

9. 2. 4 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（11 ケース）について示す。

（1） No. 22 塊状 20cm 平面下（標点無）

① 流路横

図 9. 2. 295 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. 2. 295 解析に用いた標点の位置

図 9. 2. 296 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。

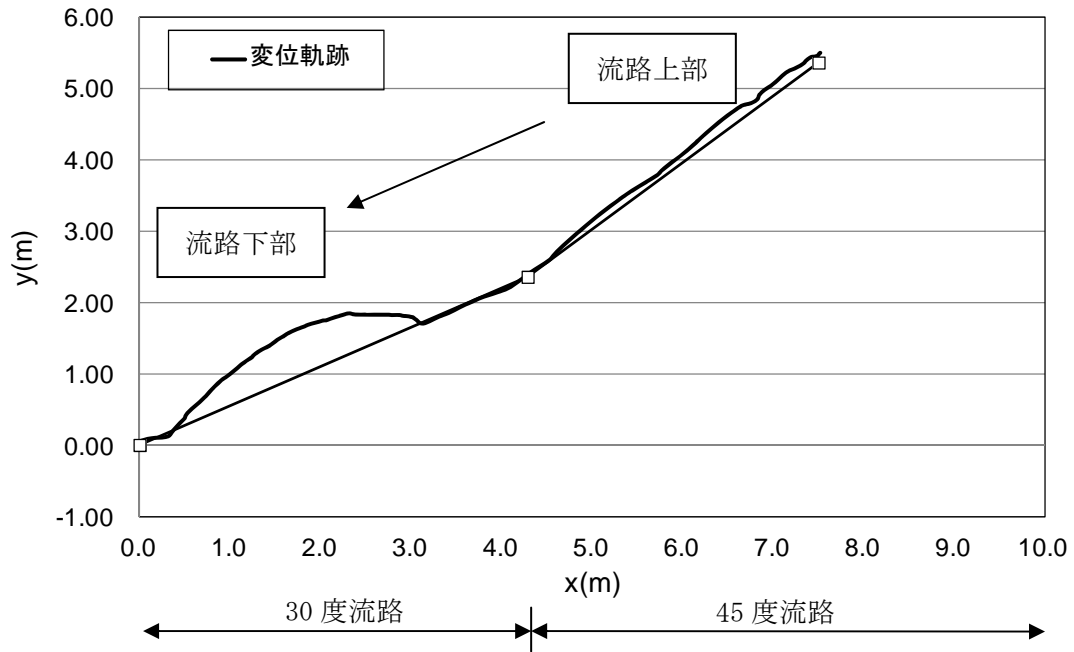


図 9. 2. 296 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.297 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。

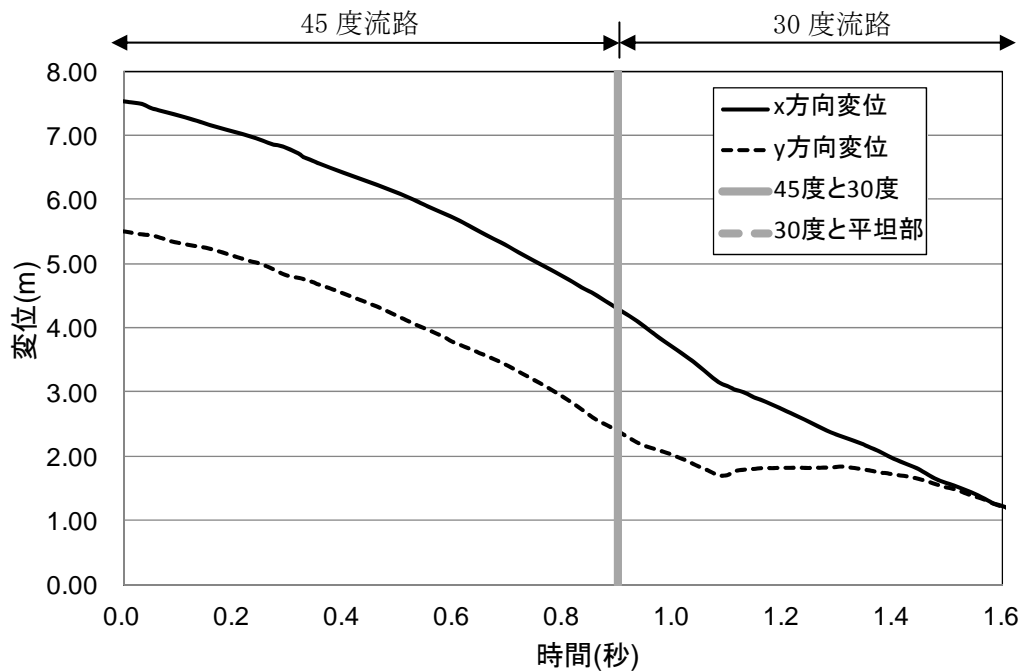


図 9.2.297(a) 岩塊模型の変位履歴

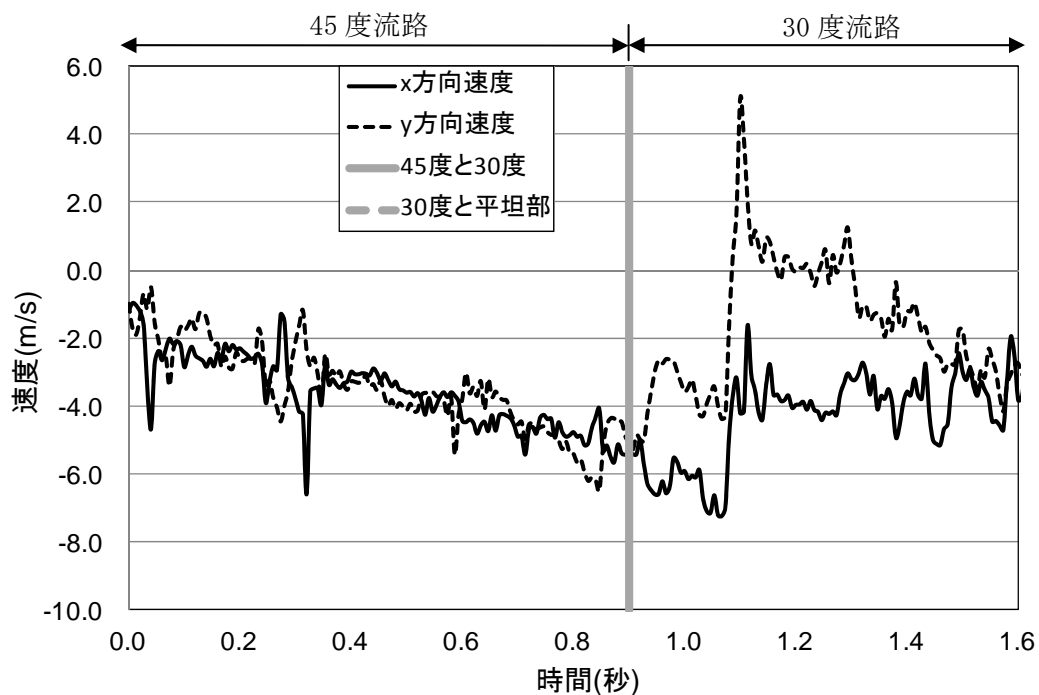


図 9.2.297(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 298 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、y 方向成分とも同様な挙動を示し、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、同程度の速度に収束する挙動が見られた。

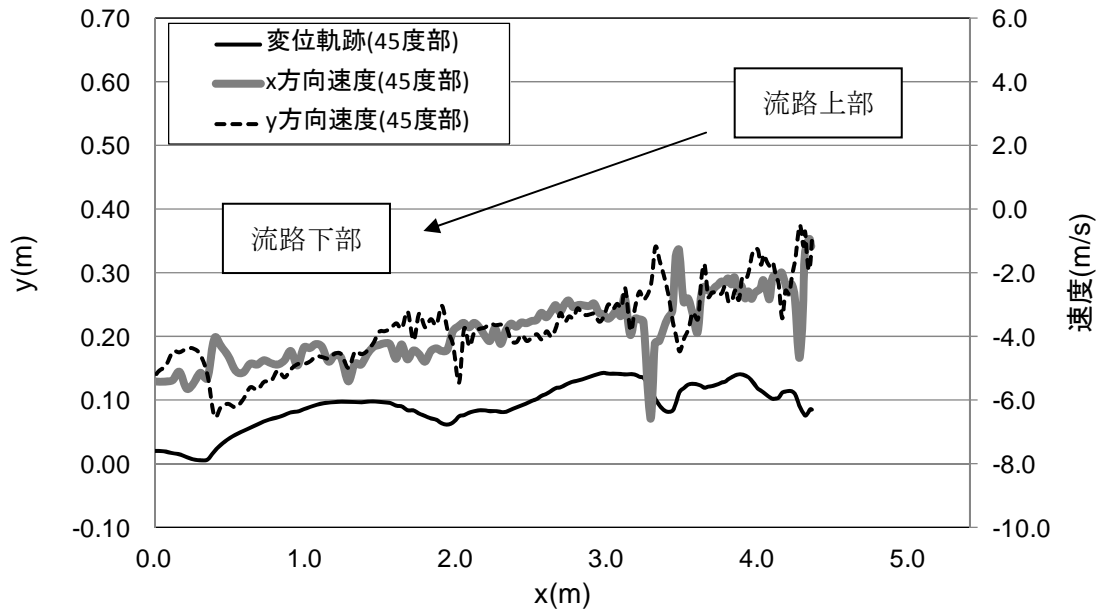


図 9. 2. 298 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

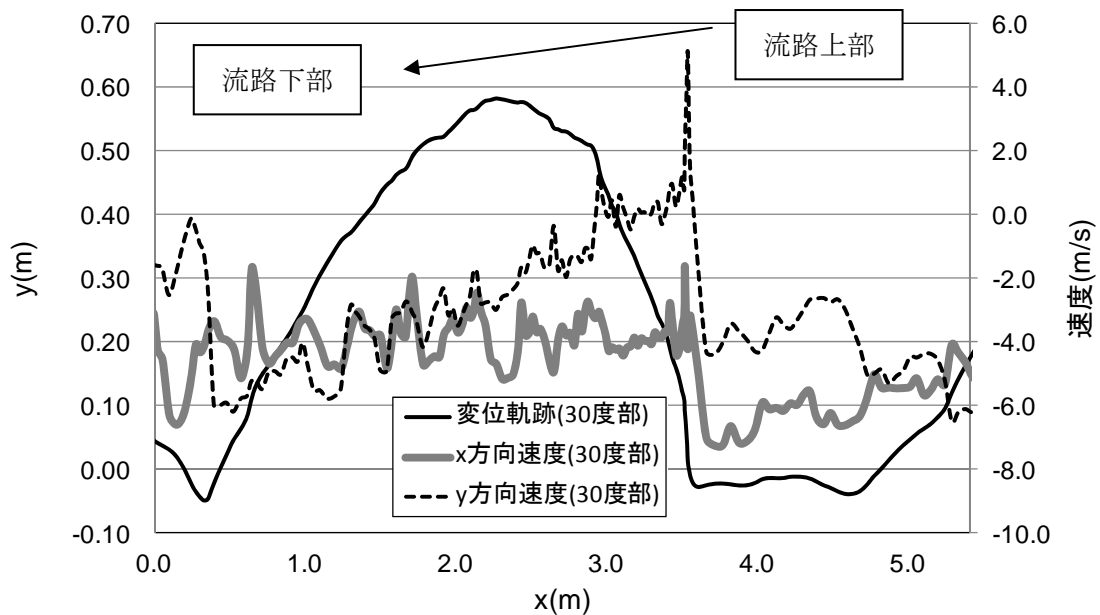


図 9. 2. 298 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.299 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。



図 9.2.299 解析に用いた標点の位置

図 9.2.300 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。

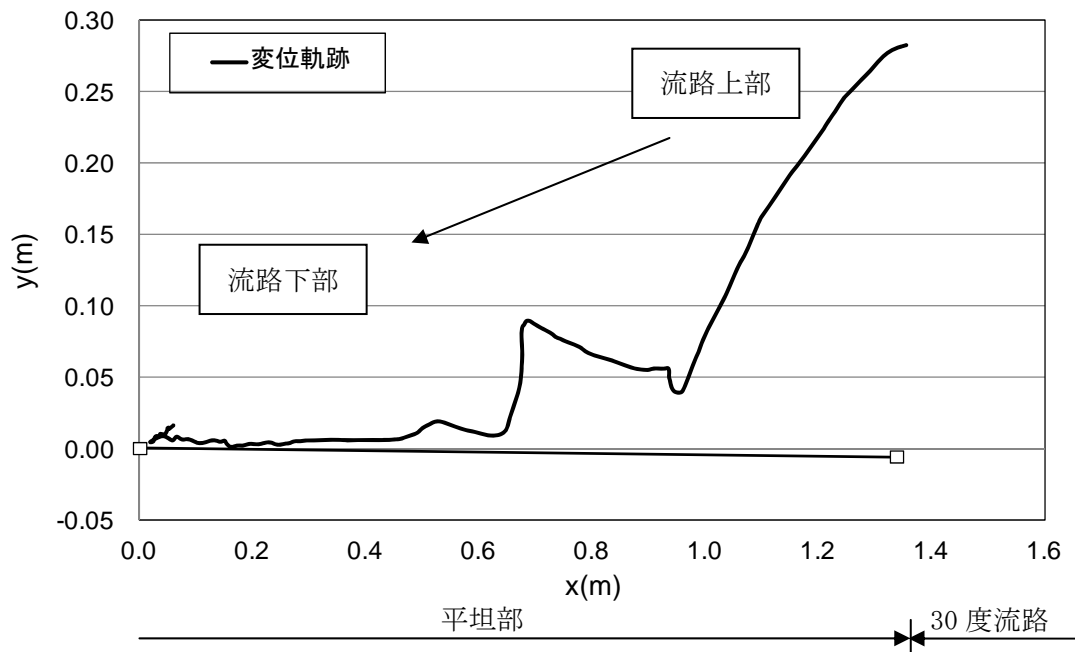


図 9.2.300 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.301 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、平坦部において、x 方向成分は速度の増減を繰り返し、そのうち、ロードセル衝突時に速度が低下する挙動を示し、y 方向成分は速度の増減を繰り返し、そのうち、速度ゼロに付近に収束する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.25~0.3 秒付近である。

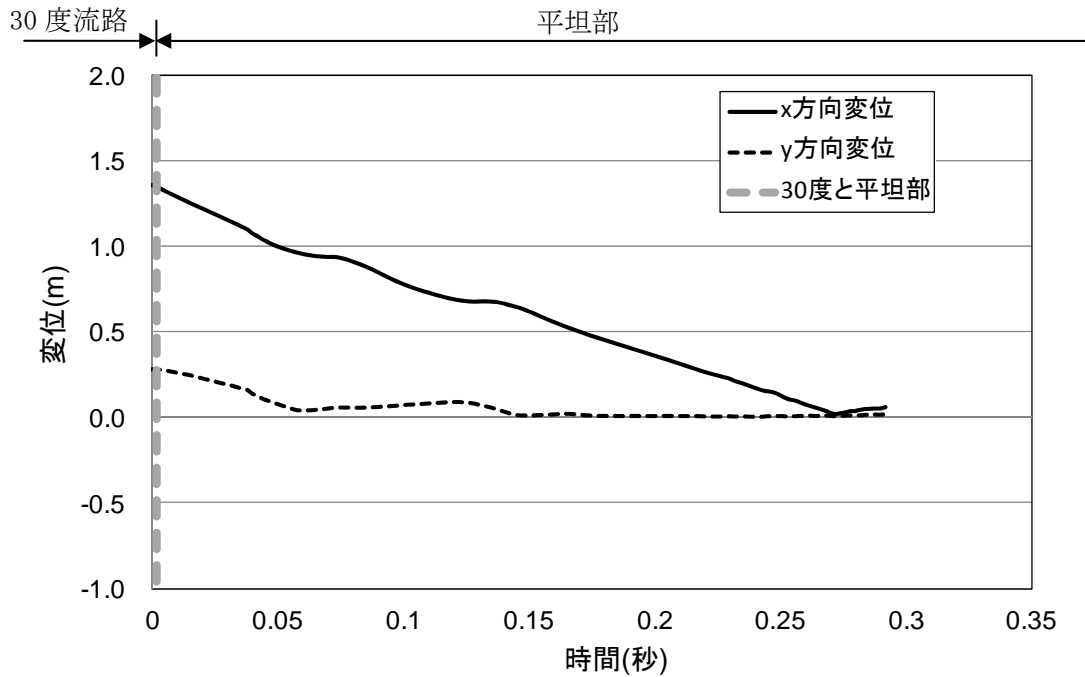


図 9.2.301(a) 岩塊模型の変位履歴

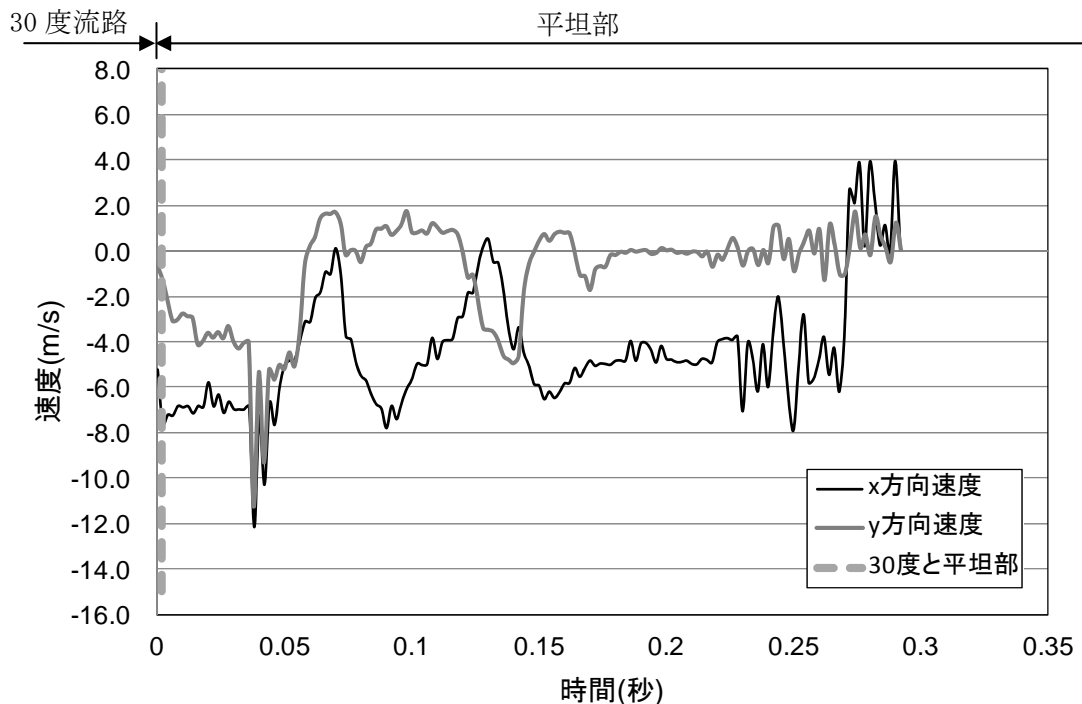


図 9.2.301(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.302 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

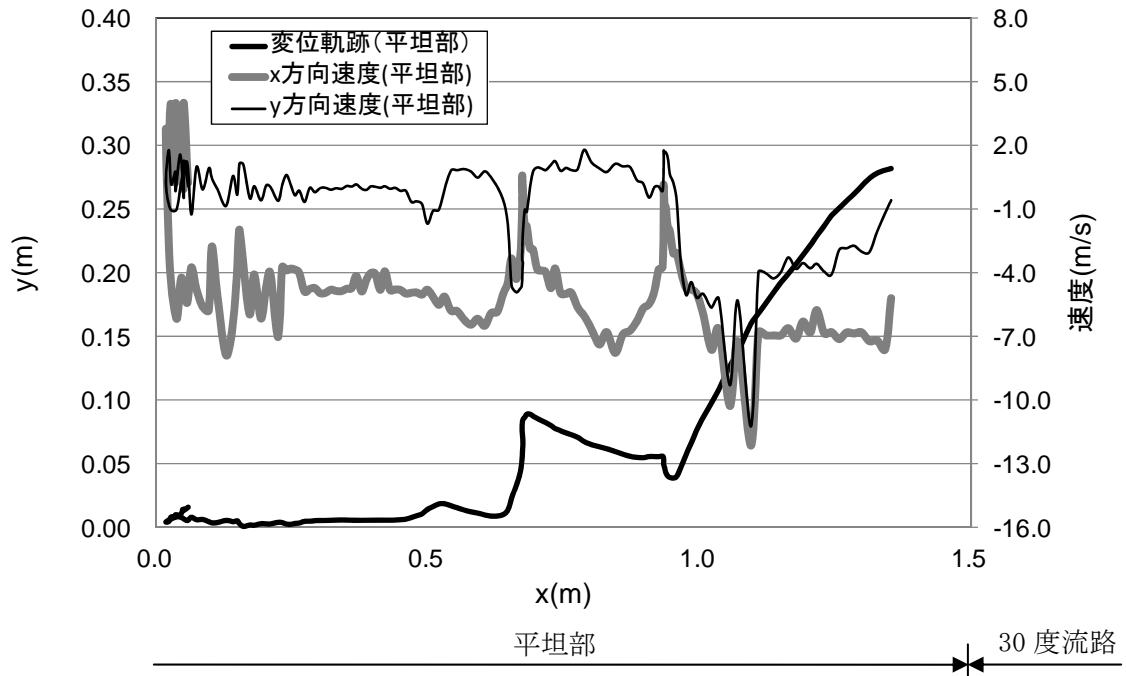


図 9.2.302 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.303 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。

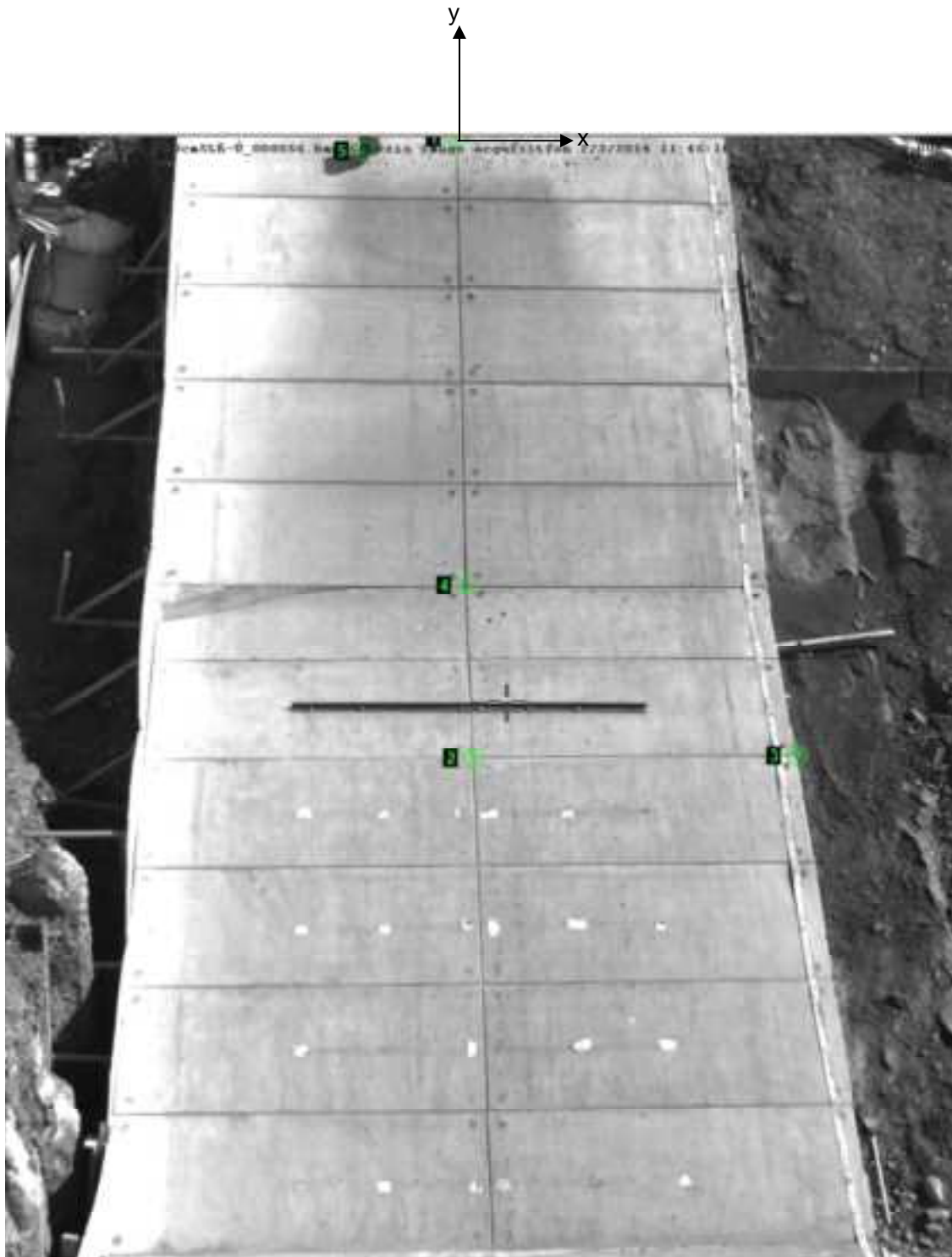


図 9.2.303 解析に用いた標点の位置

図 9.2.304 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度斜路では左右に動きながら落下し、30 度流路では、アングル設置位置において右側に移動したのち、落下した。

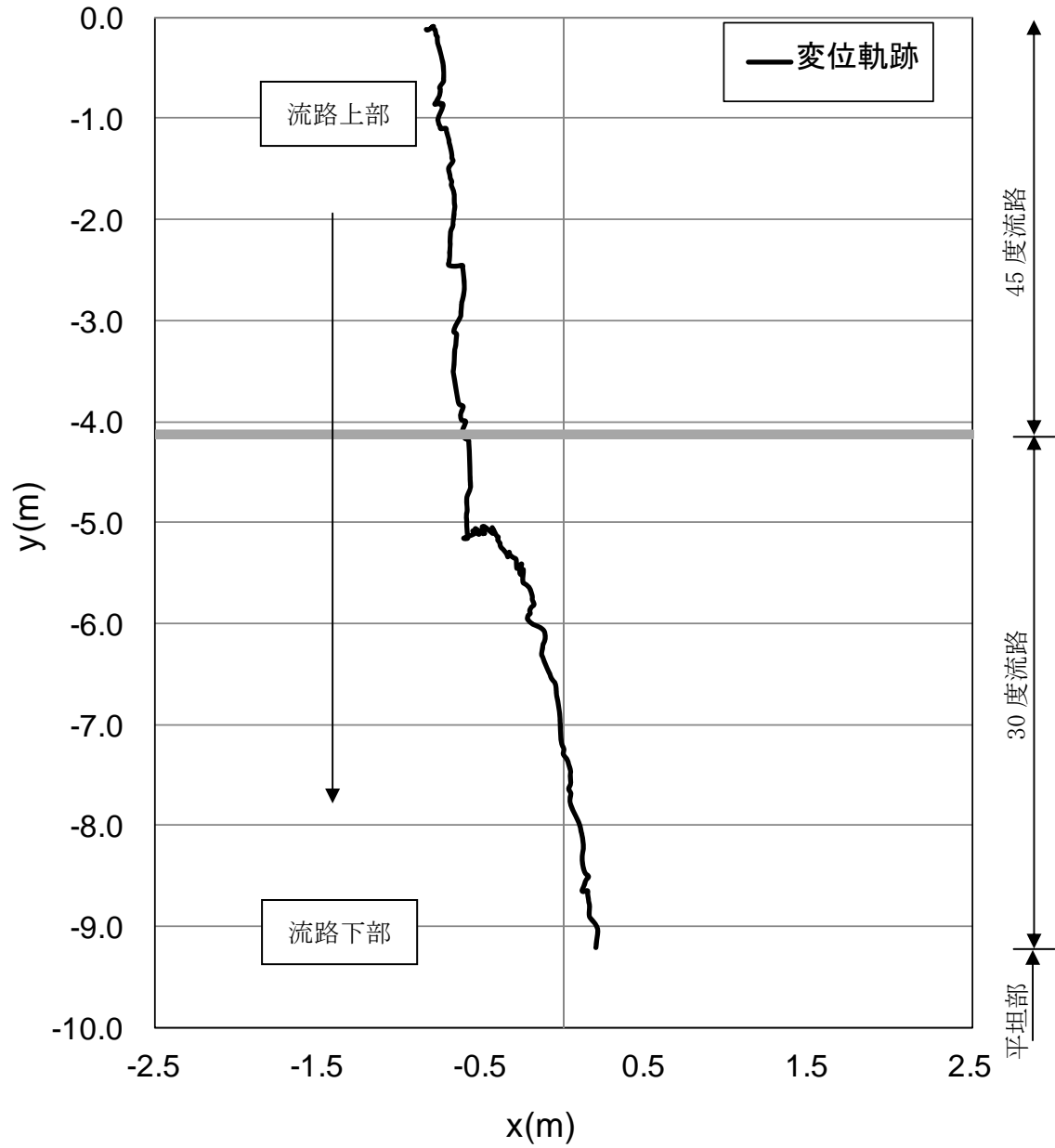


図 9.2.304 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.305 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 x 方向成分が上がり、y 方向成分が低下する挙動を示した。

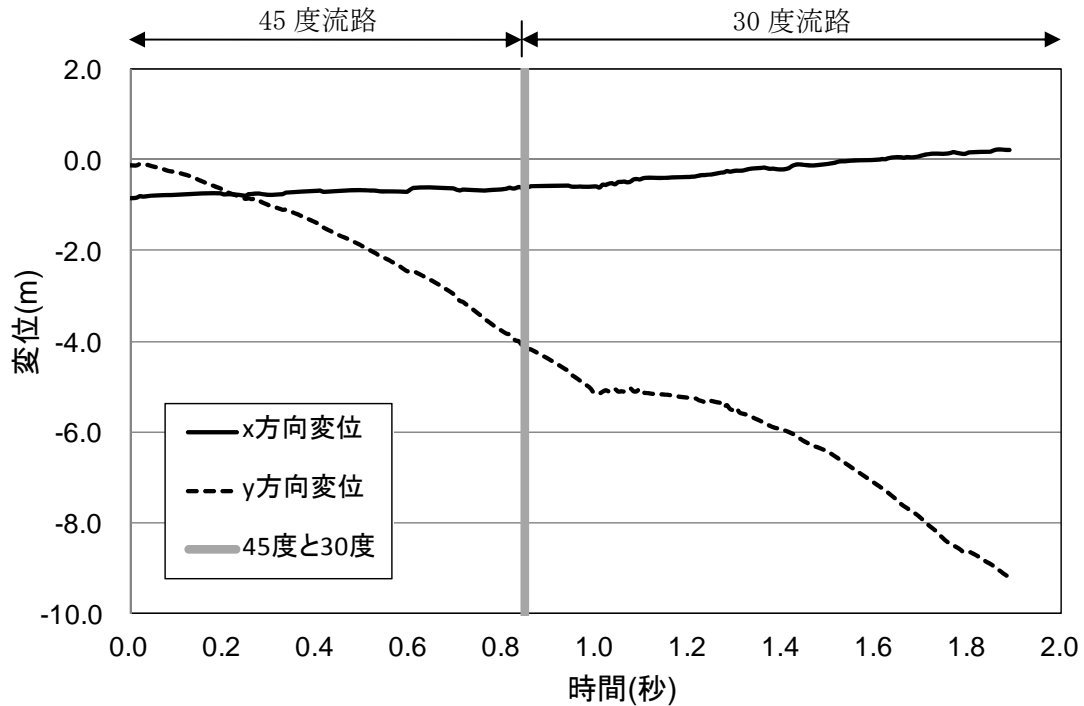


図 9.2.305(a) 岩塊模型の変位履歴

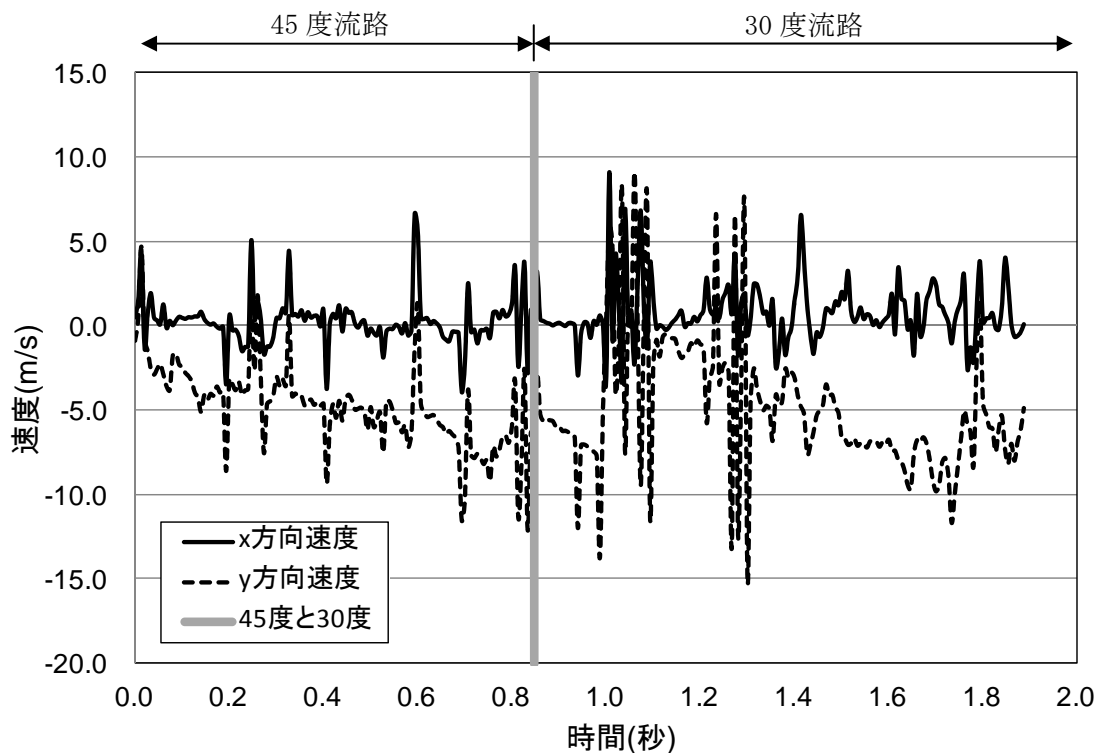


図 9.2.305(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.306 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 9.2.306 解析に用いた標点の位置

図 9.2.307 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。

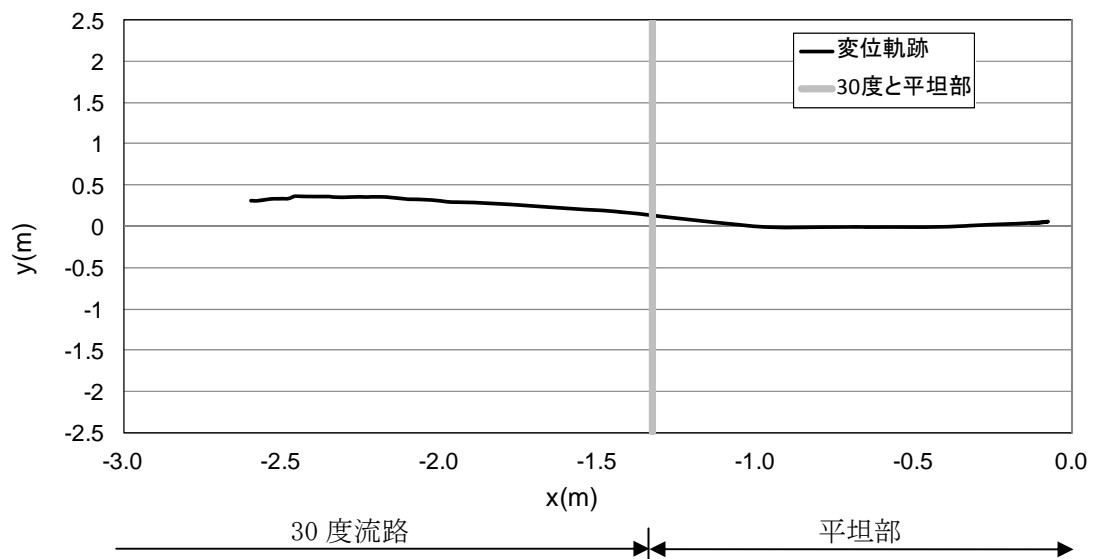


図 9.2.307 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.308 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、y 方向成分は 30 度流路にでは速度が増加し、平坦部でゼロに収束する挙動を示し、x 方向成分は 30 度流路にでは速度が増加し、ロードセル衝突時にゼロ付近に収束する挙動を示した。

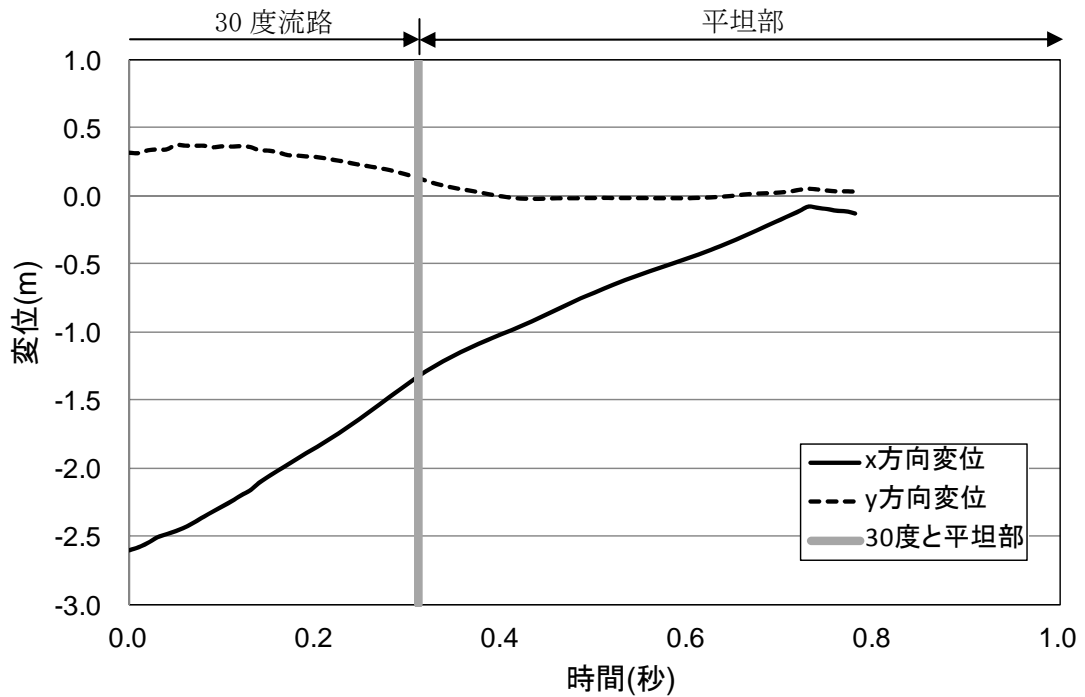


図 9.2.308(a) 岩塊模型の変位履歴

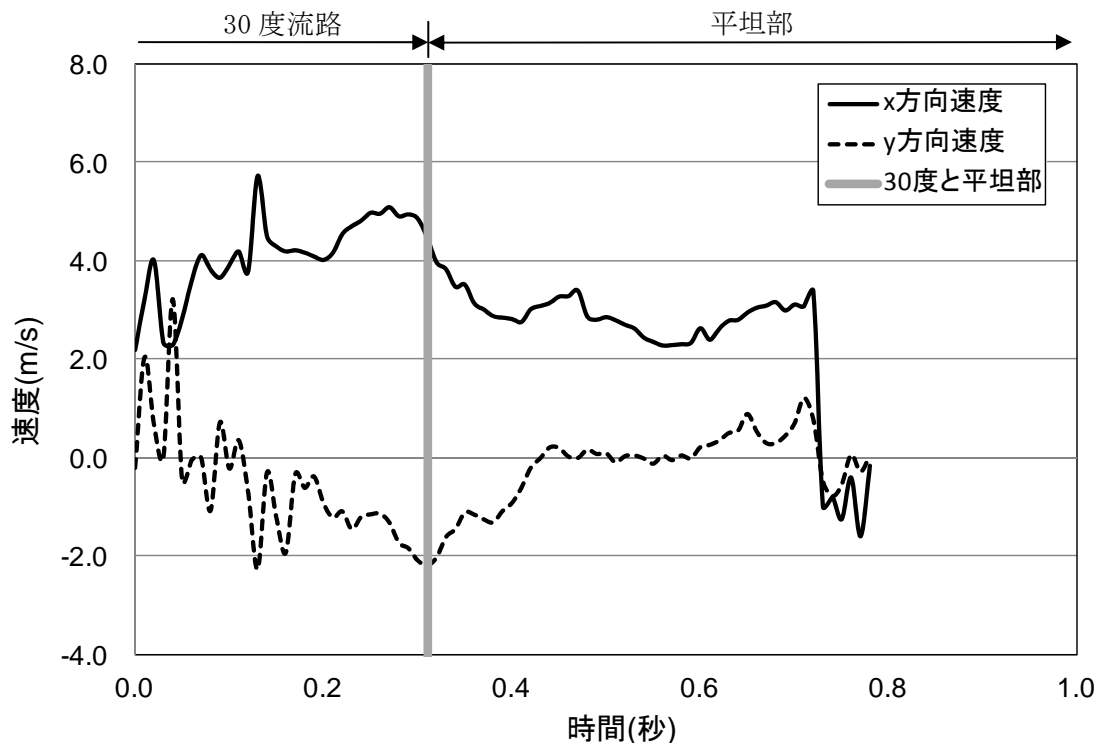


図 9.2.308(b) 岩塊模型の速度履歴

(2) No. 23 塊状 20cm 平面下 (標点無)

① 流路横

図 9.2.309 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 9.2.309 解析に用いた標点の位置

図 9.2.310 に岩塊模型の変位軌跡を示す。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。

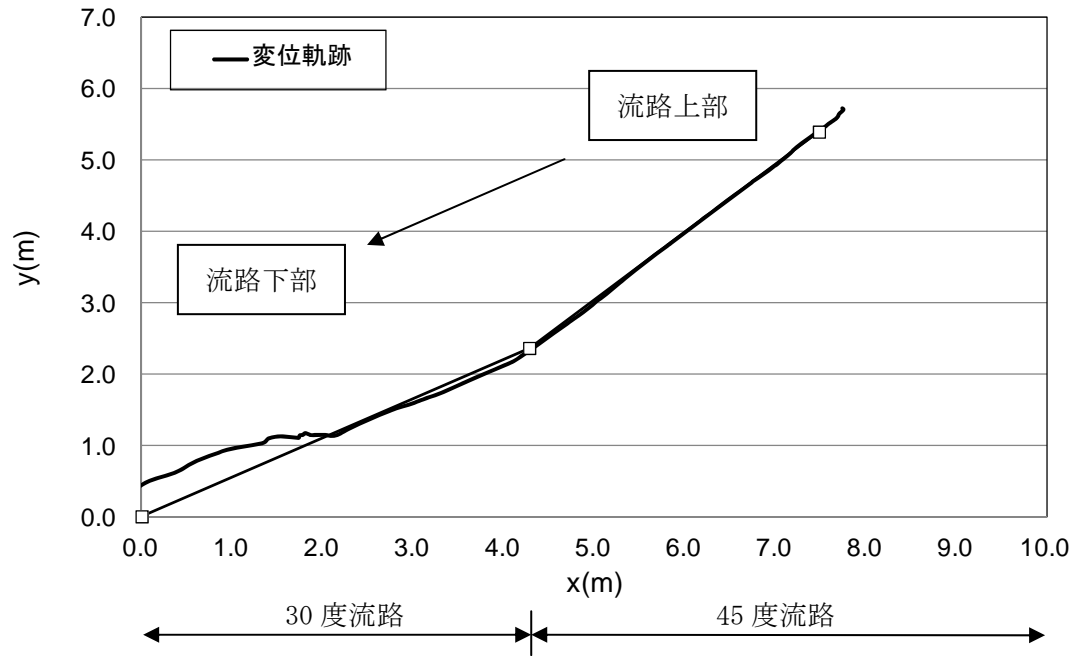


図 9.2.310 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.311 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が上がり、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 方向成分の落下速度が低下し、y 方向成分の落下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。

