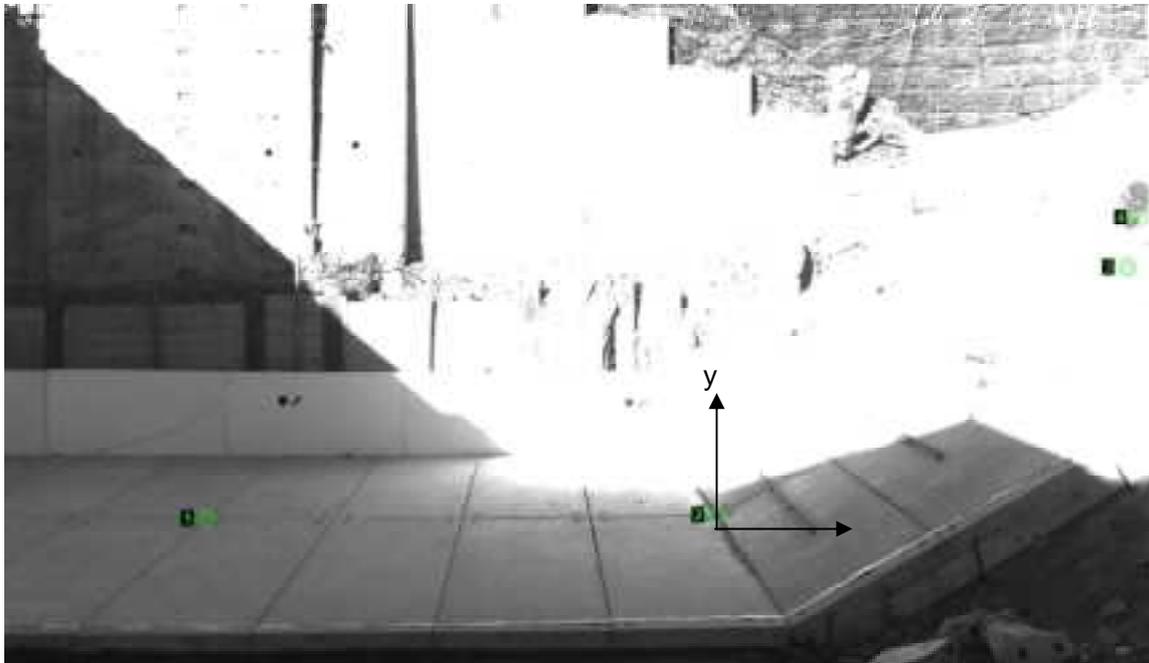


図 9.1.452 解析に用いた標点の位置

図 9.1.453 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部のアンクル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

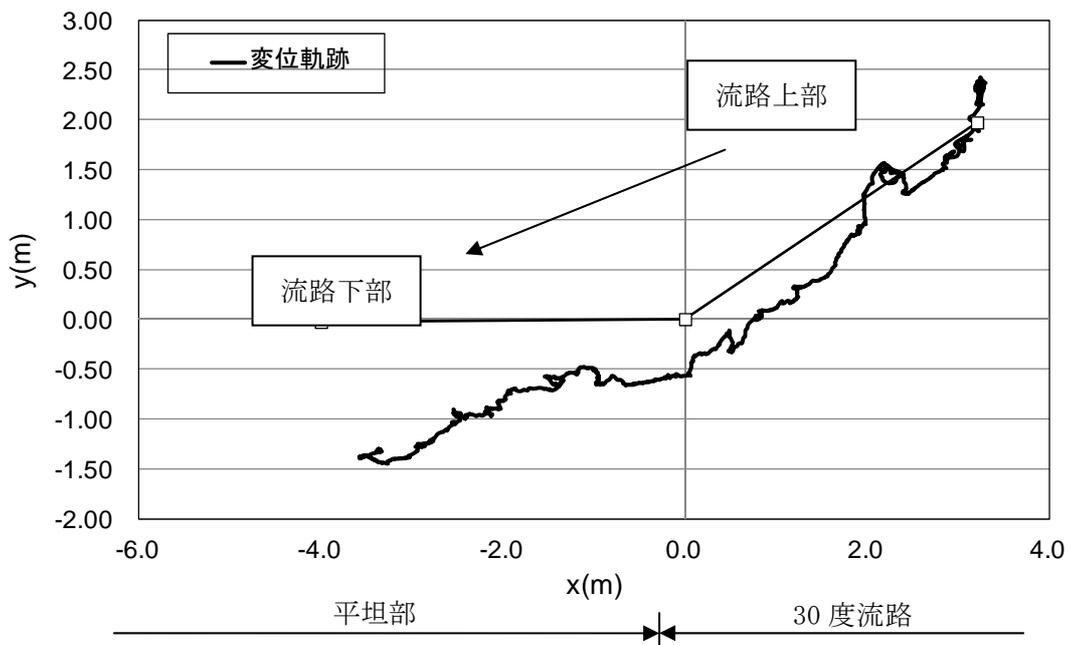


図 9.1.453 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.454 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置から 30 度流路下部にて x 方向成分と y 方向成分の落下速度の増減を繰り返した後、平坦部において、落下速度の x 方向成分、y 方向成分ともはゼロ付近に収束する挙動を示した。

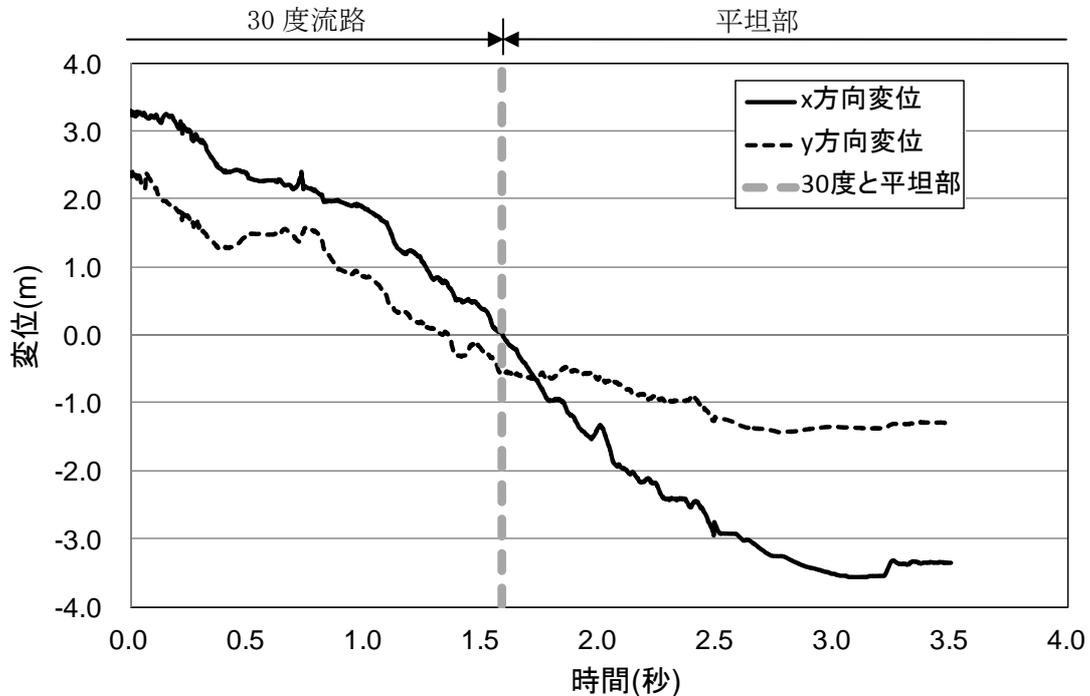


図 9.1.454(a) 岩塊模型の変位履歴

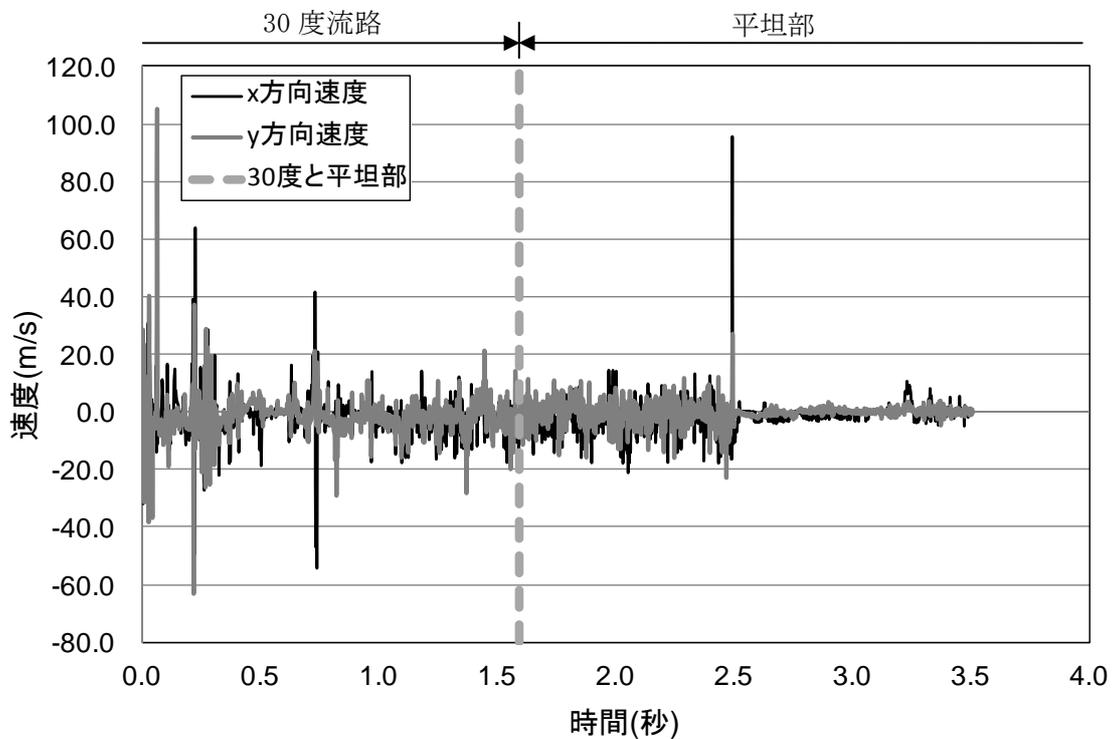


図 9.1.454(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 455 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、y 方向成分はゼロに収束していることが分かる。

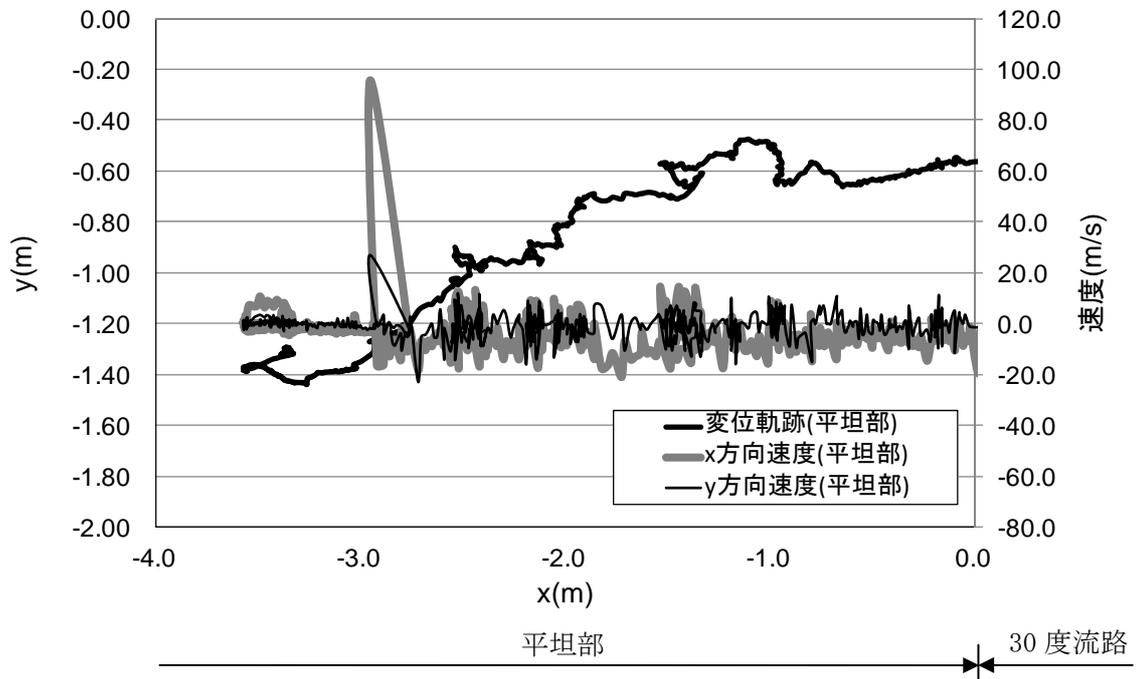


図 9. 1. 455 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.456 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

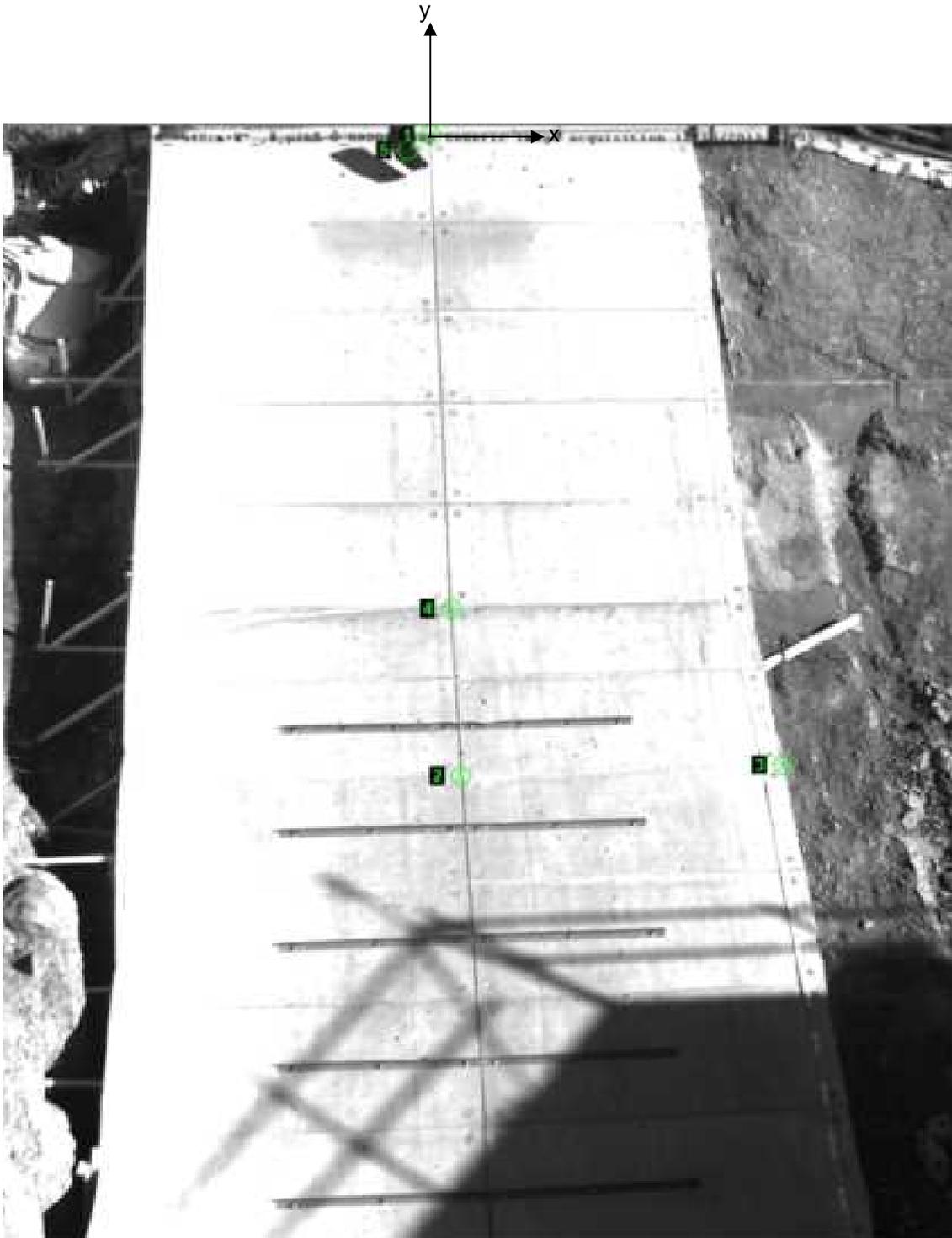


図 9.1.456 解析に用いた標点の位置

図 9.1.457 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、45 度流路では直線的な挙動が見られたが、アングル設置位置にて大きく右側に移動する挙動が見られた。

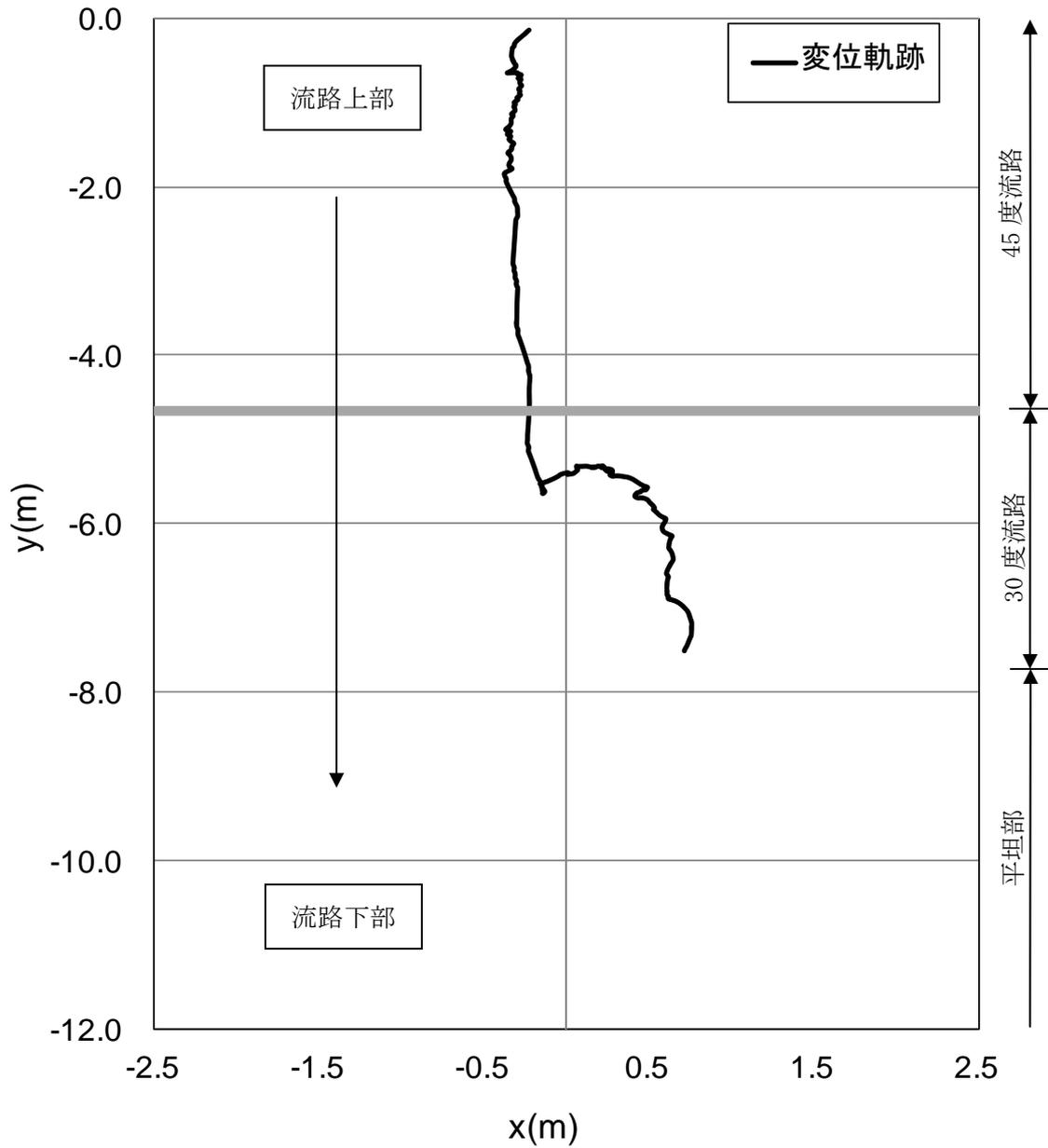


図 9.1.457 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.458 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で落下速度の y 方向成分が上方に向かって増加する挙動が見られた。

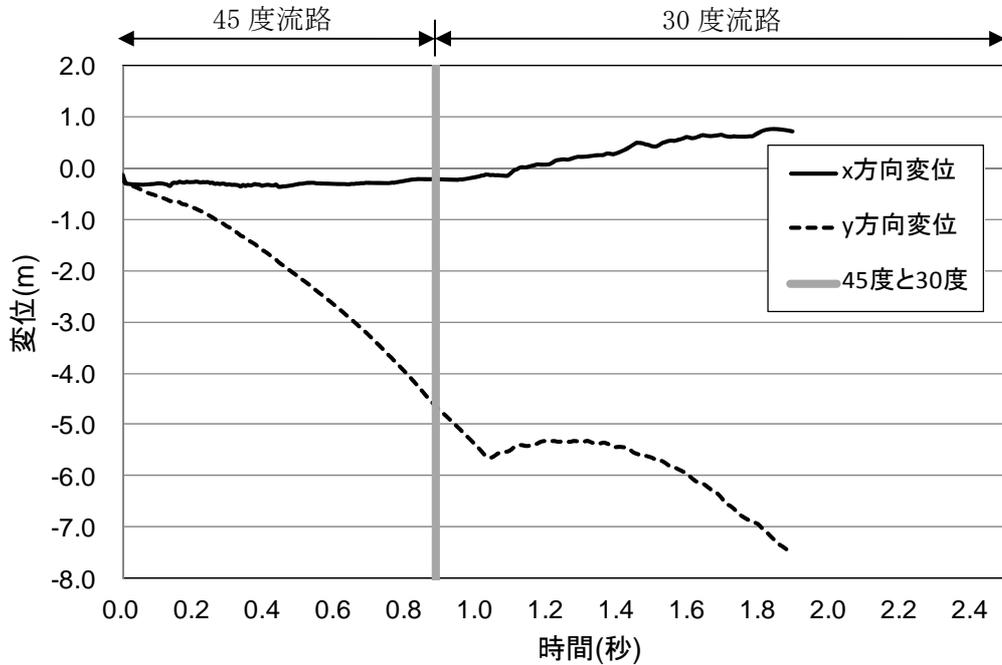


図 9.1.458(a) 岩塊模型の変位履歴

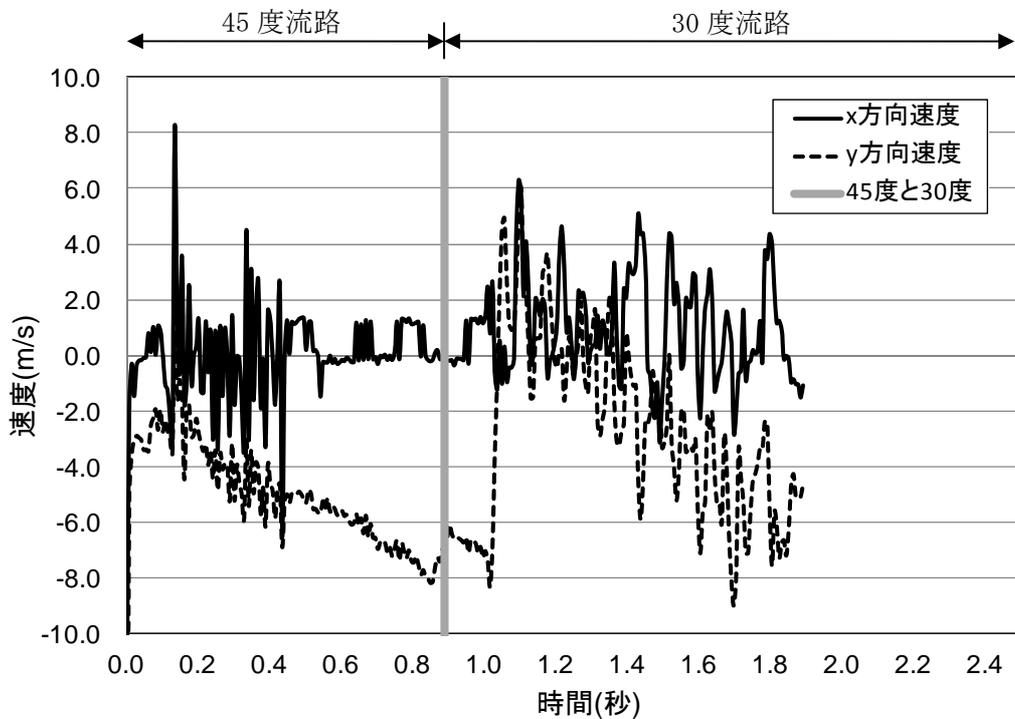


図 9.1.458(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.459 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。