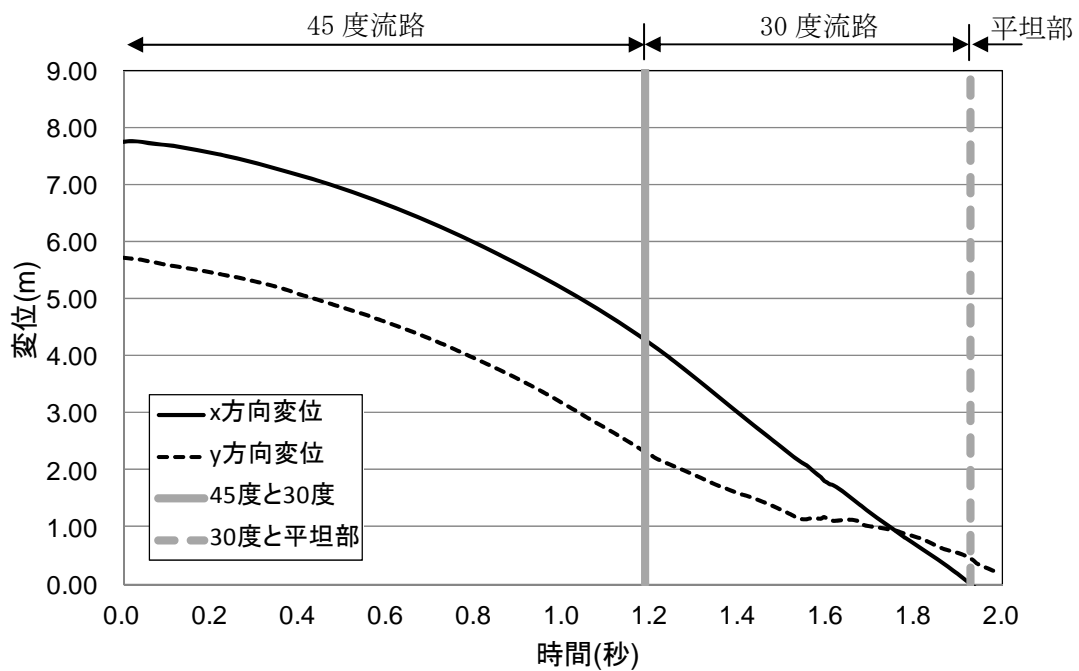


図 9.2.311(a) 岩塊模型の変位履歴

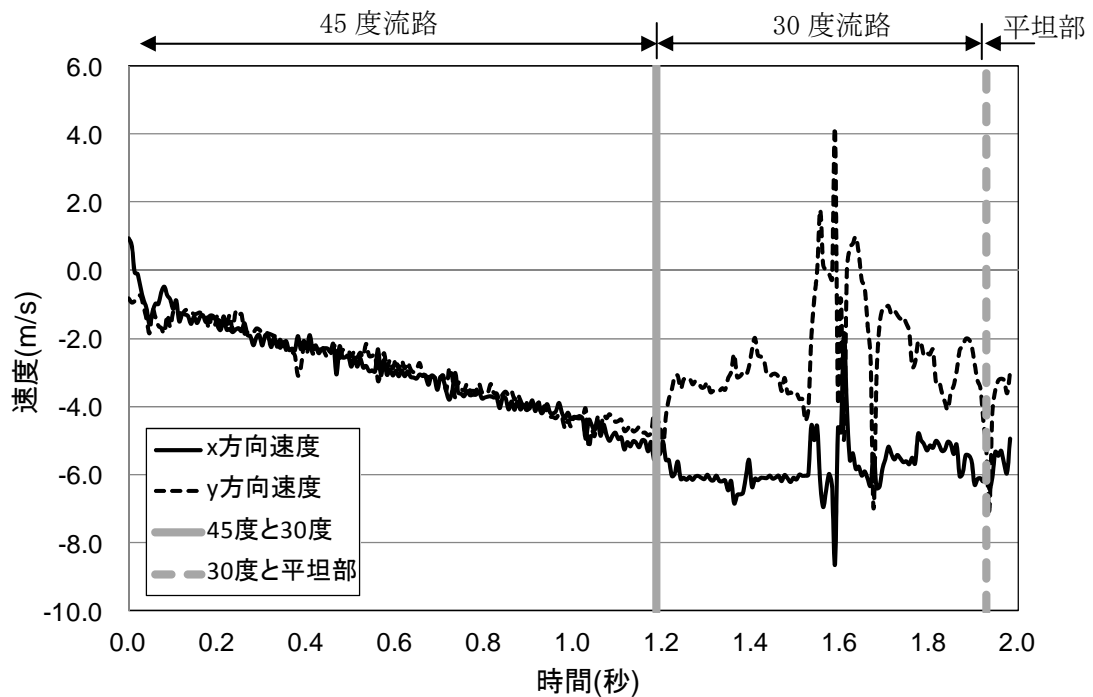


図 9.2.311(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 312 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。速度軌跡から、45 度流路では、x 方向成分、y 方向成分とも同様な挙動を示し、アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が一時的に下がり、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。

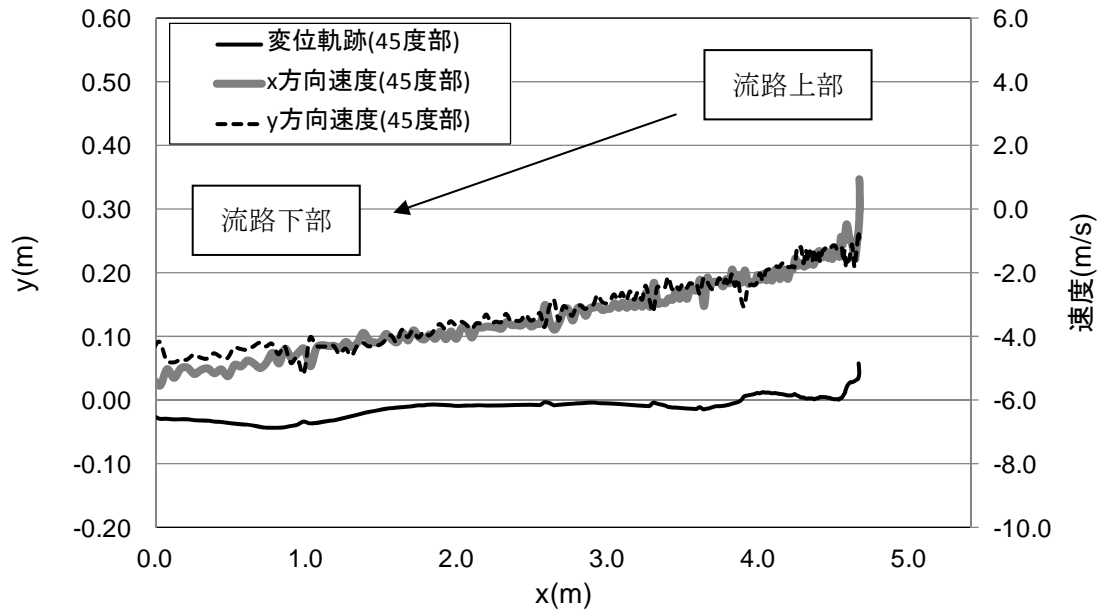


図 9. 2. 312(a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

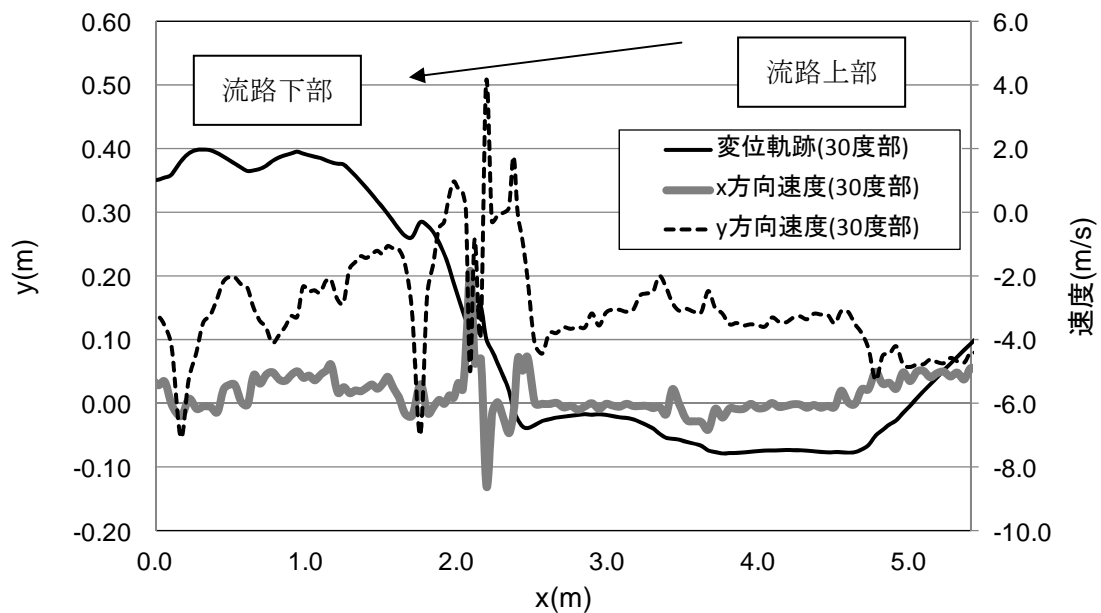


図 9. 2. 312(b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.313 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。



図 9.2.313 解析に用いた標点の位置

図 9.2.314 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。

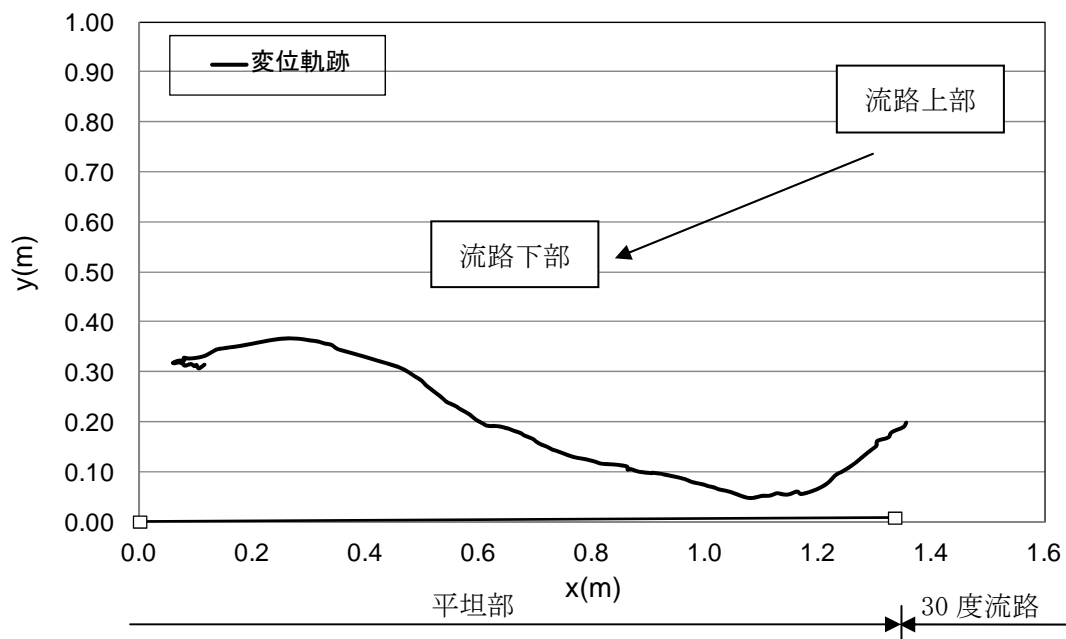


図 9.2.314 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.315 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、平坦部において、x 方向成分は速度低下が生じ、y 方向成分は速度が上がり、両成分ともロードセル衝突時に速度が低下する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.25 秒付近である。

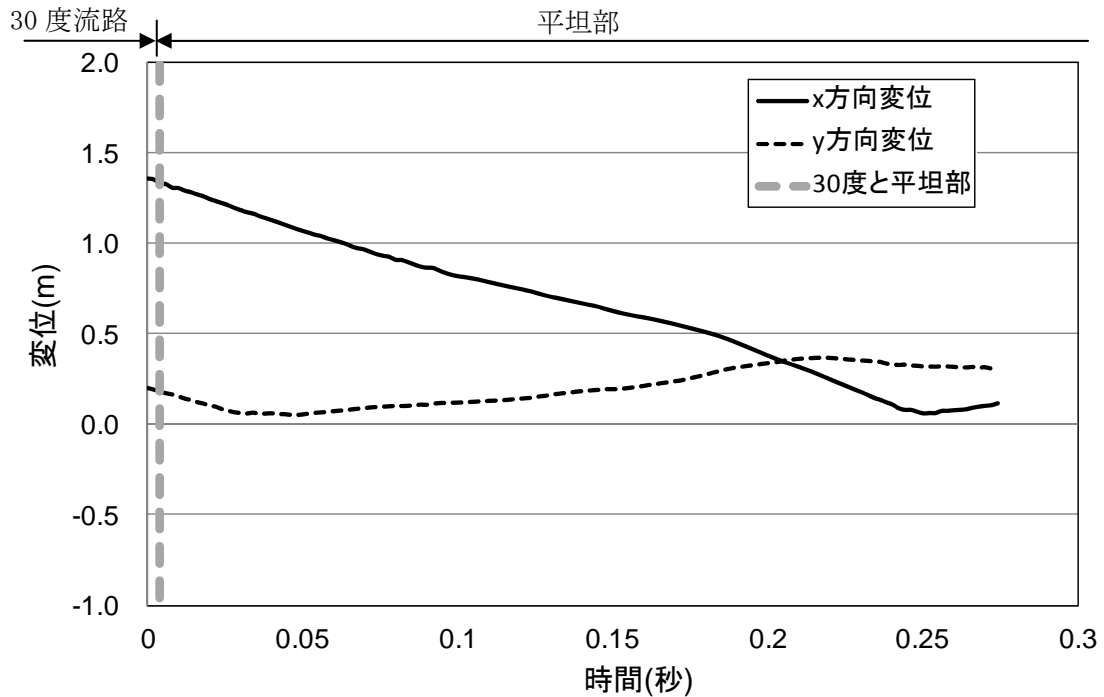


図 9.2.315(a) 岩塊模型の変位履歴

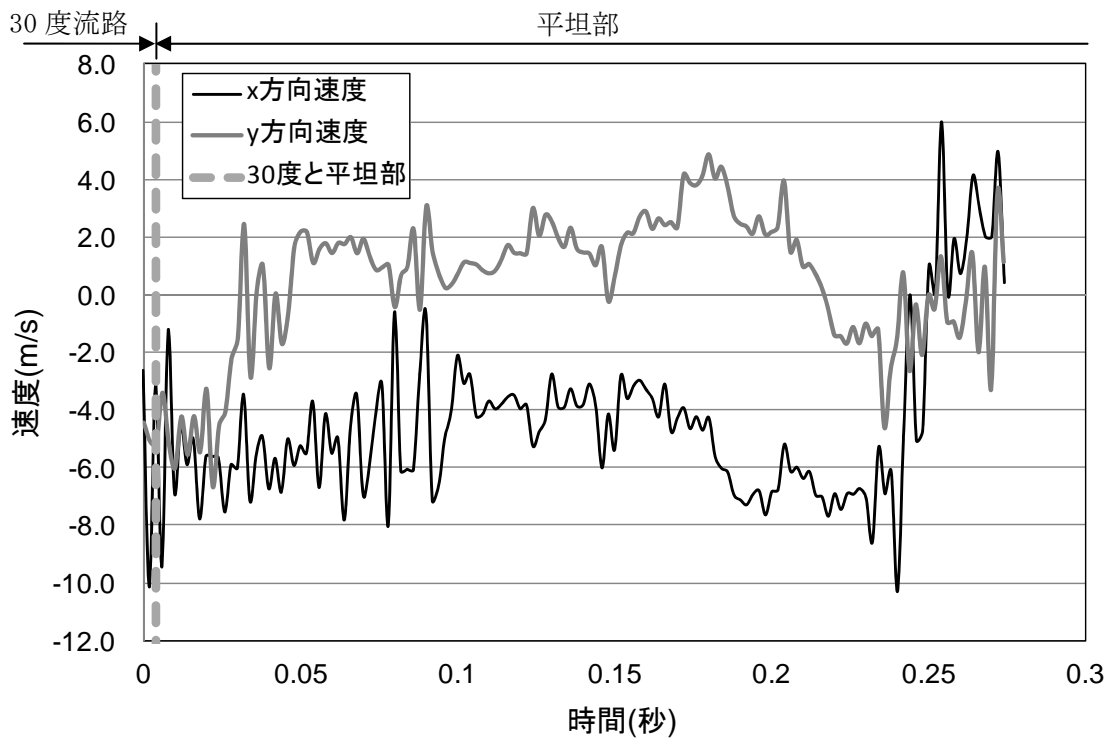


図 9.2.315(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.316 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

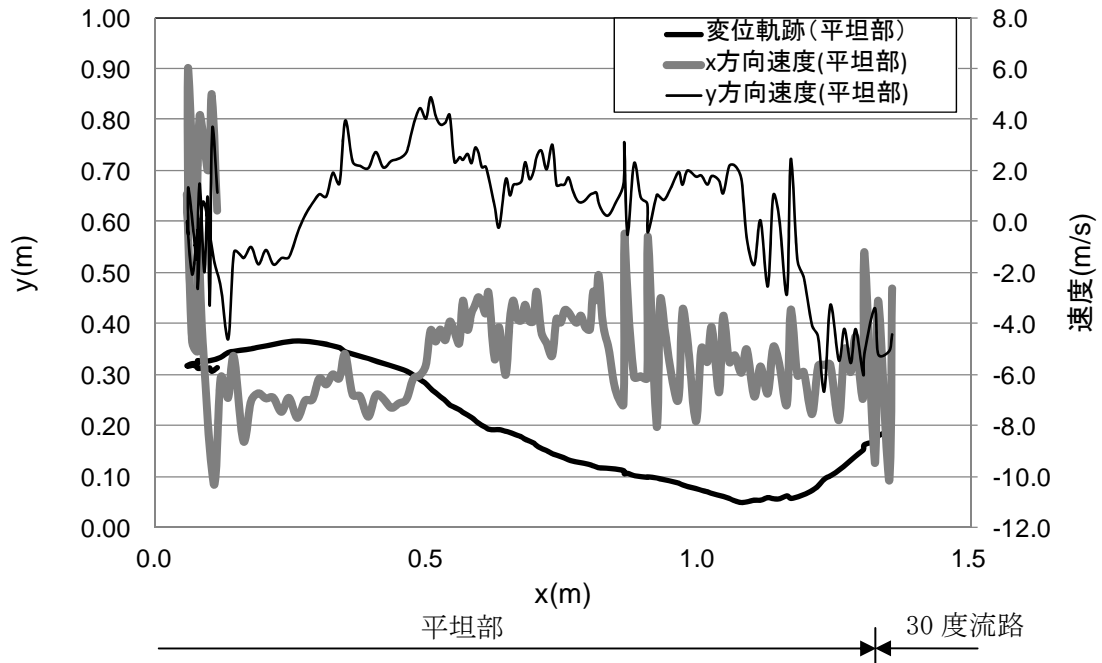


図 9.2.316 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.317 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。

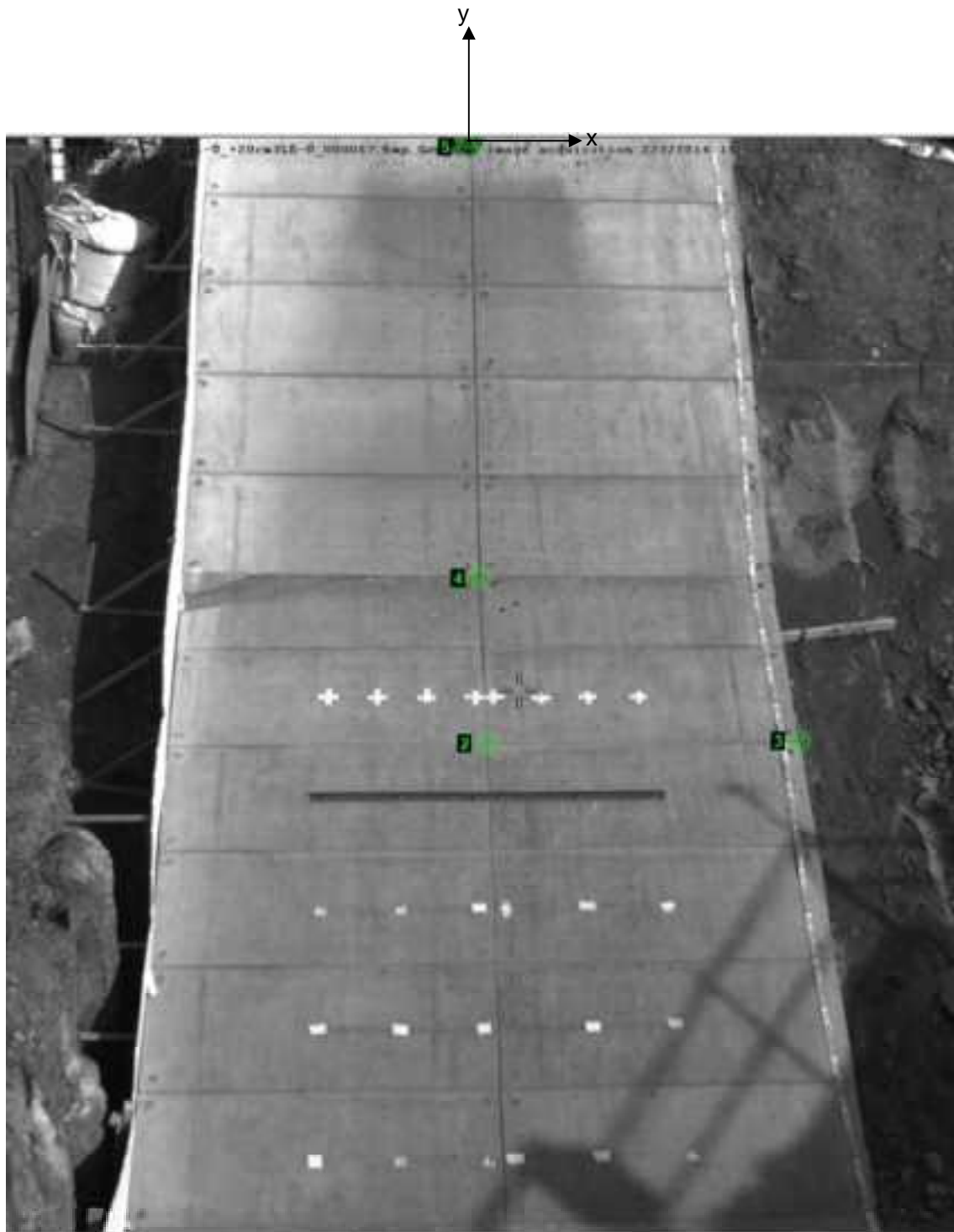


図 9.2.317 解析に用いた標点の位置

図 9.2.318 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

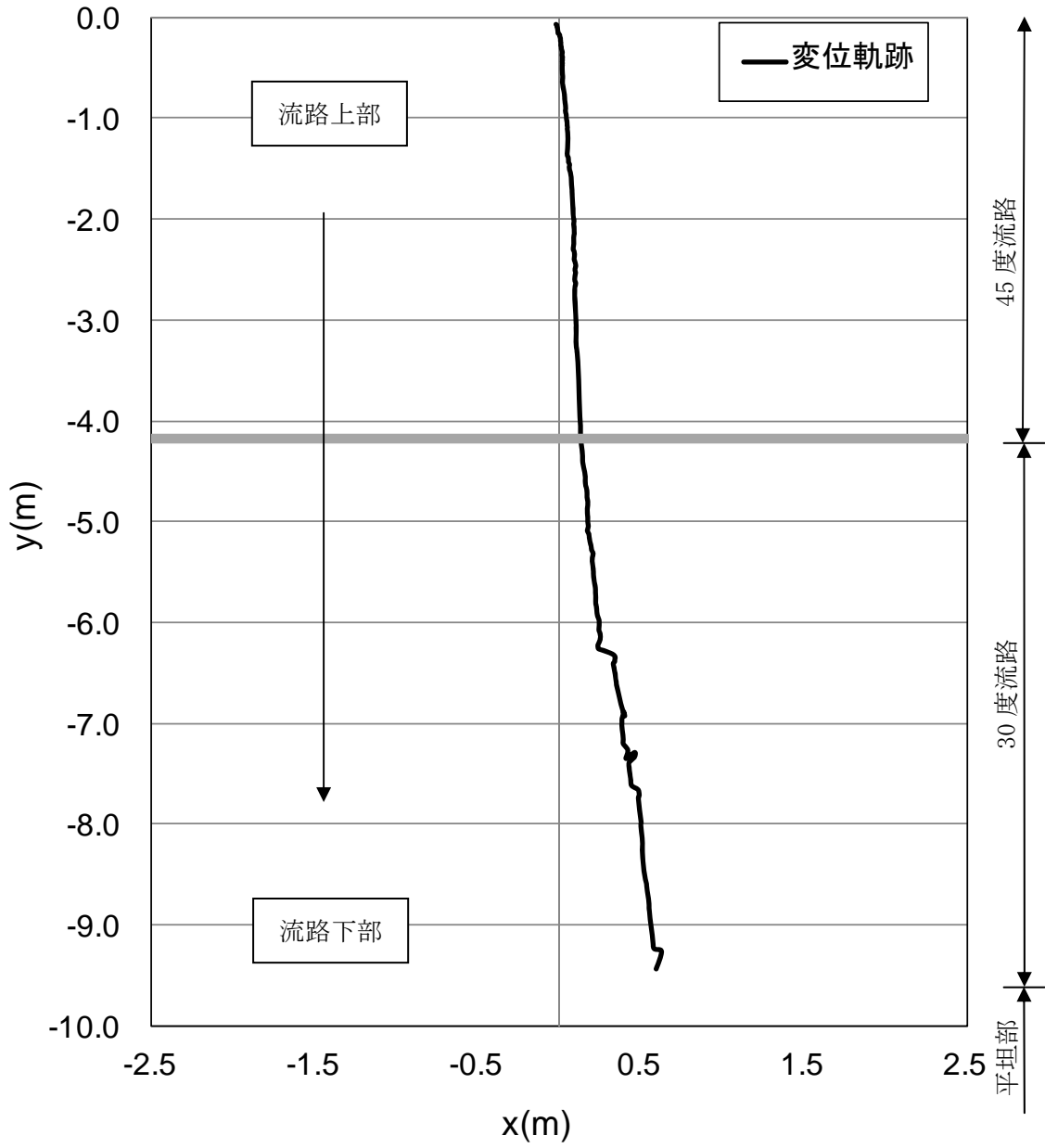


図 9.2.318 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.319 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 x 方向成分が上がり、y 方向成分が低下する挙動を示した。

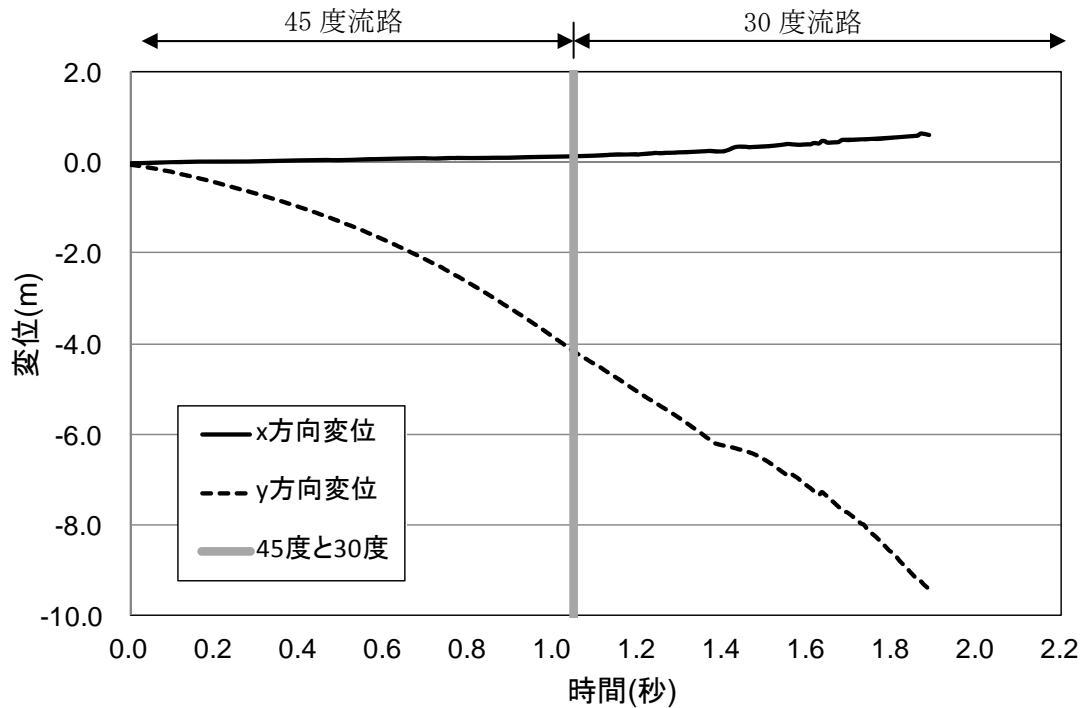


図 9.2.319(a) 岩塊模型の変位履歴

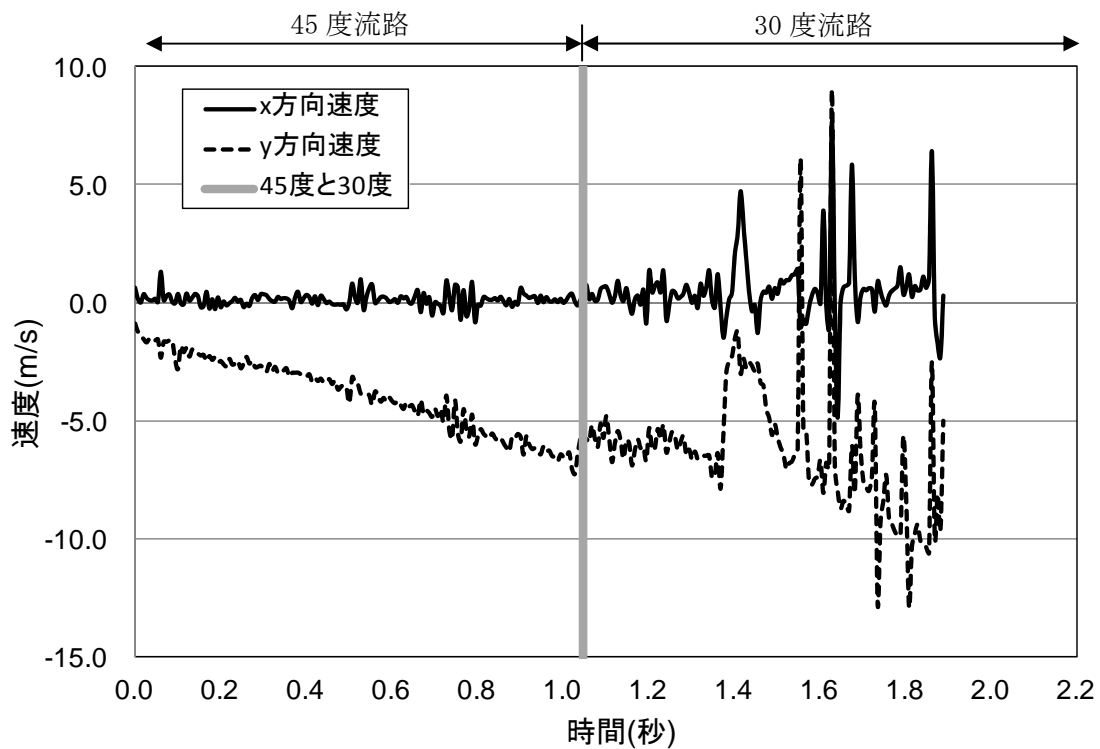


図 9.2.319(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.320 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 2 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 9.2.320 解析に用いた標点の位置

図 9.2.321 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。

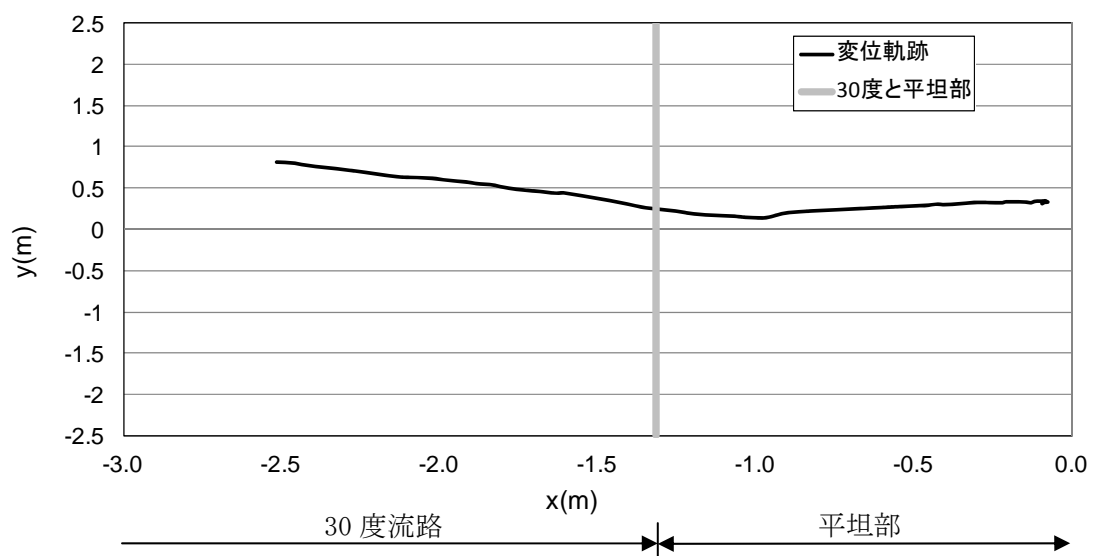


図 9.2.321 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 322 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 方向成分ともゼロ付近に収束する挙動を示した。

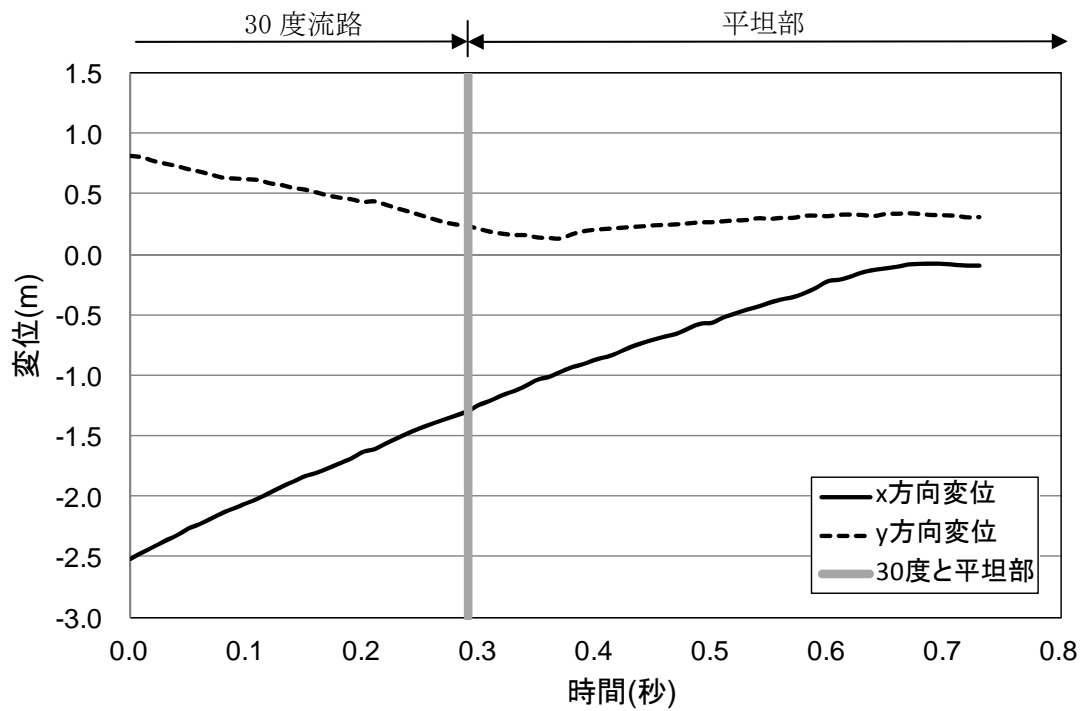


図 9. 2. 322(a) 岩塊模型の変位履歴

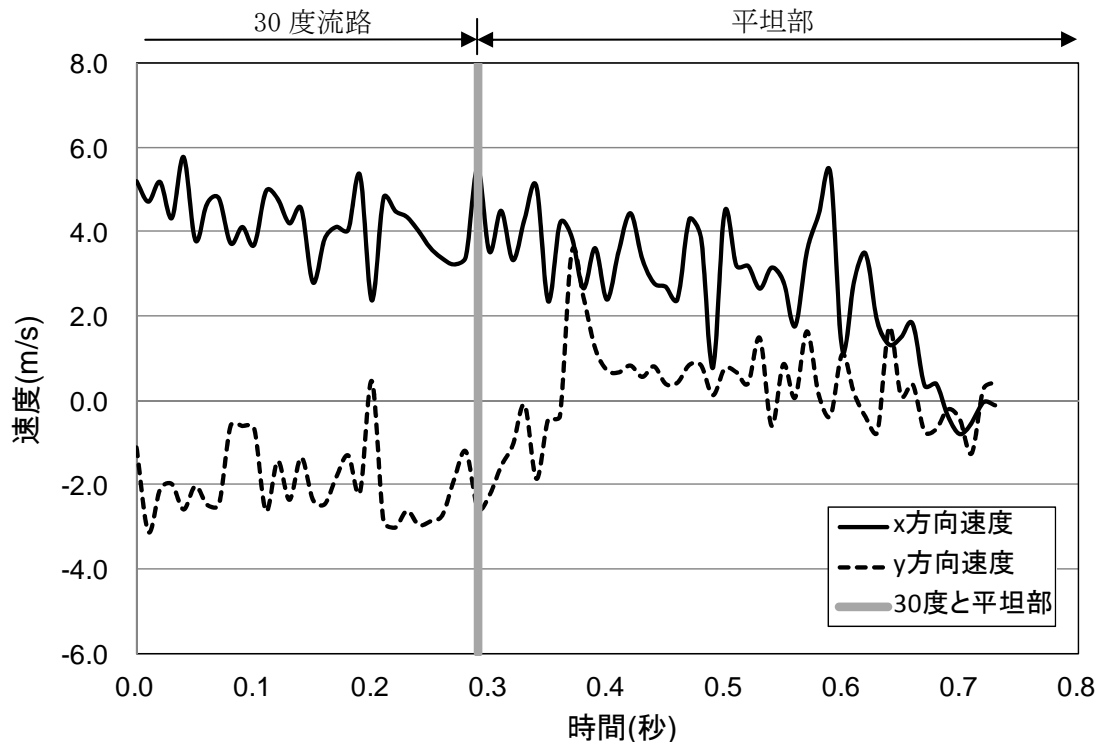


図 9. 2. 322(b) 岩塊模型の速度履歴

(3) No. 24 塊状 40cm 平面下 (標点有)

① 流路横

図 9.2.323 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 9.2.323 解析に用いた標点の位置

図 9. 2. 324 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。

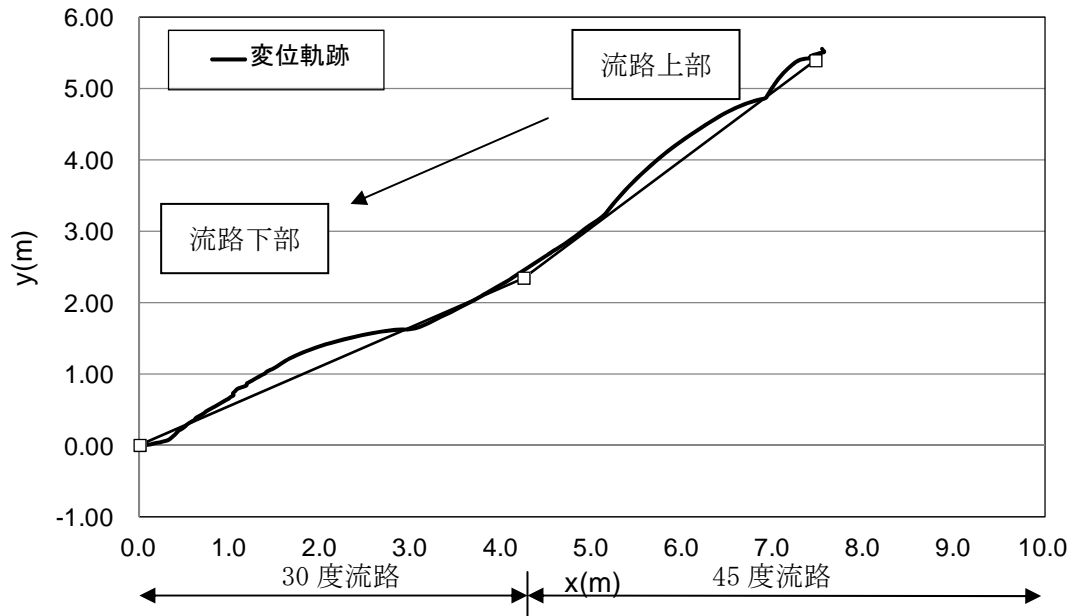


図 9. 2. 324 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 325 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路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 度流路部において、跳ね上がり時に速度の落下方向に対する x 方向成分が上がり、y 方向成分が上方に向かって上がる挙動が見られ、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 方向成分の落下速度が上がり、y 方向成分の落下速度が上方に向かって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。

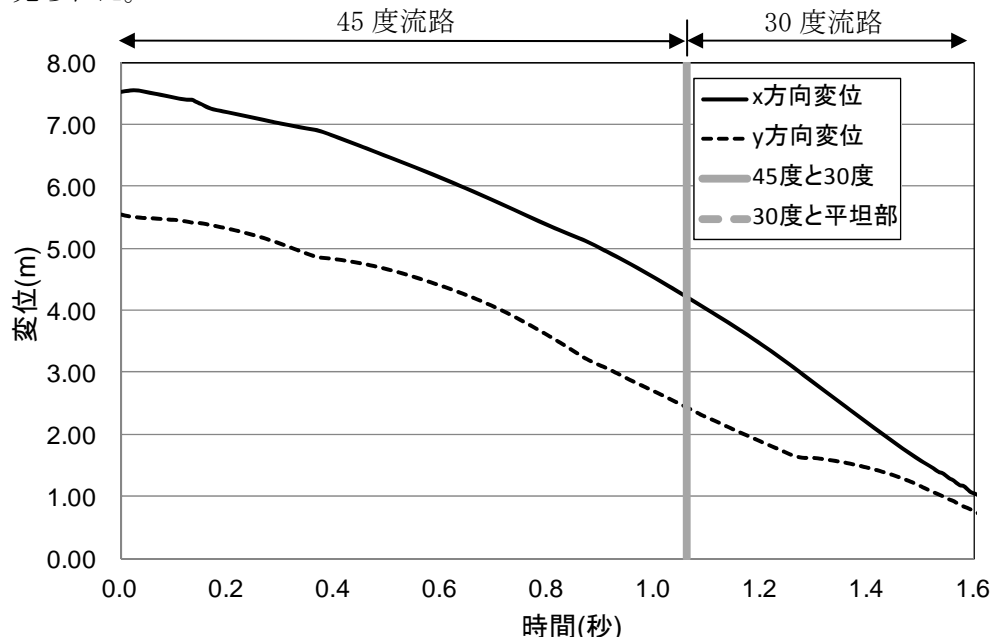


図 9. 2. 325(a) 岩塊模型の変位履歴

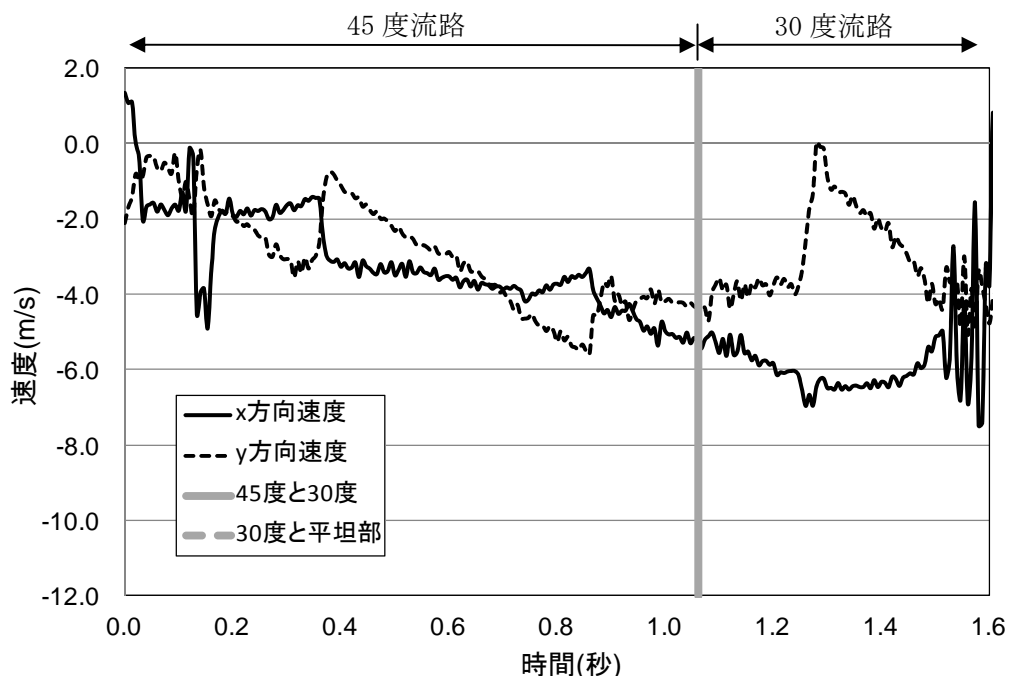


図 9. 2. 325(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 326 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 度流路では、跳ね返りに伴い、x 方向成分は落下速度が上がり、y 方向成分は上方に向かって上がったのち落下方向に向かって速度が上がる挙動を示した。アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が下がり、y 方向成分は上方に向かって速度が上がったのち落下方向に向かって速度が上がる挙動を示した。

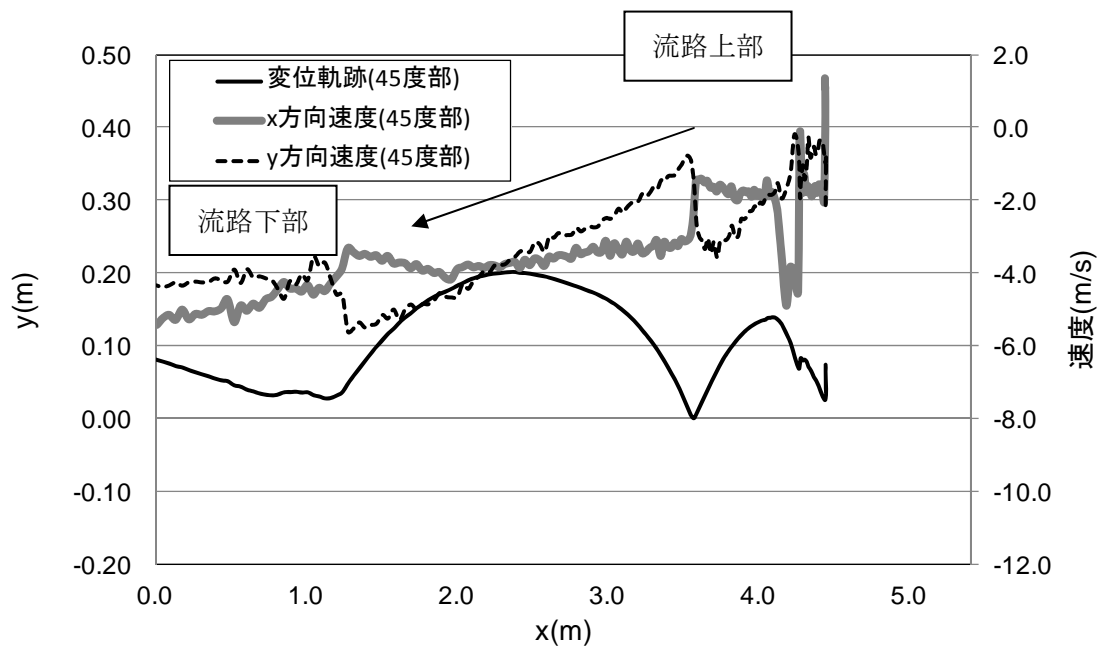


図 9. 2. 326 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

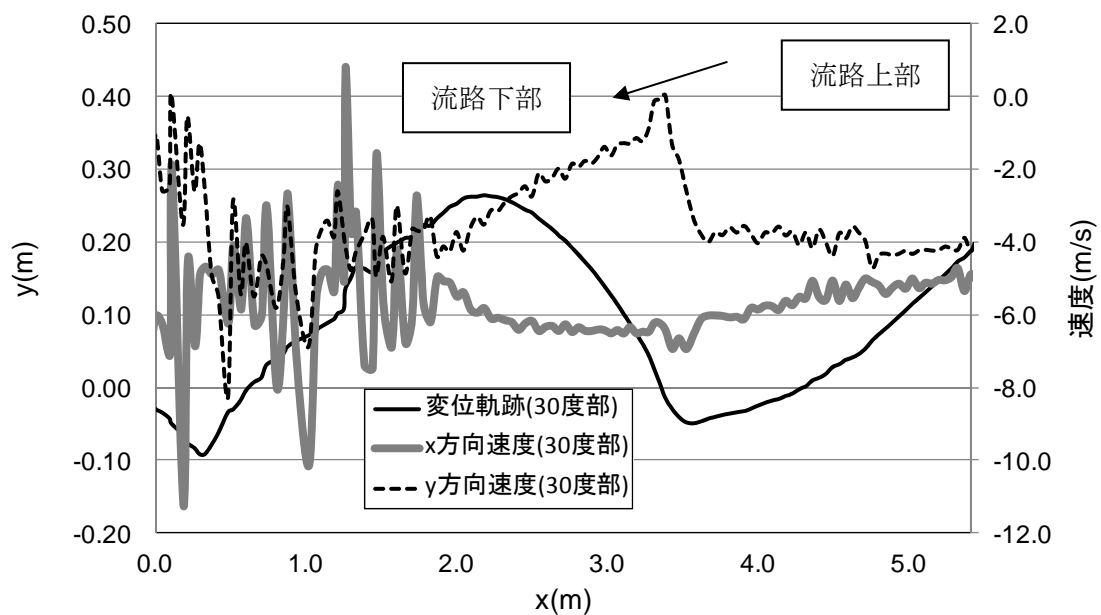


図 9. 2. 326 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.327 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。