図 9.1.459 解析に用いた標点の位置

図 9.1.460 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は平坦部で落下方向に変化が生じたものの、直線的に落下する挙動であった。

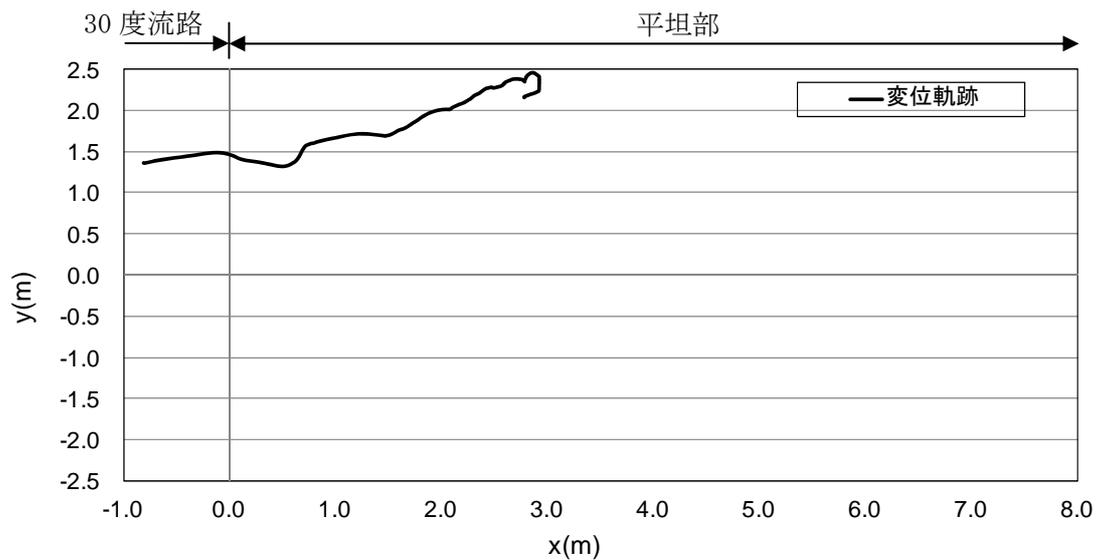


図 9.1.460 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.461 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、30度流路部と平坦部の境界で x 方向成分、y 方向成分とも速度が低下する挙動が見られ、平坦部では速度ゼロに収束するような挙動が見られた。

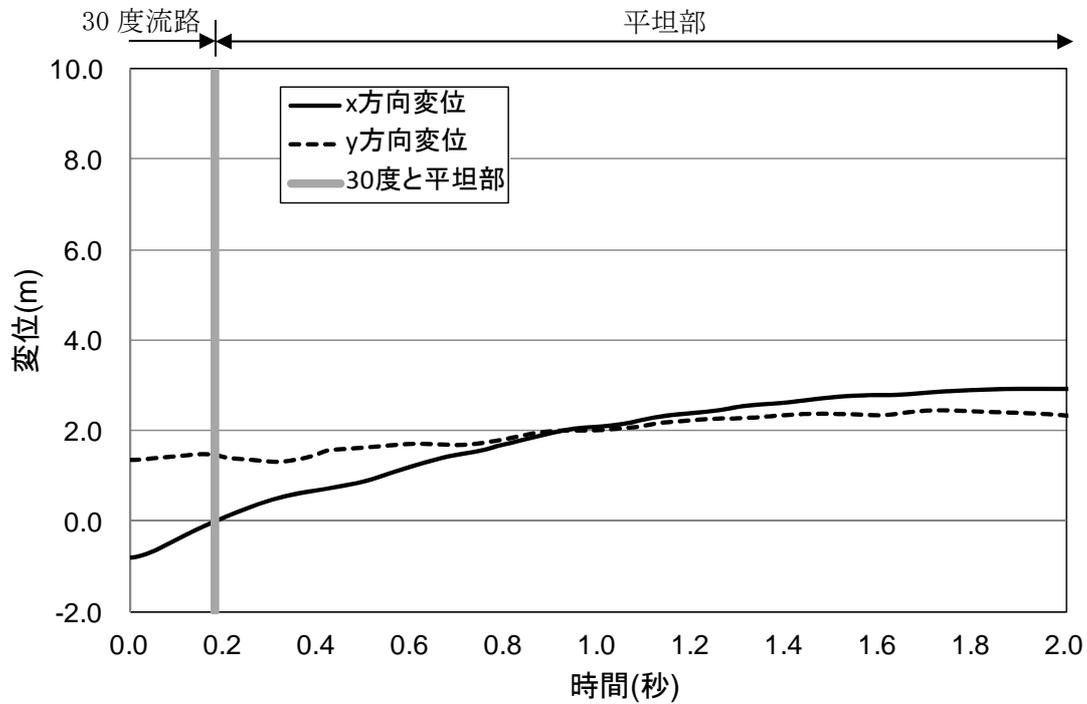


図 9.1.461(a) 岩塊模型の変位履歴

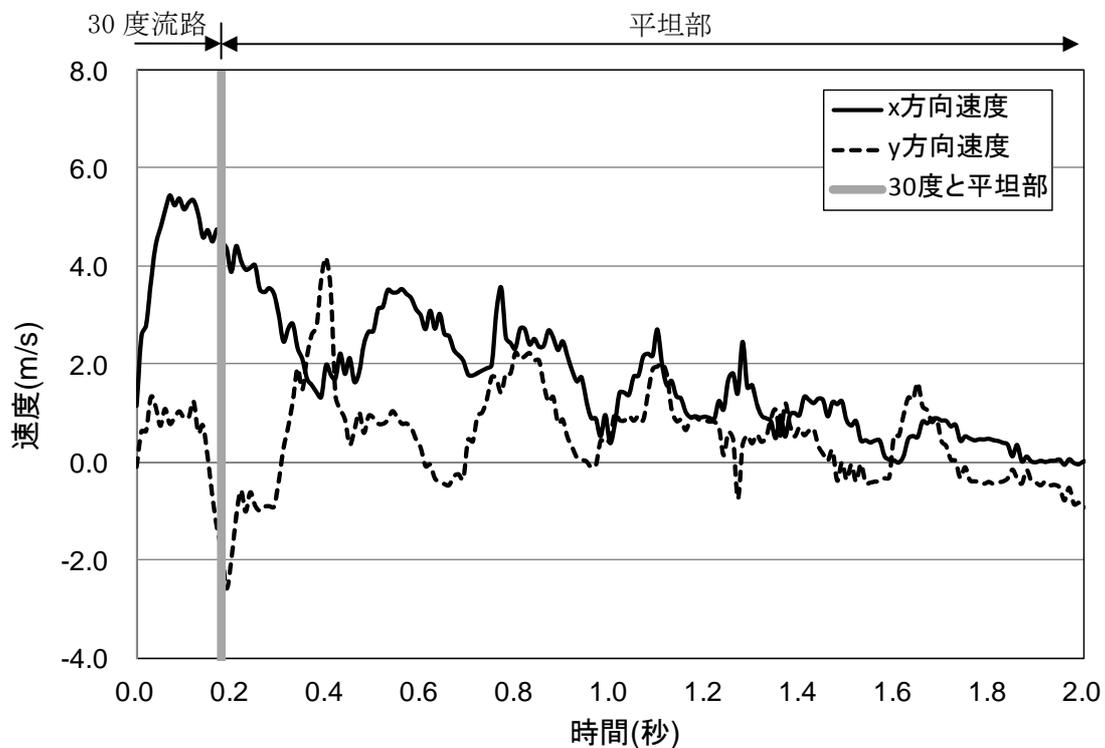


図 9.1.461(b) 岩塊模型の速度履歴

(12) No. 34 板状 20cm 平面上

① 流路横

図 9.1.462 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、45 度流路部と 30 度流路部で、図に示すように部分座標系を設け、それぞれの部位で変位と速度の軌跡を解析した。



図 9.1.462 解析に用いた標点の位置

図 9.1.463 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路上部と中間および 30 度流路にて跳ね返りが見られた。特に、アングル設置位置にて、大きく跳ね返る挙動が見られた。

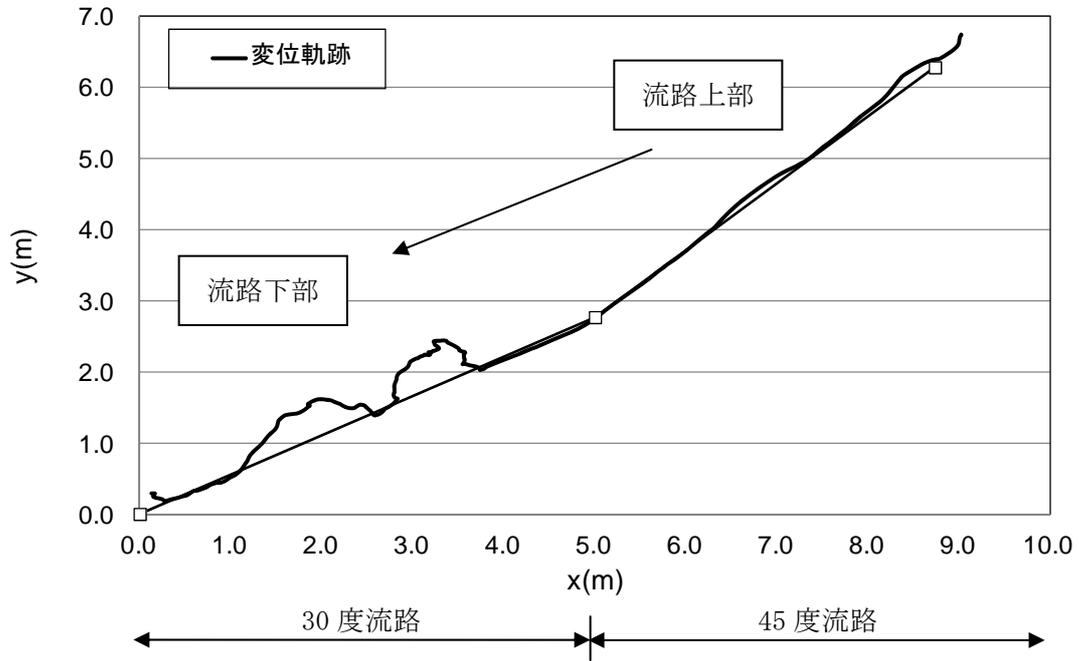


図 9.1.463 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 1. 464 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路上部と中間およびアングル位置にて、跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路上部と中間で、速度の y 方向成分が低下したのち、増加する挙動が見られ、45 度流路と 30 度流路の境界においては、x 方向成分が増加し、y 方向成分が低下する落下速度に変化が見られ、その後、アングル位置において x 方向成分の速度が急激に低下し、y 方向成分の速度が上方に向かって急激に上がる挙動が見られた。その後、同岩塊の跳ね返りに伴い速度の増減を繰り返す挙動が見られた。

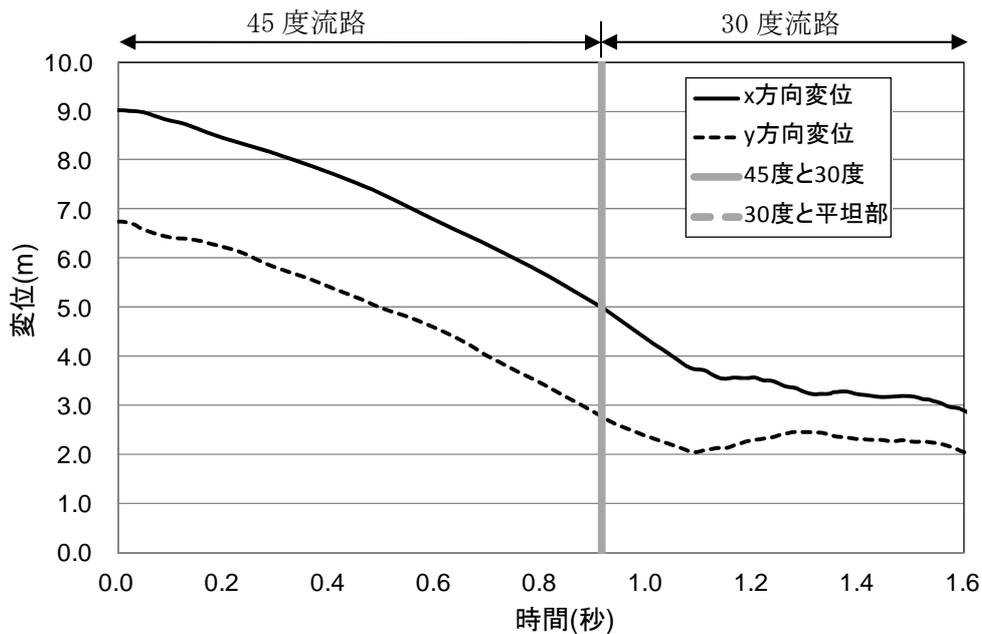


図 9. 1. 464(a) 岩塊模型の変位履歴

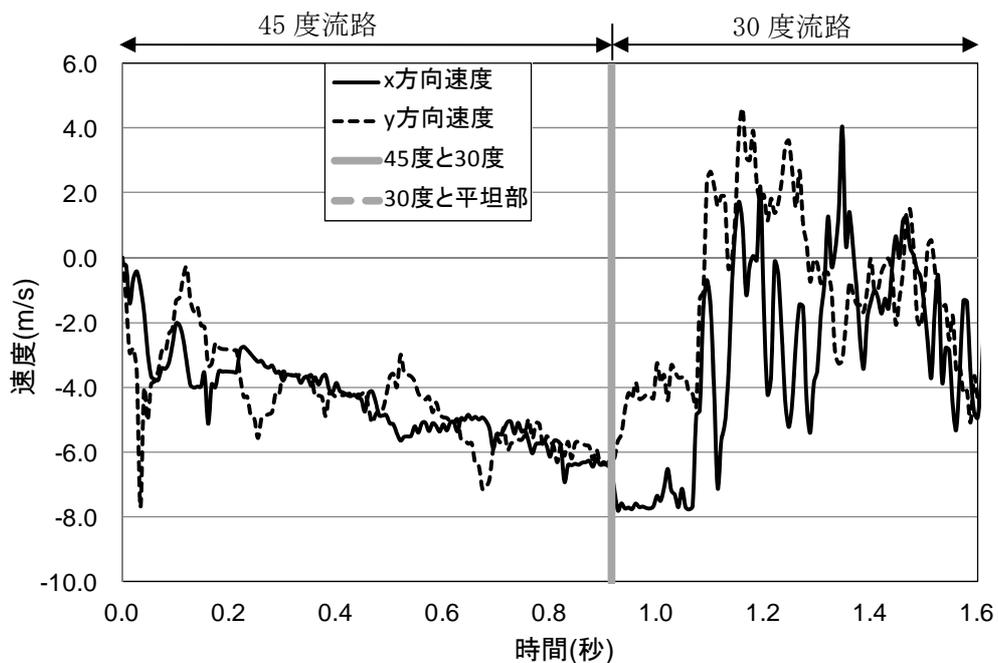


図 9. 1. 464(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 1. 465 に 45 度流路部と 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から 45 度流路上部と中間および 30 度流路部のアングル設置位置以降にて跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡から、45 度流路上面で跳ね返りが生じた際は、跳ね上がる時に、 y 方向成分に落下速度が低下し、落下する際に速度が上がる挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、 x 方向成分が急激に下がり、 y 方向成分は上方に向かって急激に速度が上がり、そののち、流路下部に向かって、同じような挙動がもう 1 回見られた。

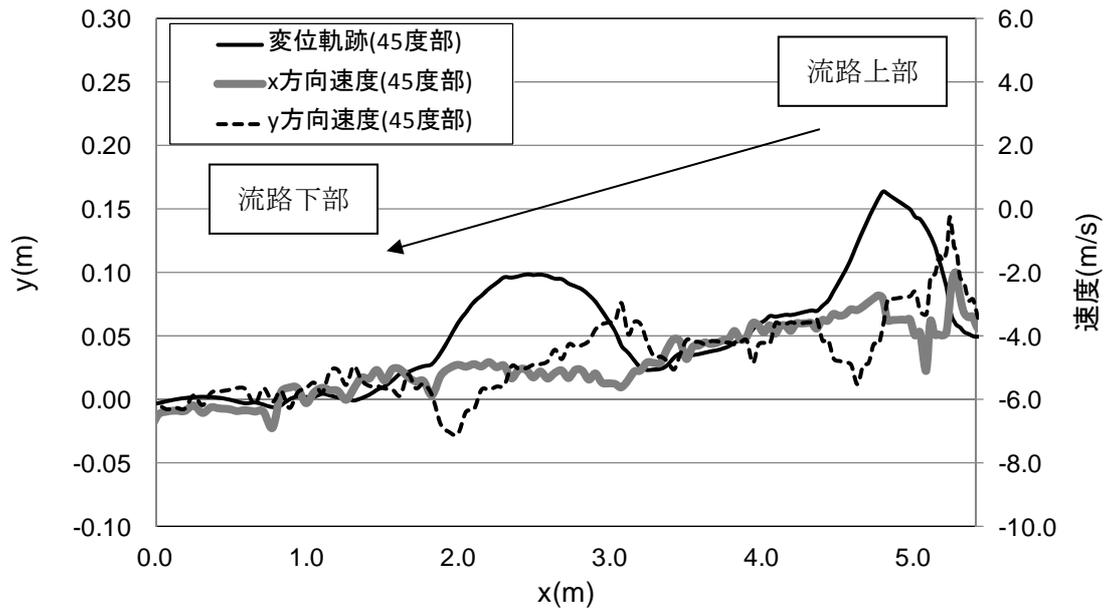


図 9. 1. 465 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

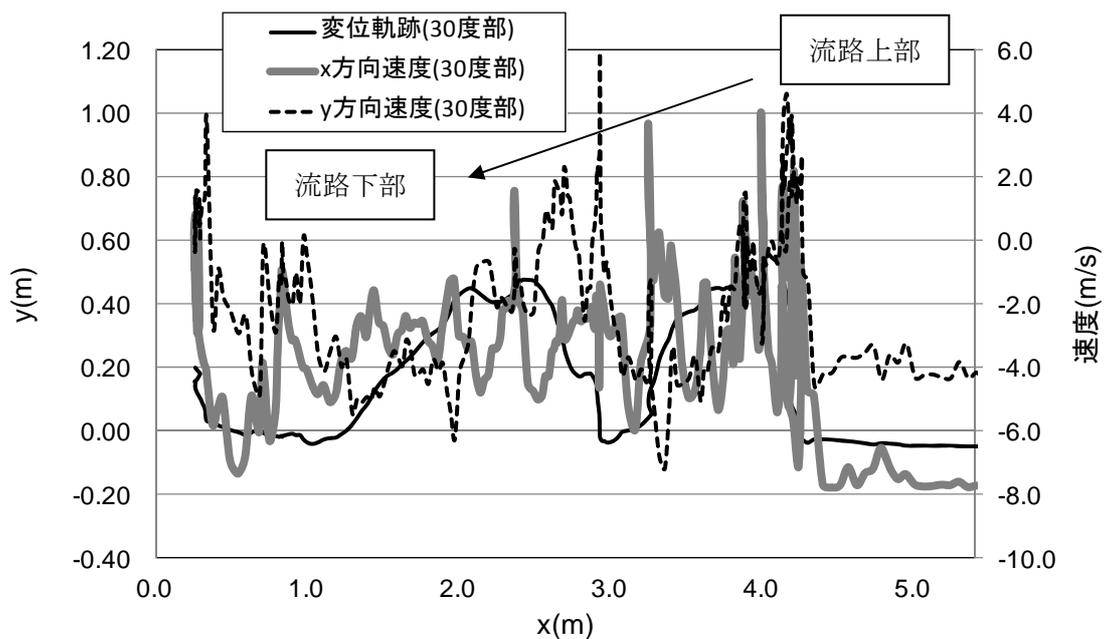


図 9. 1. 465 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.1.466 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 4 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 2 の標点を原点としたものである。

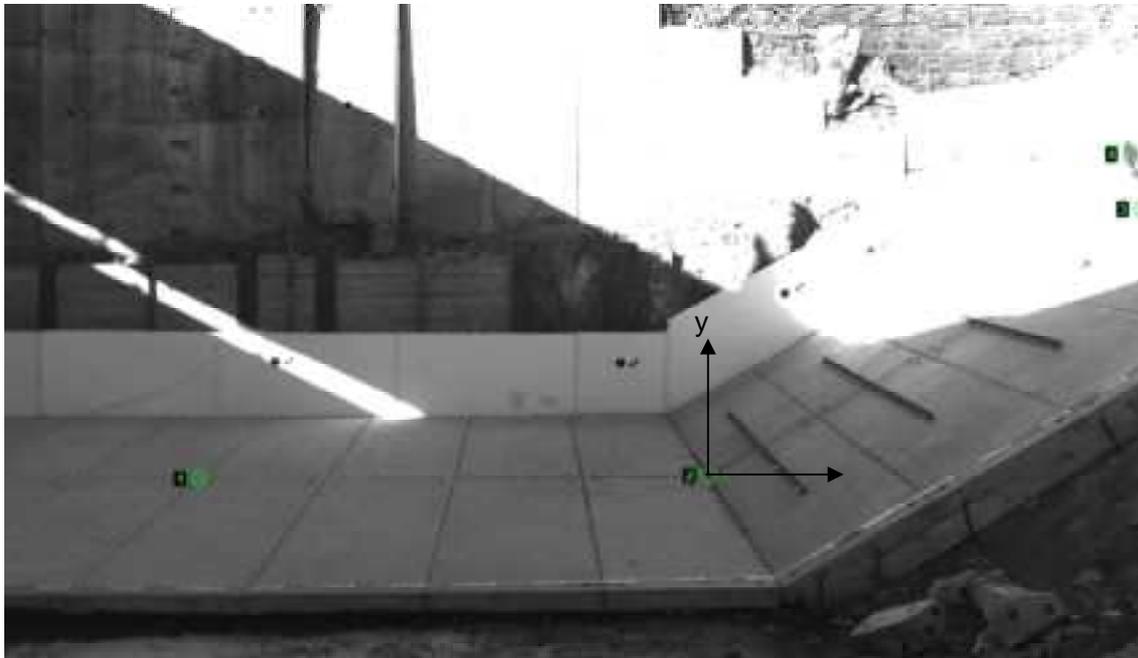


図 9.1.466 解析に用いた標点の位置

図 9.1.467 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路部のアンクル設置位置にて、跳ね返り挙動が見られた。なお、跳ね返り後は、岩塊の回転挙動が見られた。