図 9.2.327 解析に用いた標点の位置

図 9.2.328 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。

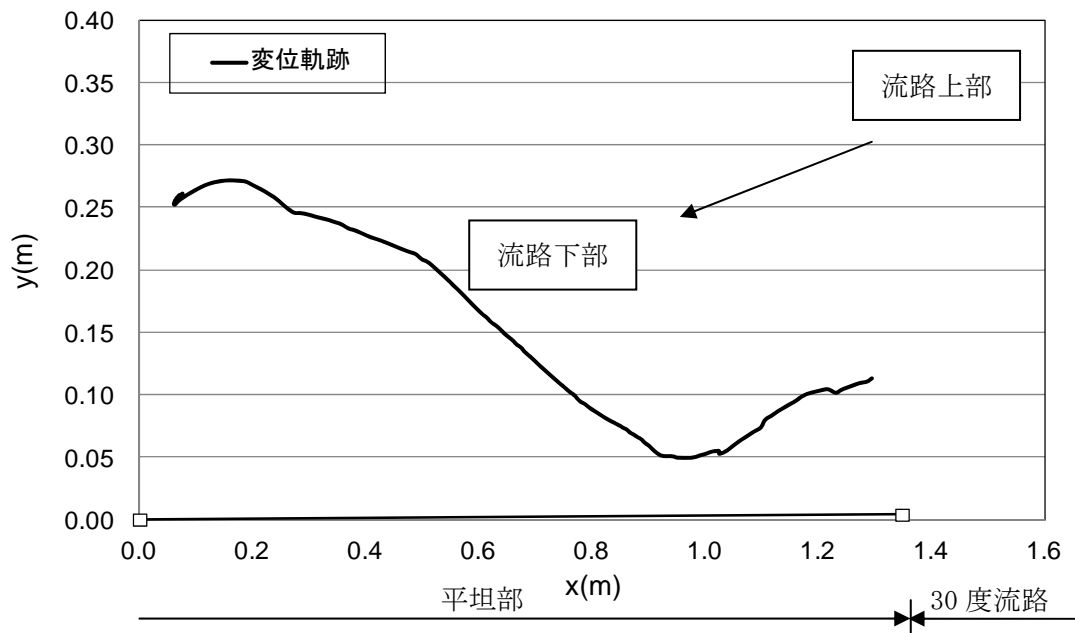


図 9.2.328 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.329 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、平坦部において、x 方向成分は一時的な速度低下後、速度が上がり、y 方向成分は速度が上がり、両成分ともロードセル衝突時に速度が低下する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.3 秒付近である。

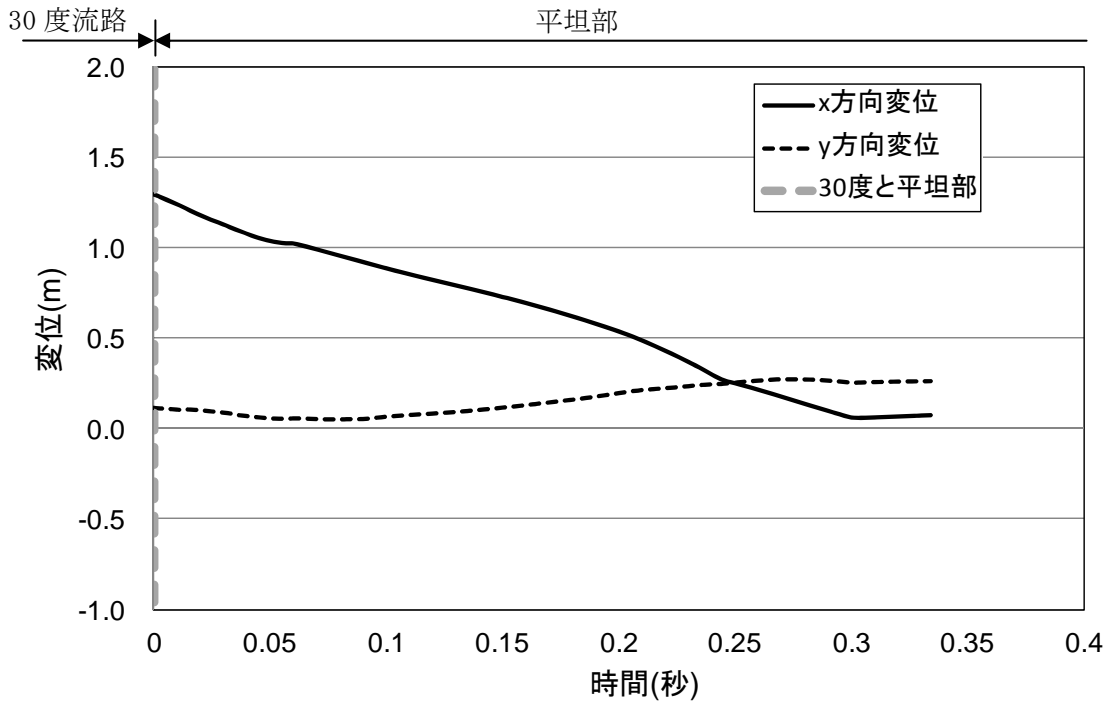


図 9.2.329(a) 岩塊模型の変位履歴

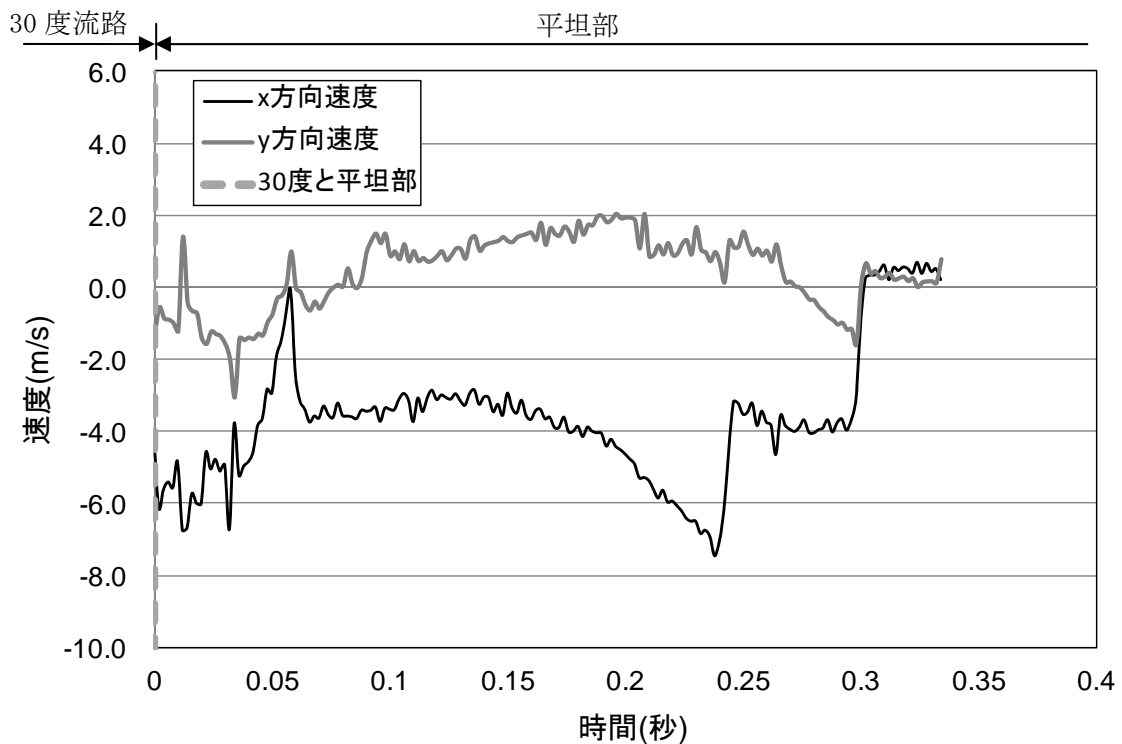


図 9.2.329(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.330 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

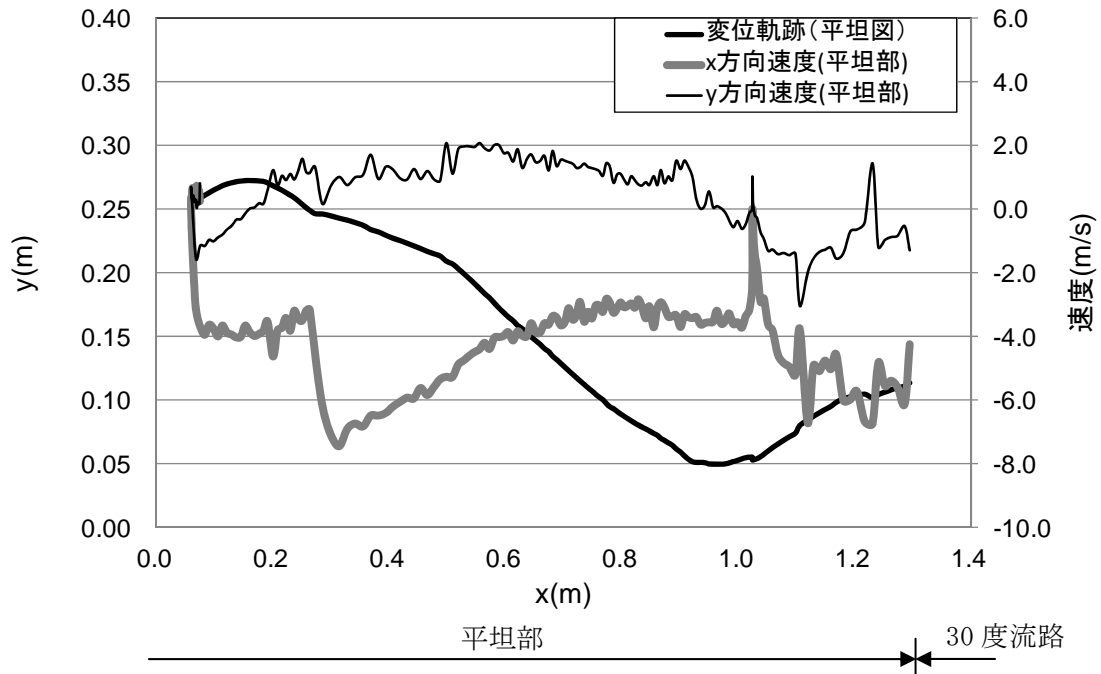


図 9.2.330 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.331 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。

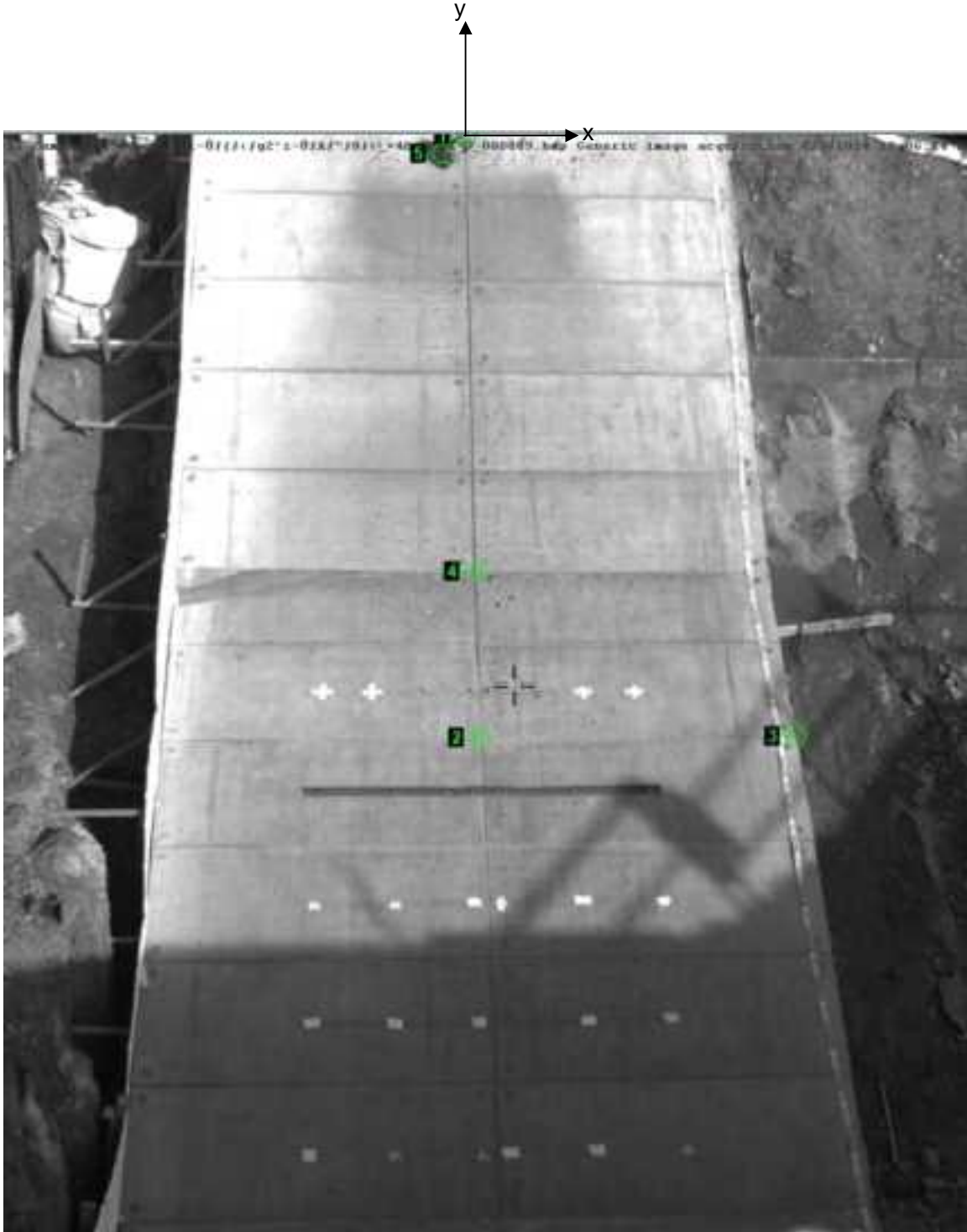


図 9.2.331 解析に用いた標点の位置

図 9.2.332 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度斜面では、流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。30 度斜面では左右に揺れながら落下する挙動が見られた。

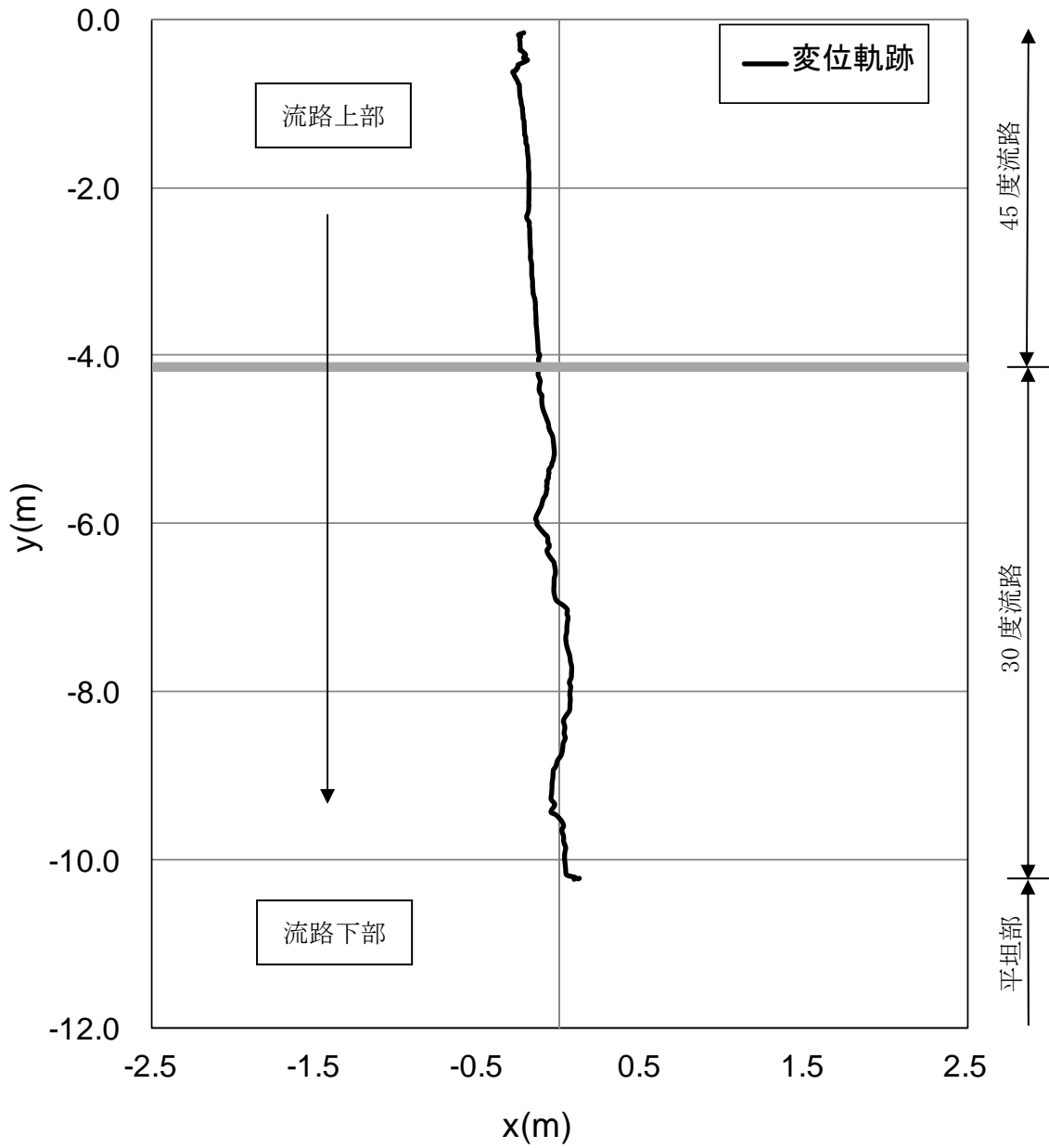
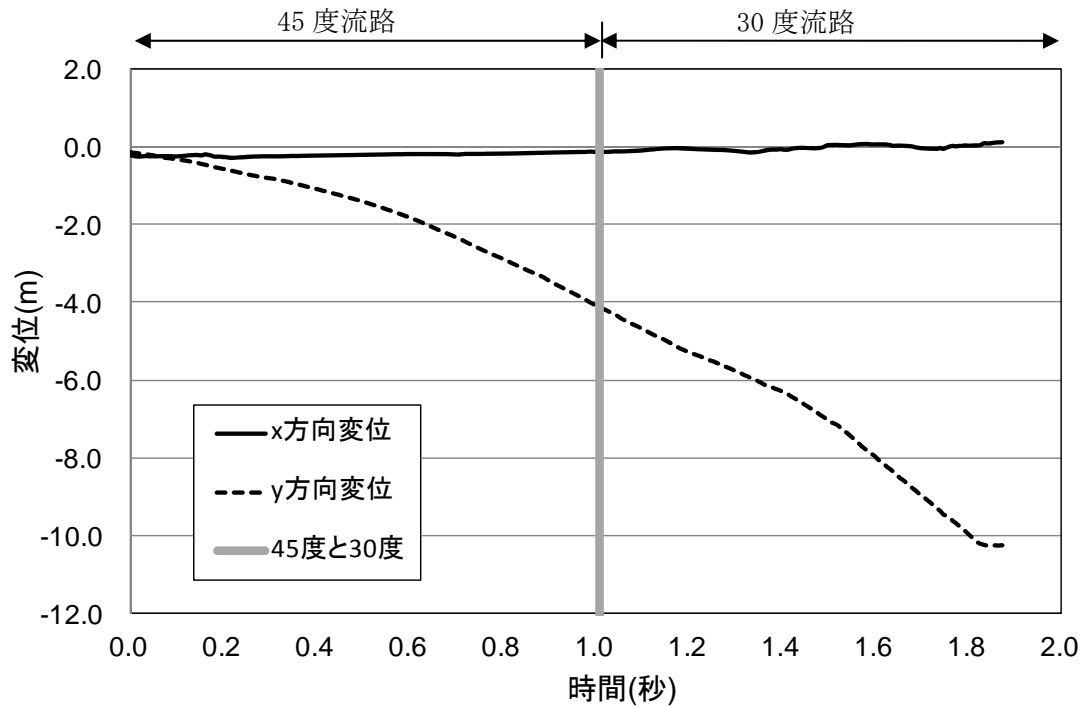


図 9.2.332 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.333 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。



1111 図 9.2.333(a) 岩塊模型の変位履歴

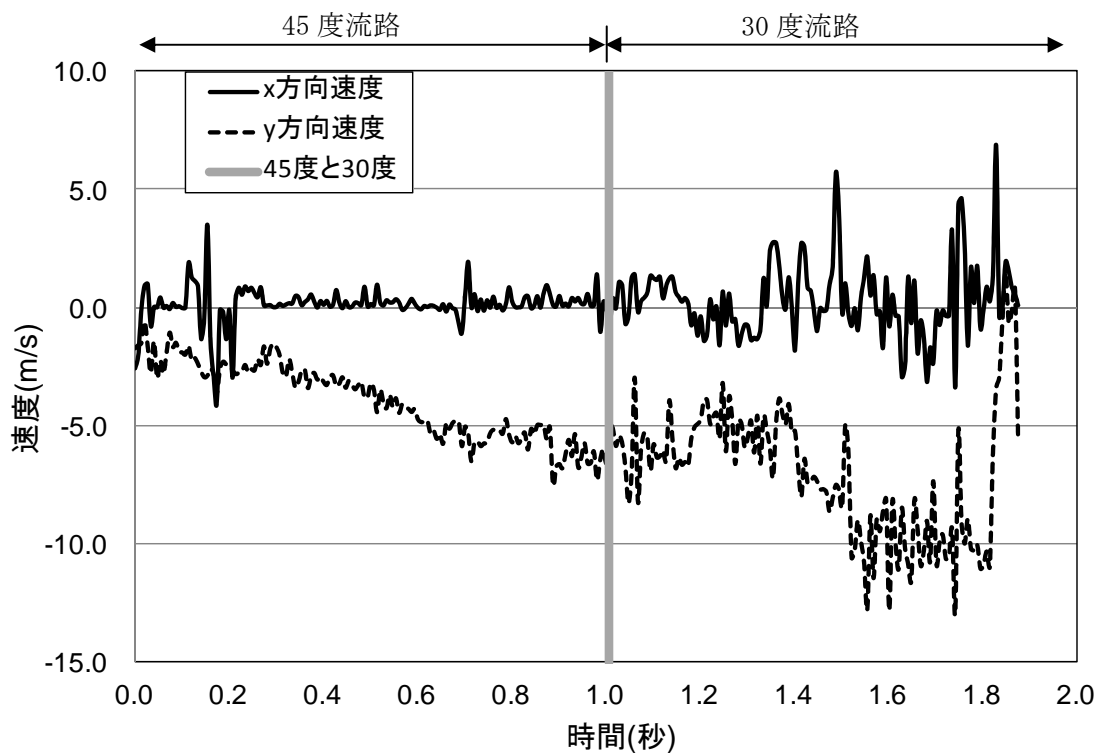


図 9.2.333(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.334 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 2 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 9.2.334 解析に用いた標点の位置

図 9.2.335 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。

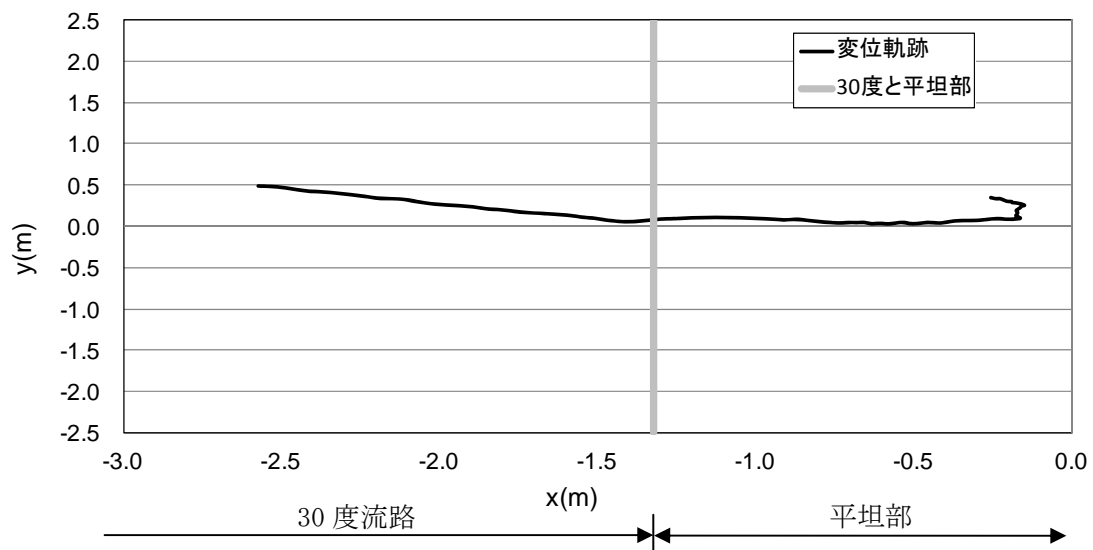


図 9.2.335 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.336 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 方向成分ともゼロ付近に収束する挙動を示した。

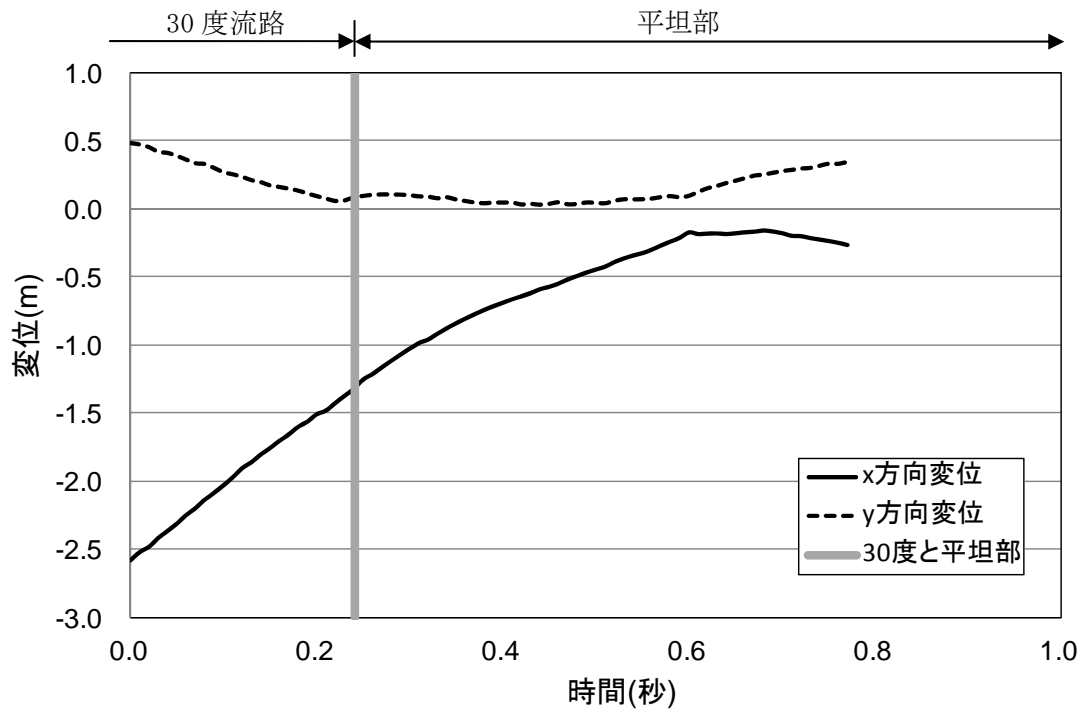


図 9.2.336(a) 岩塊模型の変位履歴

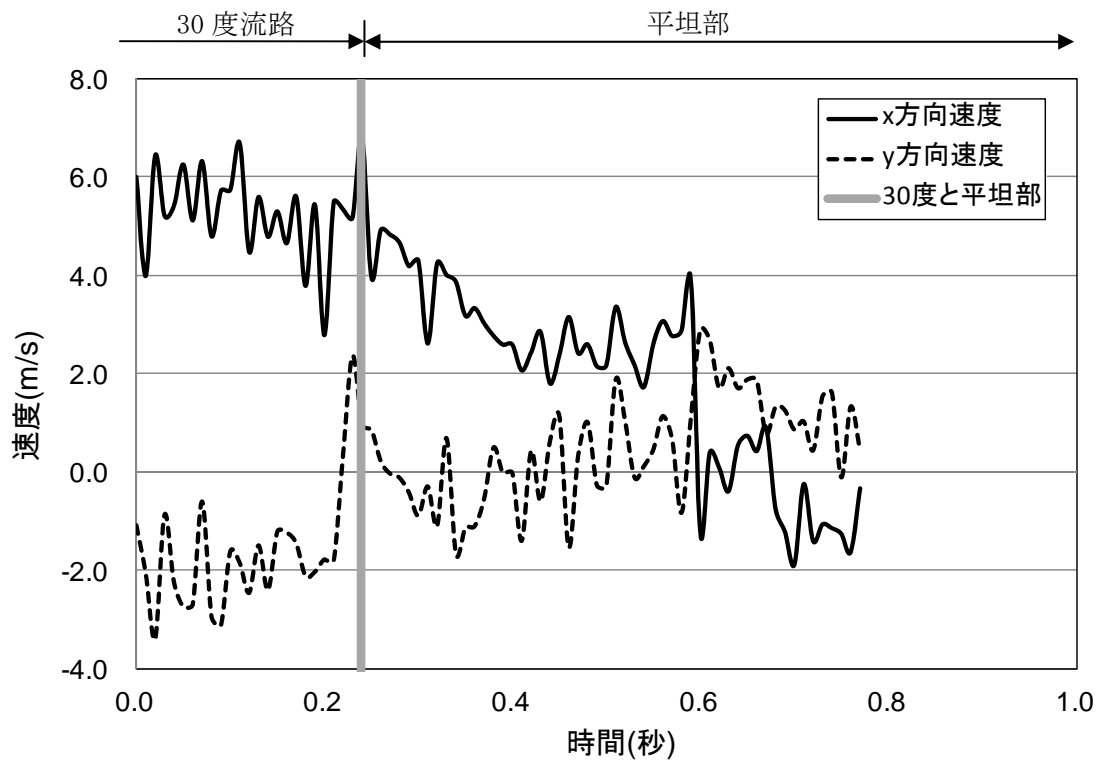


図 9.2.336(b) 岩塊模型の速度履歴

(4) No. 25 塊状 20cm 平面下 (標点有)

① 流路横

図 9.2.337 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 9.2.337 解析に用いた標点の位置

図 9. 2. 338 に岩塊模型の変位軌跡を示す。45 度流路下部と 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。

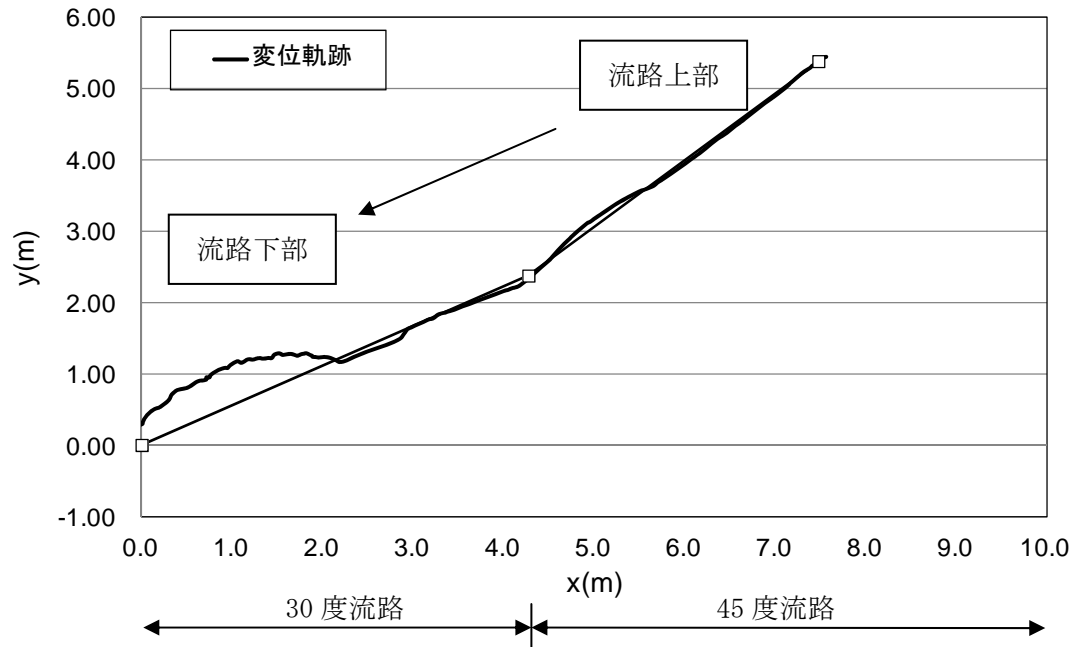


図 9. 2. 338 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.339 に変位と速度の時刻歴を示す。変位履歴からは 45 度流路下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 度流路下部において、跳ね上がり時に速度の落下方向に対する x 方向成分が上がり、y 方向成分が上方に向かって上がる挙動が見られ、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 方向成分の落下速度が下がり、y 方向成分の落下速度が上方に向かって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。

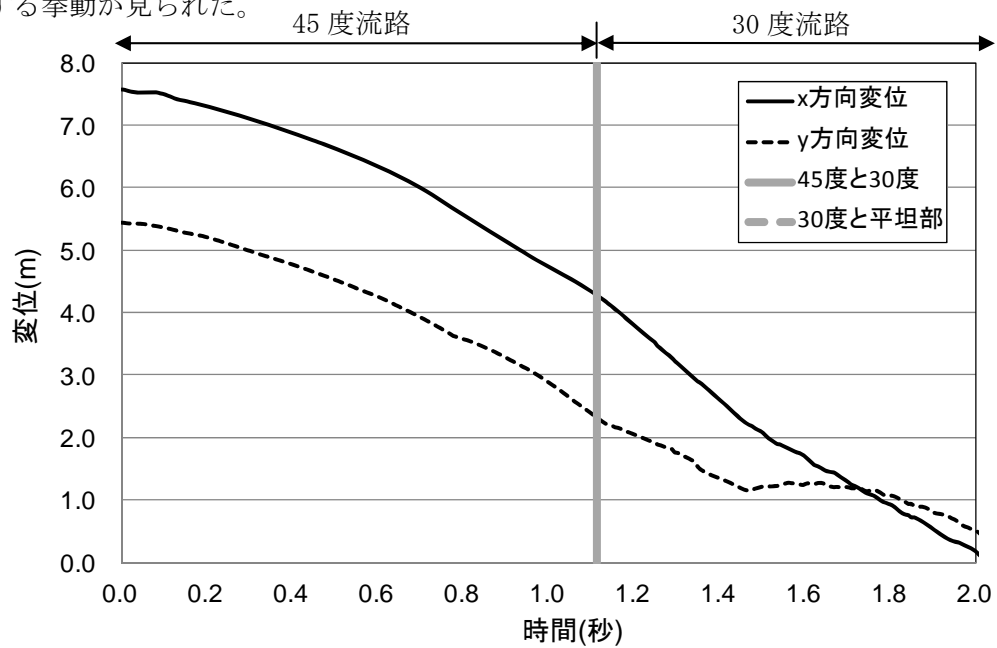


図 9.2.339(a) 岩塊模型の変位履歴

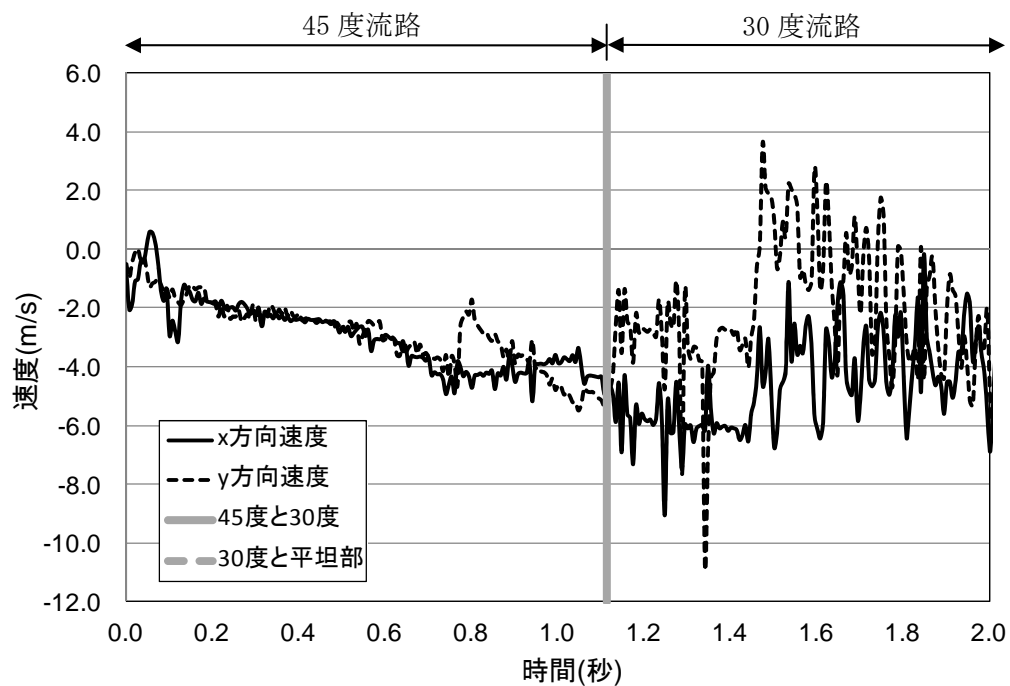


図 9.2.339(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.340 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 度流路では、跳ね返りに伴い、x 方向成分は落下速度が下がり、y 方向成分は上方に向かって上がったのち落下方向に向かって速度が上がる挙動を示した。アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が下がり、y 方向成分は上方に向かって速度が上がったのち落下方向に向かって速度が上がる挙動を示した。

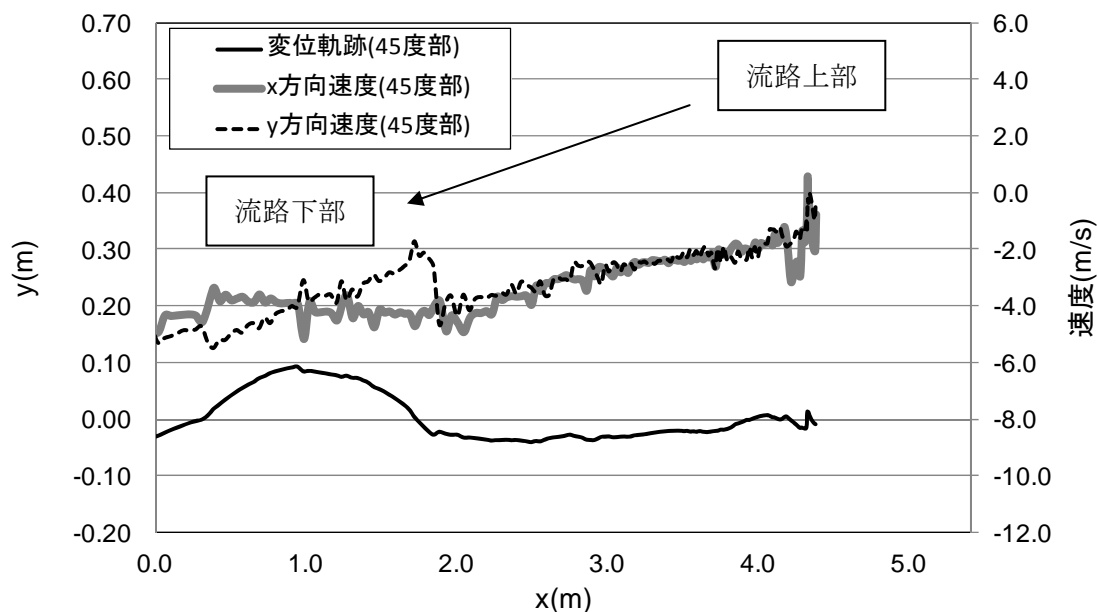


図 9.2.340(a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

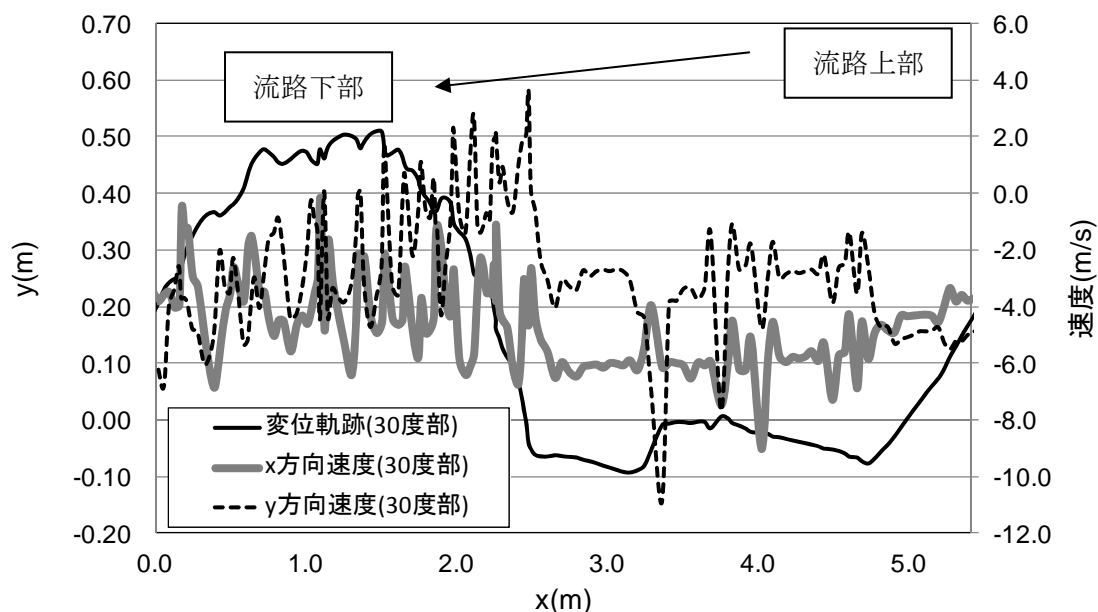


図 9.2.340(b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.341 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。



図 9.2.341 解析に用いた標点の位置

図 9.2.342 に岩塊模型の変位軌跡を示す。平坦部で、岩塊の回転挙動が見られた。

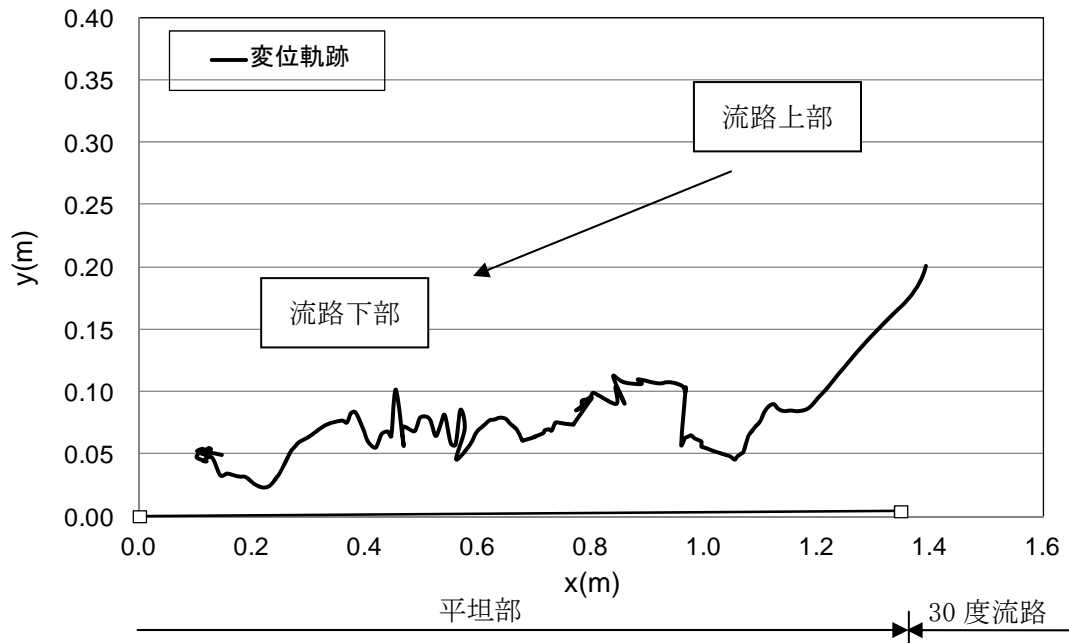


図 9.2.342 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.343 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 方向成分とも同様な挙動を示した。ロードセル衝突時に速度がゼロ付近に収束する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.3 秒付近である。

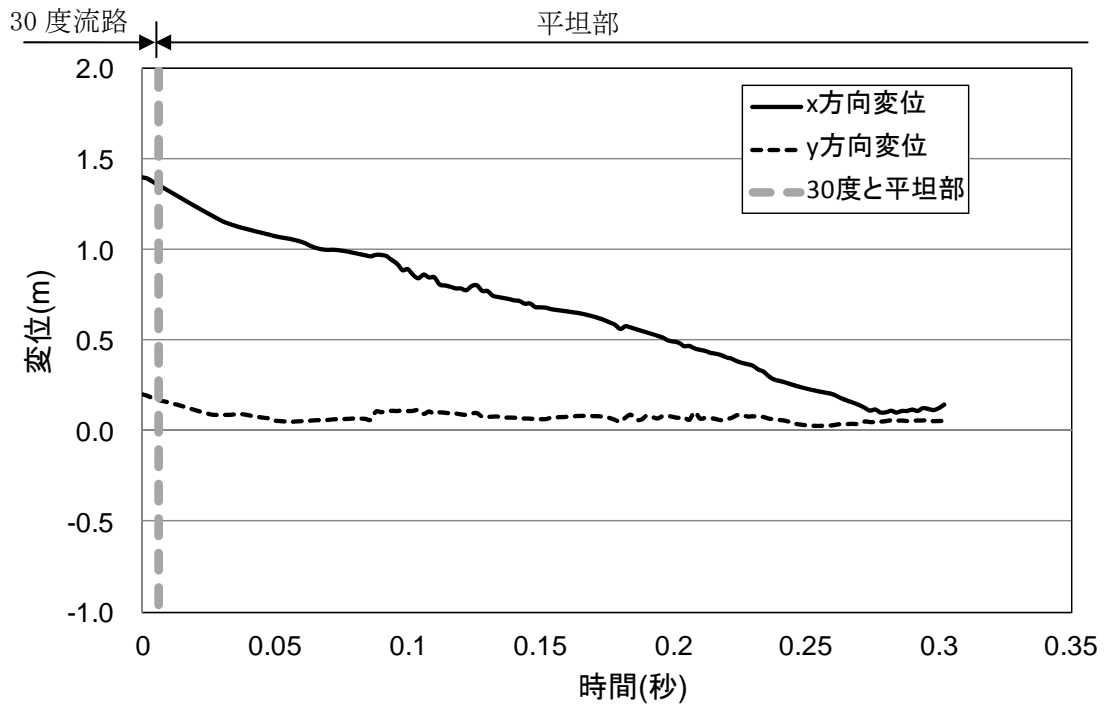


図 9.2.343(a) 岩塊模型の変位履歴

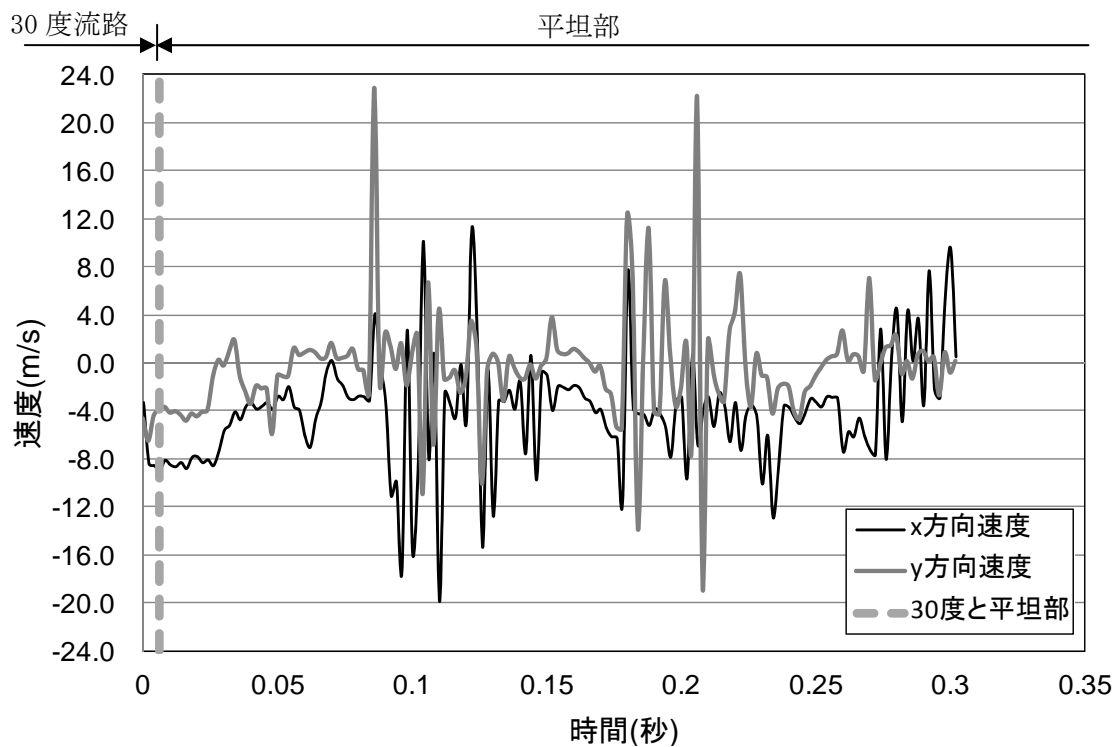


図 9.2.343(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.344 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から回転挙動が生じていることが分かる。速度軌跡からは、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

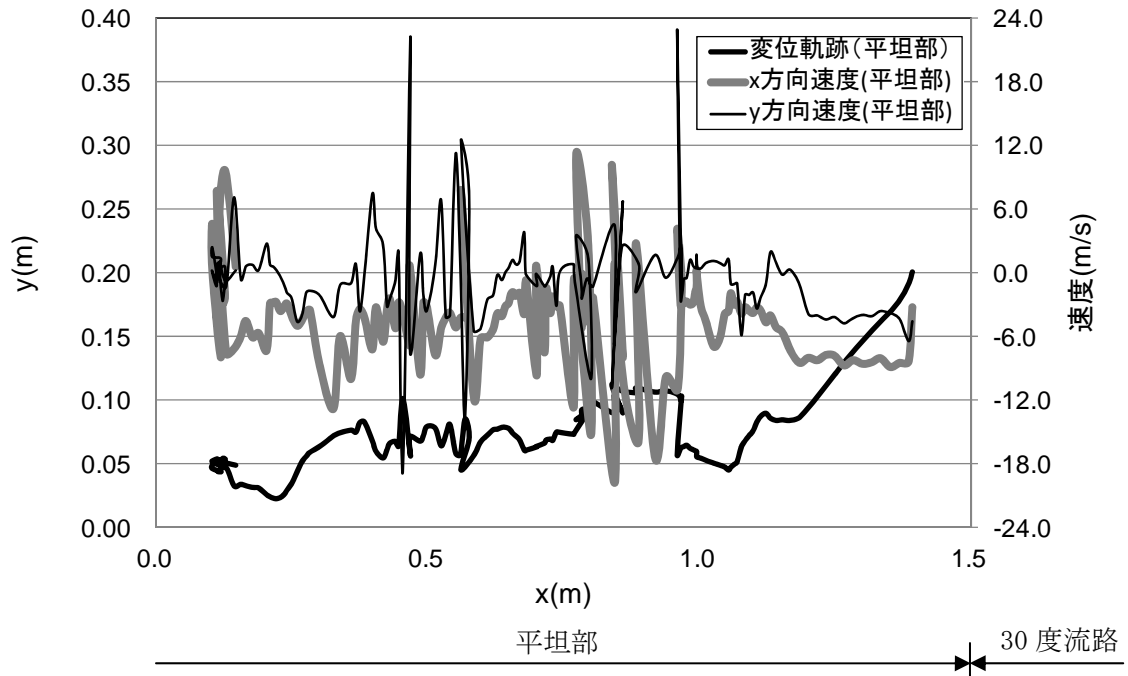


図 9.2.344 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.345 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。

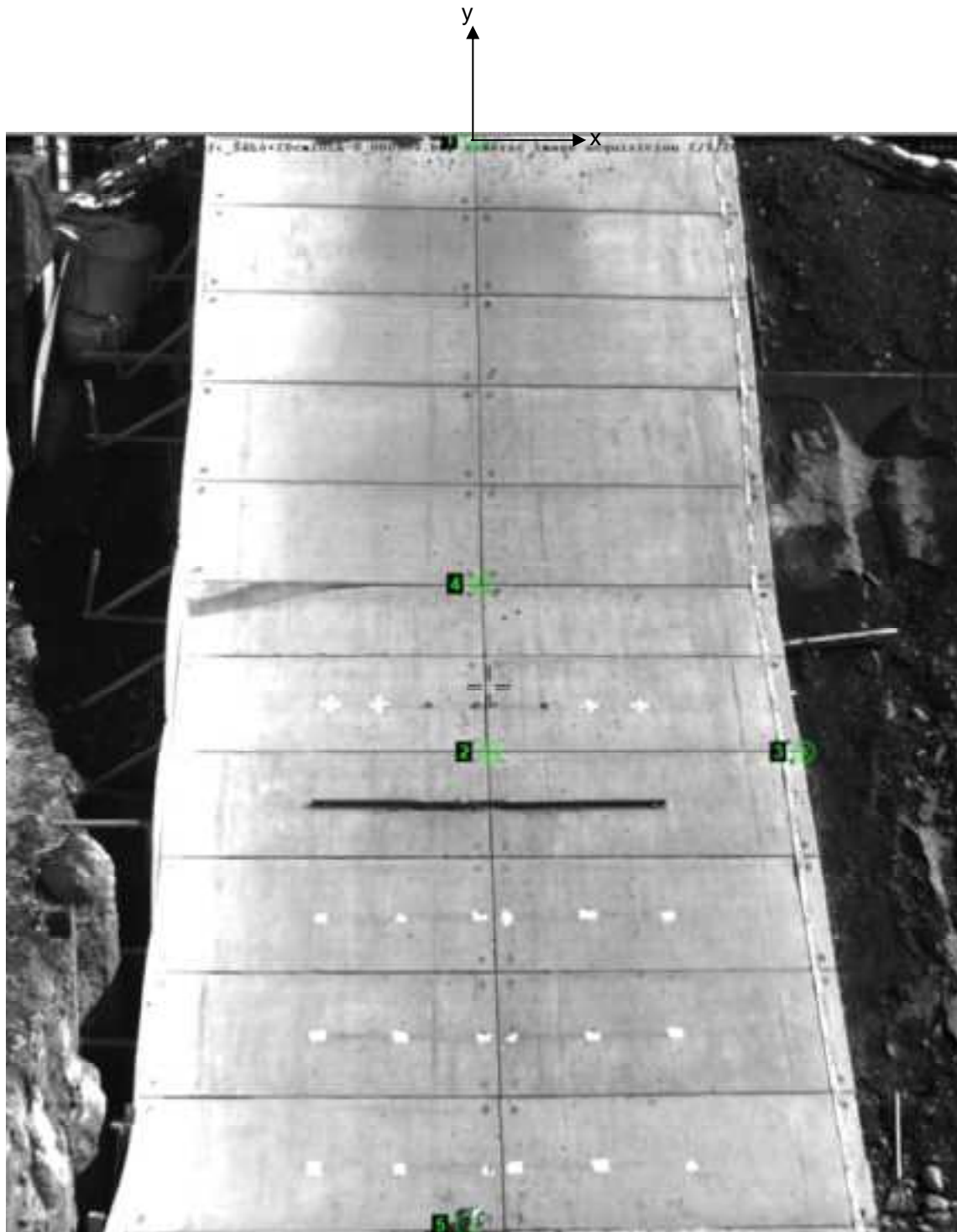


図 9.2.345 解析に用いた標点の位置

図 9.2.346 に岩塊模型の変位軌跡を示す。跳ね返り時に変位に変化があるものの、流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

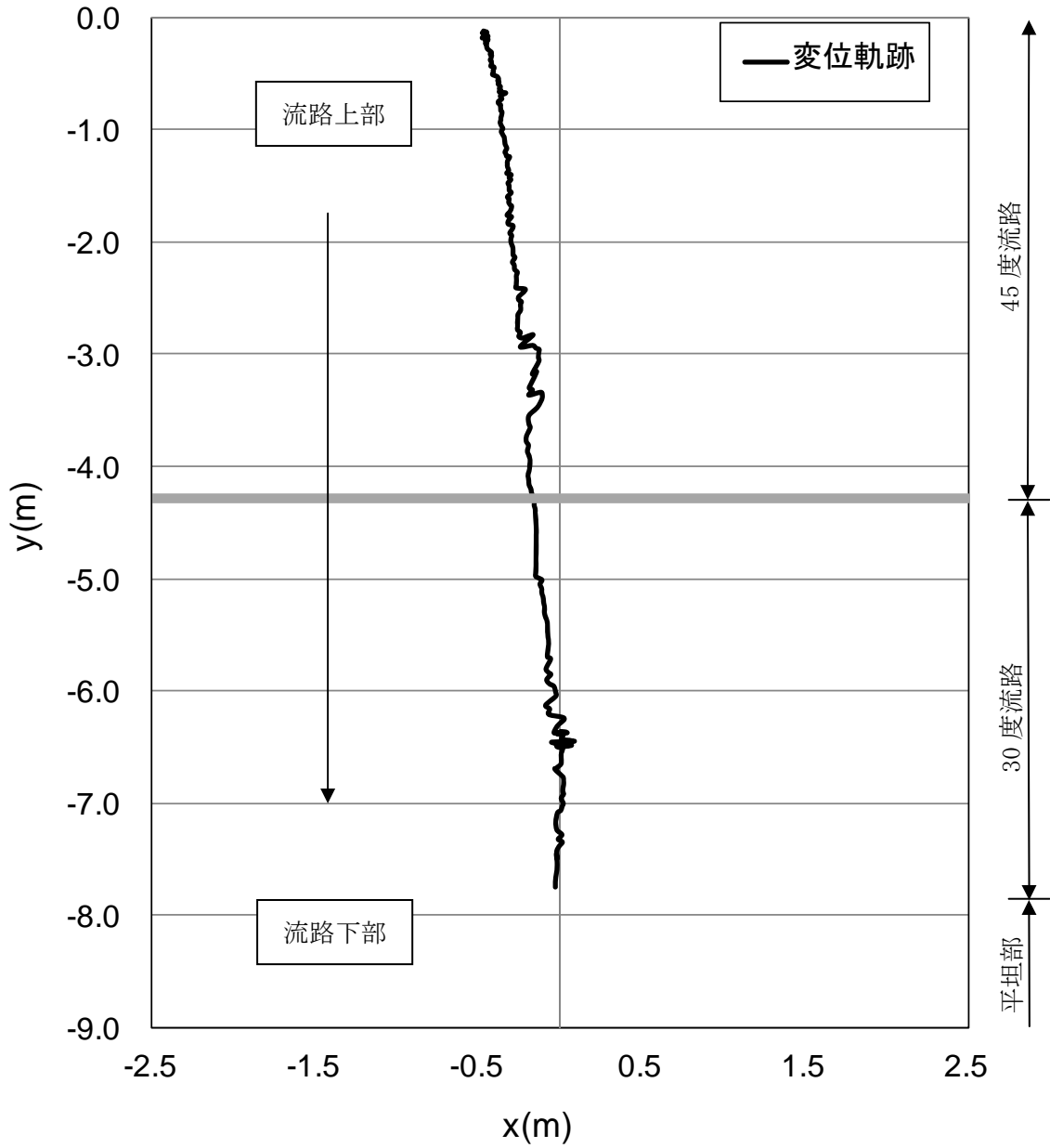


図 9.2.346 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.347 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。

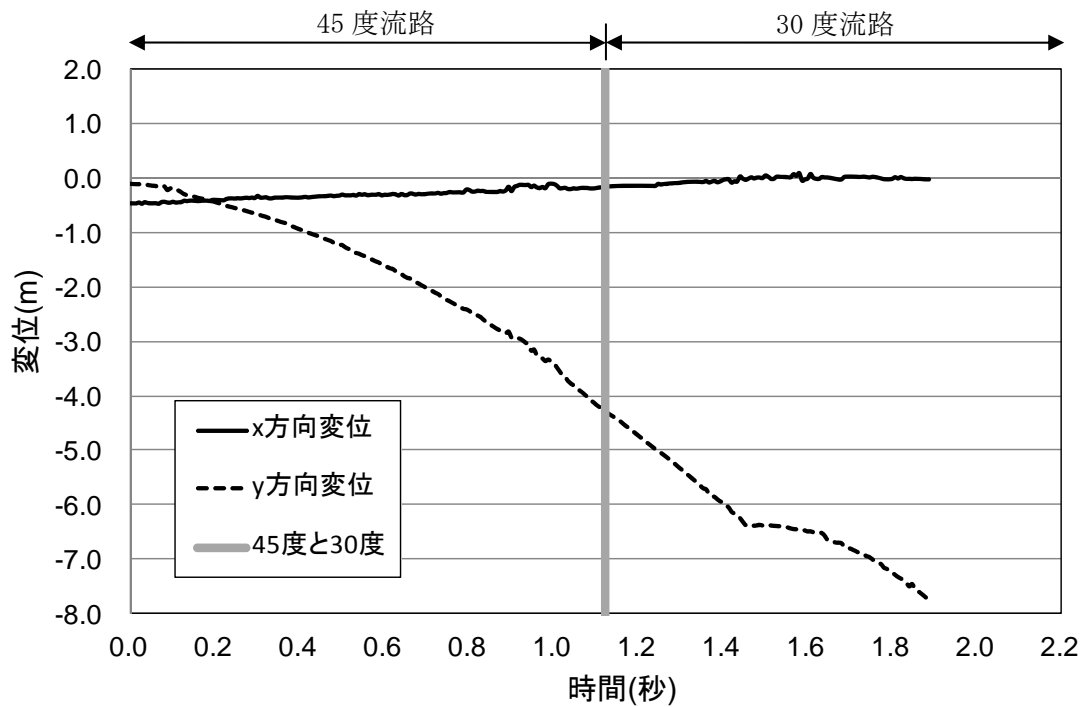


図 9.2.347(a) 岩塊模型の変位履歴

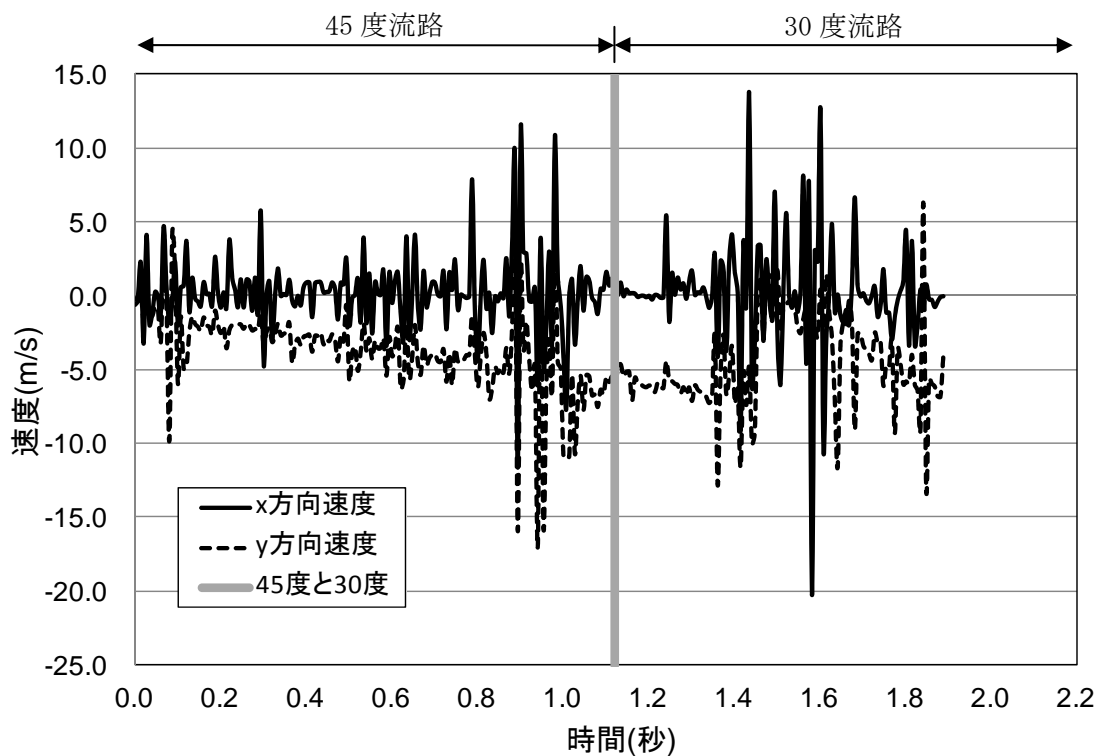


図 9.2.347(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.348 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 2 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 9.2.348 解析に用いた標点の位置

図 9.2.349 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。

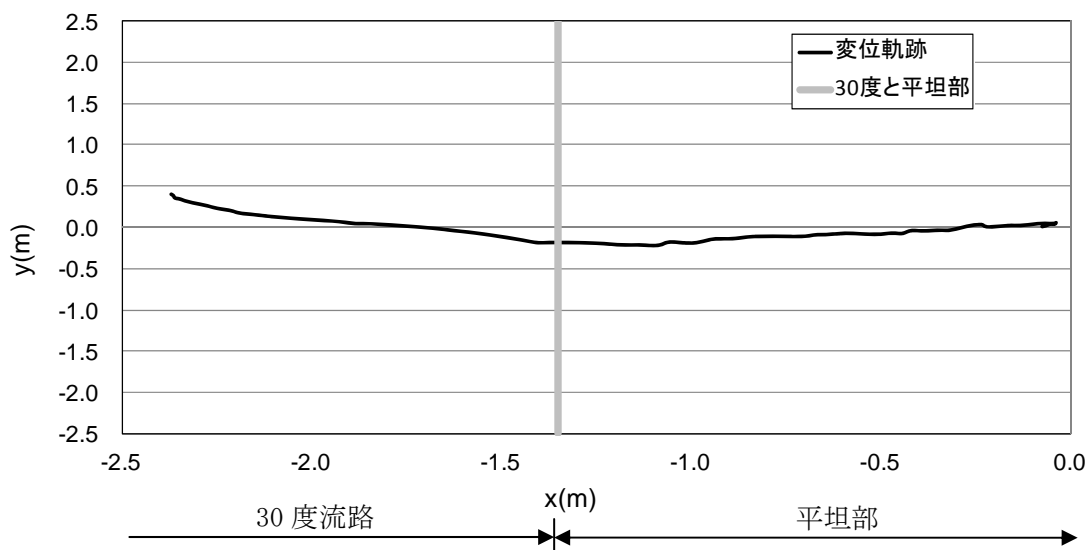


図 9.2.349 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.350 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 方向成分は平坦部でゼロ付近に収束する挙動を示した。

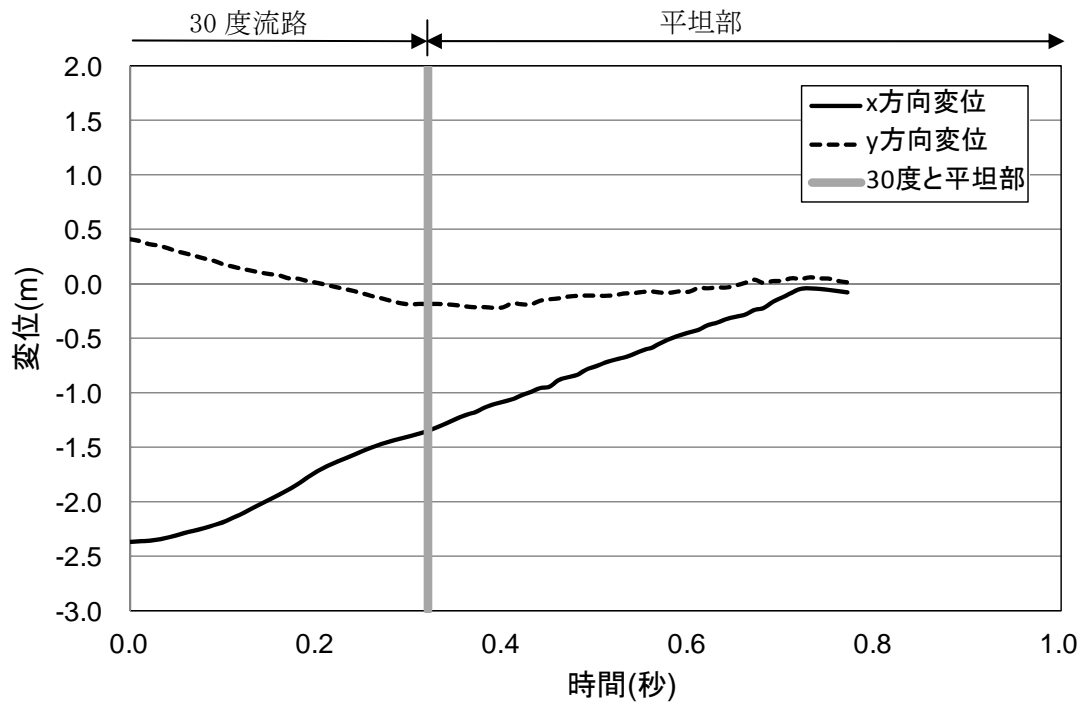


図 9.2.350(a) 岩塊模型の変位履歴

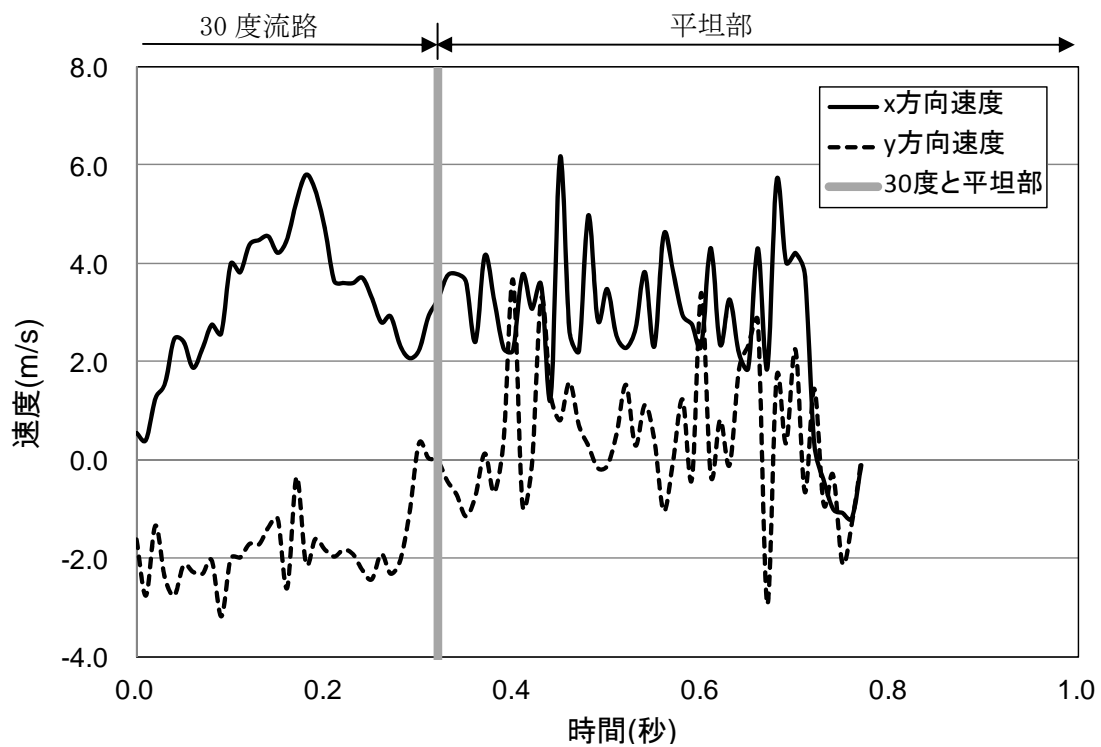


図 9.2.350(b) 岩塊模型の速度履歴

(5) No. 26 塊状 20cm 平面下 (標点有)

① 流路横

図 9.2.351 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 9.2.351 解析に用いた標点の位置

図 9.2.352 に岩塊模型の変位軌跡を示す。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。

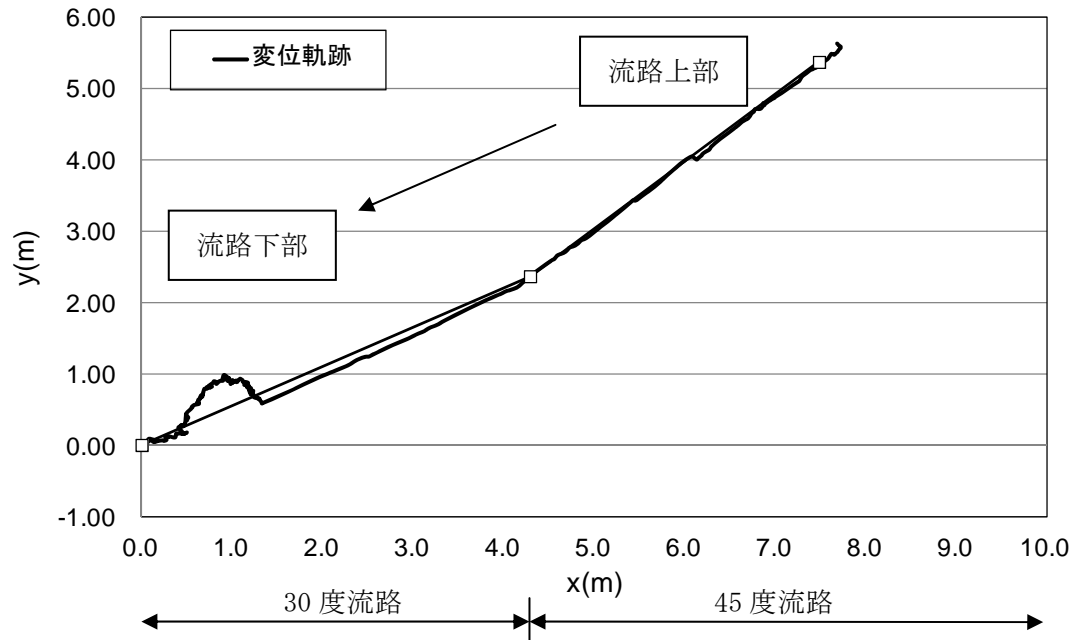


図 9.2.352 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.353 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度流路下部において、x方向成分、y方向成分とも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方向成分の落下速度が上がり、y方向成分の落下速度が上方に向かって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。

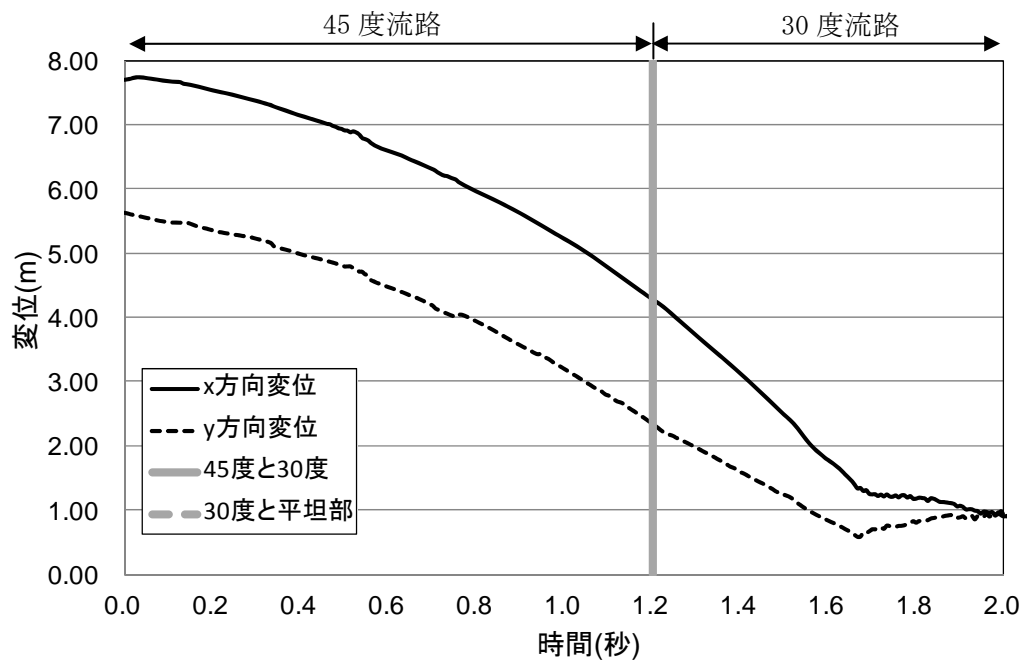


図 9.2.353(a) 岩塊模型の変位履歴

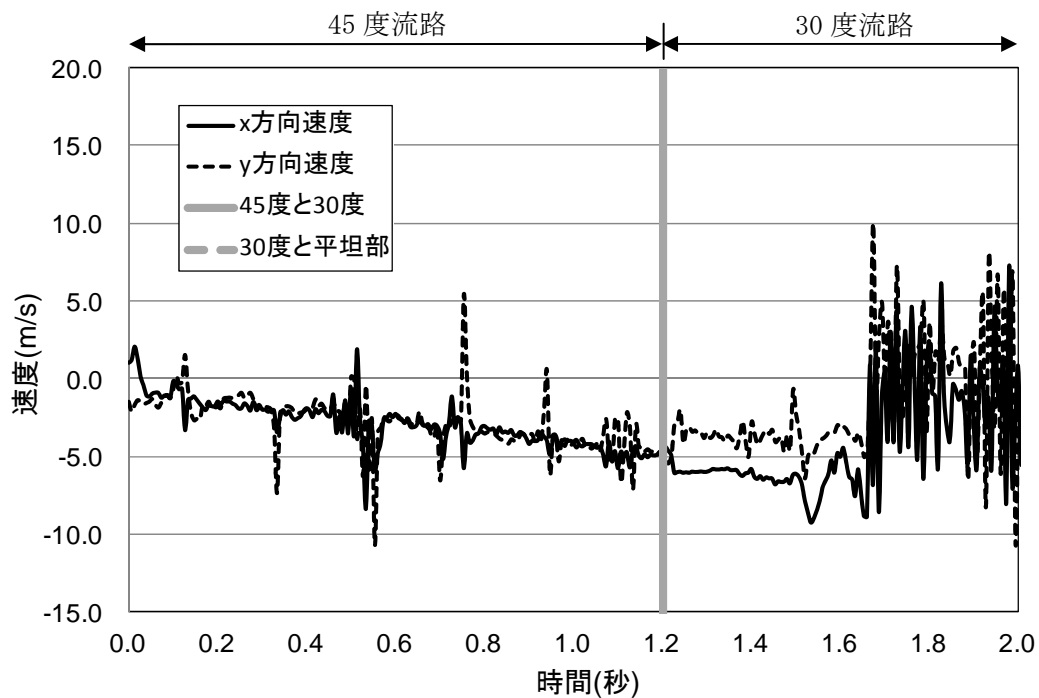


図 9.2.353(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 354 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。速度軌跡から、45 度流路では、x 方向成分、y 方向成分とも同様の挙動を示した。アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が下がり、y 方向成分は上方に向かって速度が上がる挙動を示した。

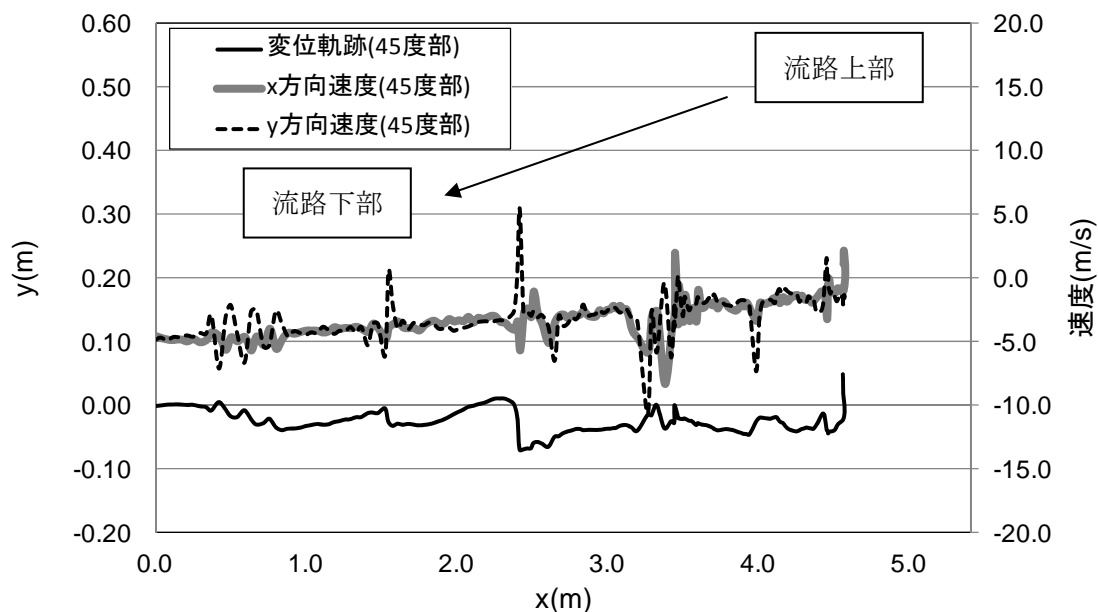


図 9. 2. 354 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

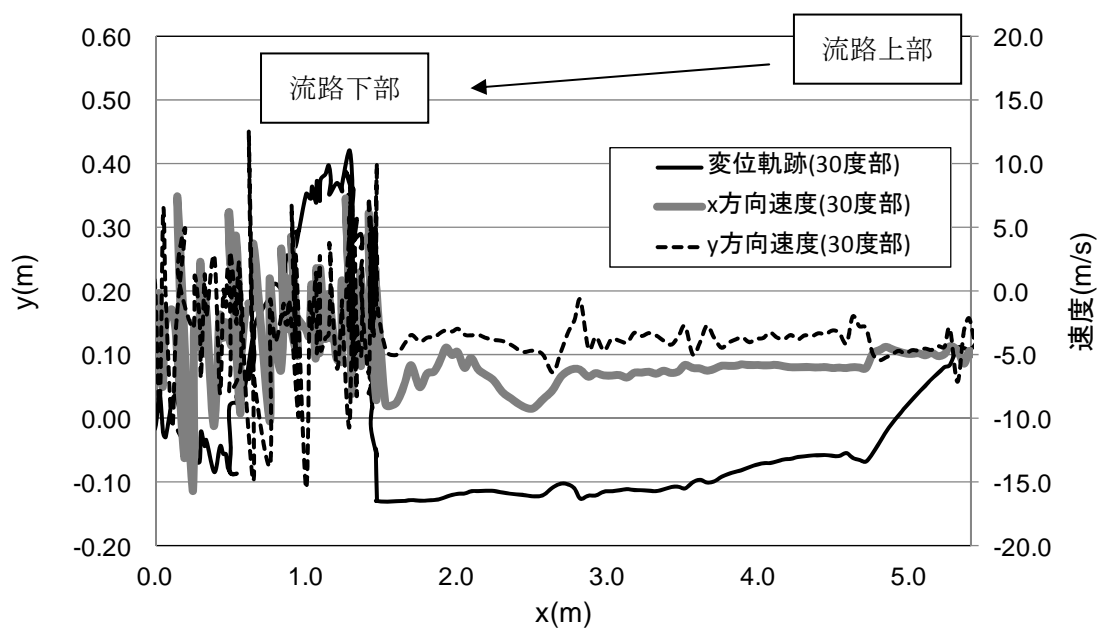


図 9. 2. 354 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.355 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。



図 9.2.355 解析に用いた標点の位置

図 9.2.356 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。

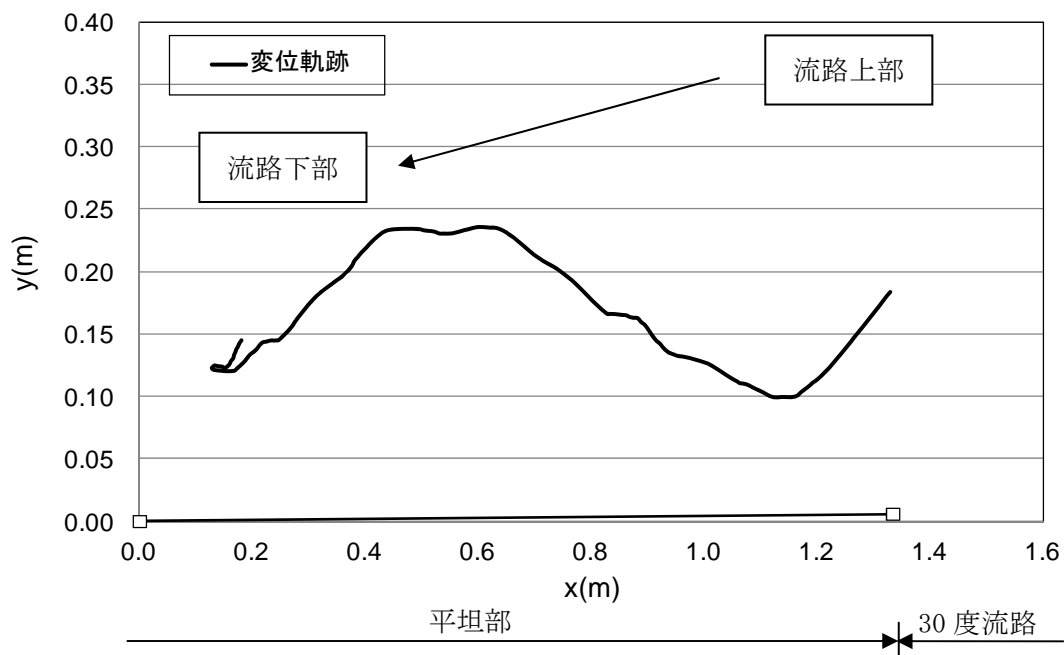


図 9.2.356 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.357 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 方向成分は速度低下が生じ、y 方向成分は上方に向かって速度が上がったのち、ロードセル衝突時に速度がゼロ付近に収束する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.35 秒付近である。

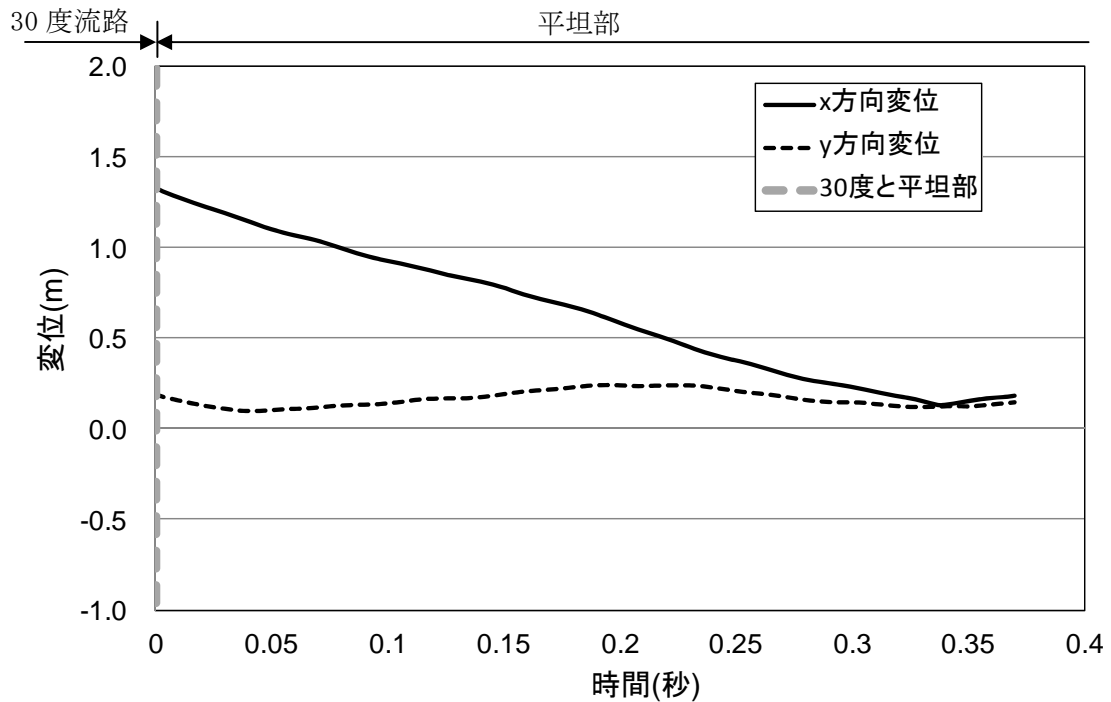


図 9.2.357(a) 岩塊模型の変位履歴

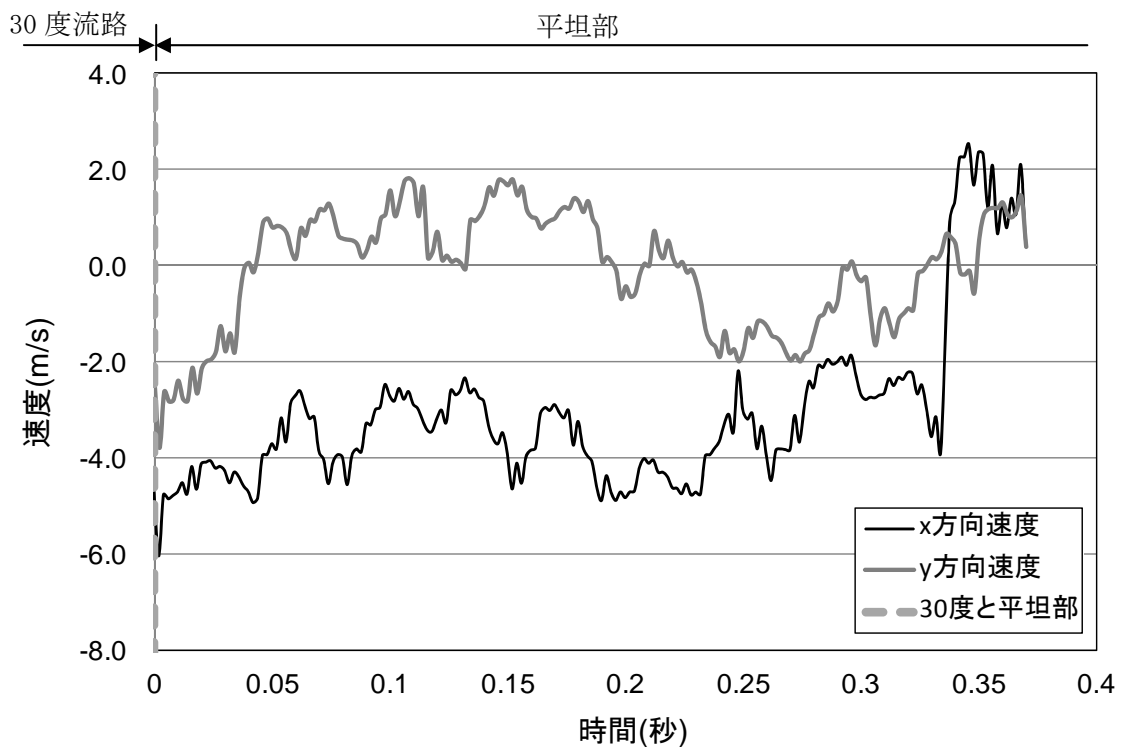


図 9.2.357(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.358 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