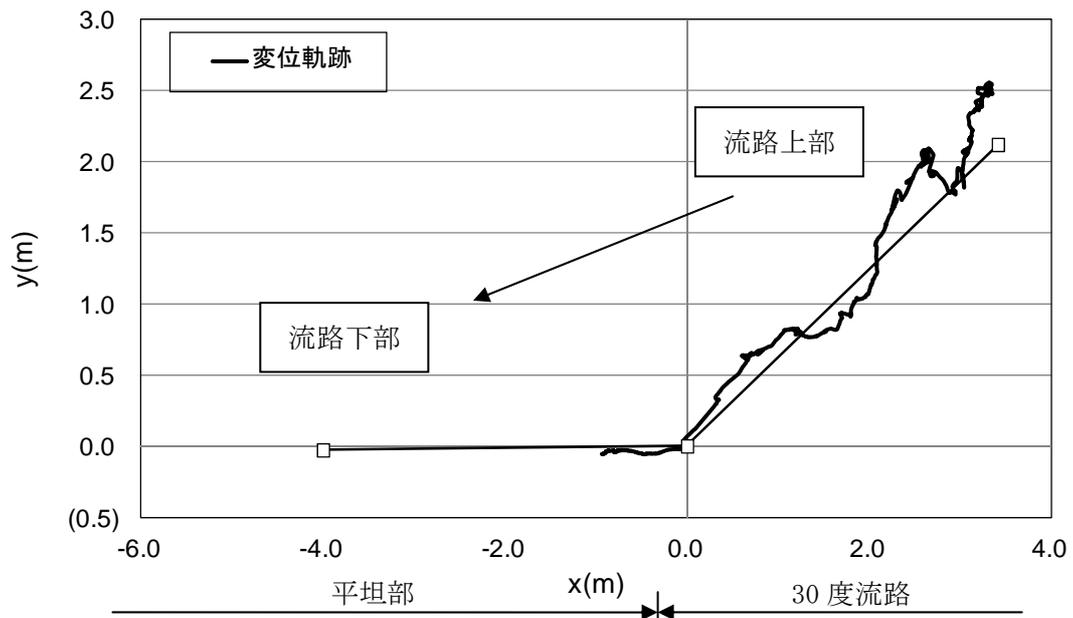


図 9.1.467 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.468 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置において跳ね返る挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置から 30 度流路下部にて x 方向成分と y 方向成分の落下速度の増減を繰り返した後、平坦部において、落下速度の x 方向成分、y 方向成分ともはゼロ付近に収束する挙動を示した。

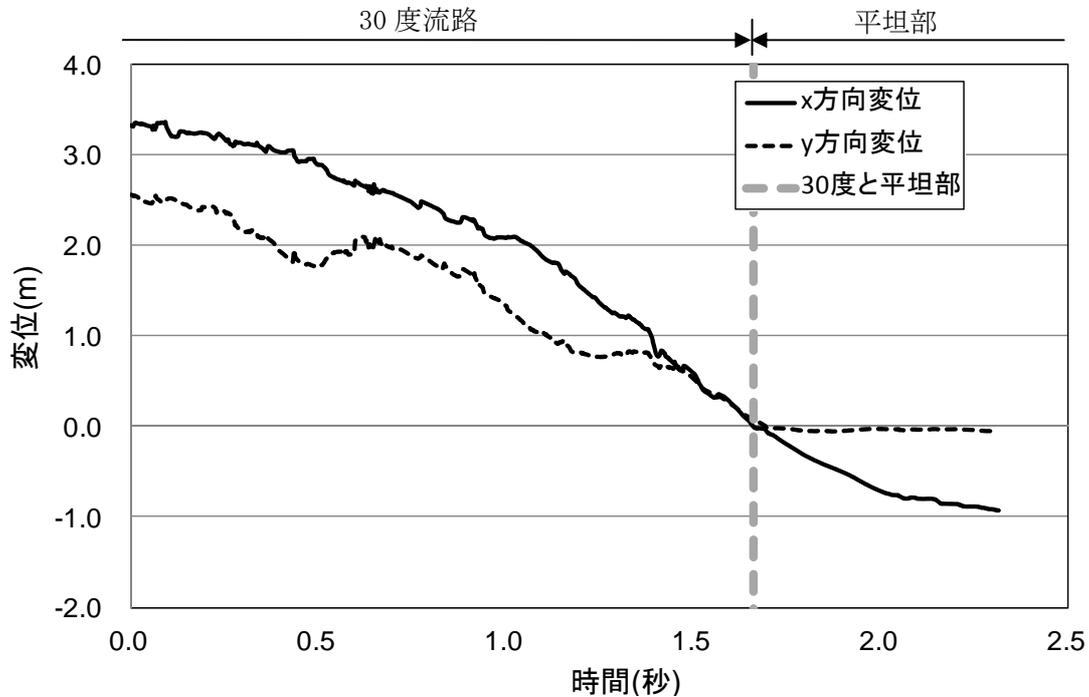


図 9.1.468(a) 岩塊模型の変位履歴

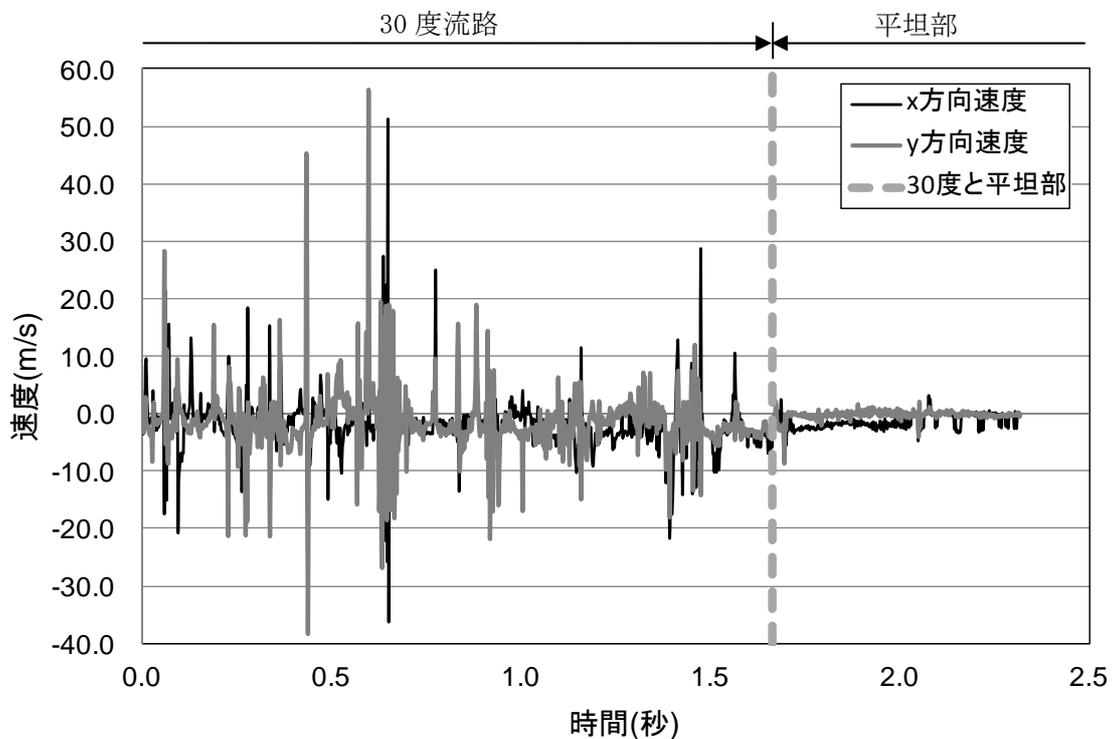


図 9.1.468(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.1.469 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から跳ね返りが生じていることが分かる。速度軌跡からは、y 方向成分はゼロに収束していることが分かる。

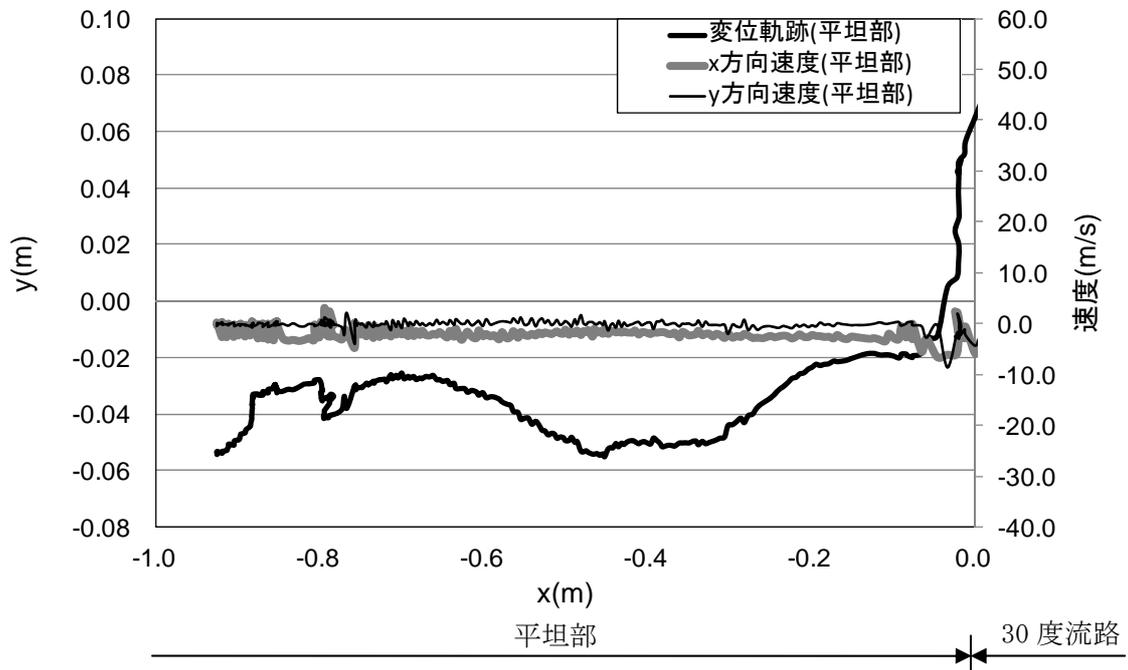


図 9.1.469 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.1.470 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 5 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 2 と 3 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