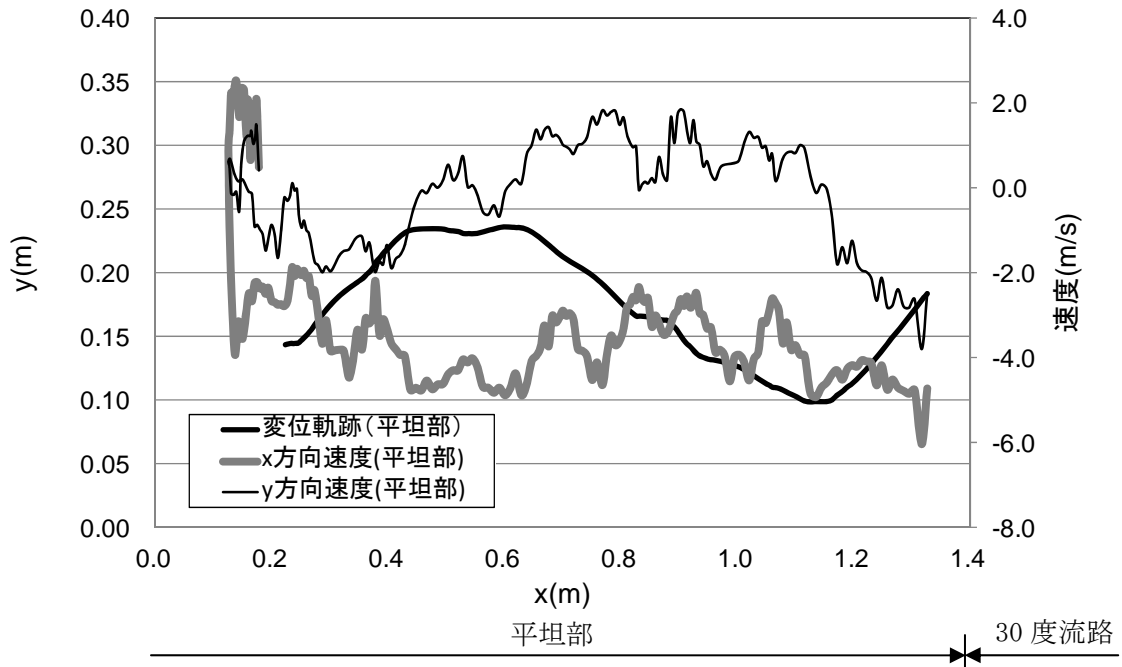


図 9.2.358 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.359 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。

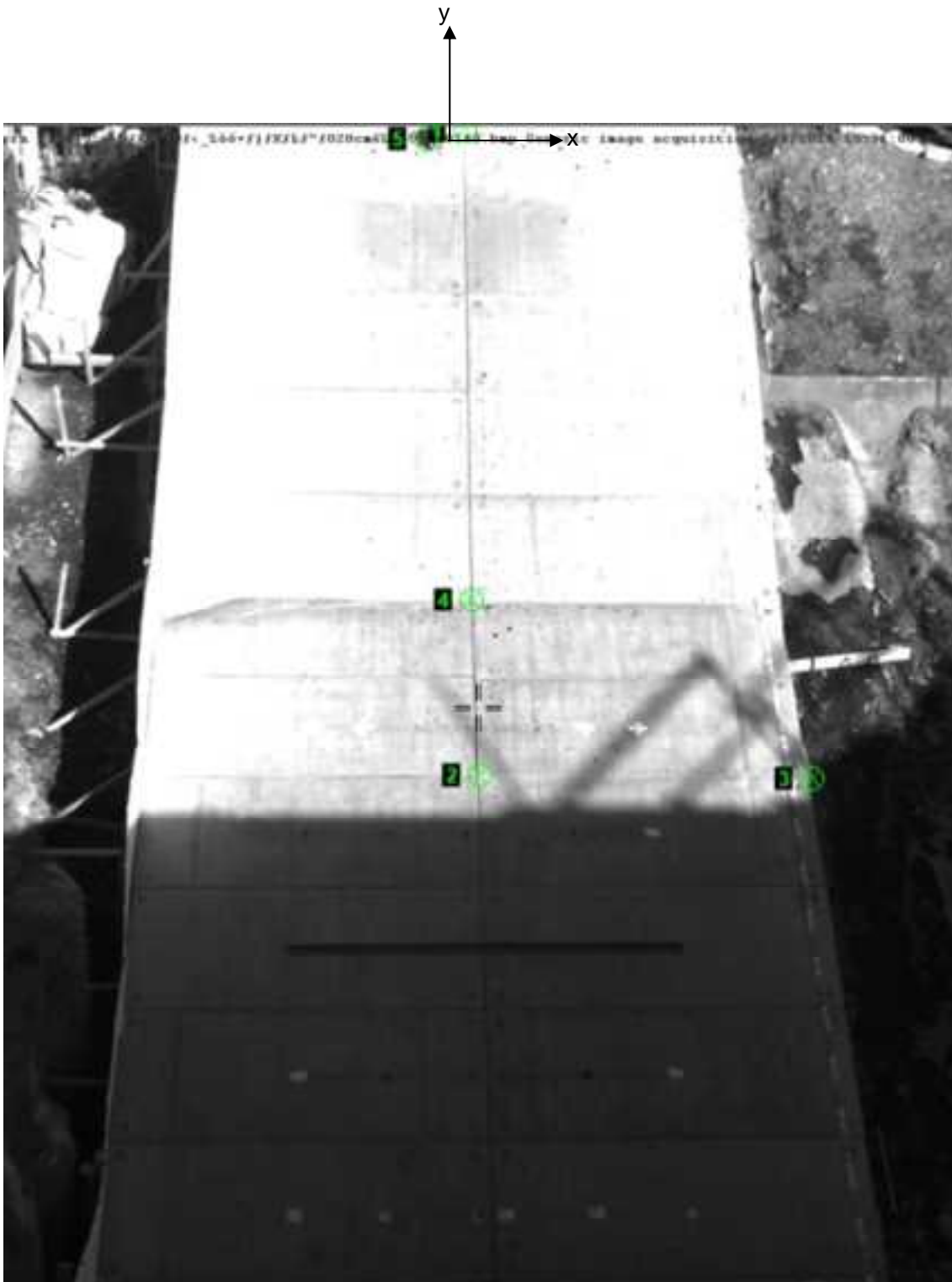


図 9.2.359 解析に用いた標点の位置

図 9.2.360 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

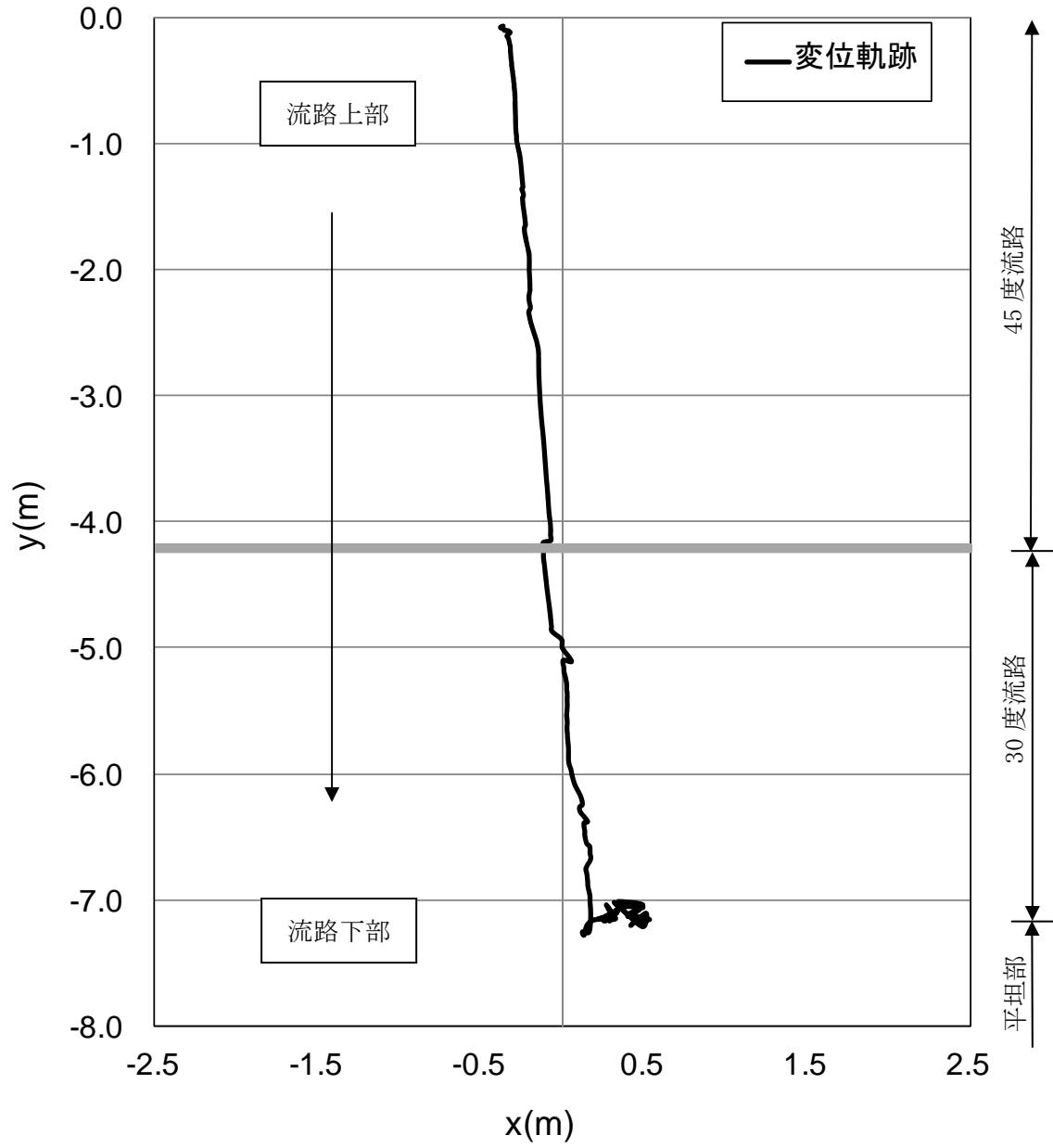


図 9.2.360 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.361 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。

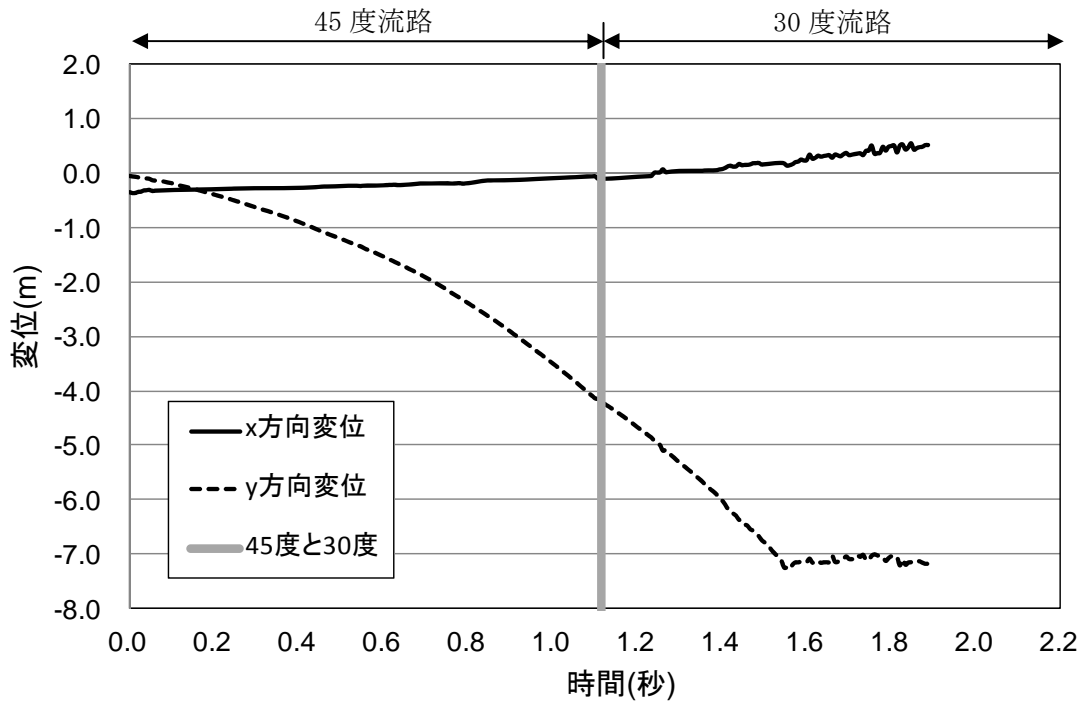


図 9.2.361(a) 岩塊模型の変位履歴

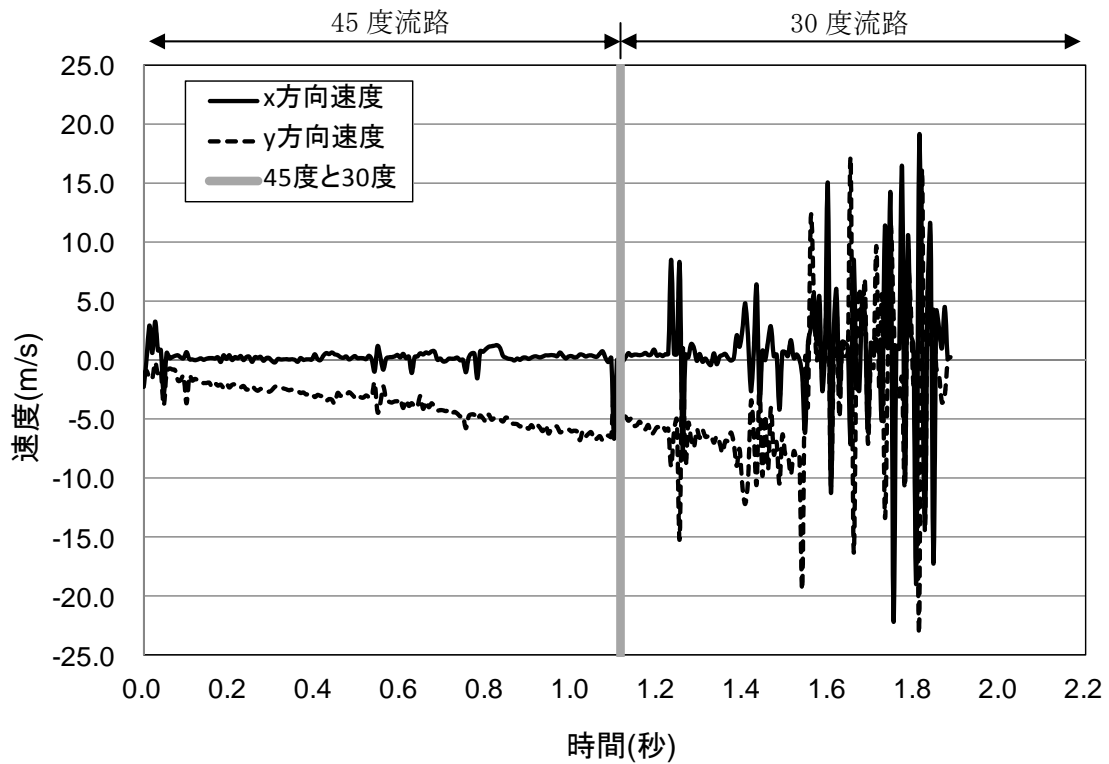


図 9.2.361(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.362 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 2 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 9.2.362 解析に用いた標点の位置

図 9.2.363 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。

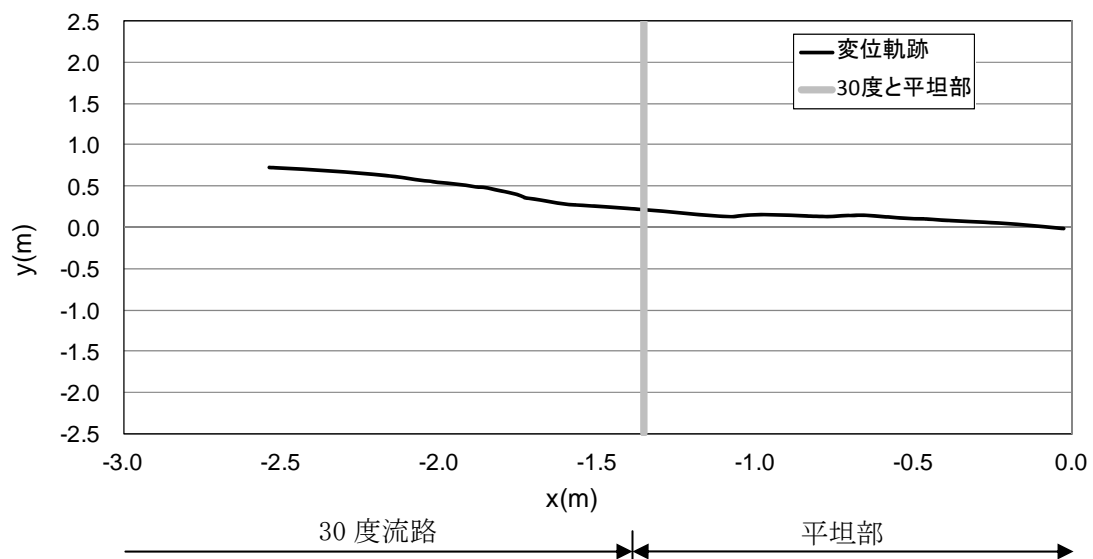


図 9.2.363 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.364 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、y 方向成分は平坦部でゼロに収束する挙動を示し、x 方向成分はロードセル衝突時にゼロに収束する挙動を示した。

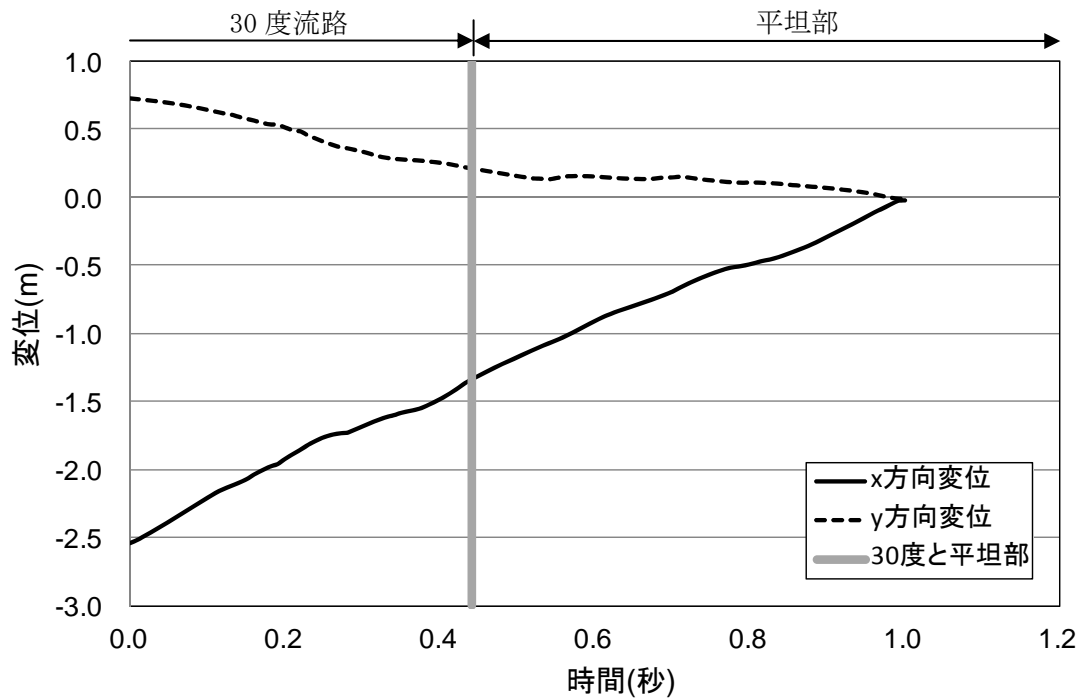


図 9.2.364(a) 岩塊模型の変位履歴

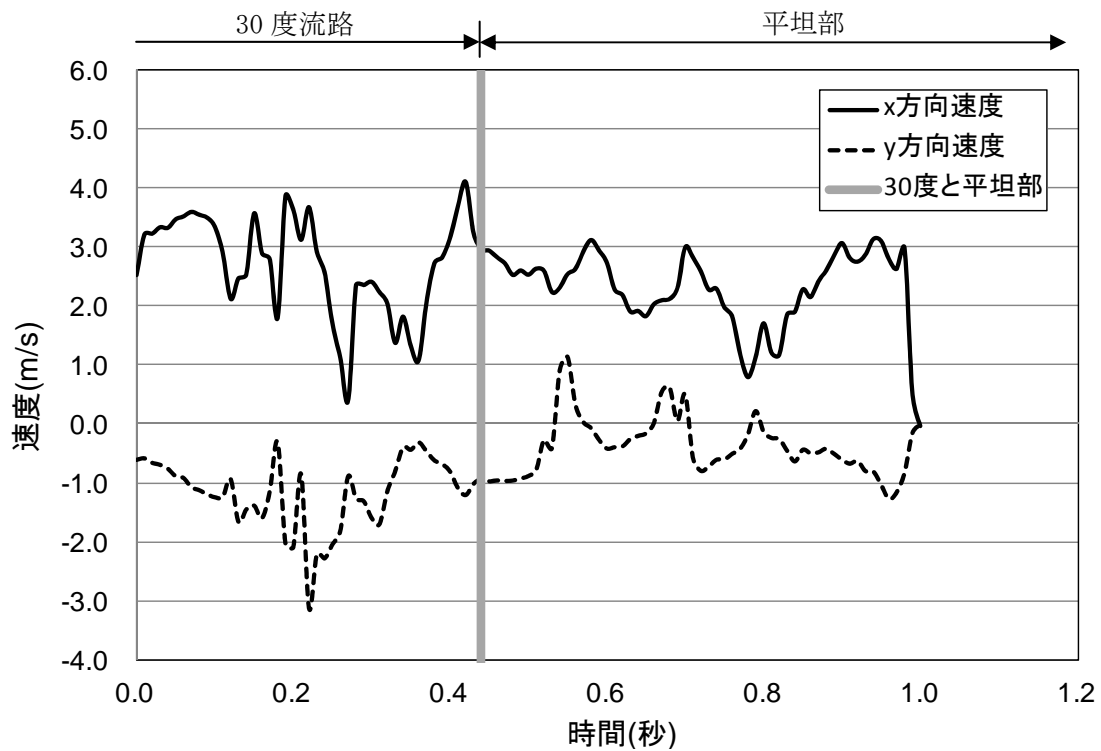


図 9.2.364(b) 岩塊模型の速度履歴

(6) No. 27 塊状 20cm 平面下 (標点有)

① 流路横

図 9.2.365 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 9.2.365 解析に用いた標点の位置

図 9.2.366 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路にて跳ね返りが見られた。岩塊は、アングルをまたぐように落下する挙動であった。45 度流路および 30 度流路上部では岩塊の回転挙動が見られた。

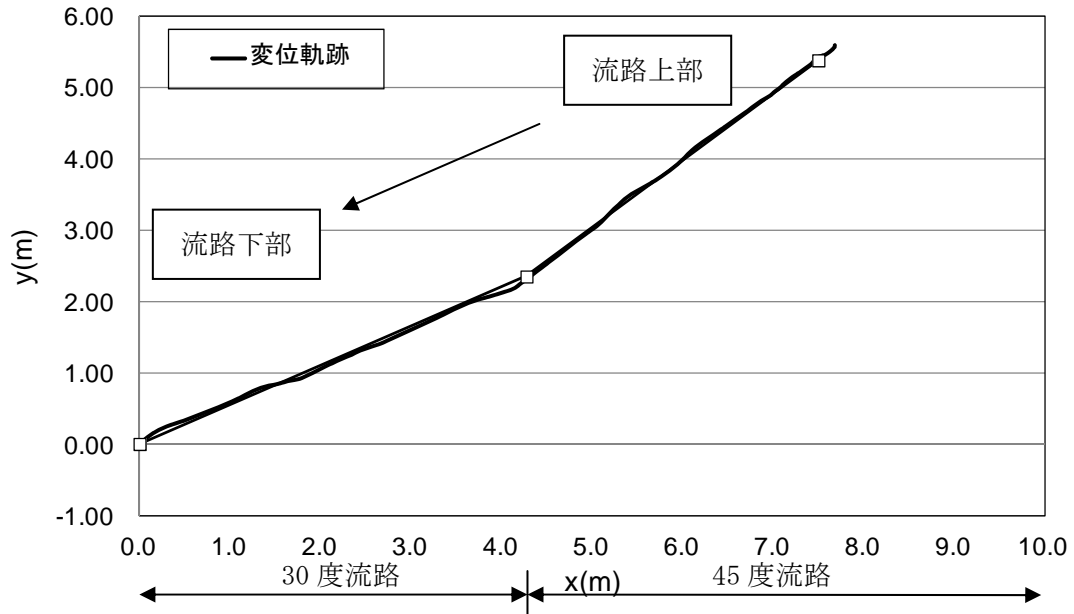


図 9.2.366 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.367 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 方向成分とも同様な挙動を示しているが、30度流路部では y 方向の落下速度が低下する挙動を示した。

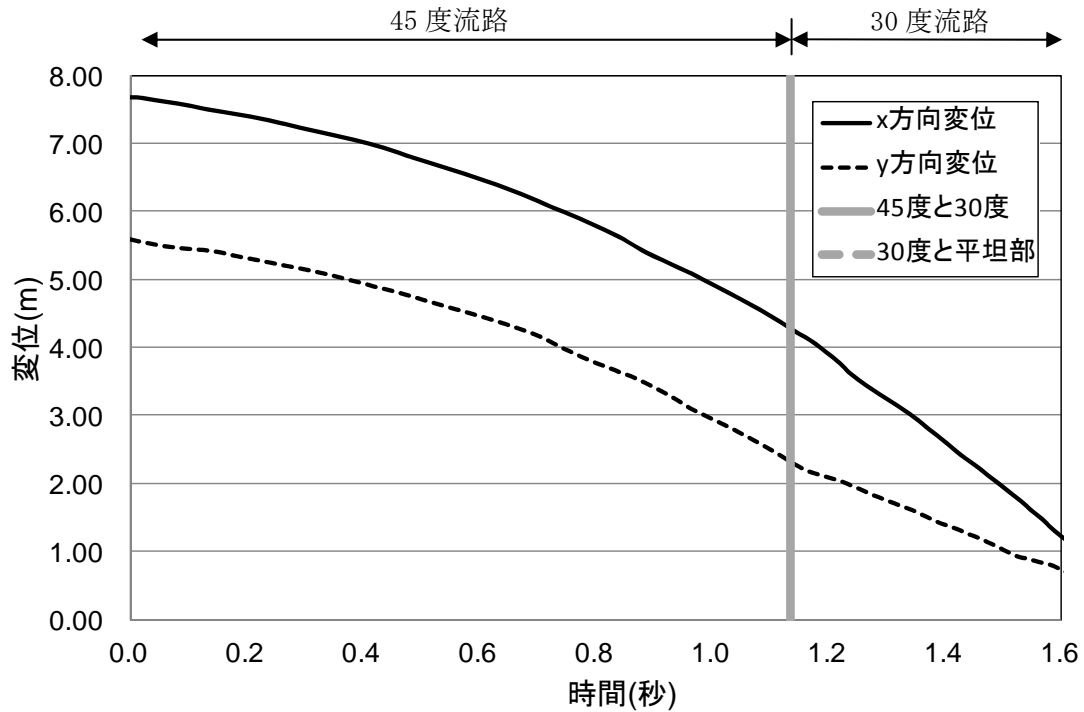


図 9.2.367(a) 岩塊模型の変位履歴

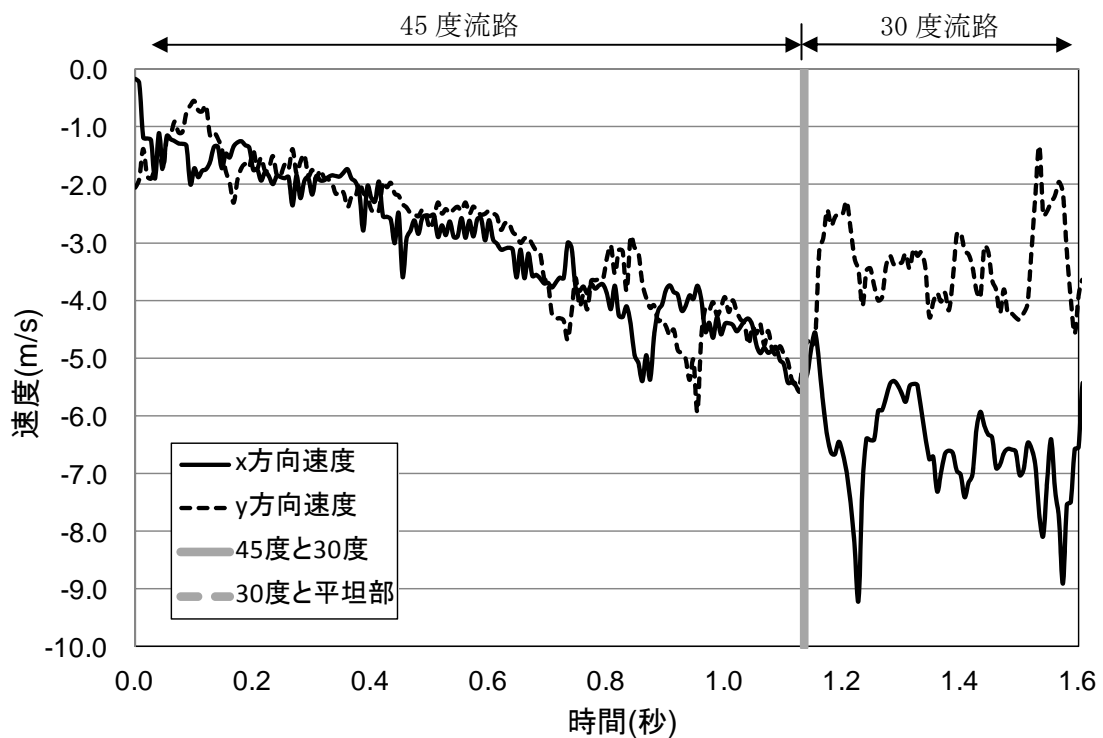


図 9.2.367(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 368 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 度流路下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、x 方向の落下速度は上がる挙動を示し、y 方向の落下速度は、45 度流路では落下速度が上がり、30 度流路では、岩塊が跳ね返る際に、上方に向かって速度が上がる挙動を示した。

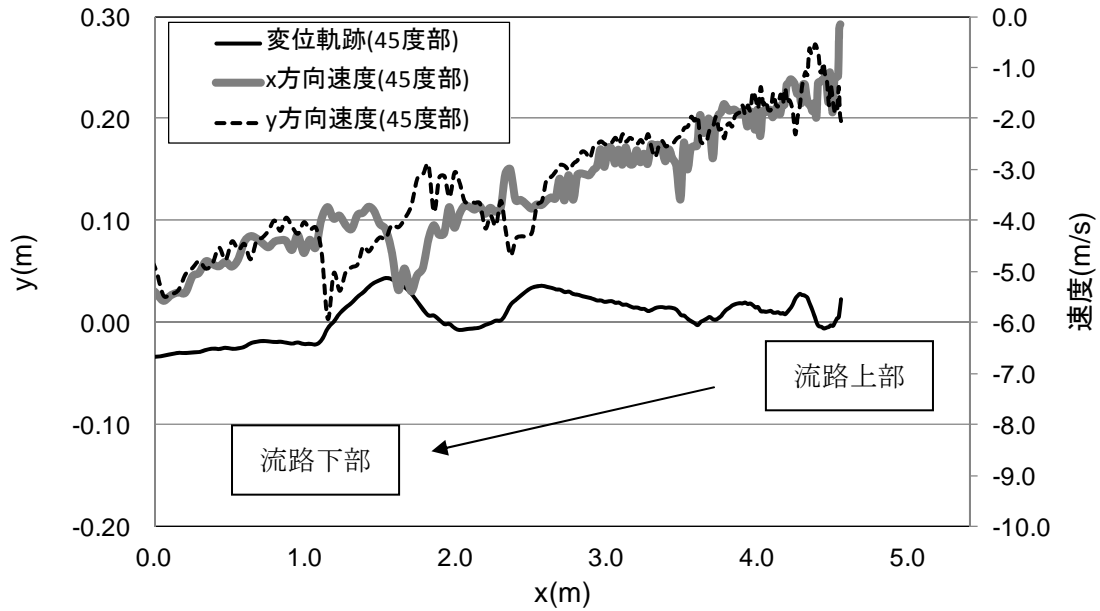


図 9. 2. 368 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

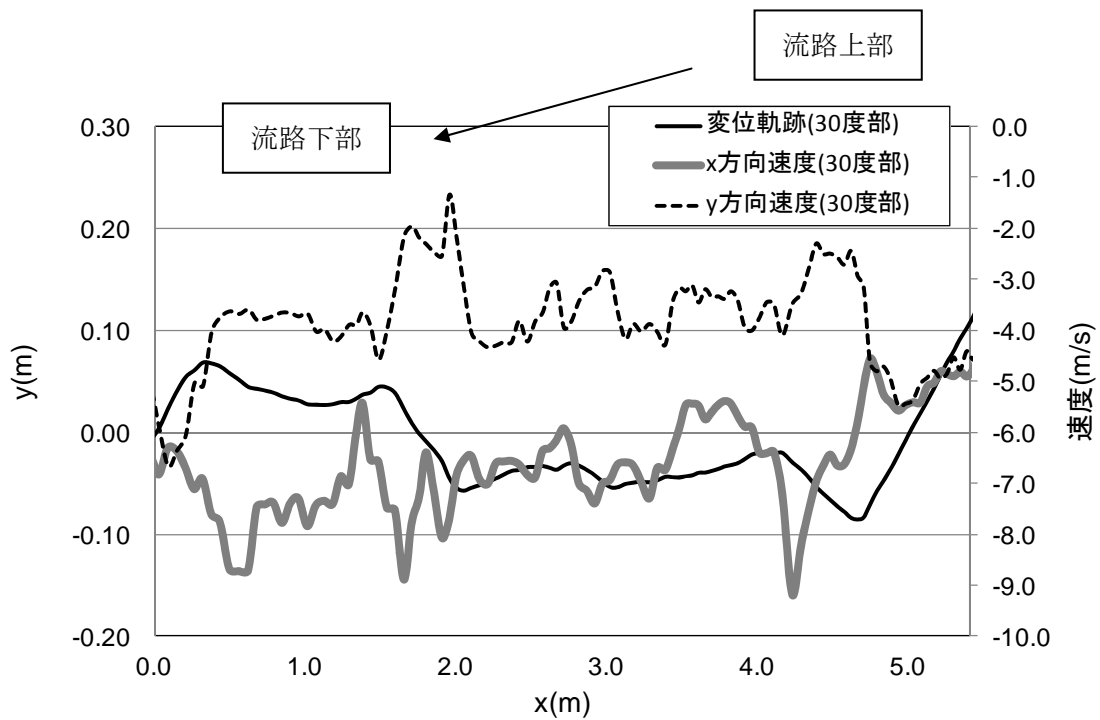


図 9. 2. 368 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.369 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。



図 9.2.369 解析に用いた標点の位置

図 9.2.370 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。

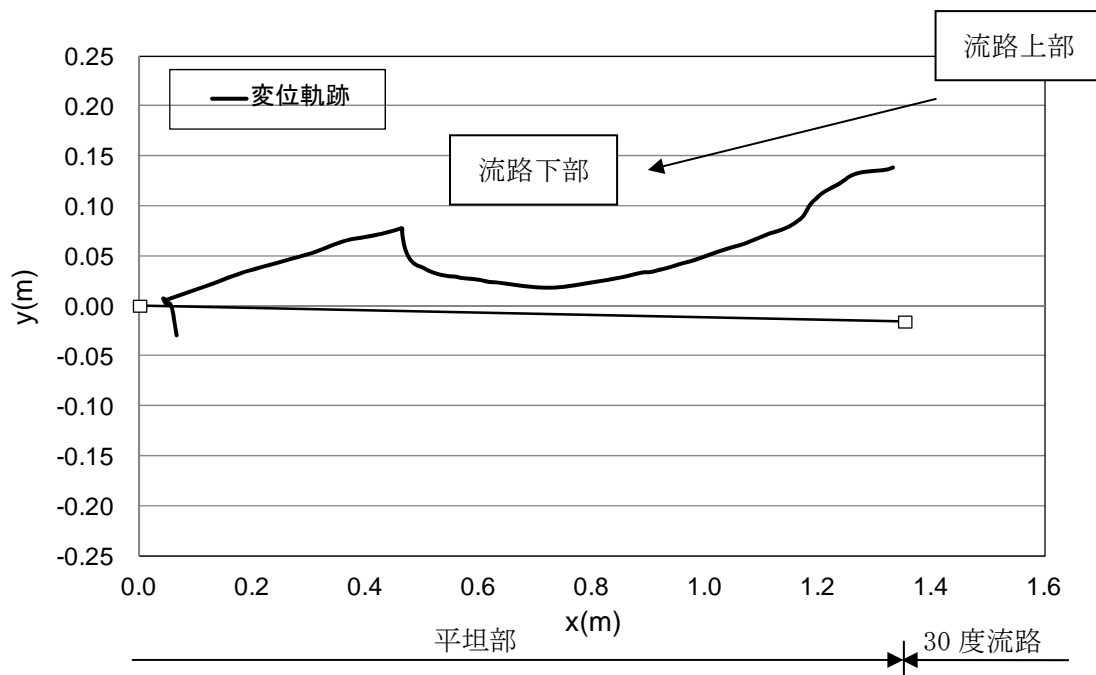


図 9.2.370 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.371 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、平坦部において、一時的に岩塊の x 方向成分が急激な速度低下、y 方向成分が急激な速度の上昇が見られた。そののち、両成分ともロードセル衝突時に速度が低下する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.2 秒付近である。

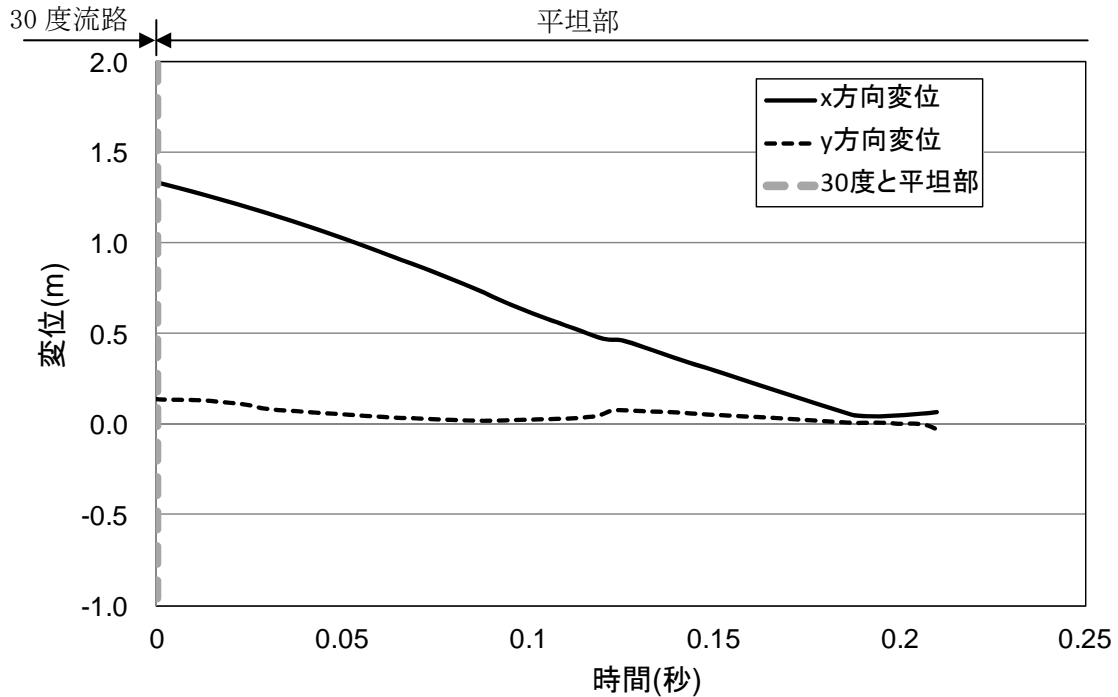


図 9.2.371(a) 岩塊模型の変位履歴

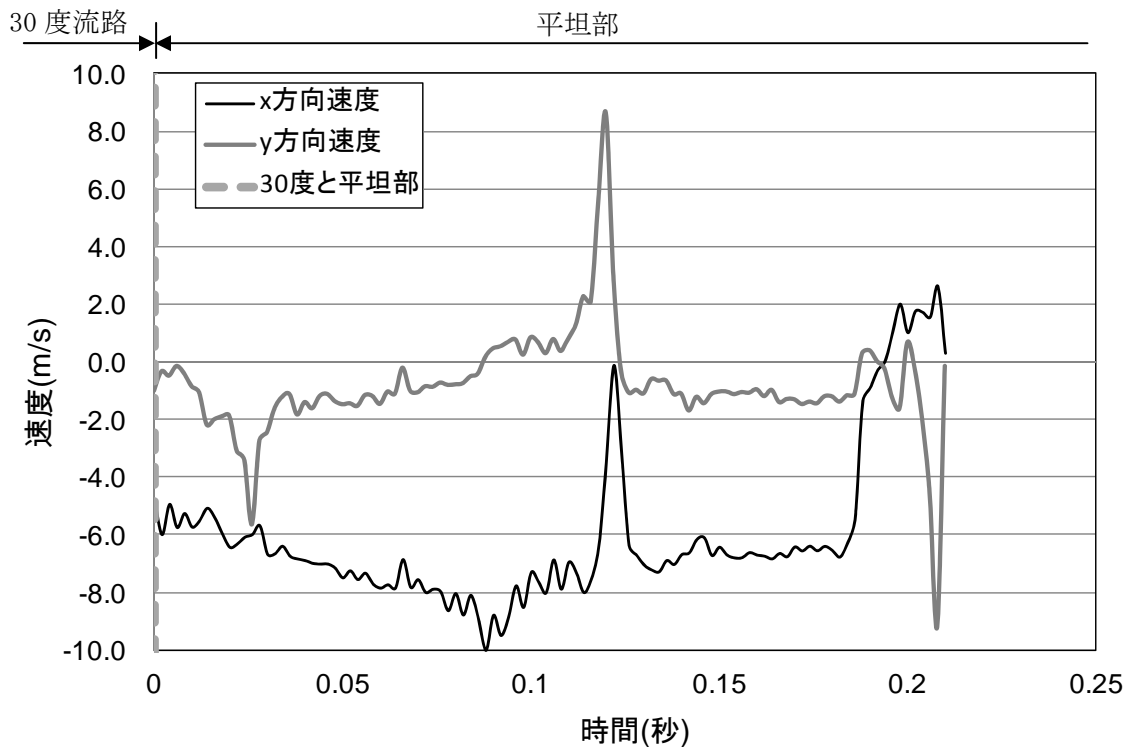


図 9.2.371(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.372 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、跳ね返り時の速度変化とロードセル衝突時において速度がゼロ付近に収束していることが分かる。

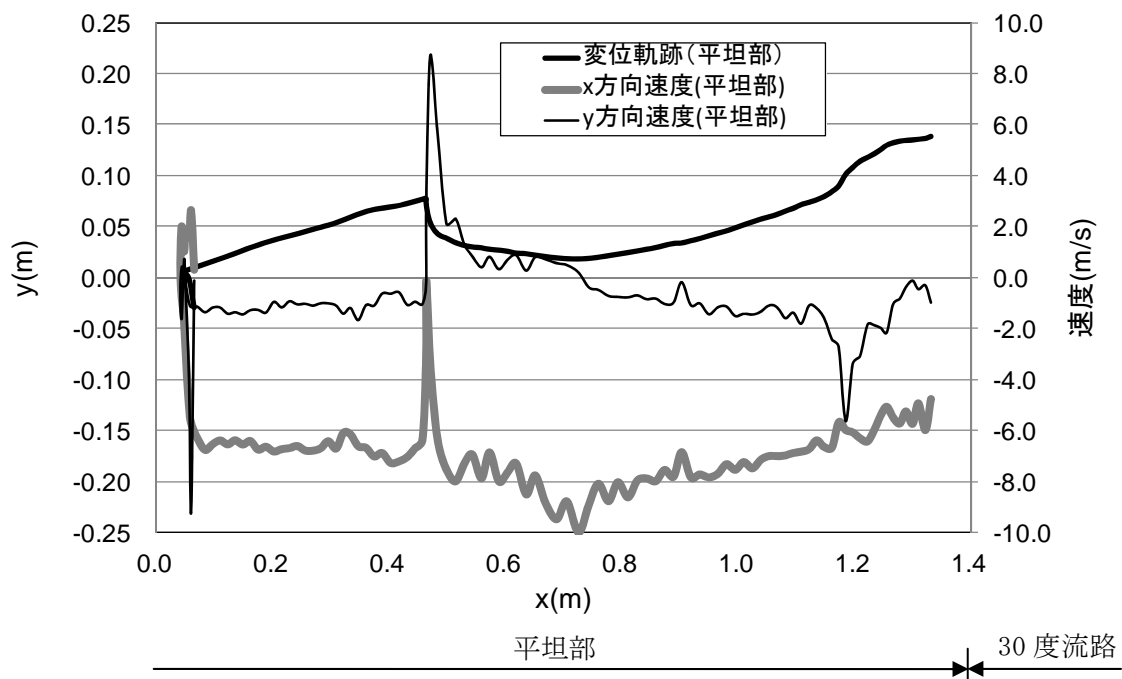


図 9.2.372 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.373 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。

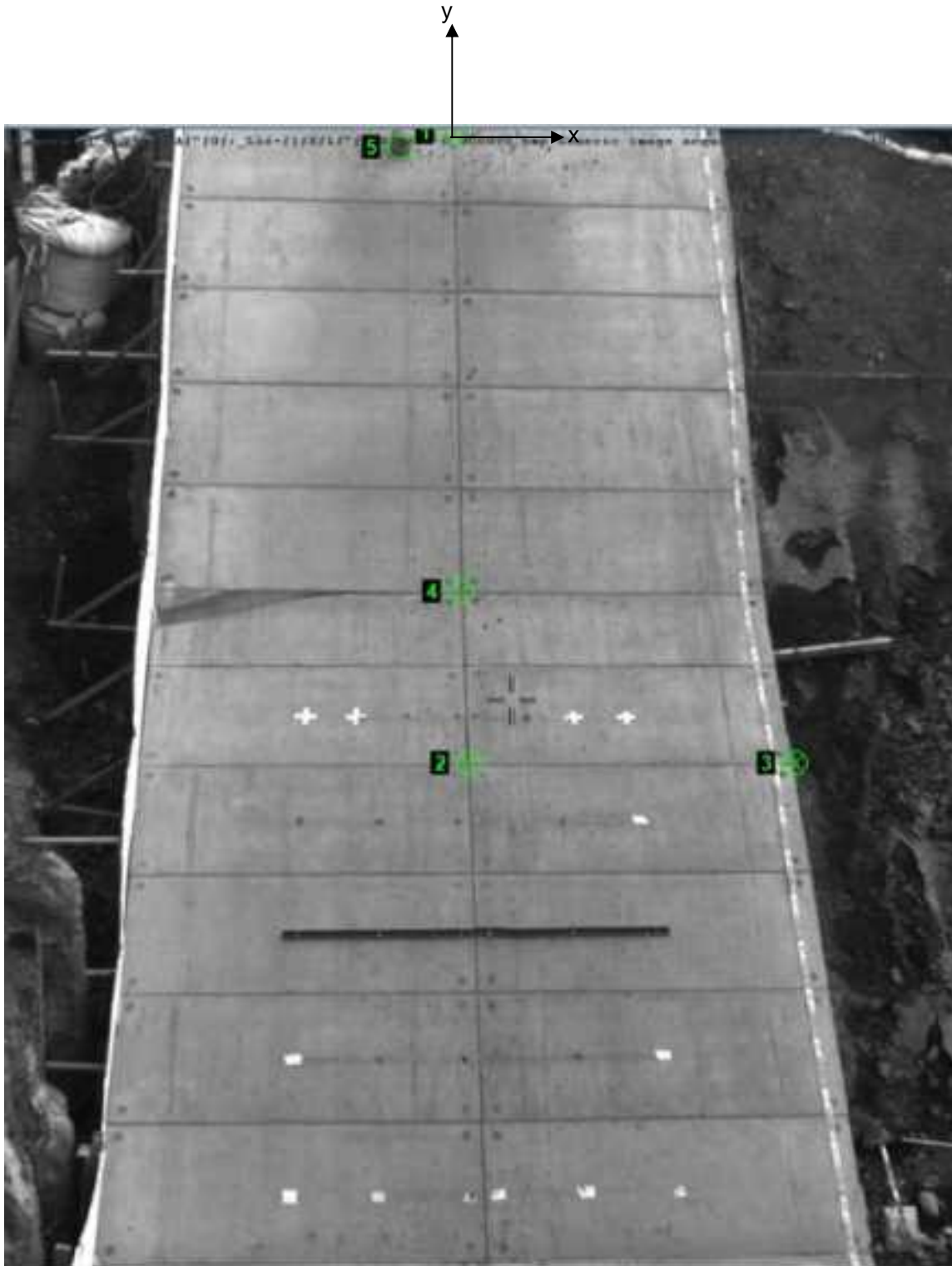


図 9.2.373 解析に用いた標点の位置

図 9.2.374 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流下部において岩塊に左右の動きが見られたが、流路下部に向かって、概ね直線的な挙動が見られた。

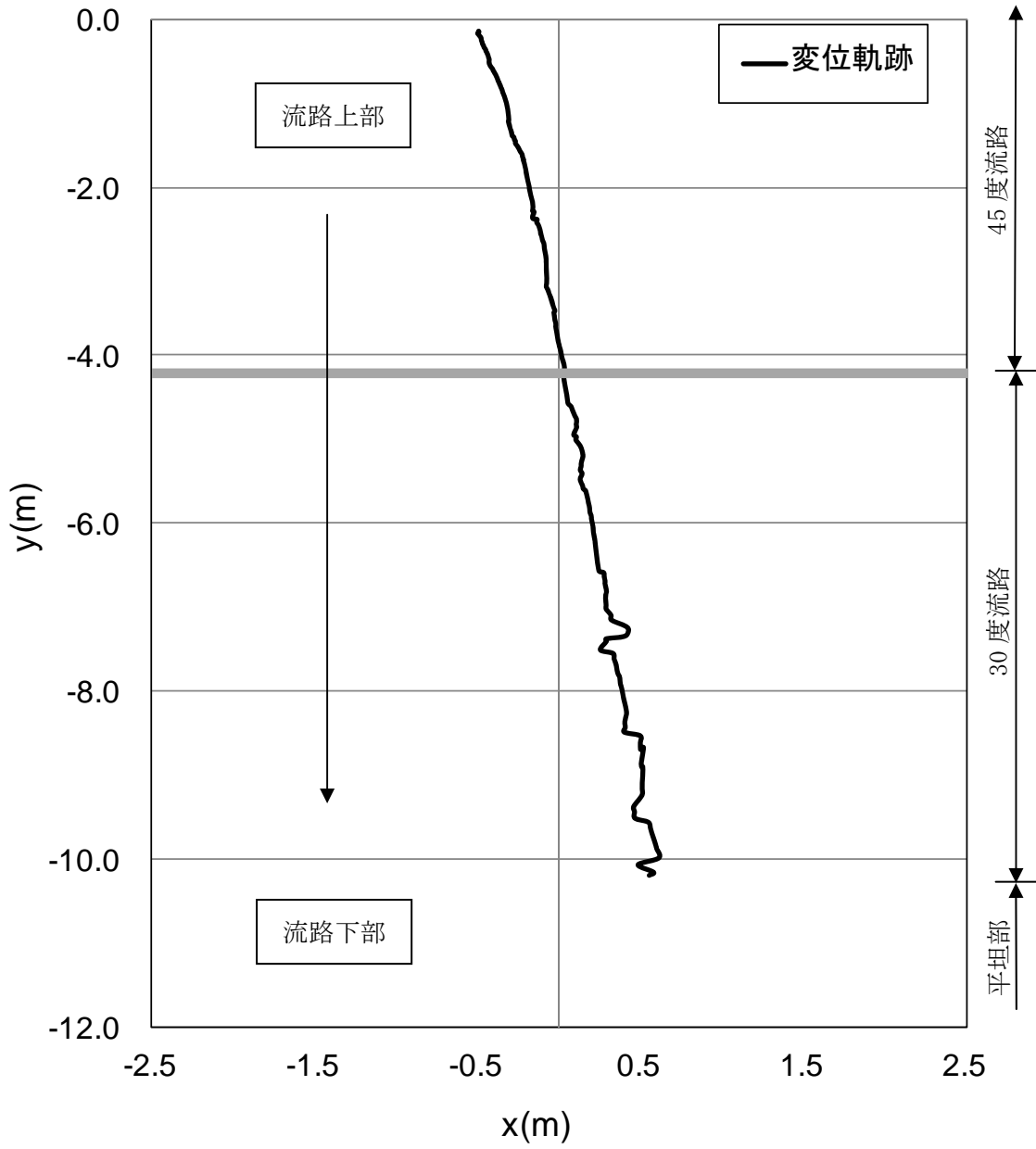


図 9.2.374 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.375 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、流路下部に向かって速度が上がる挙動を示した。

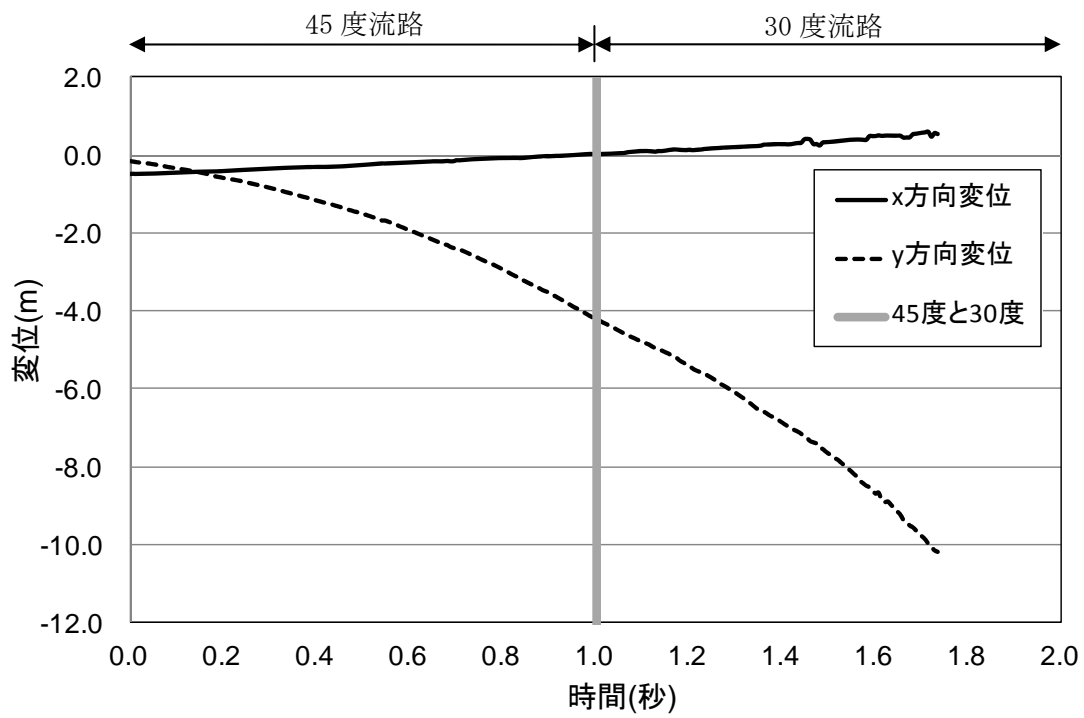


図 9.2.375(a) 岩塊模型の変位履歴

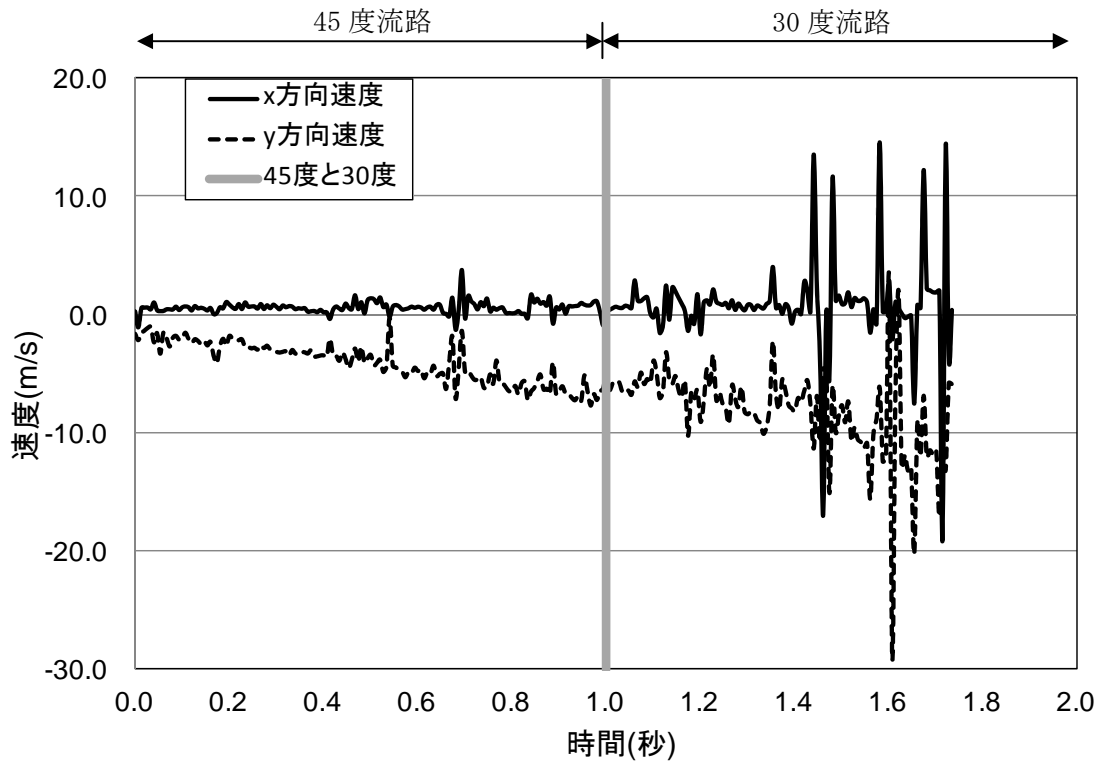


図 9.2.375(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.376 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 2 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 9.2.376 解析に用いた標点の位置

図 9.2.377 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。

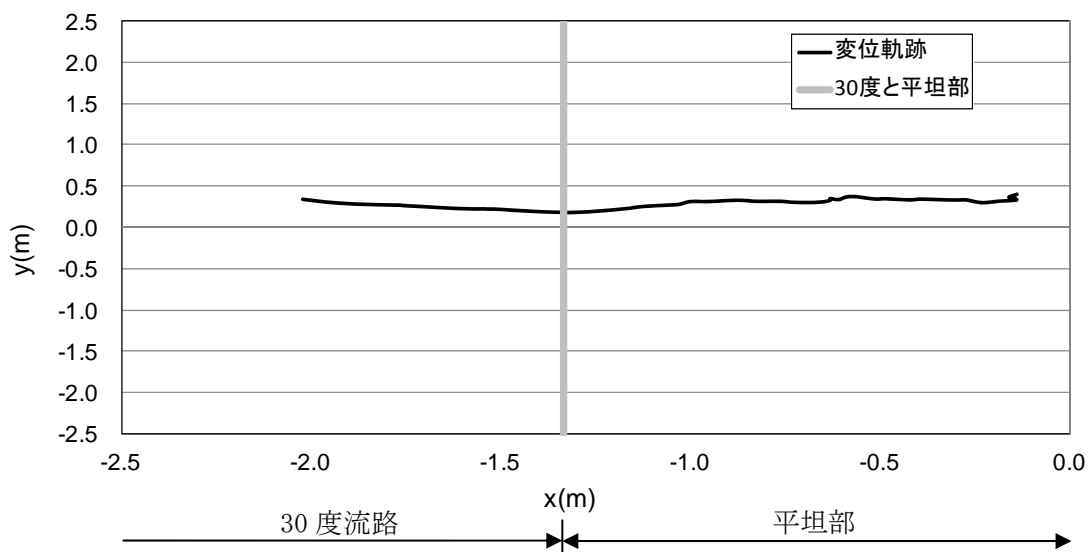


図 9.2.377 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.378 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、y 方向成分は平坦部でゼロ付近に収束する挙動を示し、x 方向成分はロードセル衝突時にゼロ付近に収束する挙動を示した。

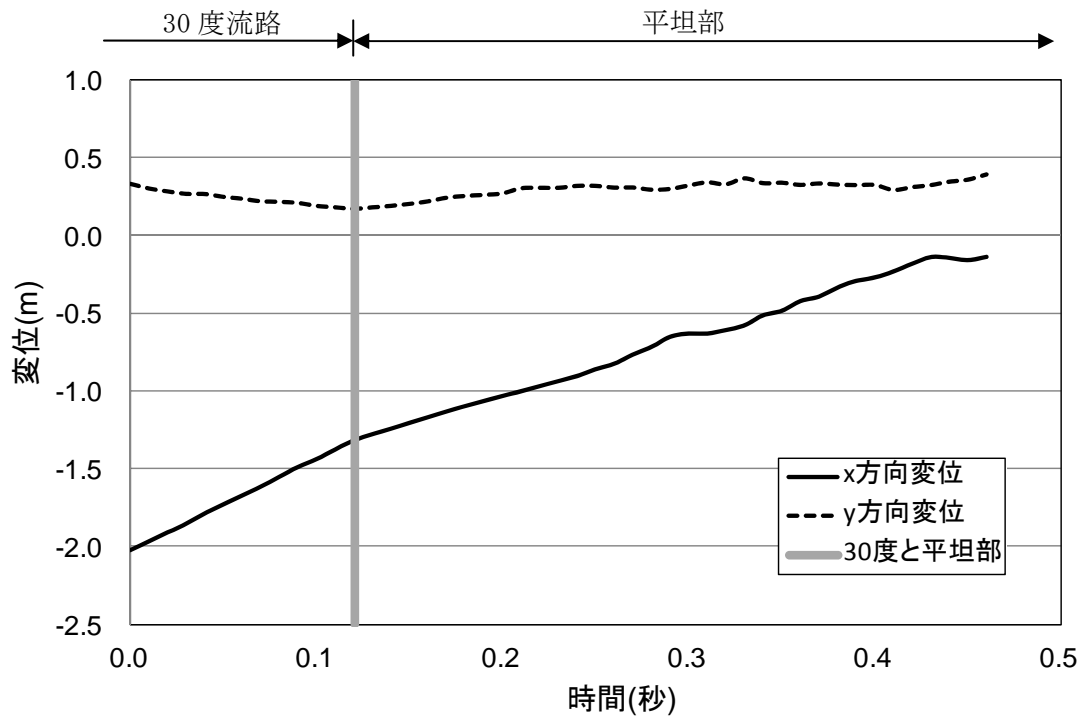


図 9.2.378(a) 岩塊模型の変位履歴

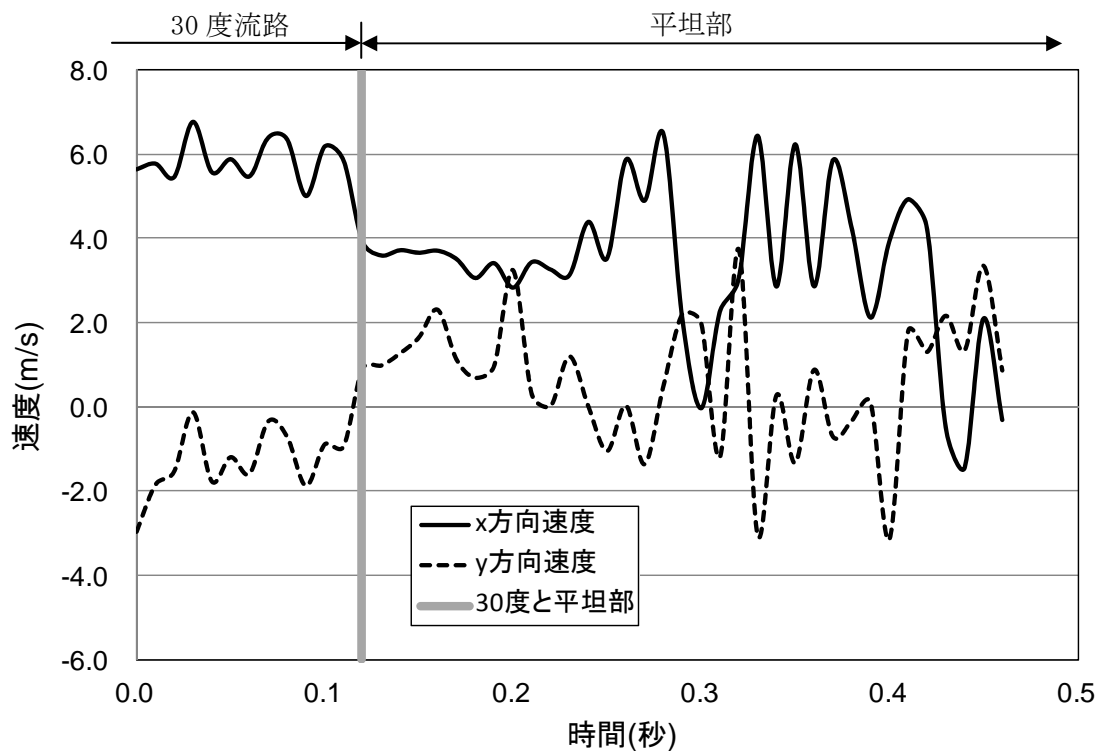


図 9.2.378(b) 岩塊模型の速度履歴

(7) No. 28 塊状 20cm 平面下 (標点有)

① 流路横

図 9.2.379 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 9.2.379 解析に用いた標点の位置

図 9.2.380 に岩塊模型の変位軌跡を示す。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。

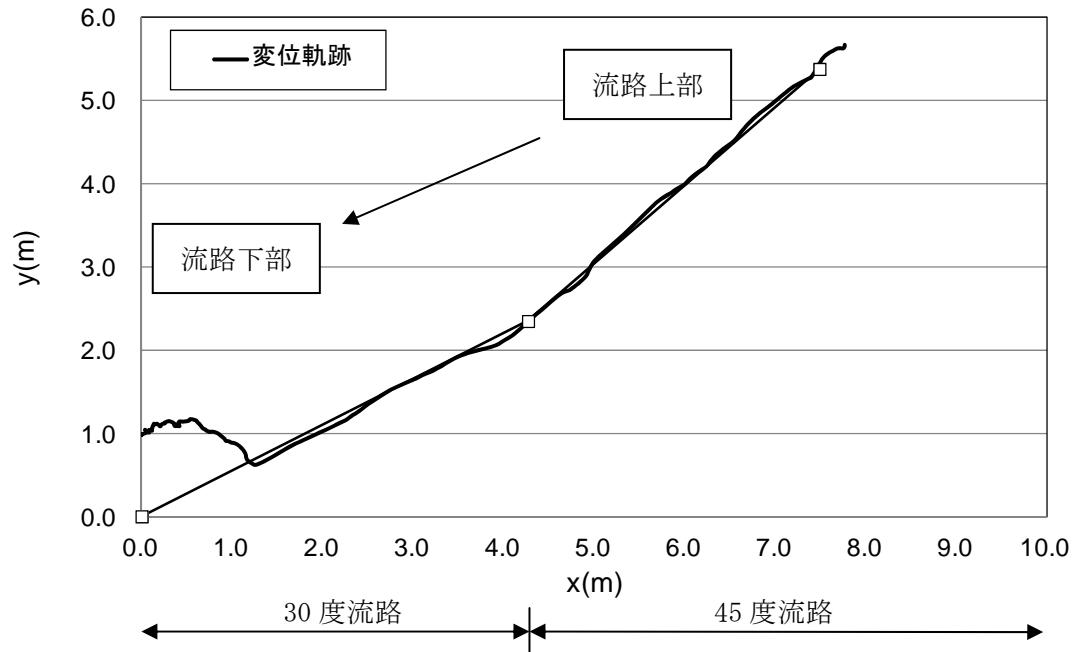


図 9.2.380 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.381 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度流路において、x方向成分、y方向成分とも同様の挙動が見られ、30度流路では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た後、アングル位置において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方に向かって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。

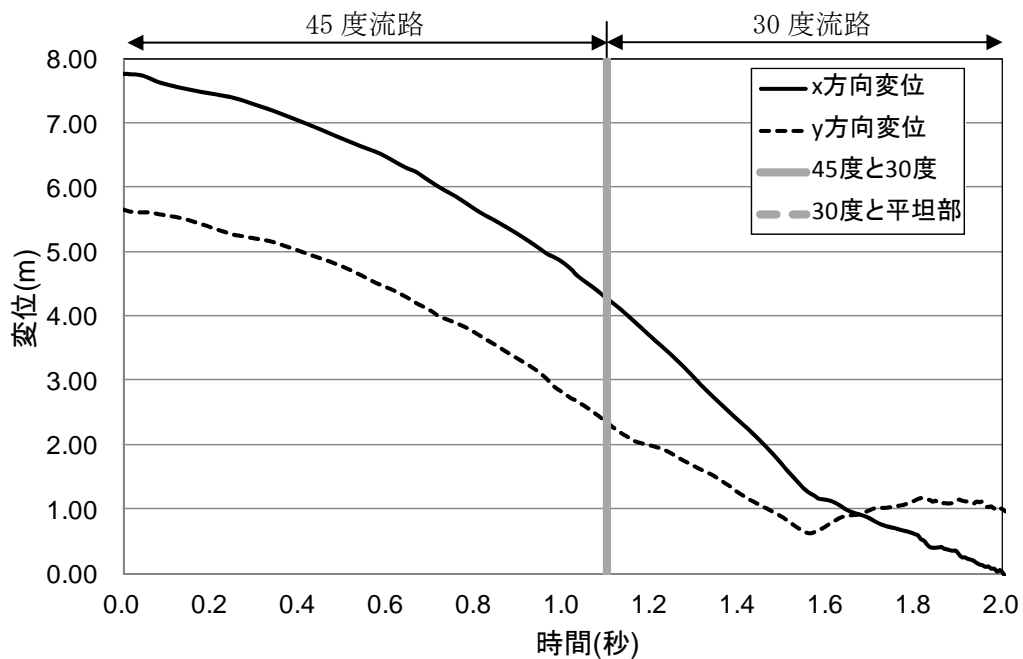


図 9.2.381(a) 岩塊模型の変位履歴

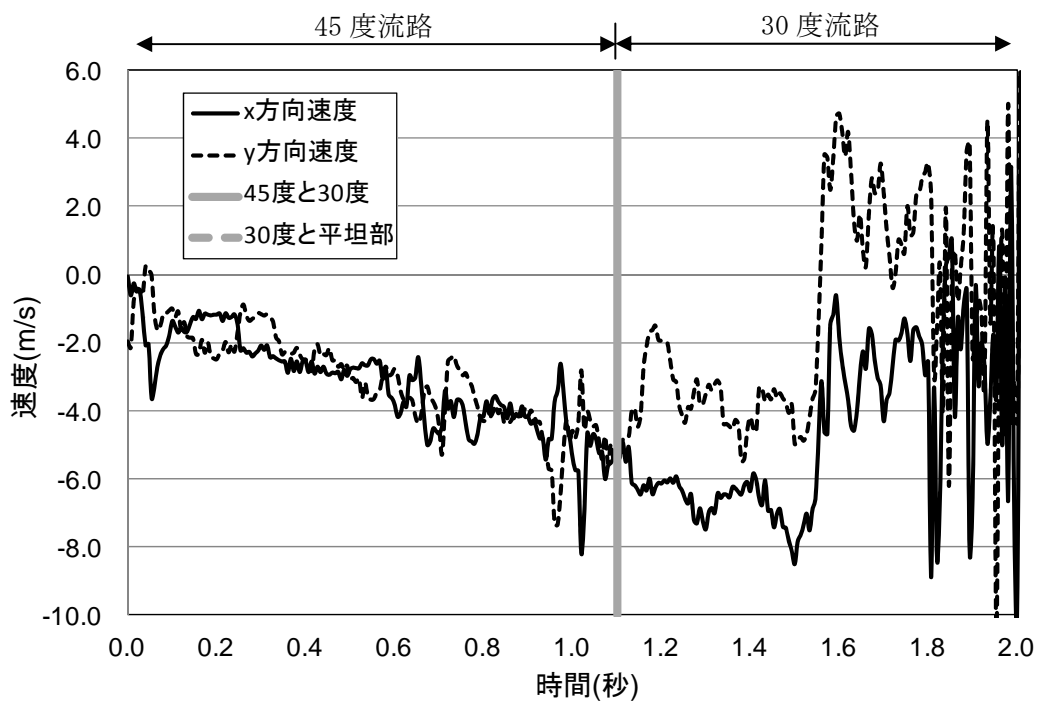


図 9.2.381(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 382 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 度流路部の角度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 度流路では、x 方向成分、y 方向成分とも同様の挙動を示した。角度による跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が下がり、y 方向成分は上方に向かって速度が上がる挙動を示した。

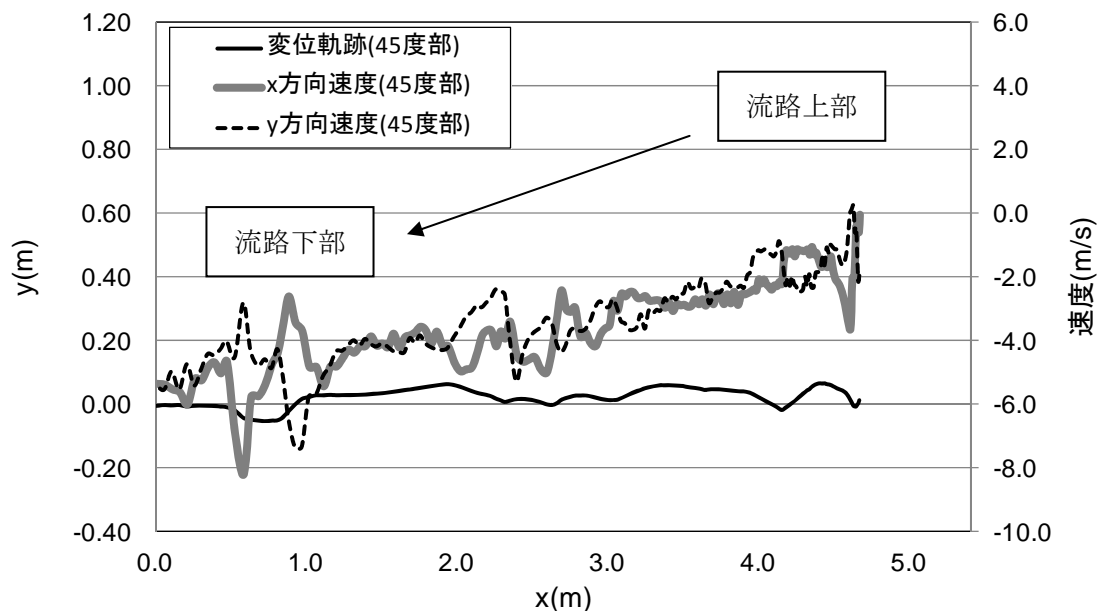


図 9. 2. 382 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

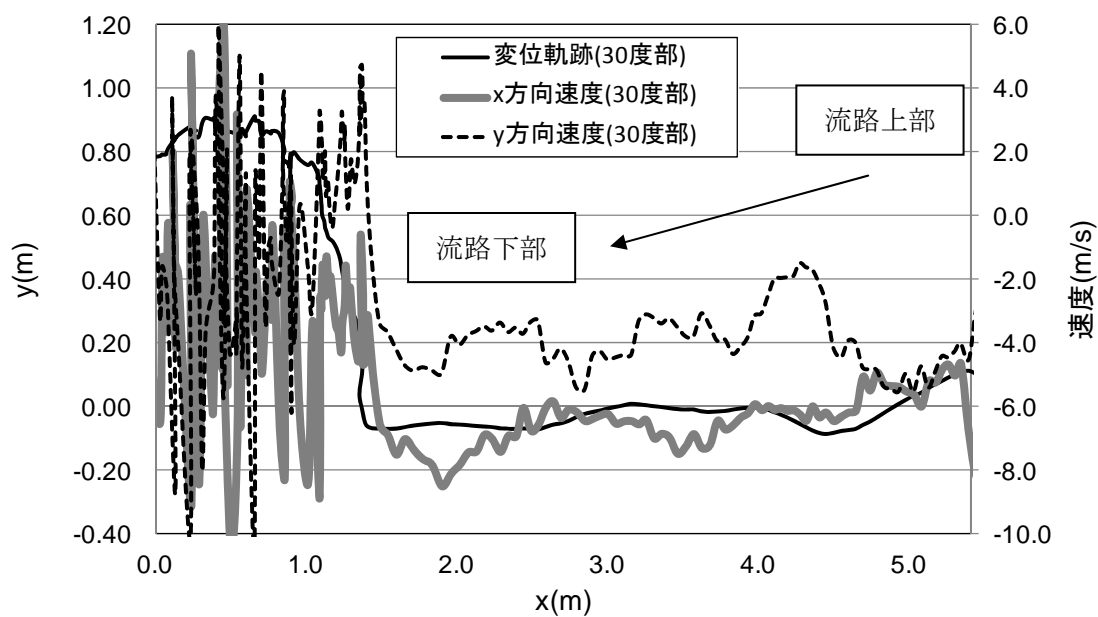


図 9. 2. 382 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.383 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。

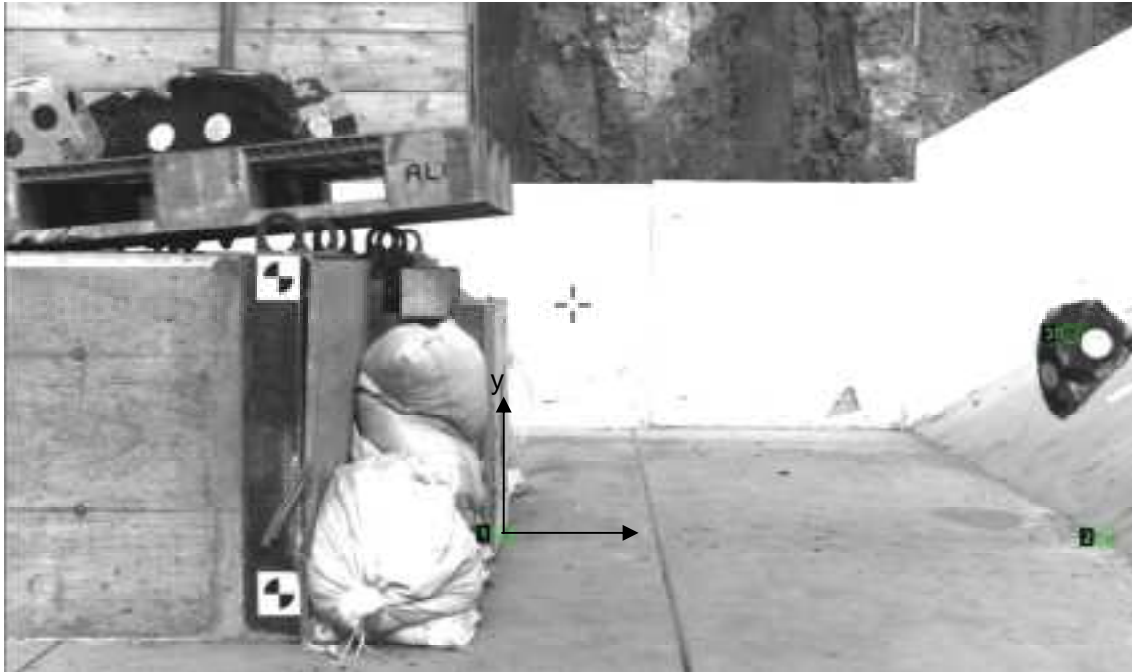


図 9.2.383 解析に用いた標点の位置

図 9.2.384 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。

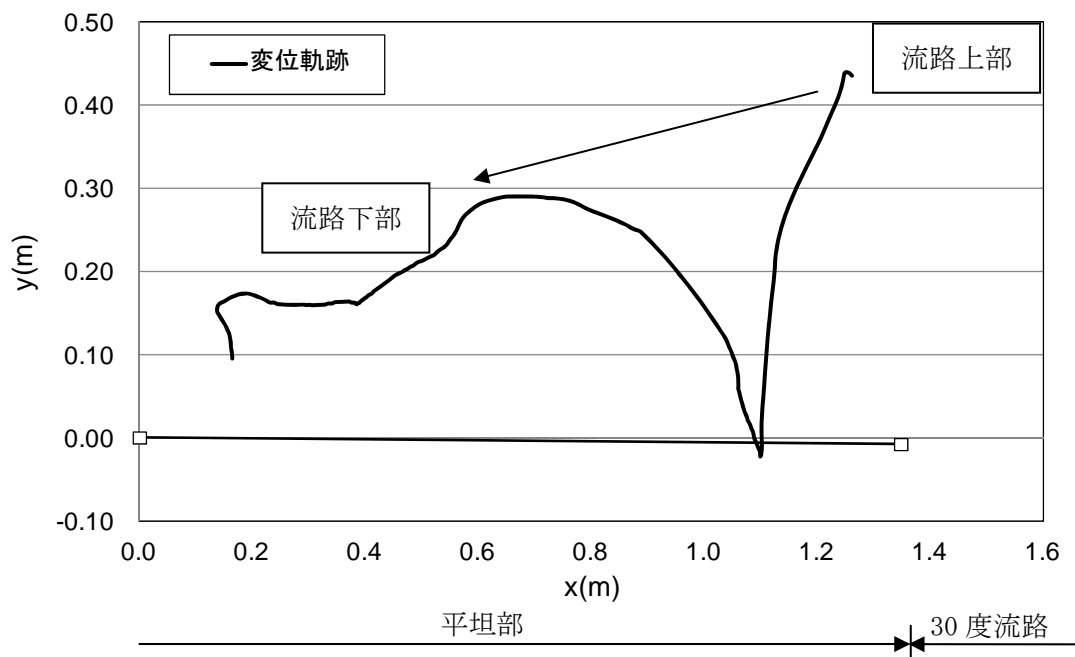


図 9.2.384 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.385 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、岩塊の落下に伴い、x 方向成分は速度低下が生じ、y 方向成分は上方に向かって速度が上がる挙動が見られた。また、ロードセル衝突時に速度がゼロ付近に収束する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.4 秒付近である。

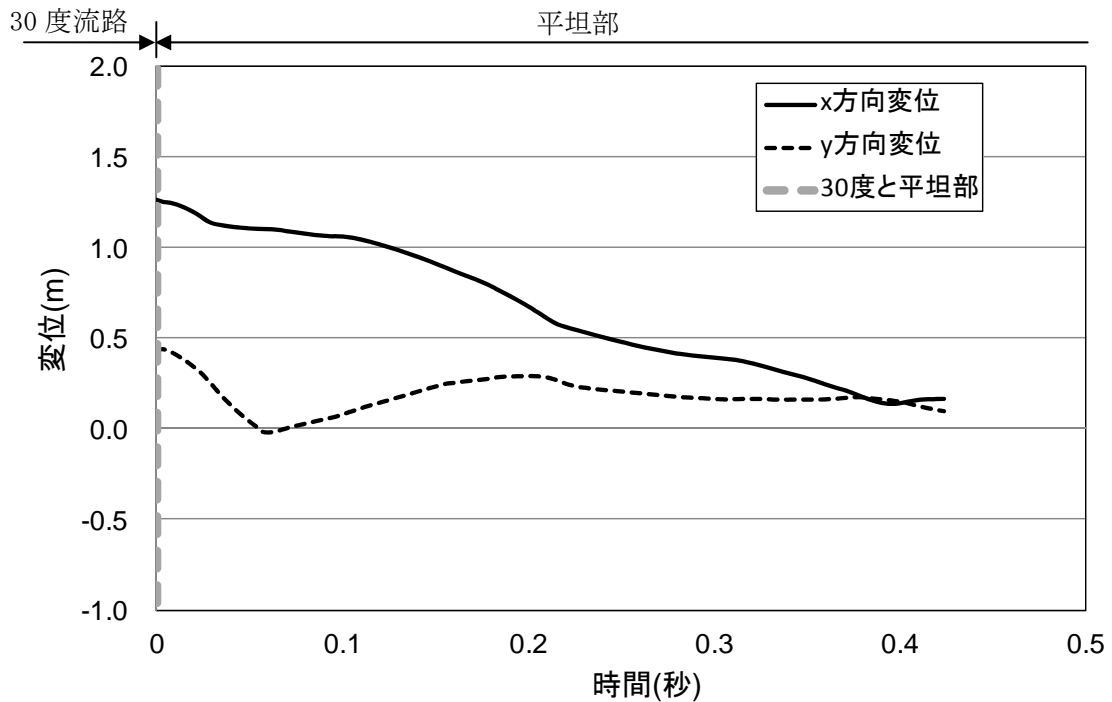


図 9.2.385(a) 岩塊模型の変位履歴

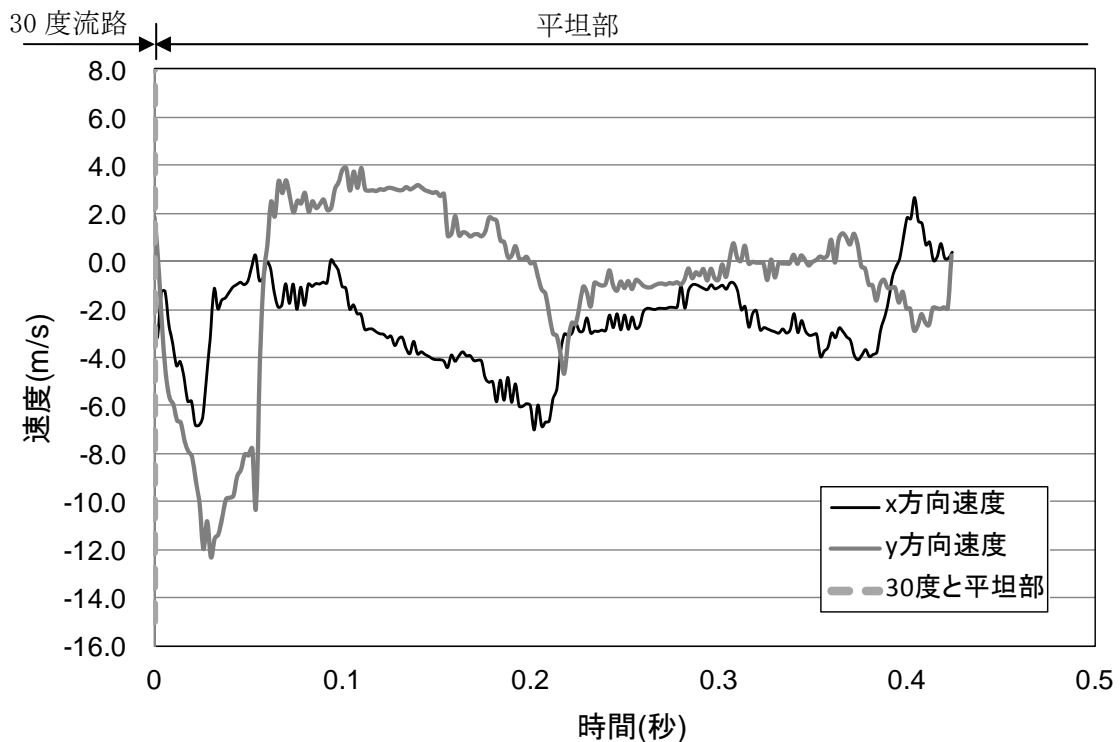


図 9.2.385(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.386 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

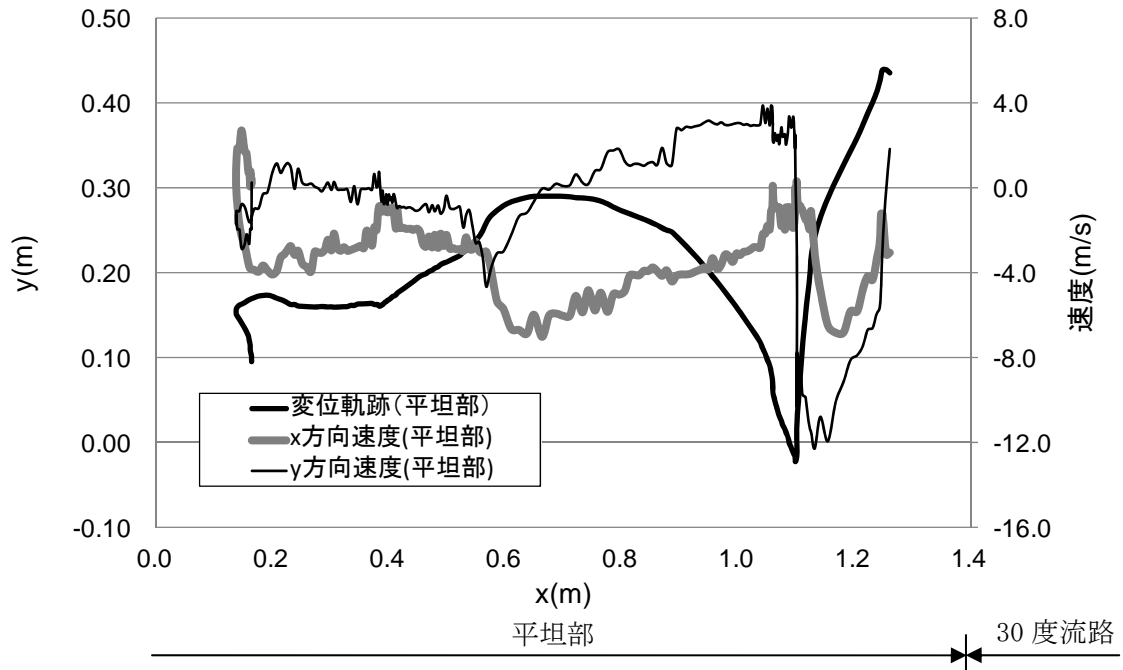


図 9.2.386 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.387 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。