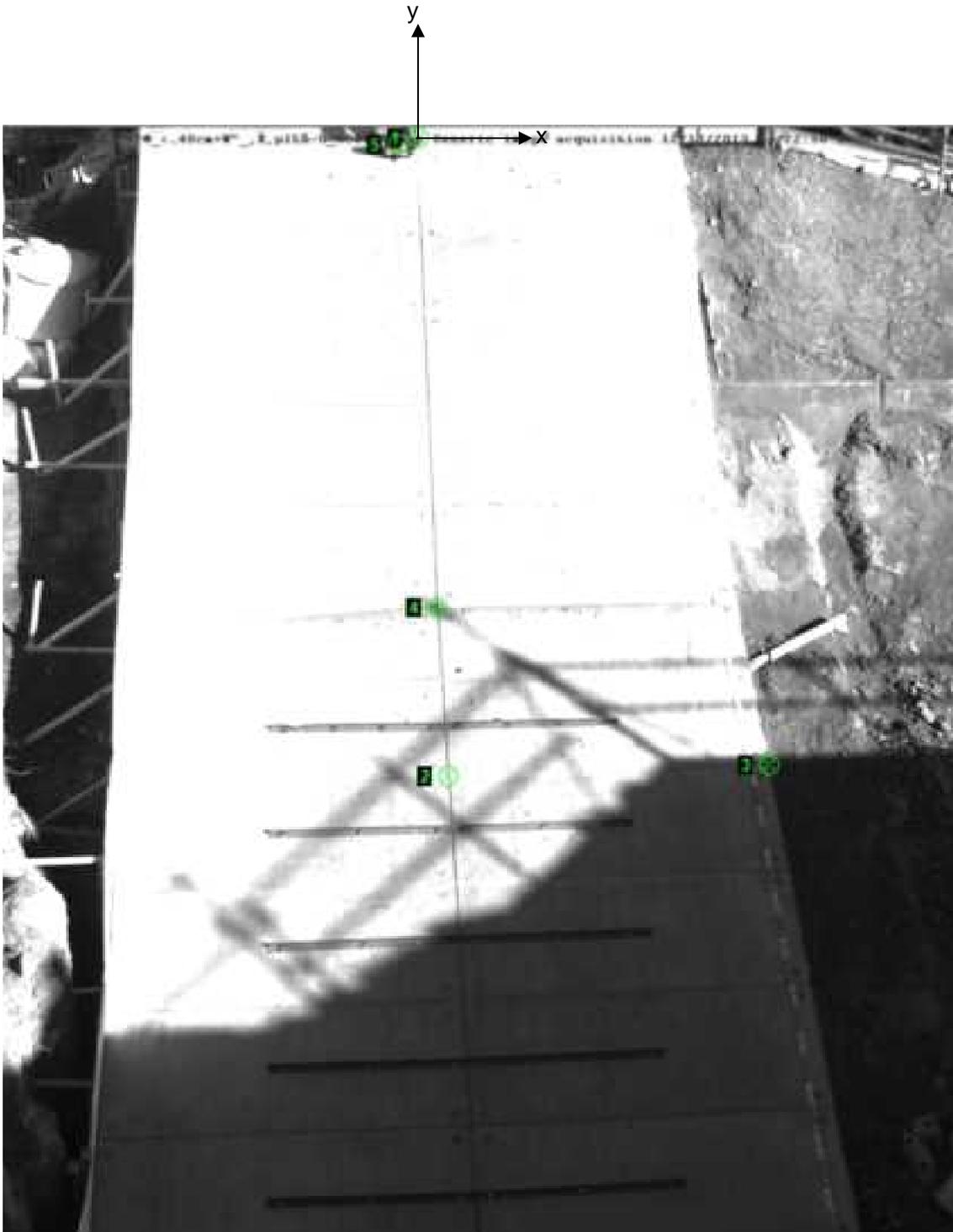


図 9.1.470 解析に用いた標点の位置

図 9.1.471 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、45 度流路では直線的な挙動が見られたが、アングル設置位置にて複雑に移動する挙動が見られた。

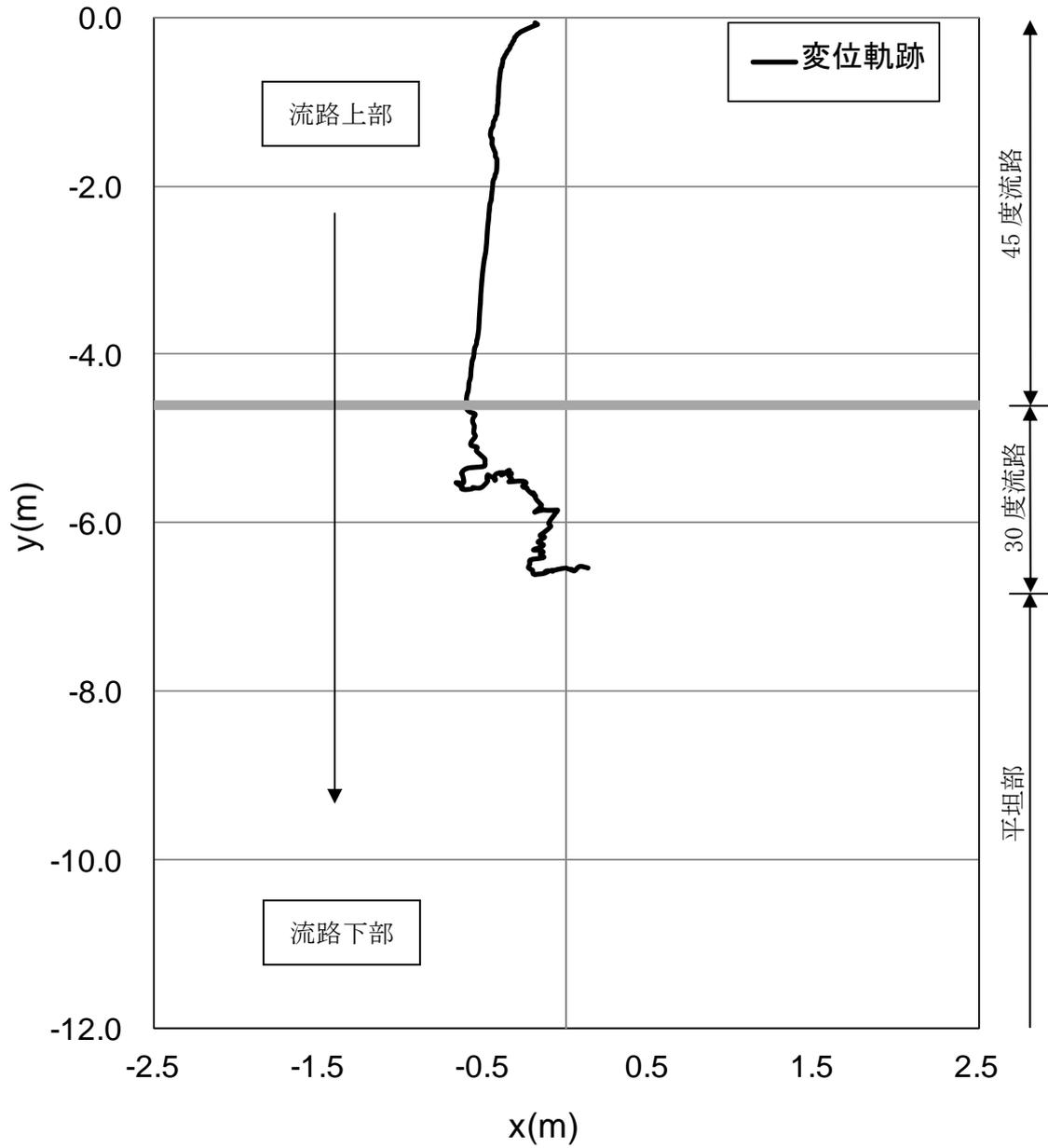


図 9.1.471 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.472 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からはアングル設置位置で跳ね返りの挙動が見られた。一方、速度履歴からは、アングル設置位置で落下速度の y 方向成分が上方に向かって増加する挙動が見られた。

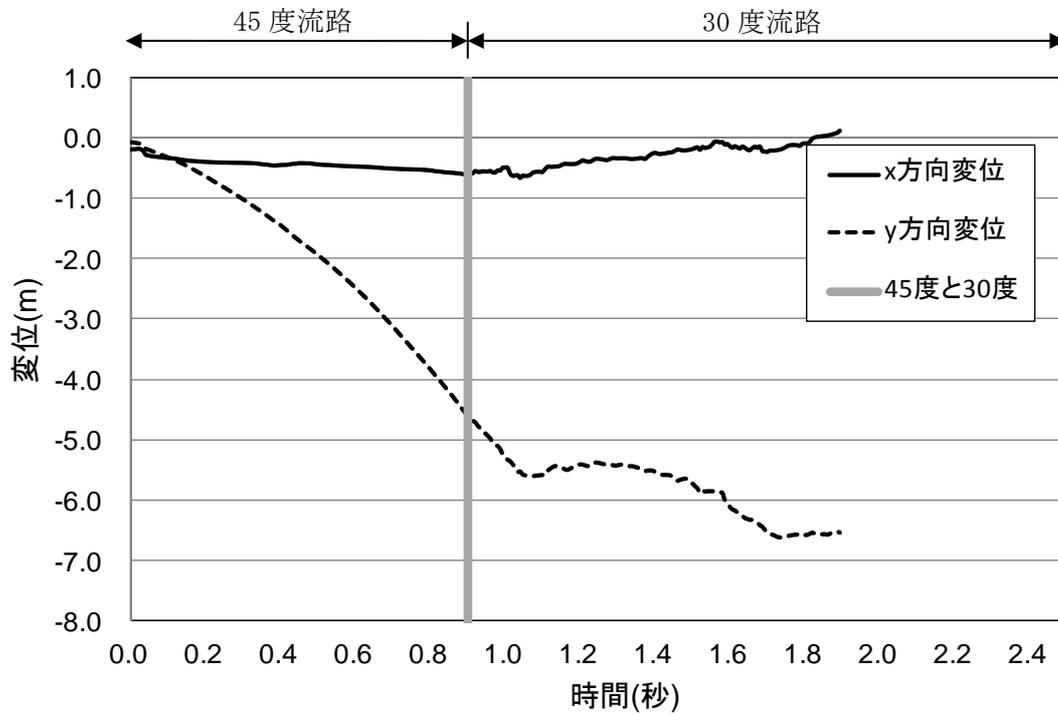


図 9.1.472(a) 岩塊模型の変位履歴

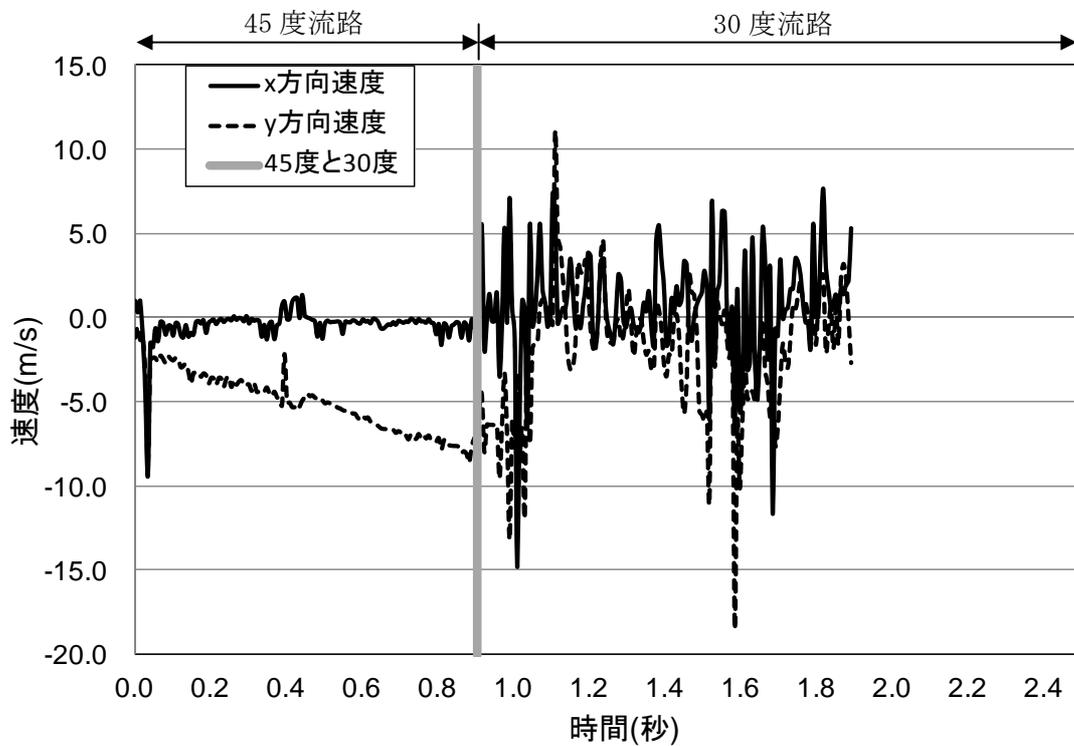


図 9.1.472(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.1.473 に解析に用いた標点の位置を示す。岩塊の軌跡を解析するために用いた標点番号は 3 である。その他の標点は座標固定のために用いた。全体座標は番号 1 の標点を原点としたものである。また、標点 1 と 2 から、カメラの撮影向きの座標補正を行った。

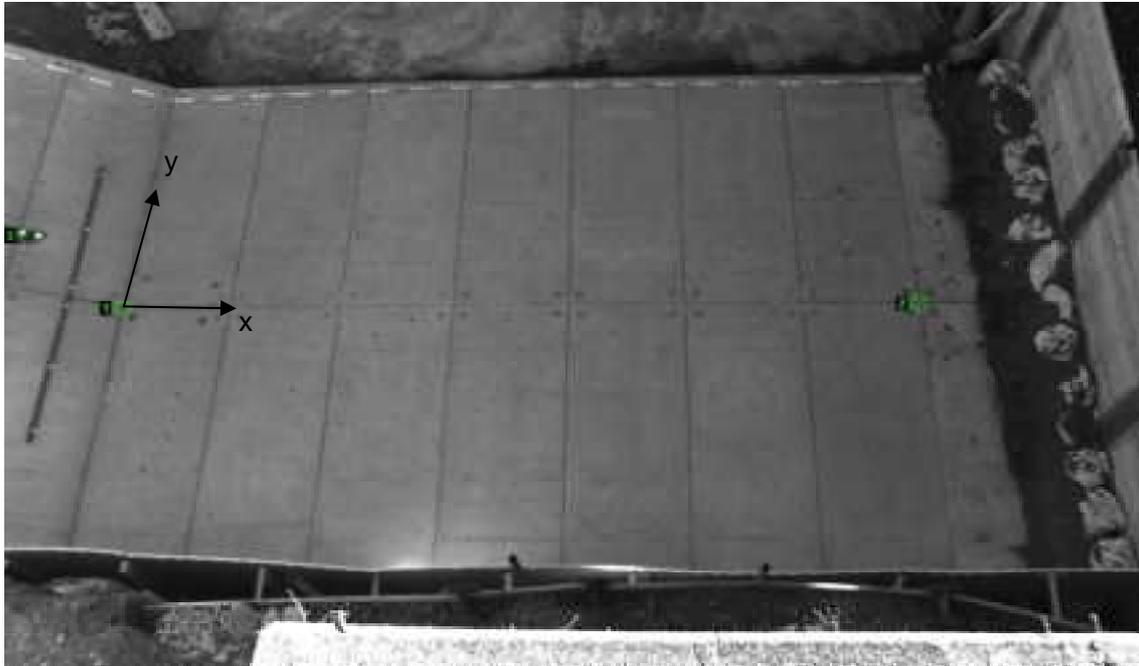


図 9.1.473 解析に用いた標点の位置

図 9.1.474 に岩塊模型の変位軌跡を示す。岩塊模型は 30 度流路部と平坦部の境界で落下方向を変え、平坦部では直線的に落下する挙動であった。

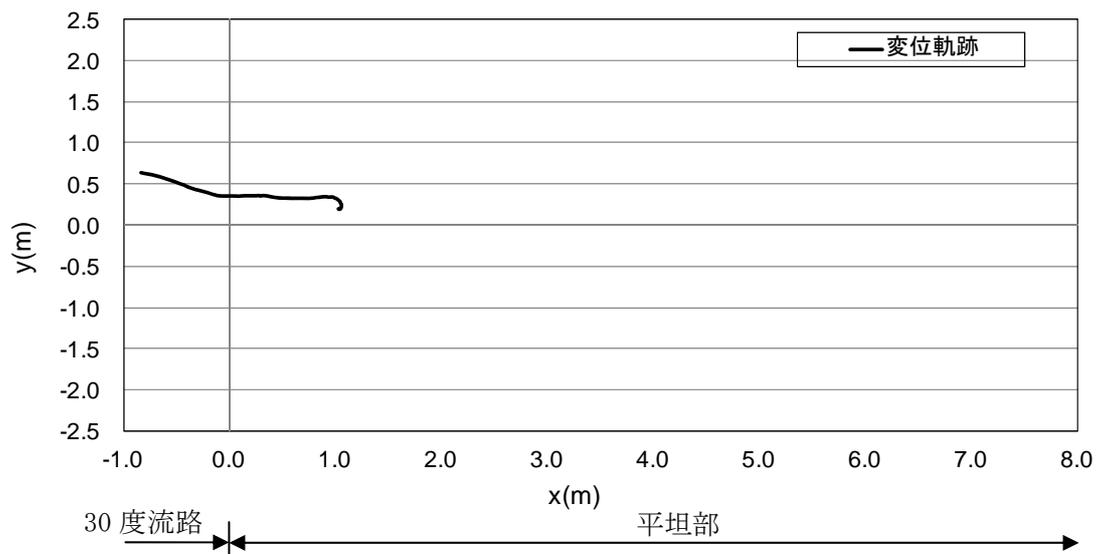


図 9.1.474 岩塊模型の変位軌跡

図 9.1.475 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは目立った変化が見られない。一方、速度履歴からは、x 方向成分、y 方向成分とも速度が低下する挙動が見られ、平坦部では速度ゼロに収束するような挙動が見られた。

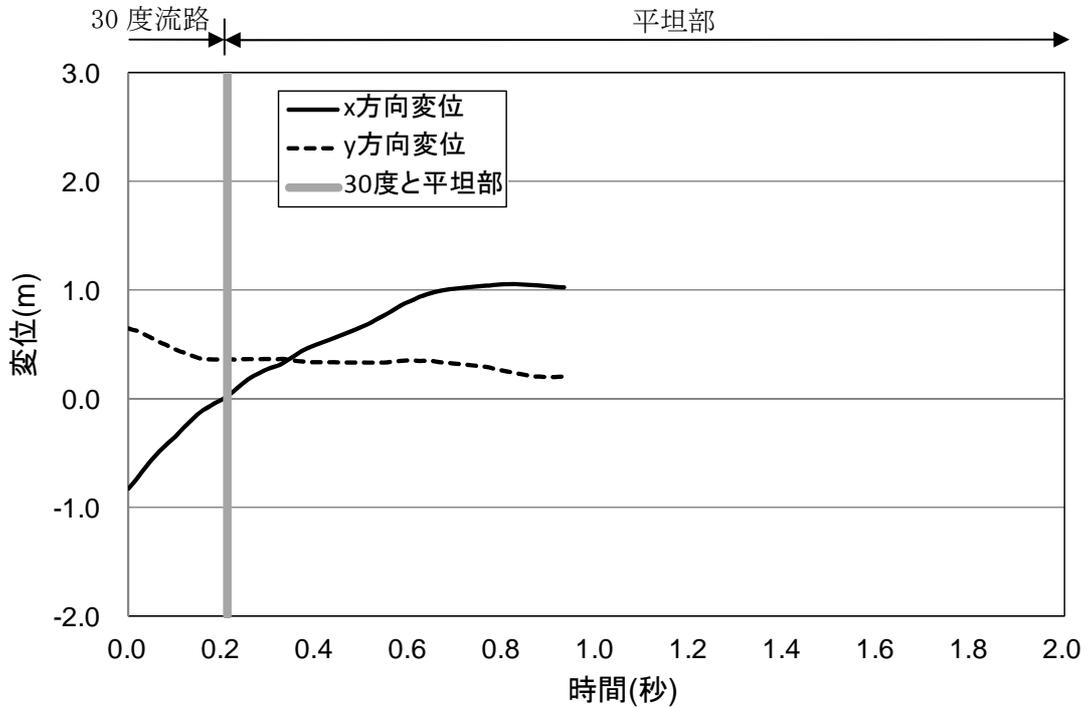


図 9.1.475(a) 岩塊模型の変位履歴

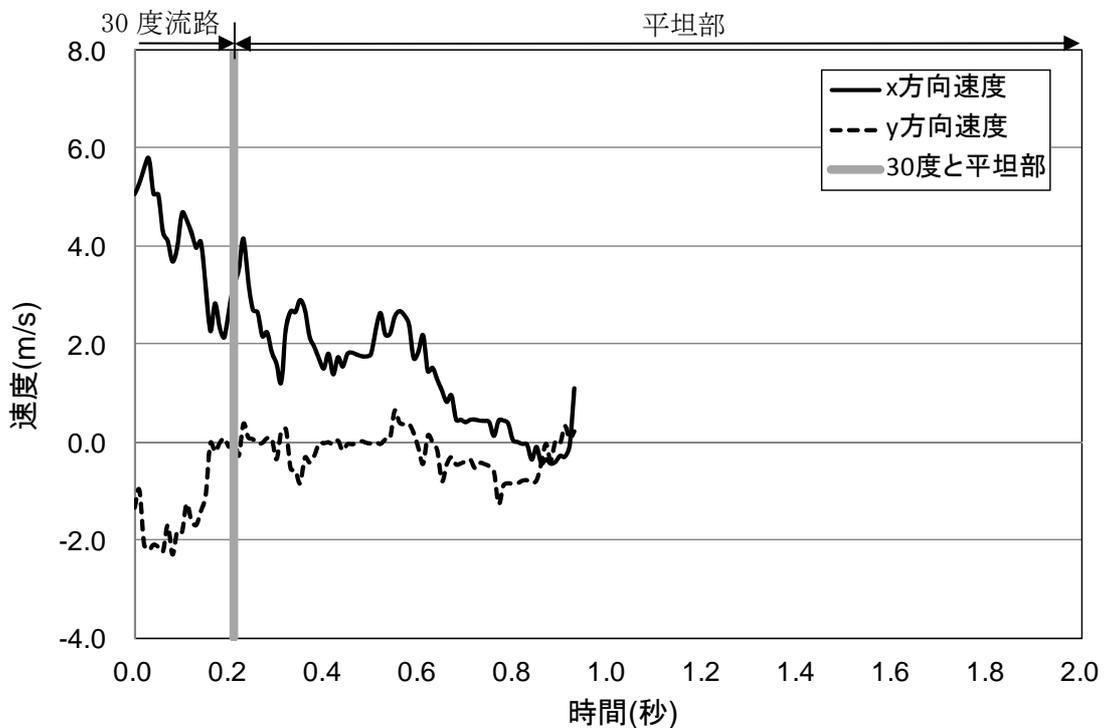


図 9.1.475(b) 岩塊模型の速度履歴

9. 1. 7 まとめ（壁無ケース）

壁無ケースにおける画像解析結果より、以下の点が考えられる。なお、ここでの x, y 方向は側面から見た場合の座標である。

（1）アングル材無の場合

・球形 20cm（代表ケース：no. 1）

- 1) 全体的に跳ね返りが多い。跳ね返り時は x, y 方向ともに落下方向（負方向）に加速する一方、岩塊上昇時（底面から離れる時）の上昇方向（正方向）の加速は小さい。
- 2) 平坦部において、速度の y 方向成分はゼロになるが、速度の x 方向成分は一定値であり、減速しない。

・塊状 20cm（代表ケース：no. 9, no. 36）

- 1) 流路部においては、挙動が転動、滑動傾向に拘わらず、違いは顕著でない。共通して、跳ね返り時、速度が多少変動する。
- 2) 平坦部においては、速度の y 方向成分は全体的にゼロになるが、転動の場合、速度の x 方向成分の減速が顕著でない。一方、滑動の場合、速度の x 方向成分の減速が著しい。よって、到達距離は転動の方が大きくなる傾向がある。

・板状 20cm（代表ケース：no. 3）

- 1) 跳ね返り時、球形、塊状と異なり、速度の x, y 成分ともに変化がない。
- 2) 平坦部では、滑動になる場合が多く、速度の x 方向成分の減速が顕著である。よって、塊状よりも到達距離が小さくなる傾向がある。

・球形 40cm（代表ケース：no. 4）

- 1) 全体的に跳ね返りが少ない。速度は成分に拘わらずほぼ一定である。
- 2) 平坦部において、速度の y 方向成分がゼロにならない。これは、回転挙動が卓越したためと考えられる。

・塊状 40cm（代表ケース：no. 5）

- 1) 全体的に跳ね返りが多い。ただし、跳ね返り時の速度変化が小さい。
- 2) 平坦部では、速度の y 方向成分がゼロになる。

・板状 40cm（代表ケース：no. 8）

- 1) 滑動の挙動が卓越する。
- 2) 跳ね返りが生じても速度変化は小さい。
- 3) 平坦部では、速度の y 方向成分がゼロになる。

・ 碎石と土砂

- 1) 速度の x 方向成分は、流路勾配に拘わらず一定の傾向がある。一方、速度の y 方向成分は 30 度部で減速する傾向がある。
- 2) 土砂の方が平坦部での減速が大きい傾向がある。

・ 回転量（角速度）

- 1) 標点 2 点から求めた角速度は、実験結果と整合のある結果であった。この値を用いることにより、解析的検討結果と定量的に回転の挙動を比較できると考えられる。
- 2) 球形では、一方向の回転が卓越する一方、その他のケースでは、回転方向が変動した。