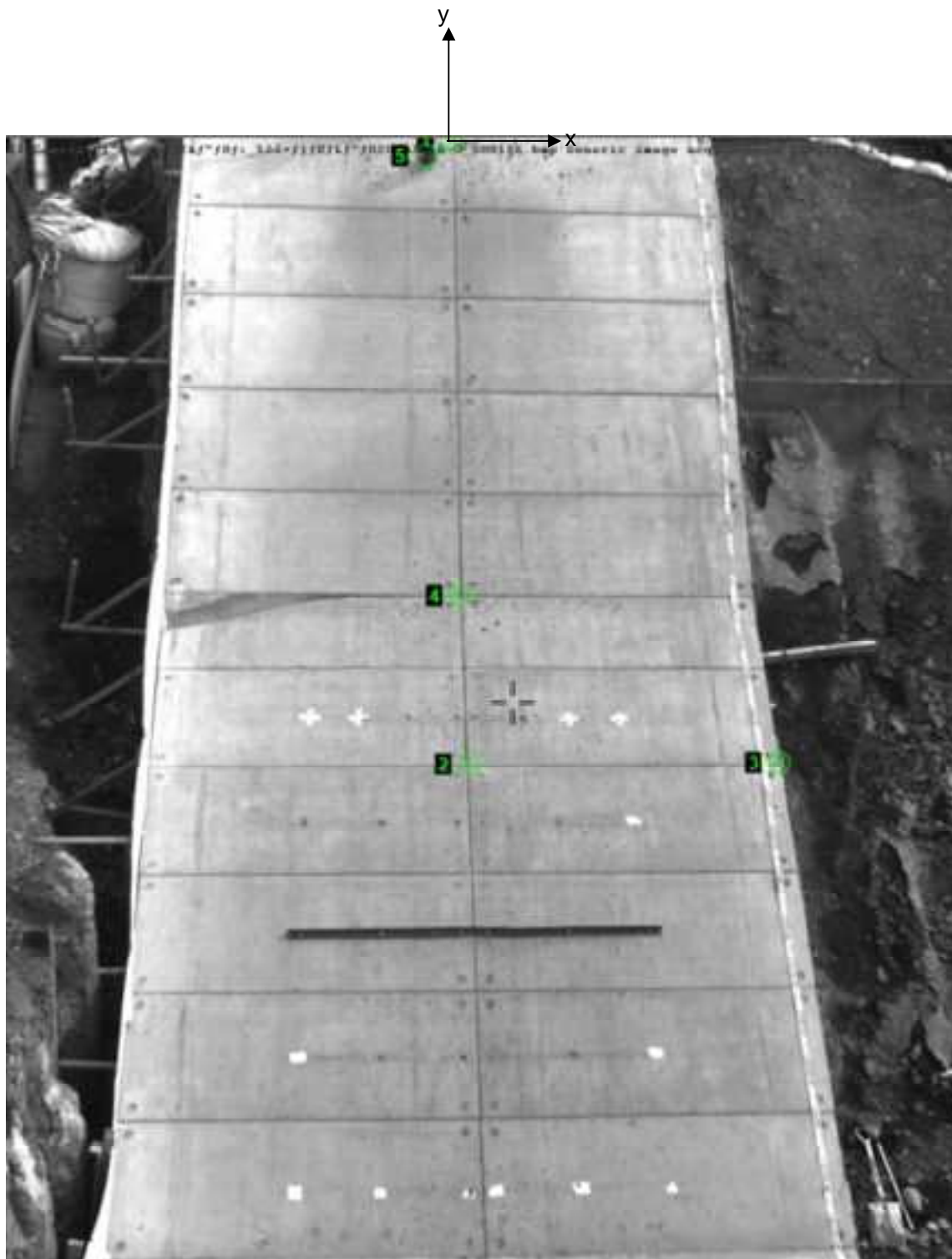


図 9.2.387 解析に用いた標点の位置

図 9.2.388 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

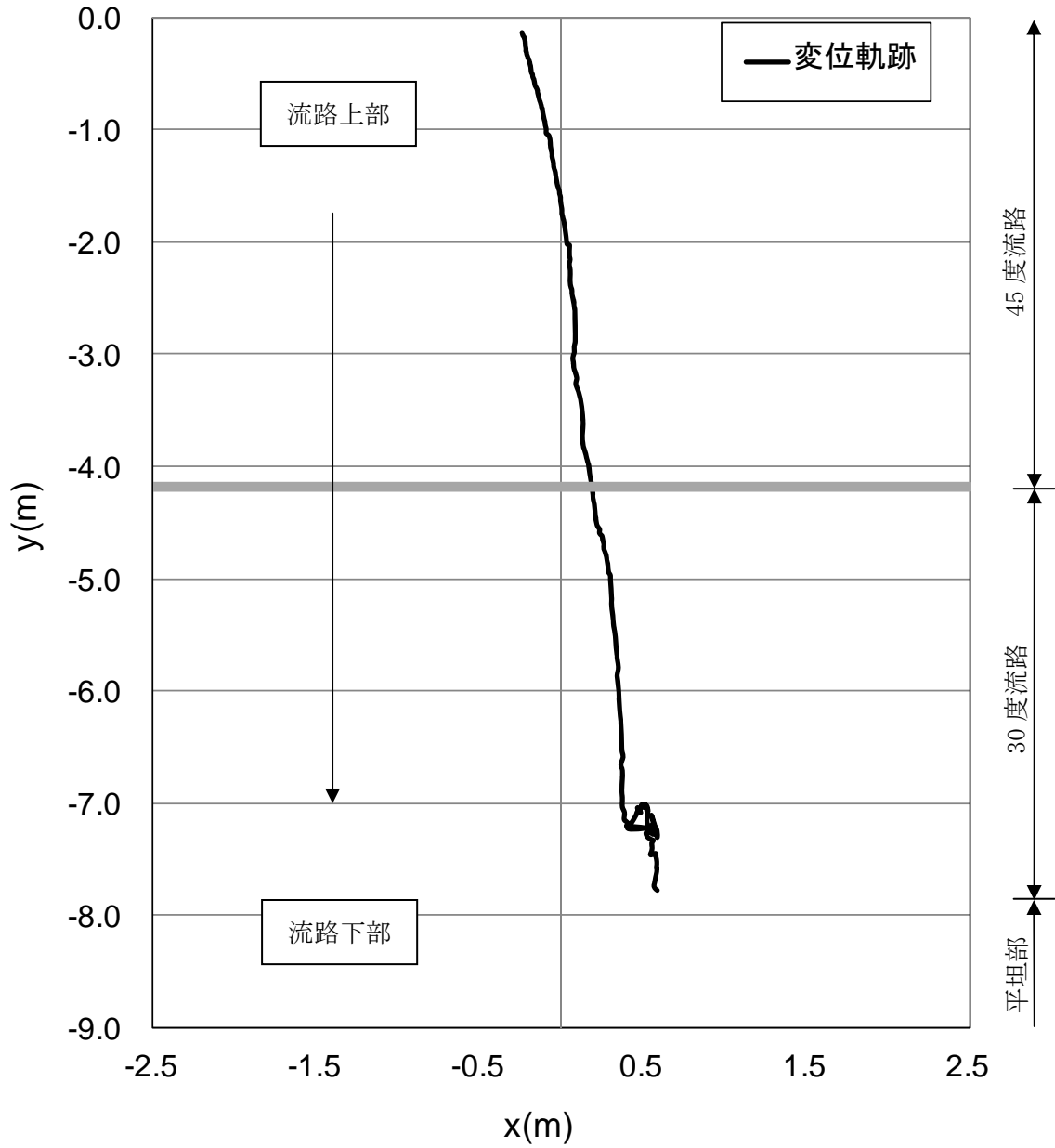


図 9.2.388 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.389 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。

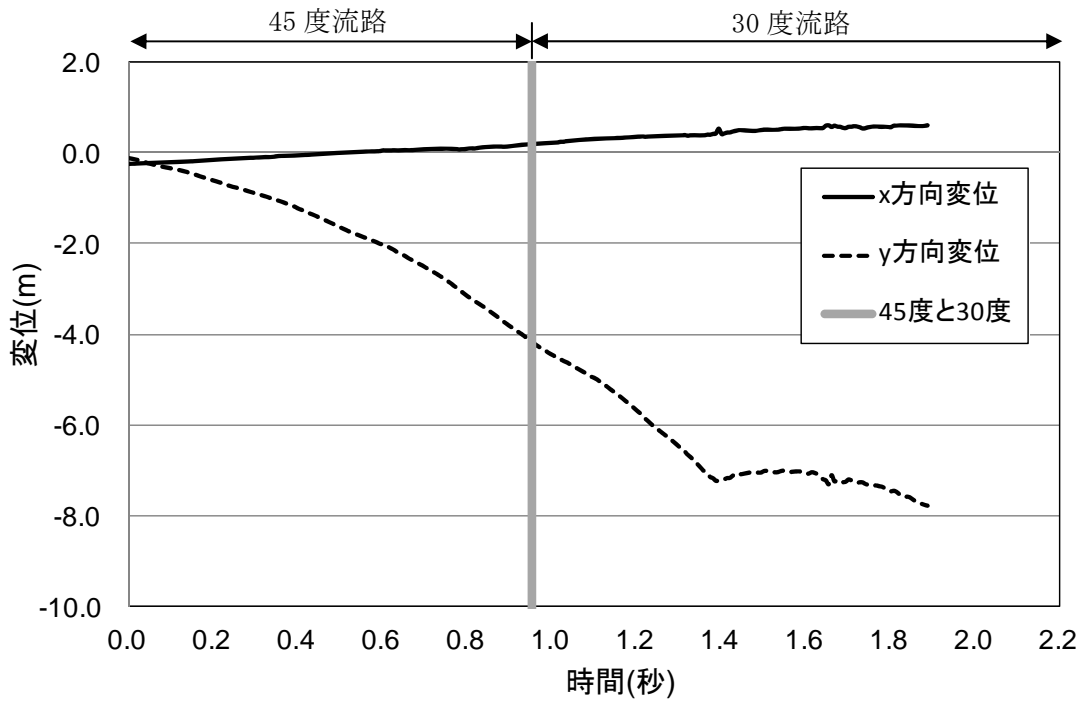


図 9.2.389(a) 岩塊模型の変位履歴

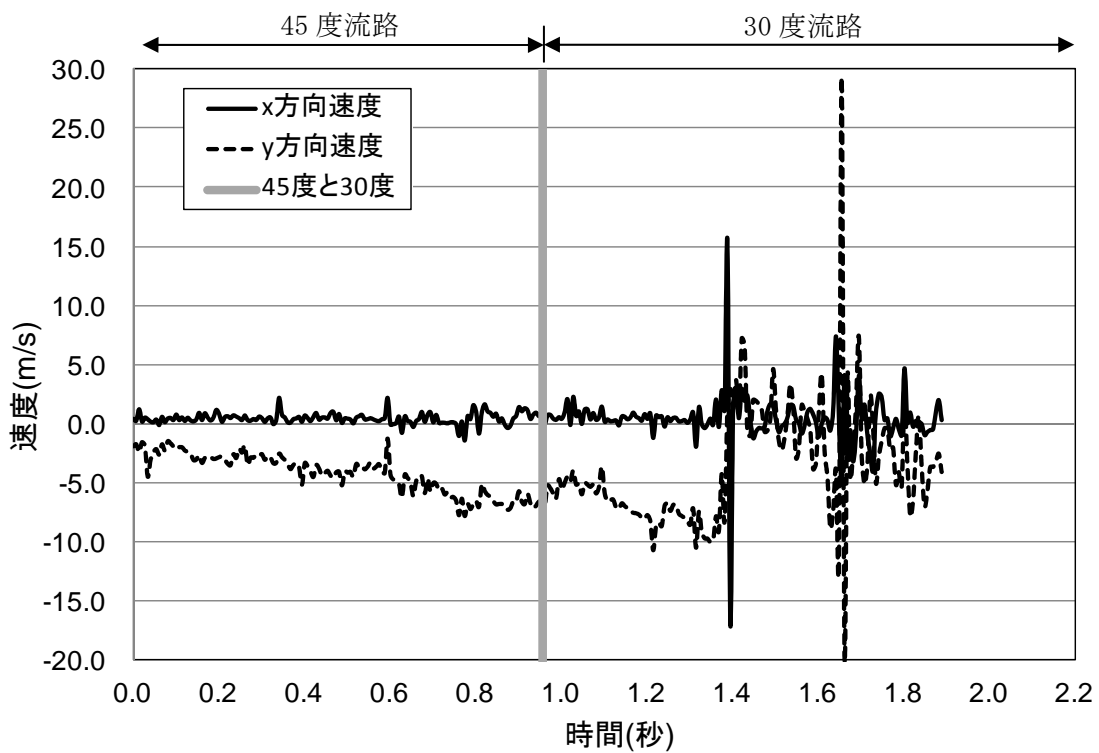


図 9.2.389(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.390 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 2 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。

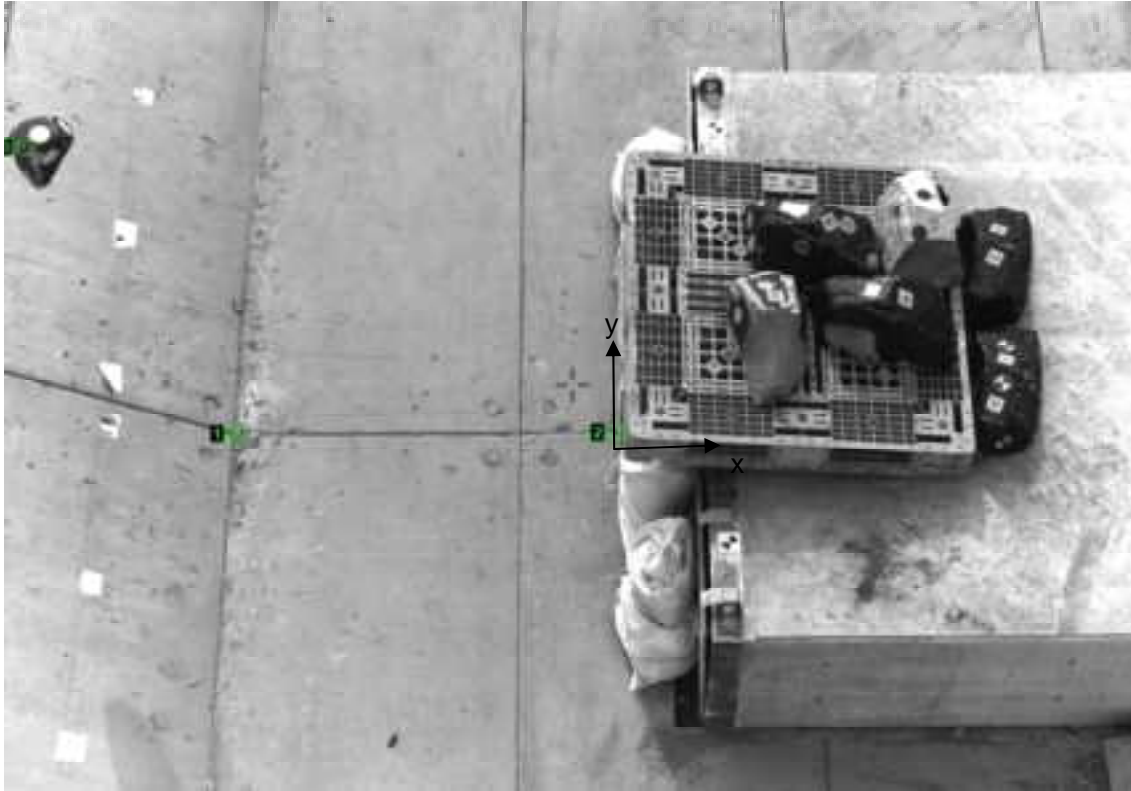


図 9.2.390 解析に用いた標点の位置

図 9.2.391 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。

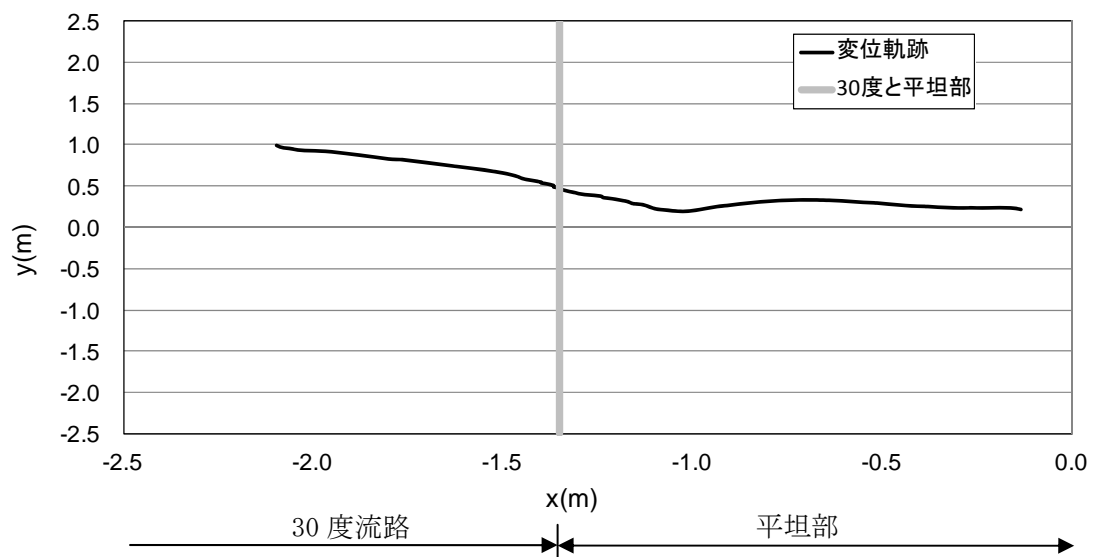


図 9.2.391 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 392 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、y 方向成分は平坦部でゼロに収束する挙動を示し、x 方向成分はロードセル衝突時にゼロに収束する挙動を示した。

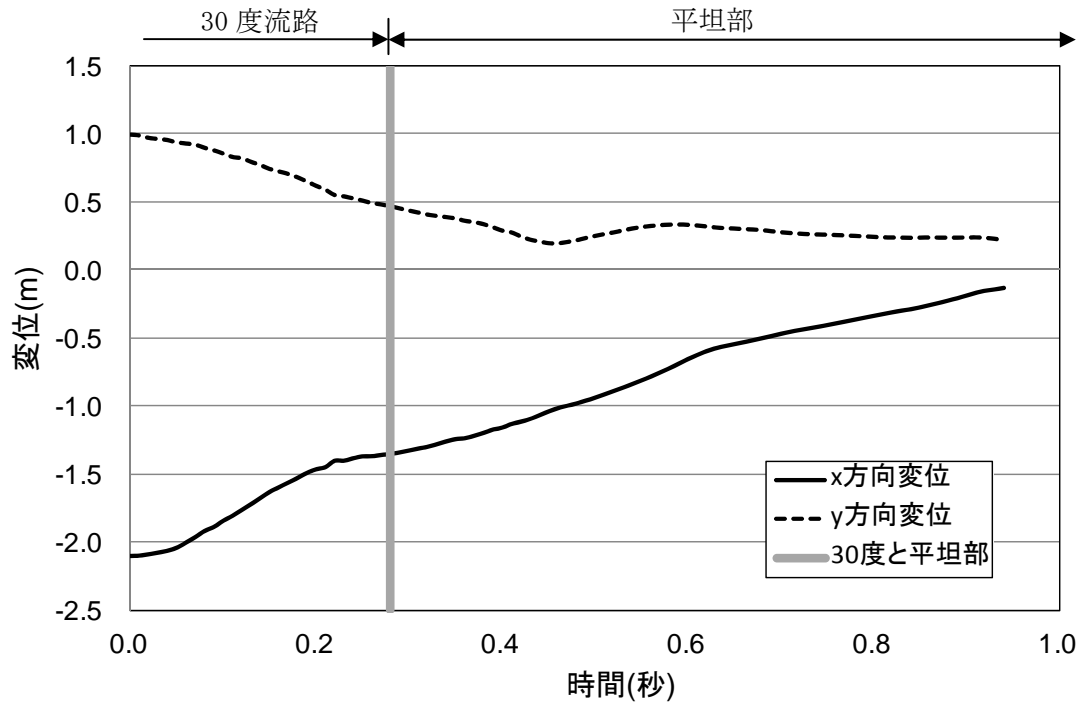


図 9. 2. 392(a) 岩塊模型の変位履歴

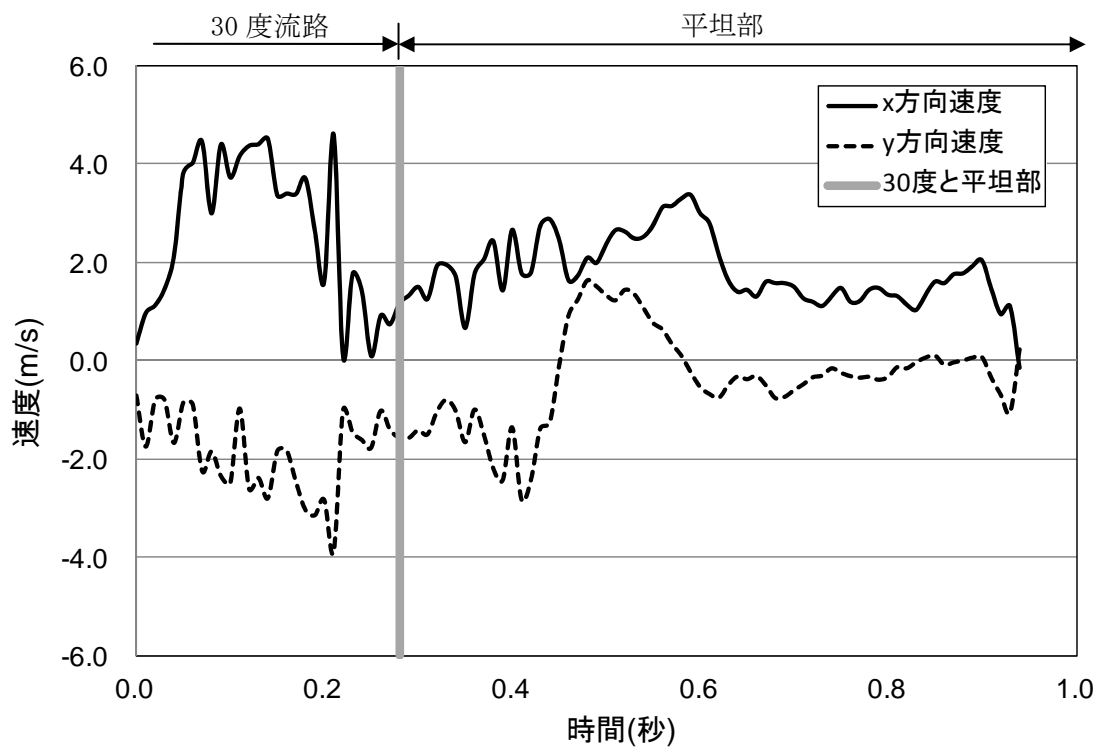


図 9. 2. 392(b) 岩塊模型の速度履歴

(8) No. 29 板状 40cm 平面下 (標点有)

① 流路横

図 9.2.393 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 9.2.393 解析に用いた標点の位置

図 9.2.394 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路で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。

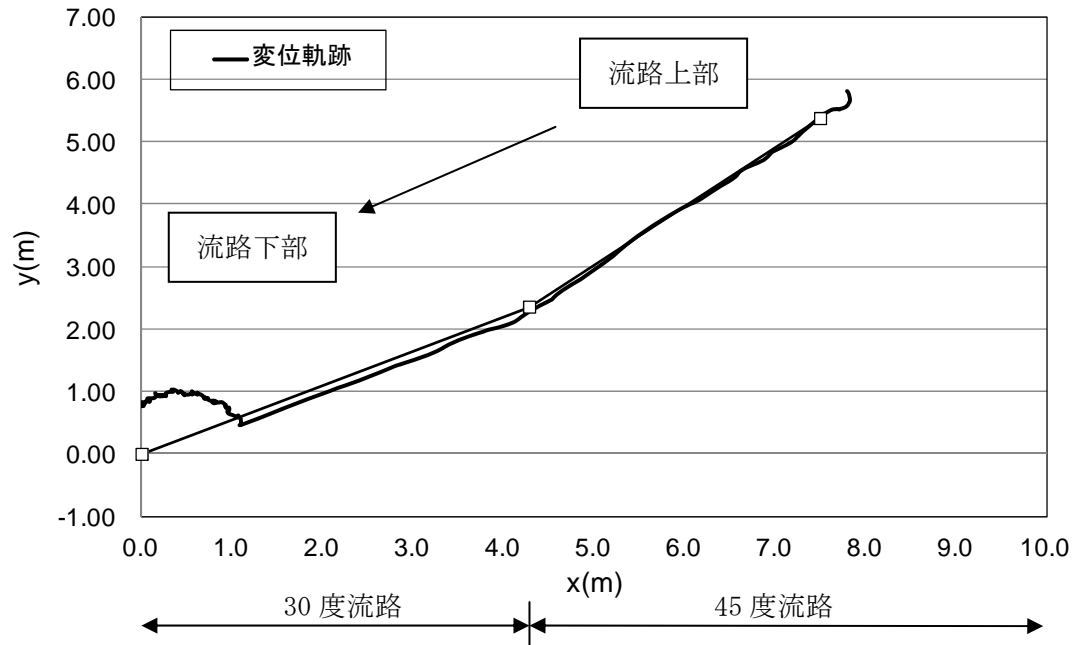


図 9.2.394 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.395 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度流路において、x方向成分、y方向成分とも同様の挙動が見られ、30度流路では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方向成分の落下速度が低下し、y方向成分の落下速度が上方に向かって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。

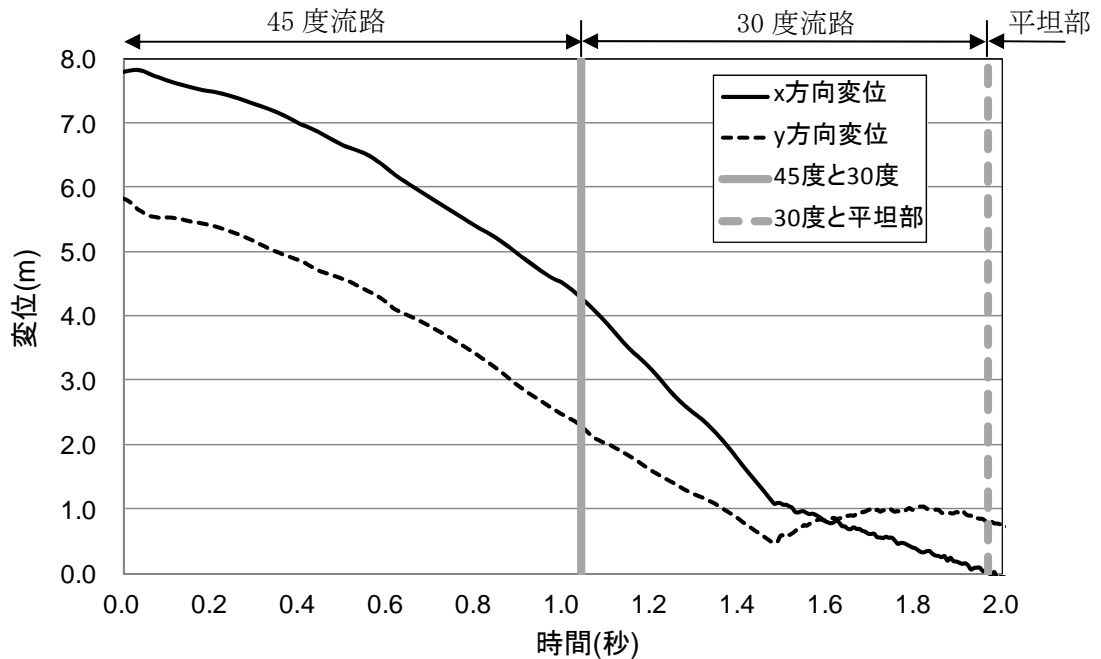


図 9.2.395(a) 岩塊模型の変位履歴

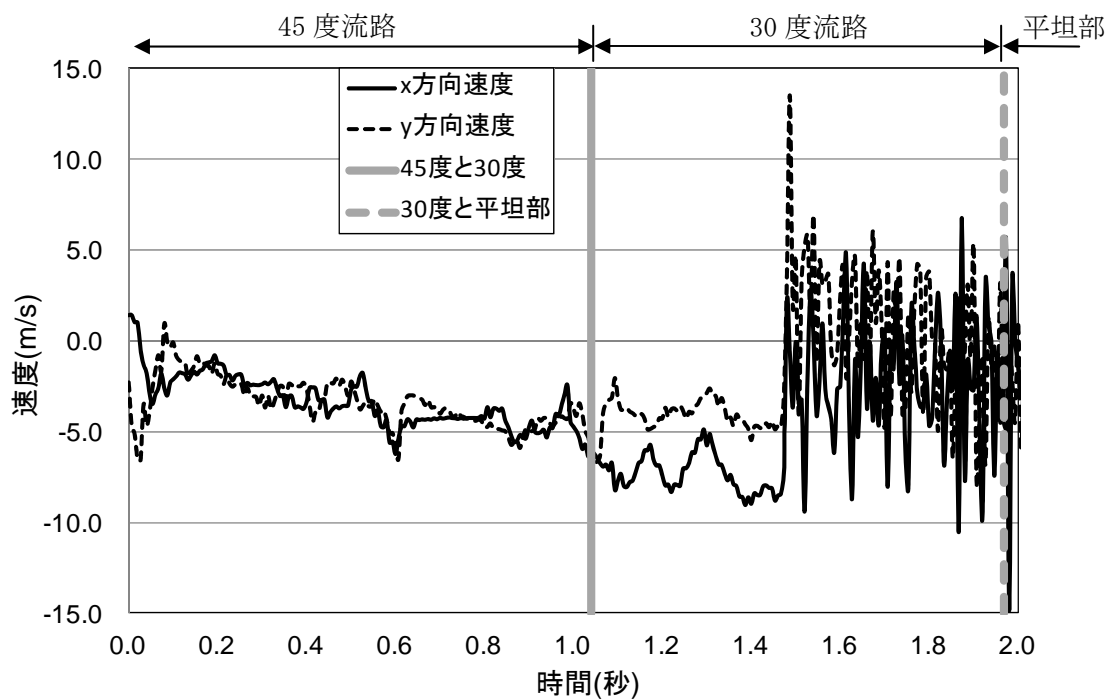


図 9.2.395(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 396 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 度流路部のアンク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 度流路では、x 方向成分、y 方向成分とも同様の挙動を示した。アンクルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分が下がり、y 方向成分は上方に向かって速度が上がる挙動を示した。

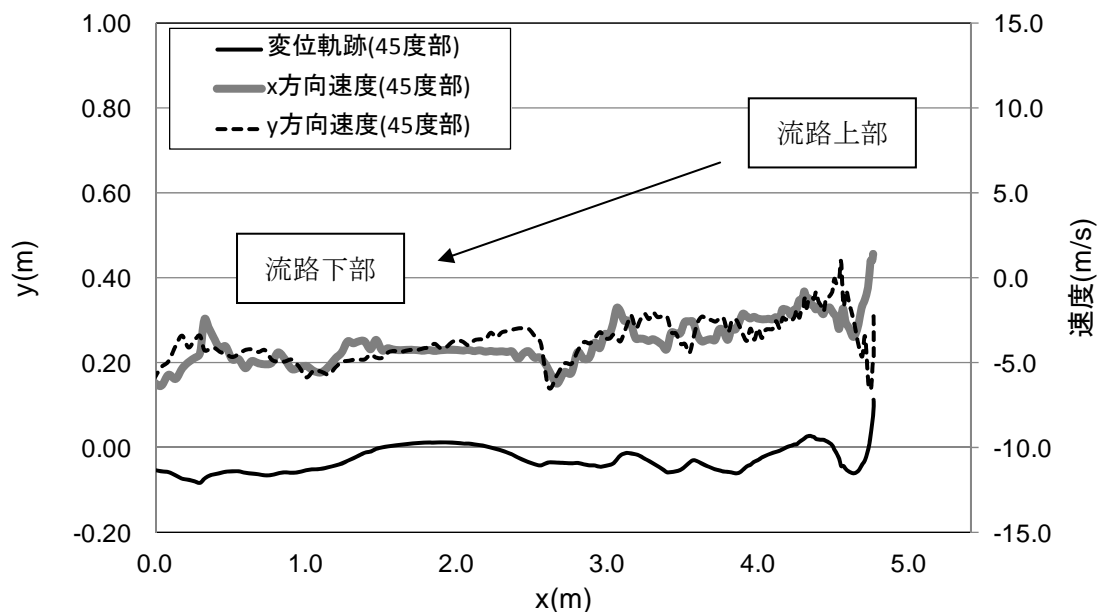


図 9. 2. 396 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

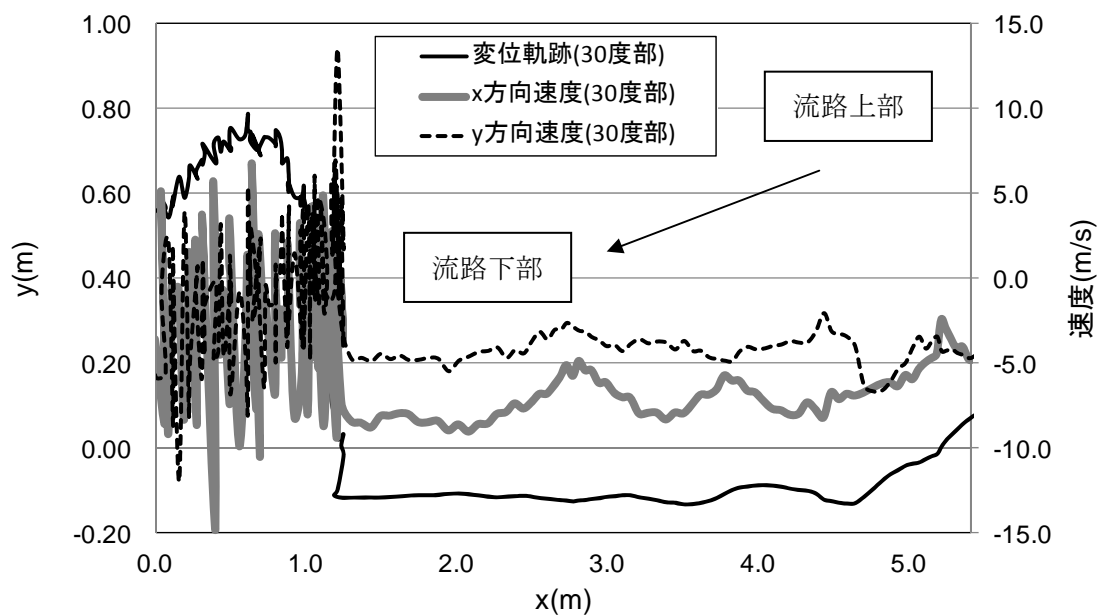


図 9. 2. 396 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.397 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。



図 9.2.397 解析に用いた標点の位置

図 9.2.398 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。

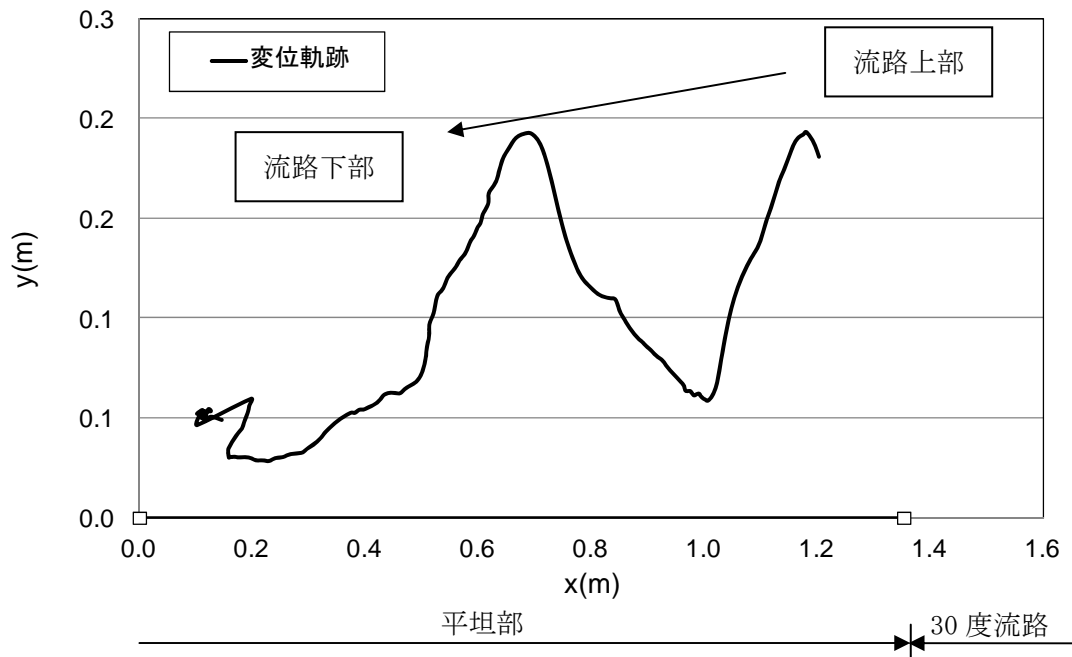


図 9.2.398 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.399 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、岩塊の落下に伴い、x 方向成分は速度低下が生じ、y 方向成分は上方に向かって速度が上がる挙動が見られた。また、ロードセル衝突時に速度がゼロ付近に収束する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.3 秒付近である。

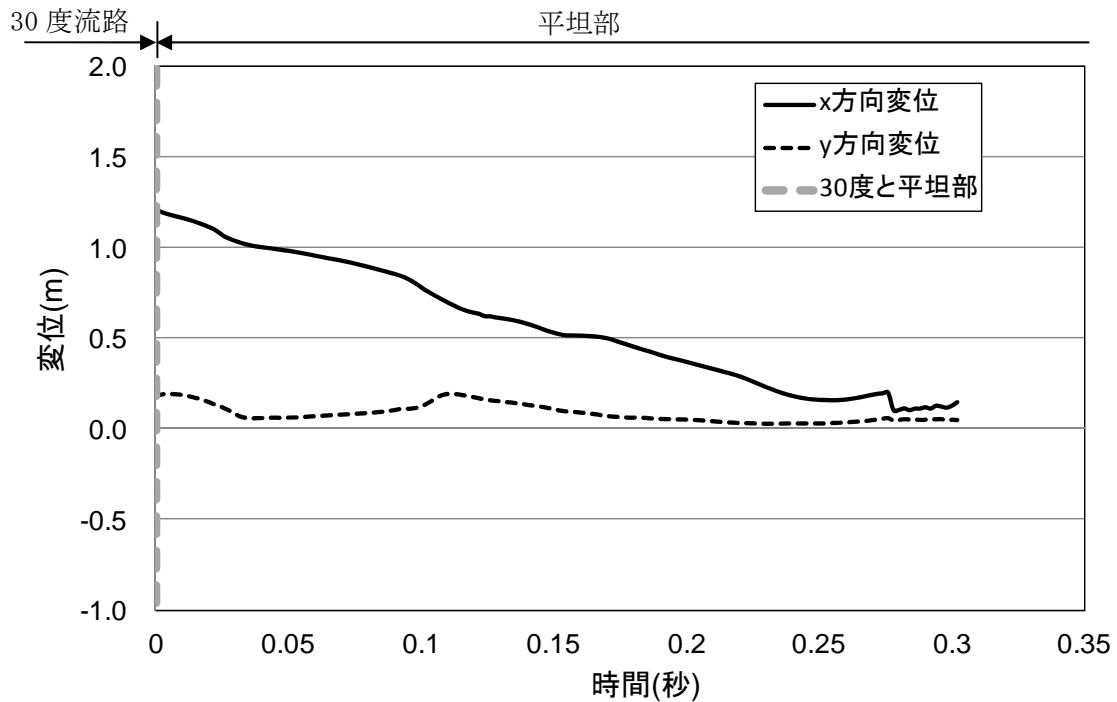


図 9.2.399(a) 岩塊模型の変位履歴

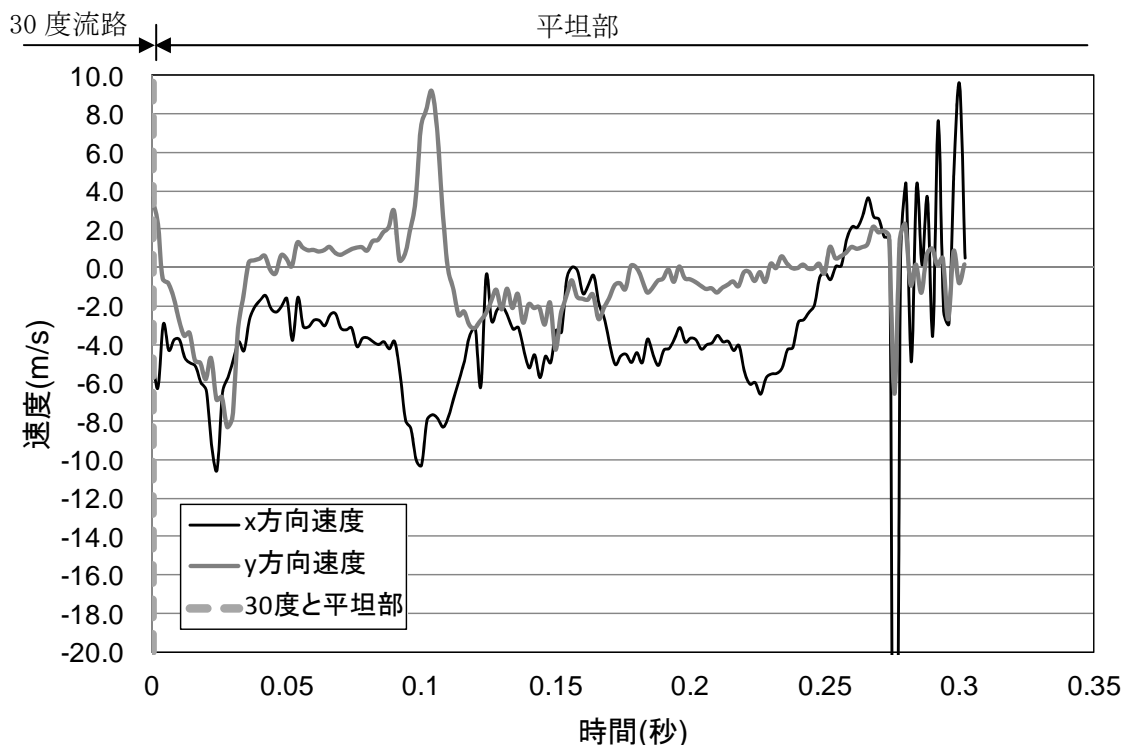


図 9.2.399(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.400 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

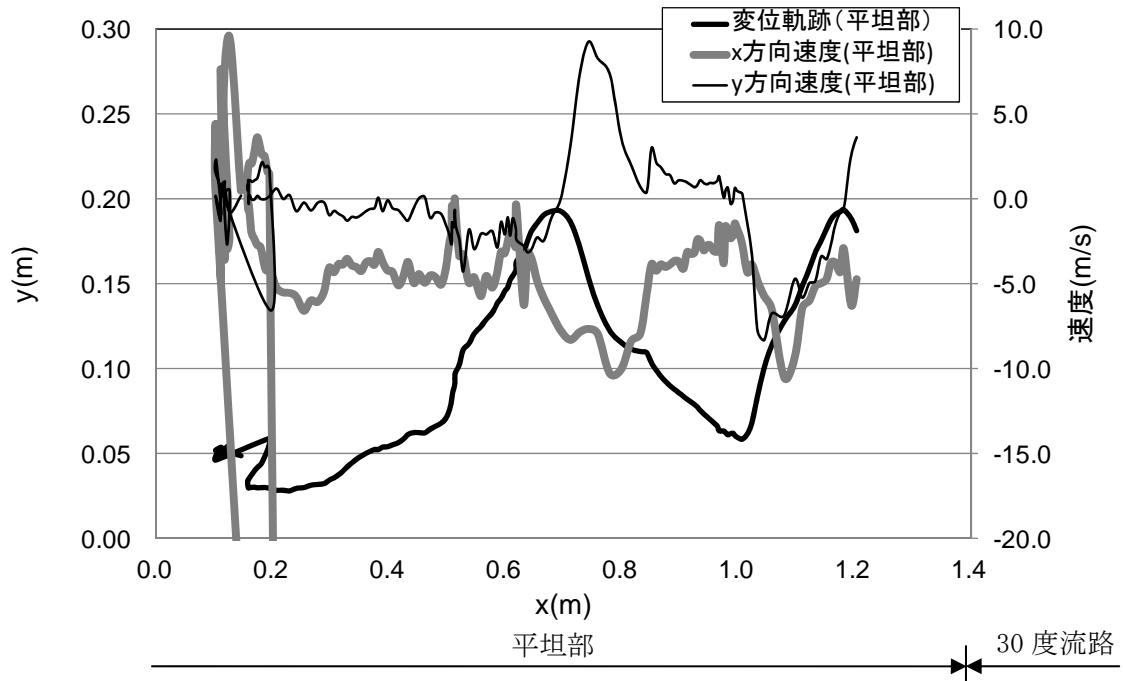


図 9.2.400 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.401 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 9.2.401 解析に用いた標点の位置

図 9.2.402 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

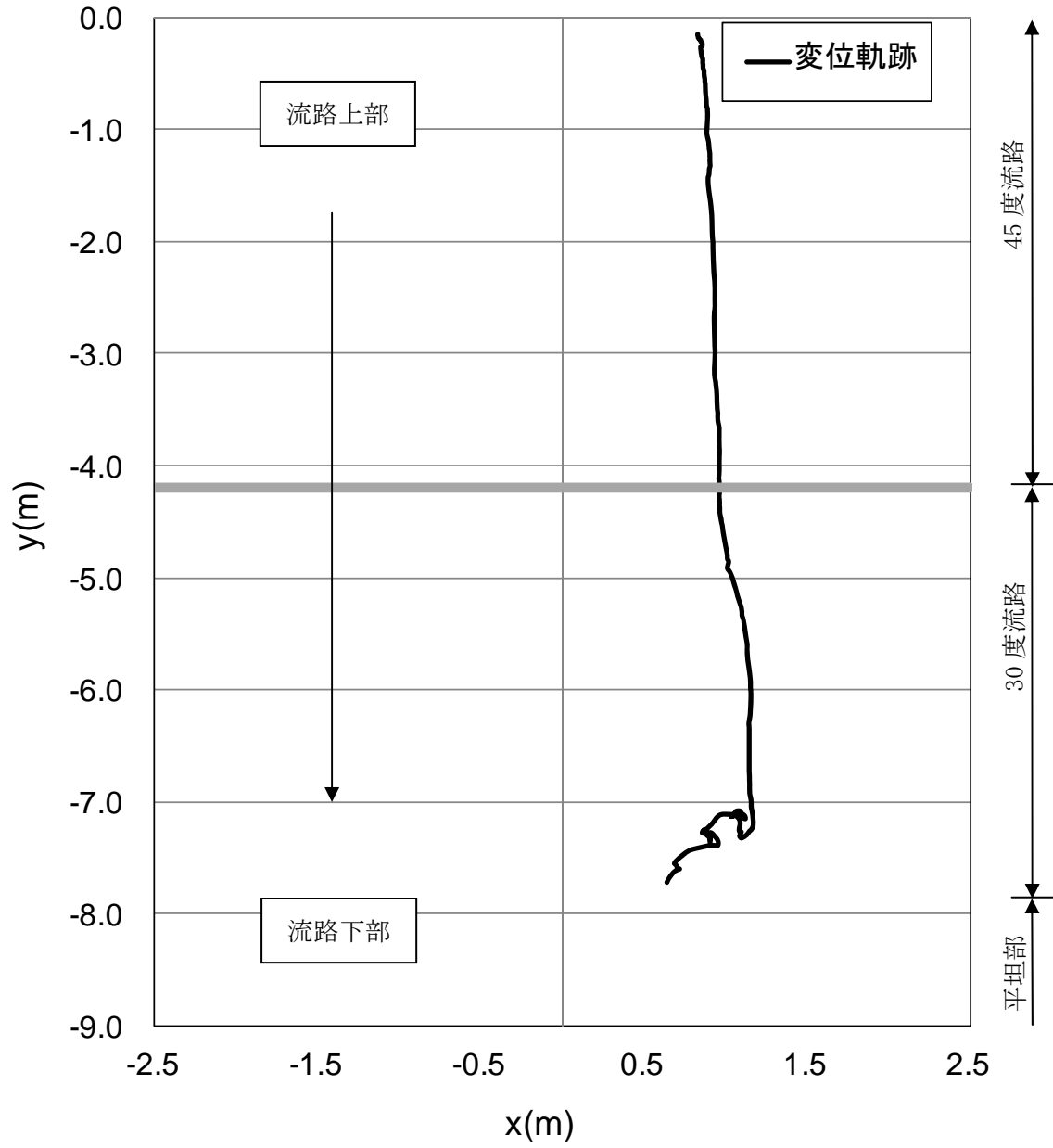


図 9.2.402 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.403 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。