(2) アングル材有の場合

- 1) 全体的にアングル材衝突後、速度が減速する。特に速度の y 方向成分の減速が顕著である。その後、平坦部に到達すると、速度はほぼゼロになり滑動挙動が卓越する。滑動状態では、速度の x 方向成分も減速し、即停止する傾向がある。
- 2) 衝突時の速度低下が、板状で特に著しい。ただし、流下直交方向への跳ね返りは、板状で顕著である。
- 3) 球形においては、衝突後、速度の y 方向成分はゼロになる一方、速度の x 方向成分は一定値に収束し、停止しない。(代表ケース：no. 23)
- 4) 塊状においては、衝突後、速度が減速し、滑動挙動となって停止する傾向が多い。(差表ケース：no. 24)
- 5) 板状においては、衝突時の減速が大きく、平坦部で即停止するケースが多い。(代表ケース：no. 34)
- 6) 3)～5)の傾向は、岩塊模型のサイズに拘わらず共通である。

(3) 速度のばらつきの傾向

画像解析より求めた速度のばらつきの傾向について分析した。

図 9. 1. 476 に球形 20cm における結果を示す。最大で-13.0m/s であり、平均的には-8.0m/s である。平坦部では、y 方向速度成分がゼロ近くなるが、x 方向速度成分は減速しない。また、アングル有のケースでは全体的に速度が小さくなる。なお、標点有のケース (no. 17) 平坦部での速度が大きくなったのは、30 度部と平坦部境界で跳ね返りが生じたためと考えられる。

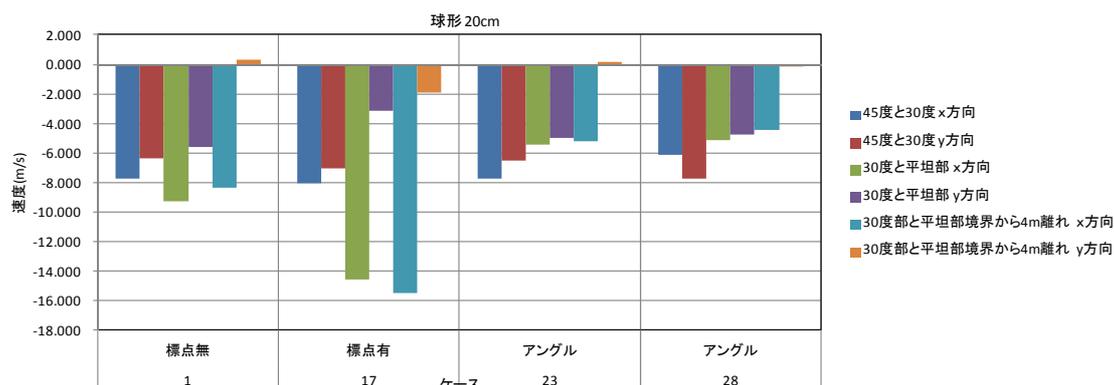


図 9. 1. 476 球形 20cm での速度

図 9. 1. 477 に球形 40cm における結果を示す。最大で-9.0m/s であり、平均的には-7.0m/s である。平坦部では、y 方向速度成分がゼロ近くなる。一方、アングル有のケースでは、速度の x 方向成分が減速する場合がある。

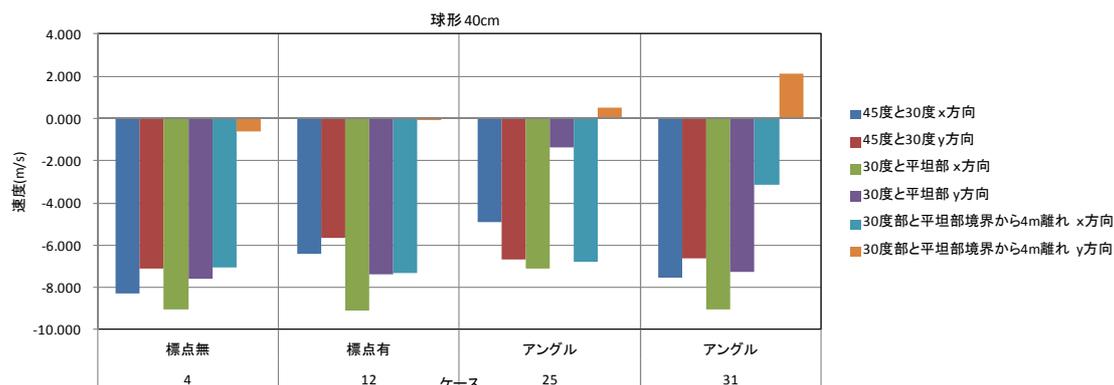


図 9. 1. 477 球形 40cm での速度

図 9. 1. 478 に塊状 20cm における結果を示す。最大で-13. 0m/s であり、平均的には-7. 0m/s である。また、No. 2 と No. 9 は特に平坦部で滑動が卓越したものである。平坦部では、y 方向速度成分が滑動の場合ゼロ近くになるが、転動が卓越するとゼロにならない。また、アングル有のケースでは減速が著しい。

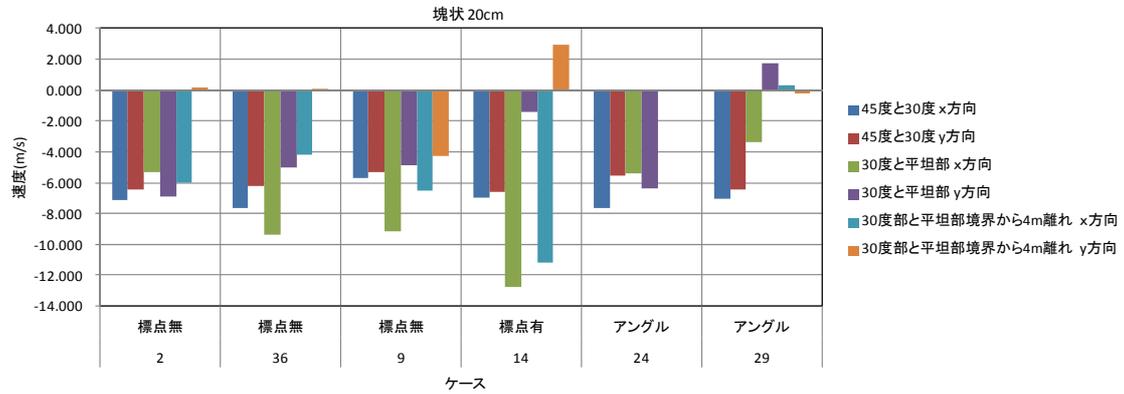


図 9. 1. 478 塊状 20cm での速度

図 9. 1. 479 に塊状 40cm における結果を示す。最大で-10. 0m/s であり、平均的には-6. 0m/s である。また、No. 5 は滑動挙動が卓越したものである。平坦部では、y 方向速度成分がゼロ近くになる。また、滑動の場合の減速が大きく、アングル有のケースでは、塊状 20cm ほど減速しない。

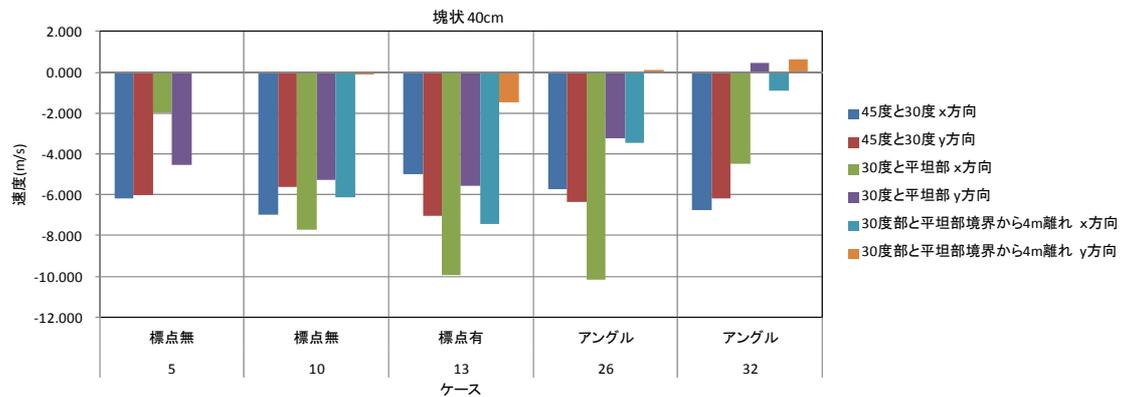


図 9. 1. 479 塊状 40cm での速度

図 9. 1. 480 に板状 20cm における結果を示す。最大で-9.0m/s であり、平均的には-8.0m/s である。また、No. 3 は滑動が顕著なものである。平坦部では、y 方向速度成分がゼロ近くになる。しかし、x 方向の減速は小さい。ただし、アングル有のケースでは減速が他形状以上に顕著である。

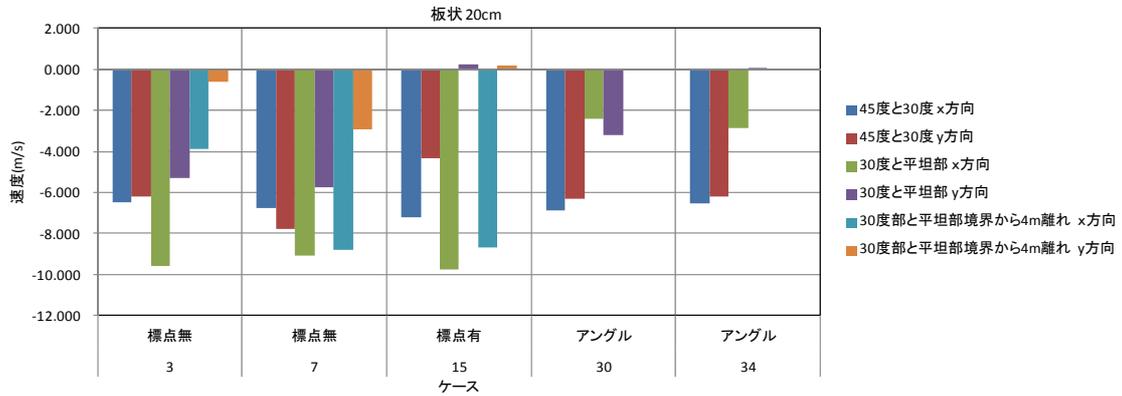


図 9. 1. 480 板状 20cm での速度

図 9. 1. 481 に板状 40cm における結果を示す。最大で-10.0m/s であり、平均的には-7.0m/s である。No. 6, 11 は滑動が顕著なものである。平坦部では、y 方向速度成分がゼロ近くになる。ただし、x 方向成分の減速は小さい。アングル有のケースでは速度ゼロになるほど減速している。

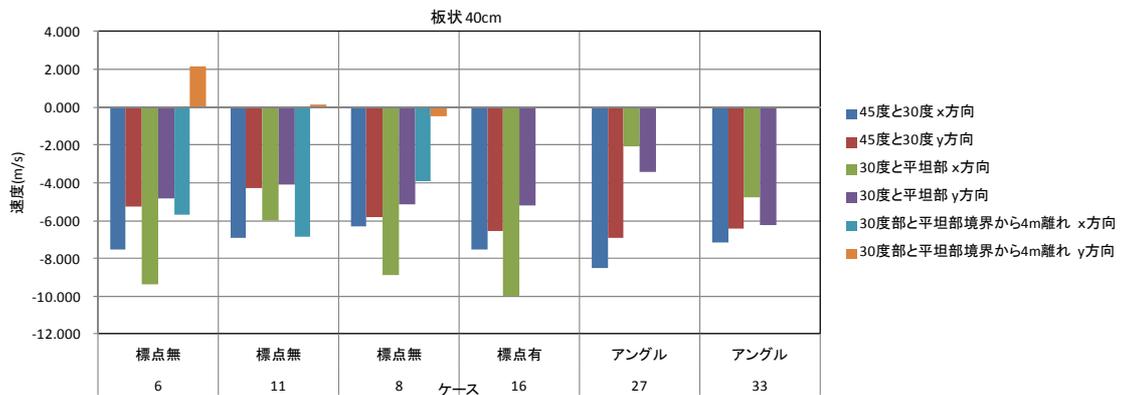


図 9. 1. 481 板状 40cm での速度