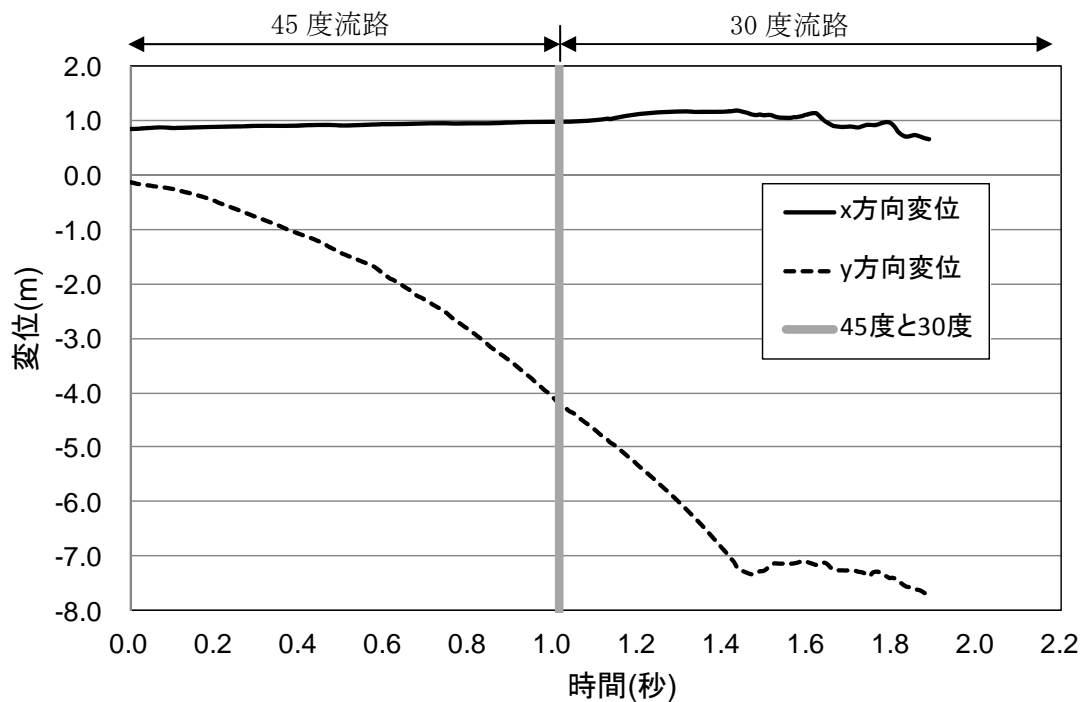


図 9.2.403(a) 岩塊模型の変位履歴

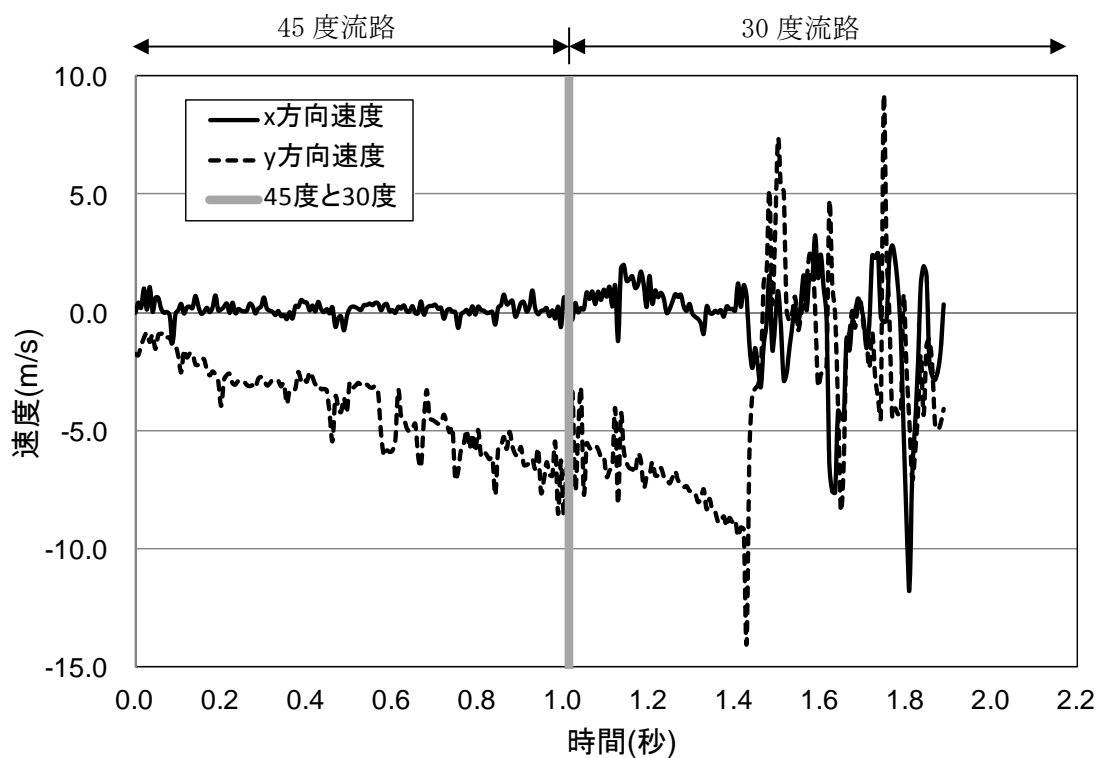


図 9.2.403(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.404 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 2 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 9.2.404 解析に用いた標点の位置

図 9.2.405 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。

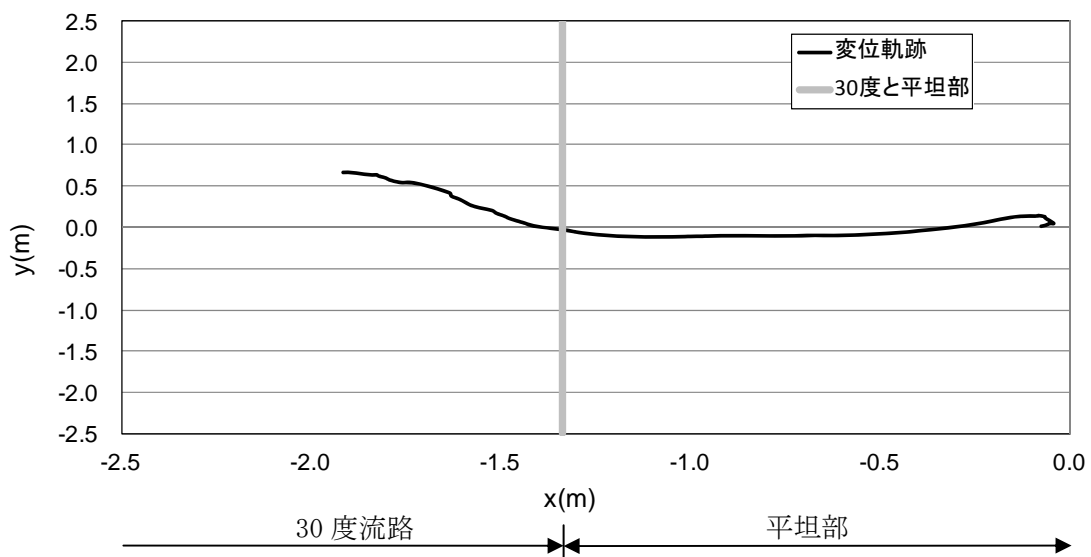


図 9.2.405 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 406 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 方向成分ともロードセル衝突時にゼロに収束する挙動を示した。

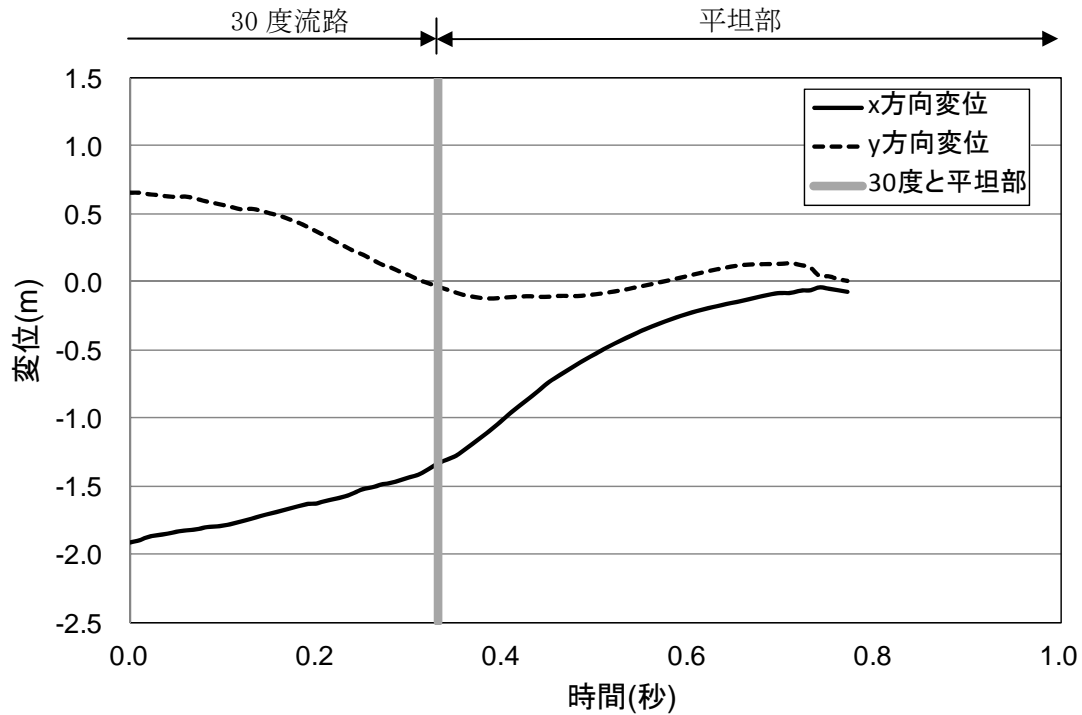


図 9. 2. 406(a) 岩塊模型の変位履歴

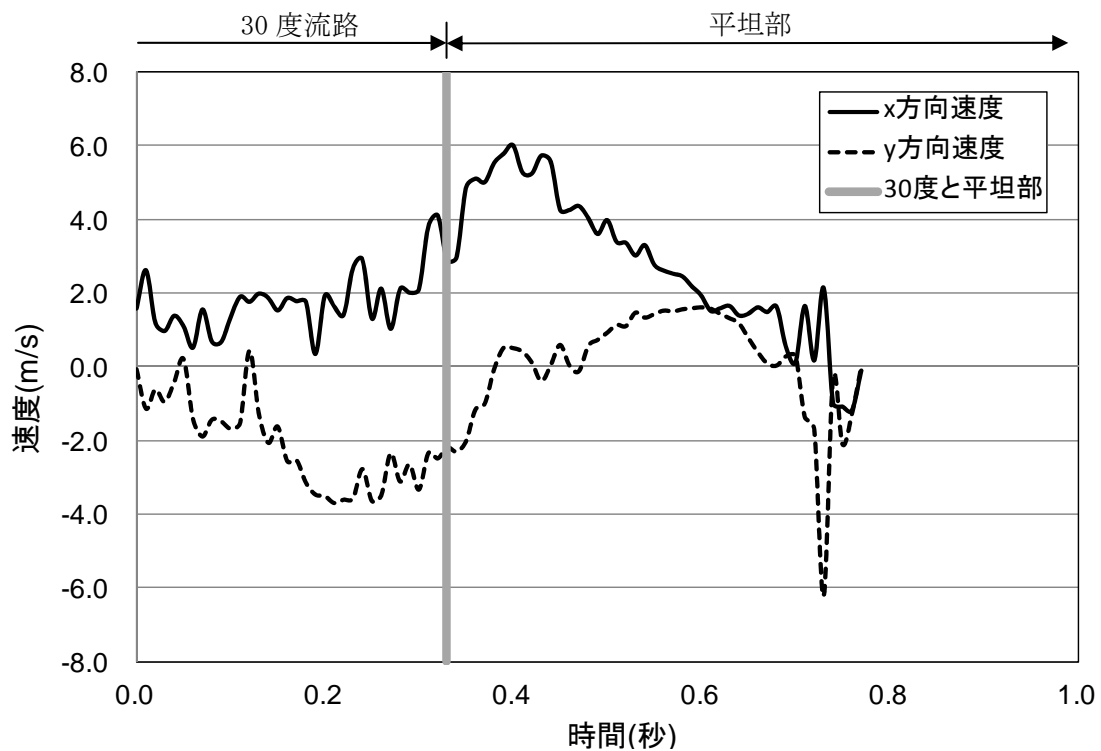


図 9. 2. 406(b) 岩塊模型の速度履歴

(9) No. 30 塊状 20cm 平面下 (標点有)

① 流路横

図 9.2.407 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 9.2.407 解析に用いた標点の位置

図 9.2.408 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路で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。

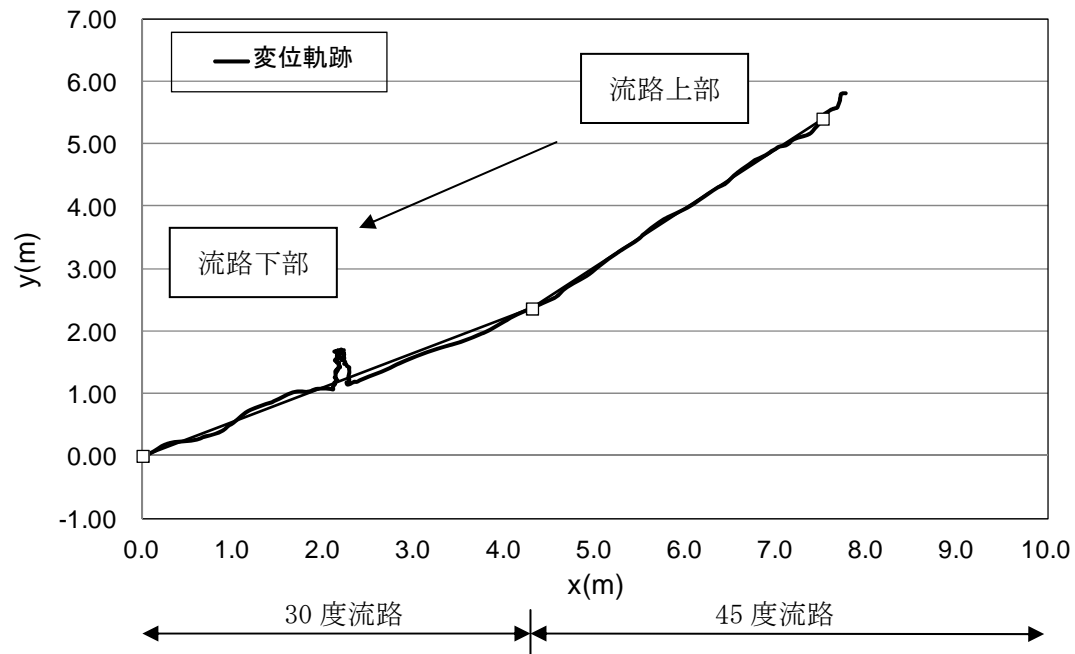


図 9.2.408 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.409 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度流路において、x方向成分、y方向成分とも同様の挙動が見られ、30度流路では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方向成分の落下速度が低下し、y方向成分の落下速度が上方に向かって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。

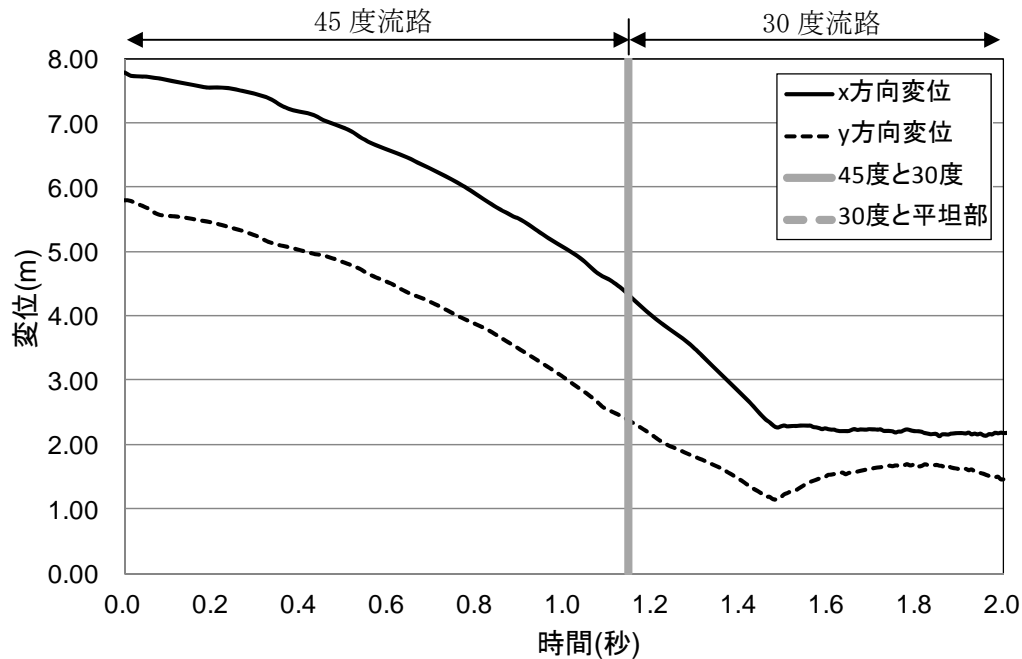


図 9.2.409(a) 岩塊模型の変位履歴

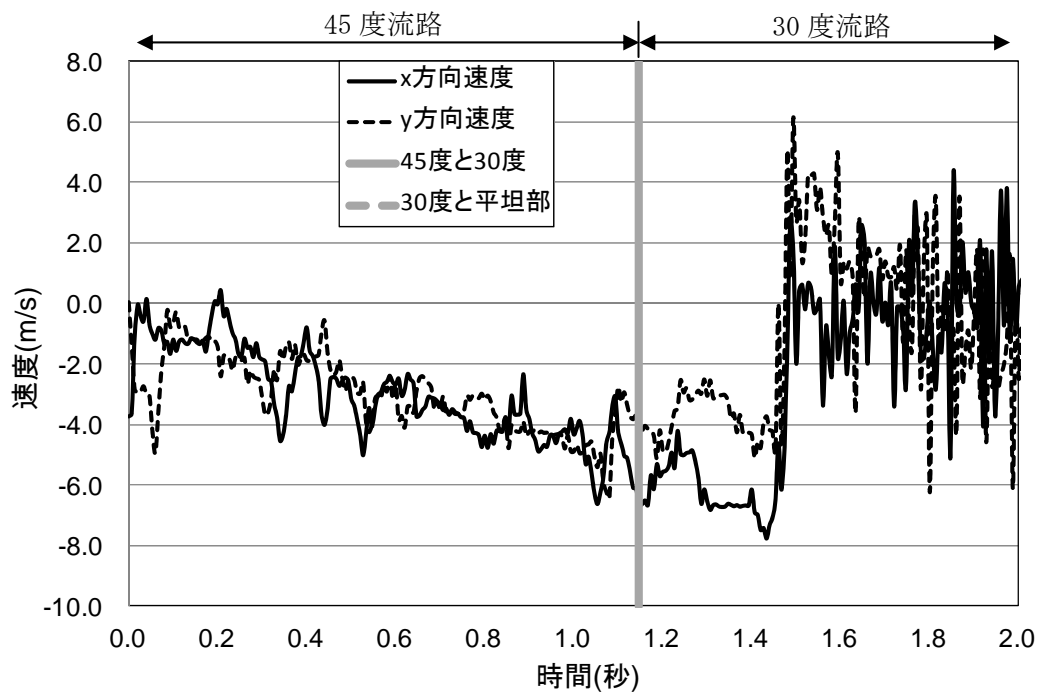


図 9.2.409(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.410 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。速度軌跡から、45 度流路では、x 方向成分、y 方向成分とも同様の挙動を示した。アングルによる跳ね返りが生じた際は、x 方向成分、y 方向成分とも上方に向かって速度が上がる挙動を示した。跳ね返り後は、流路下部に向かって同程度の落下速度に収束する挙動が見られた。

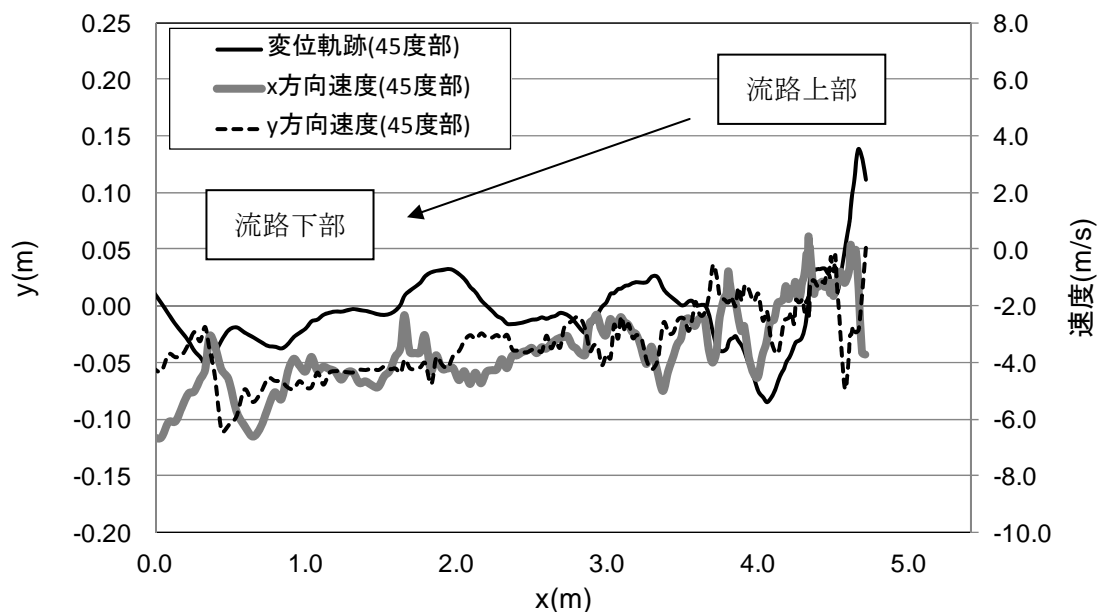


図 9.2.410(a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

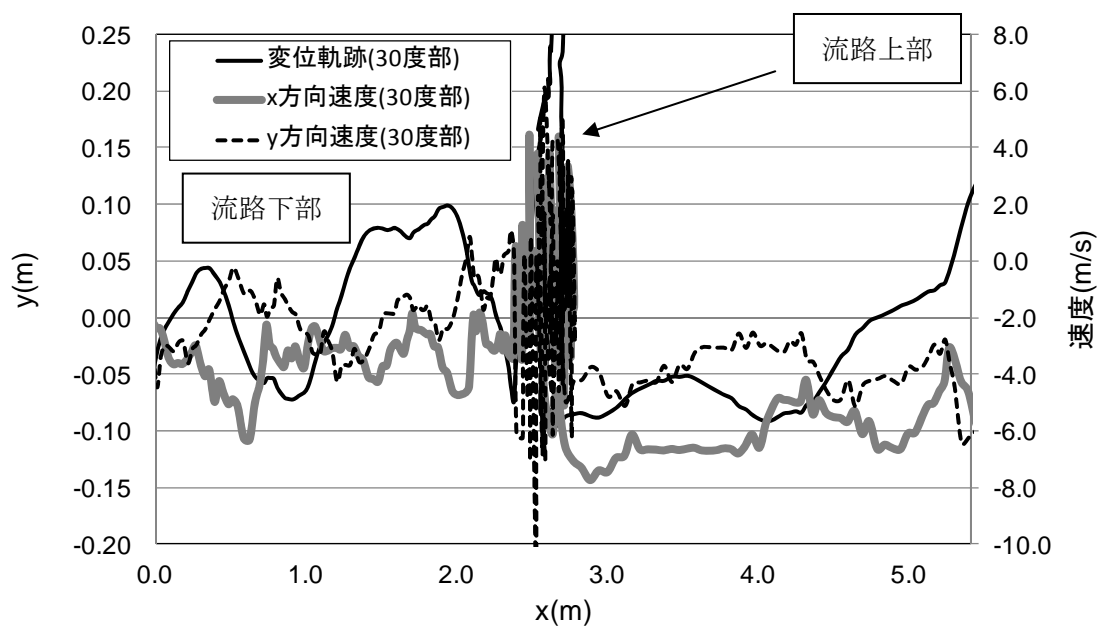


図 9.2.410(b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.411 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。

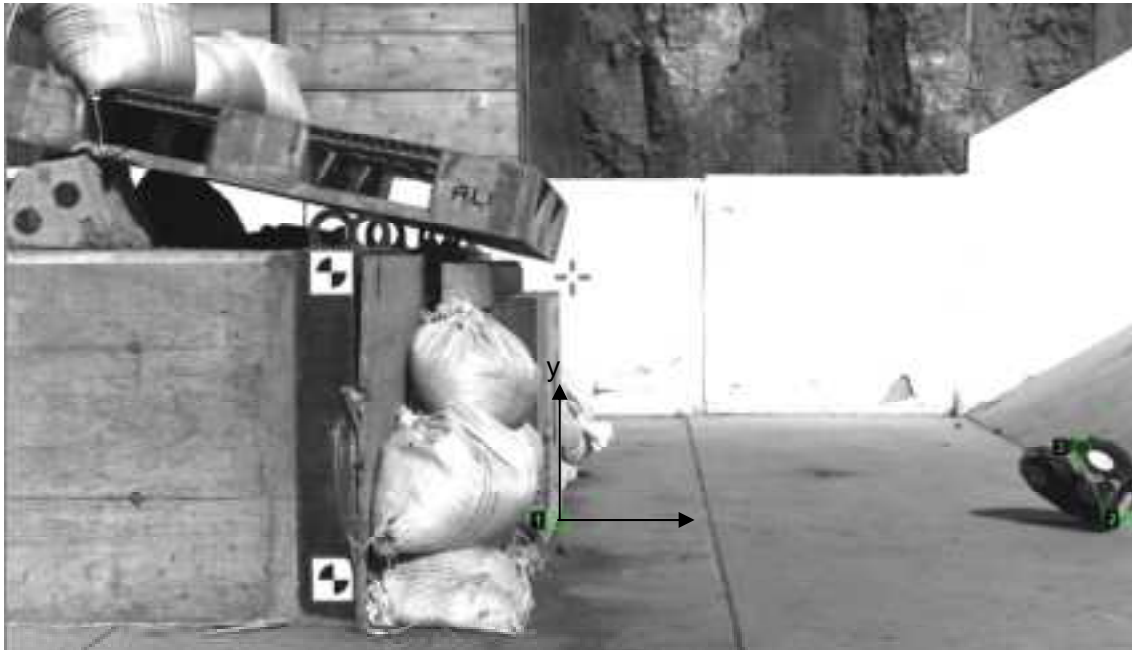


図 9.2.411 解析に用いた標点の位置

図 9.2.412 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。

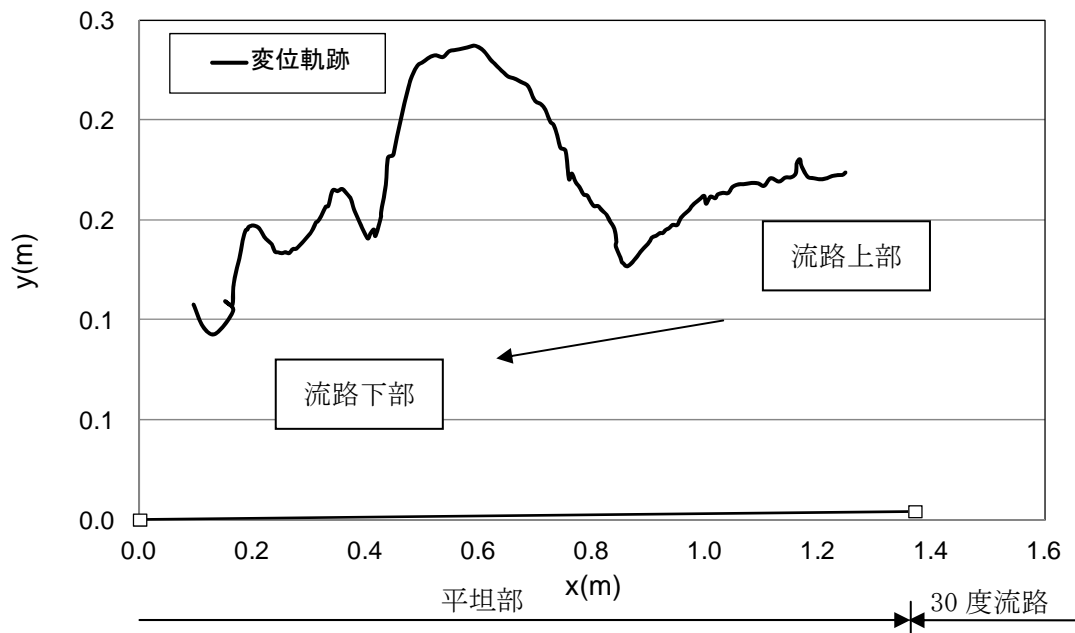


図 9.2.412 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.413 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 方向成分とも同様な挙動が見られた。また、ロードセル衝突時に速度がゼロ付近に収束する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.3 秒付近である。

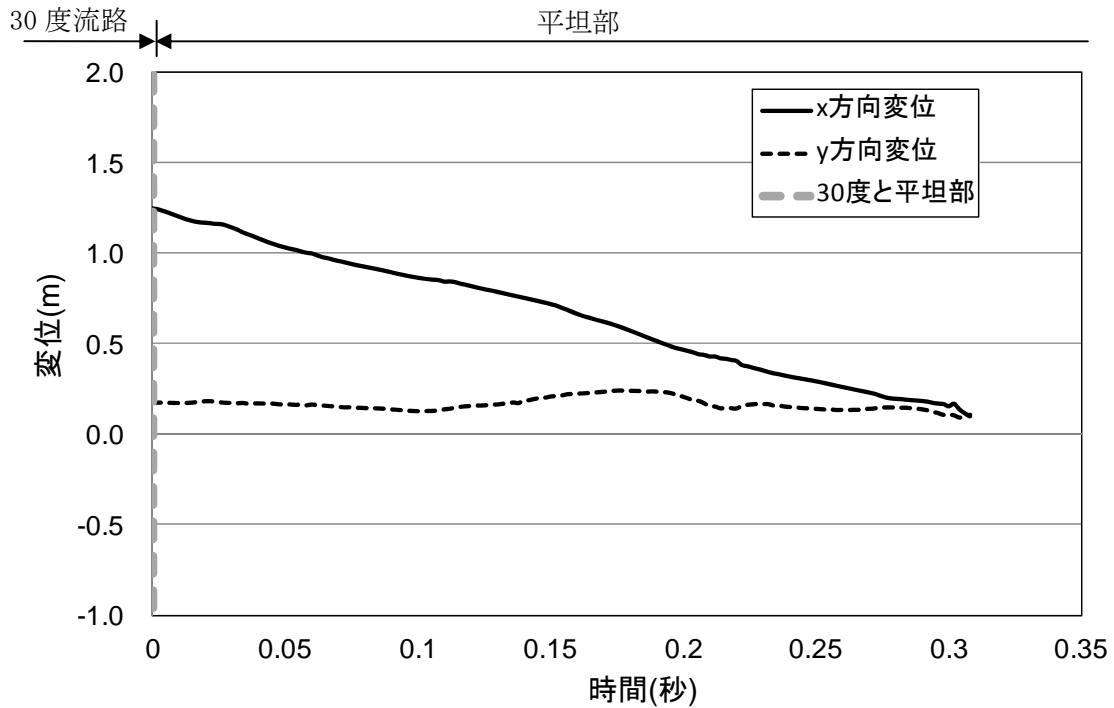


図 9.2.413(a) 岩塊模型の変位履歴

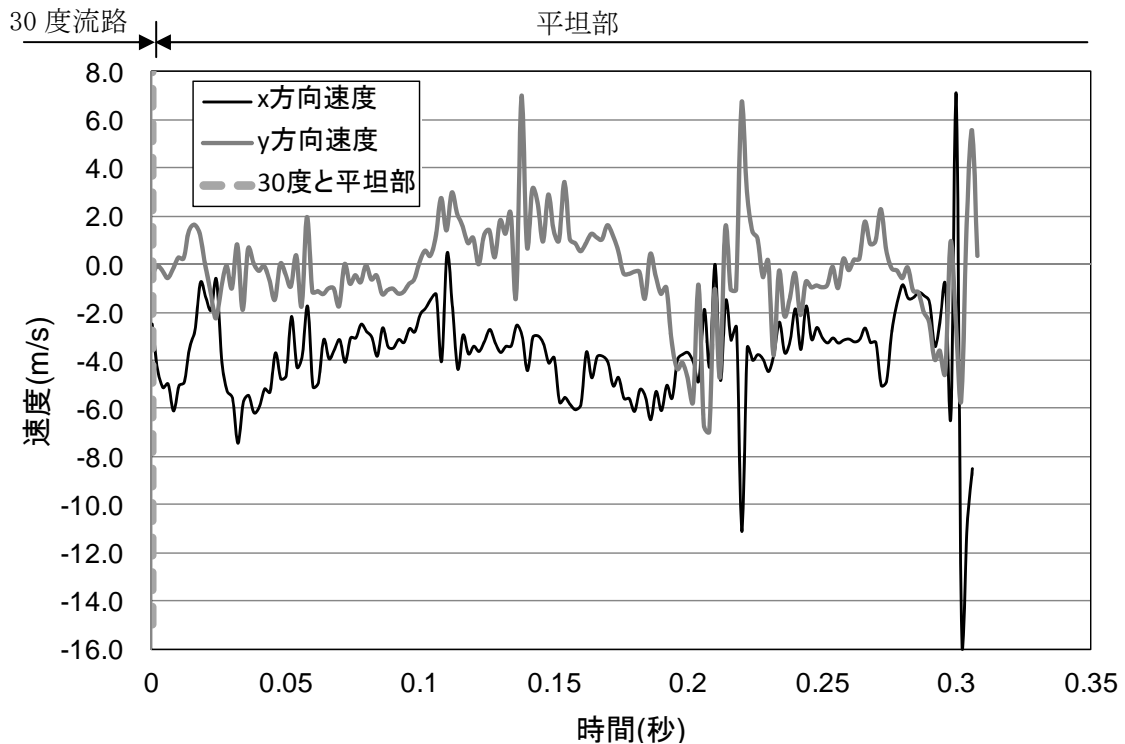


図 9.2.413(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.414 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

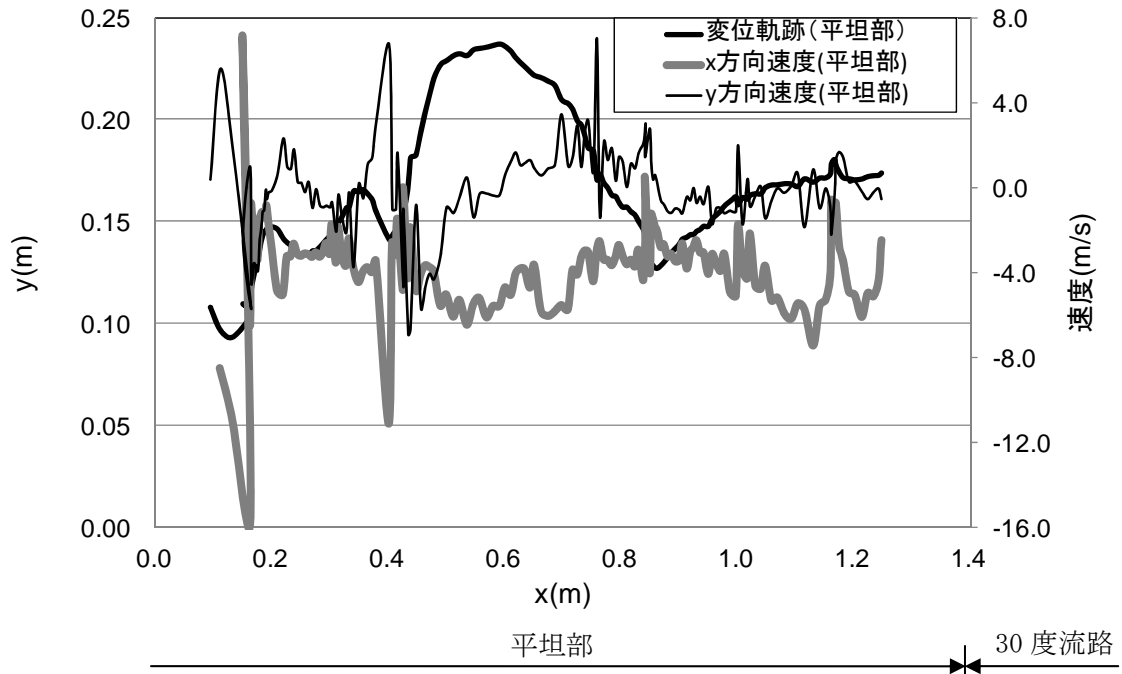


図 9.2.414 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.415 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。

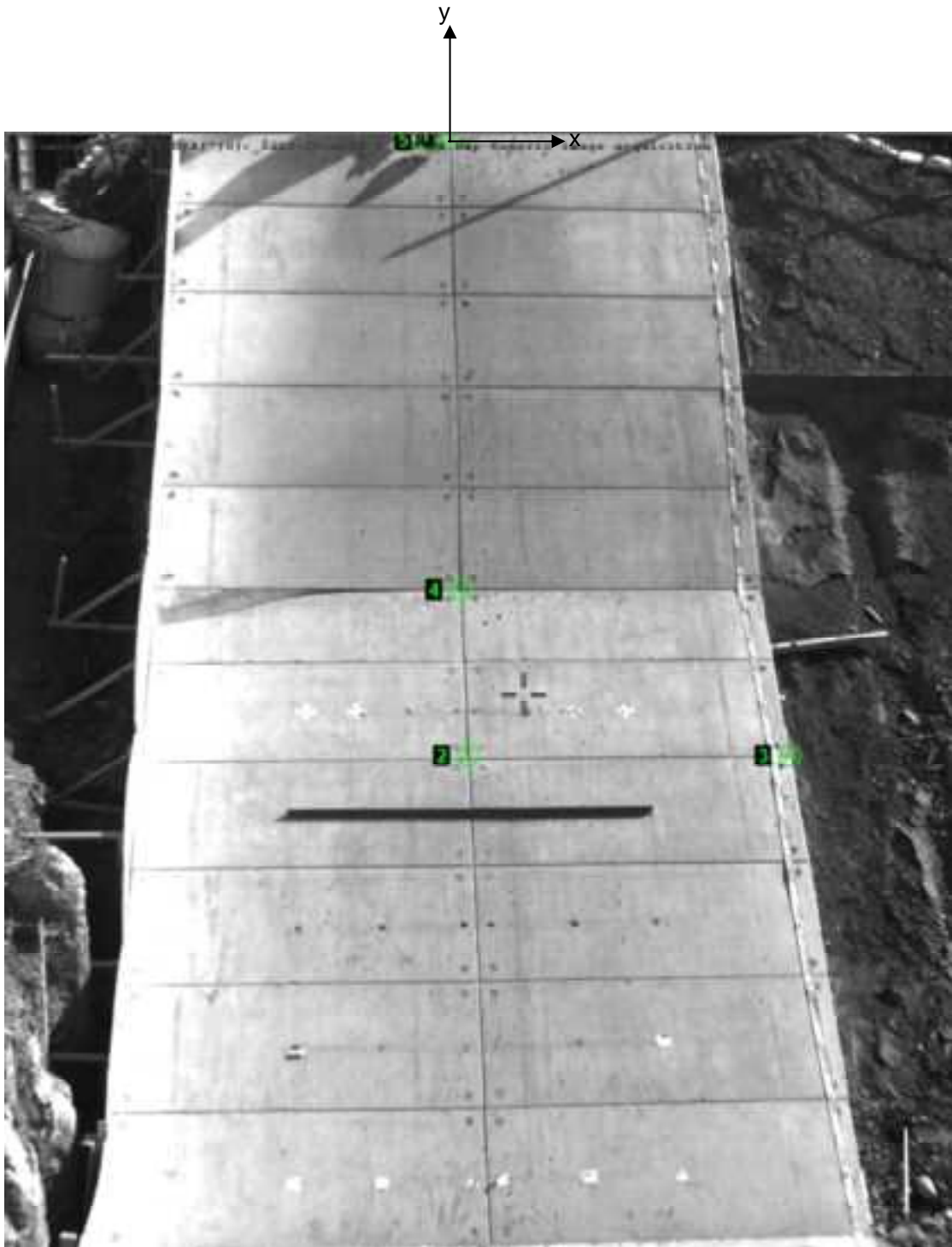


図 9.2.415 解析に用いた標点の位置

図 9.2.416 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

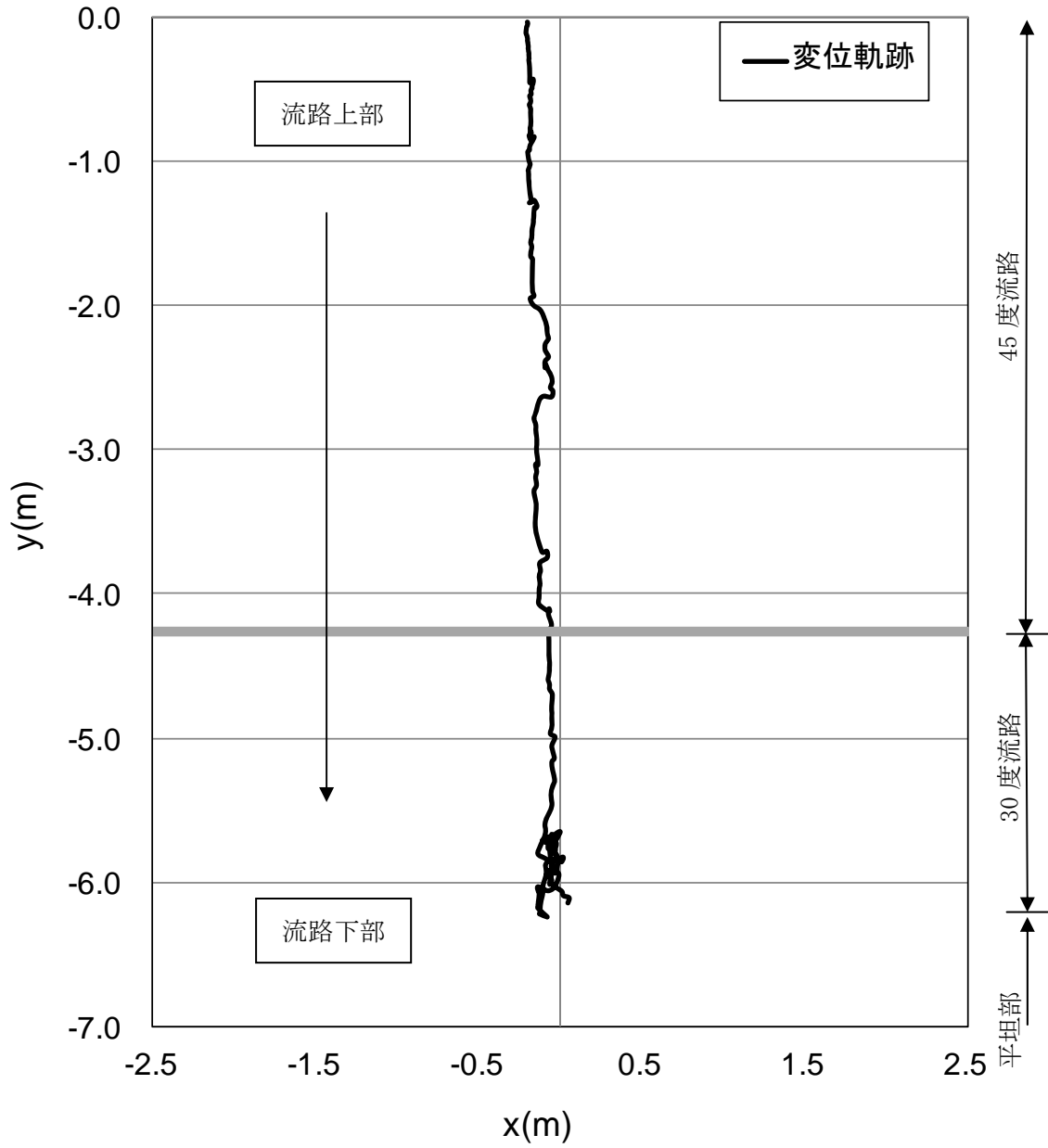


図 9.2.416 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.417 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。

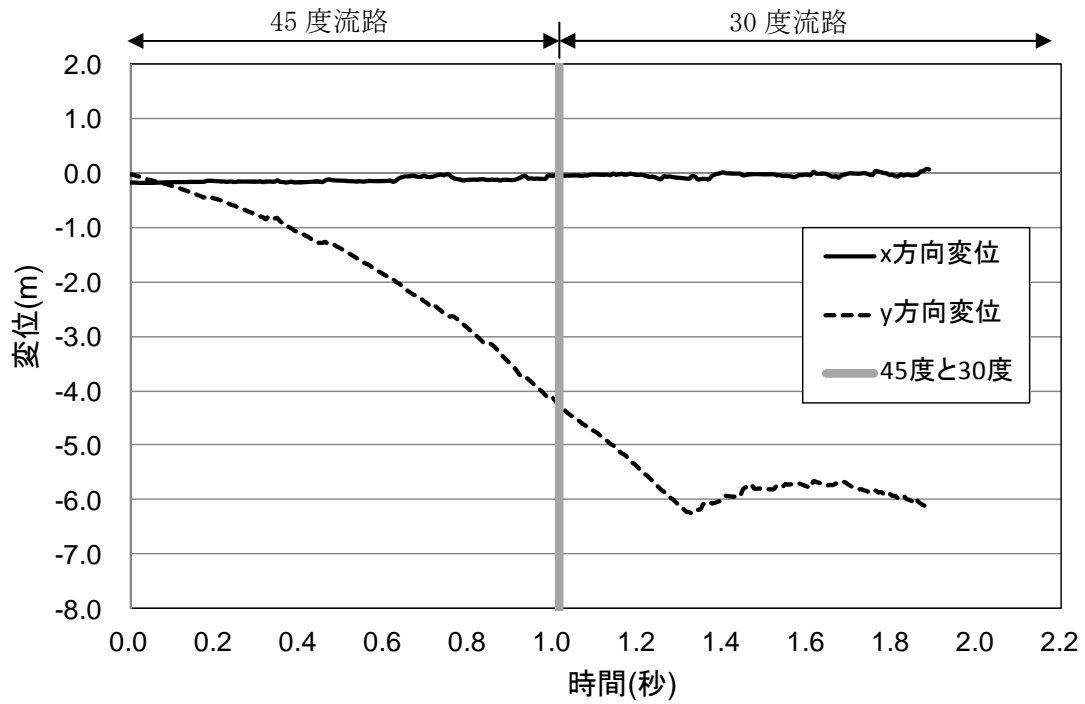


図 9.2.417(a) 岩塊模型の変位履歴

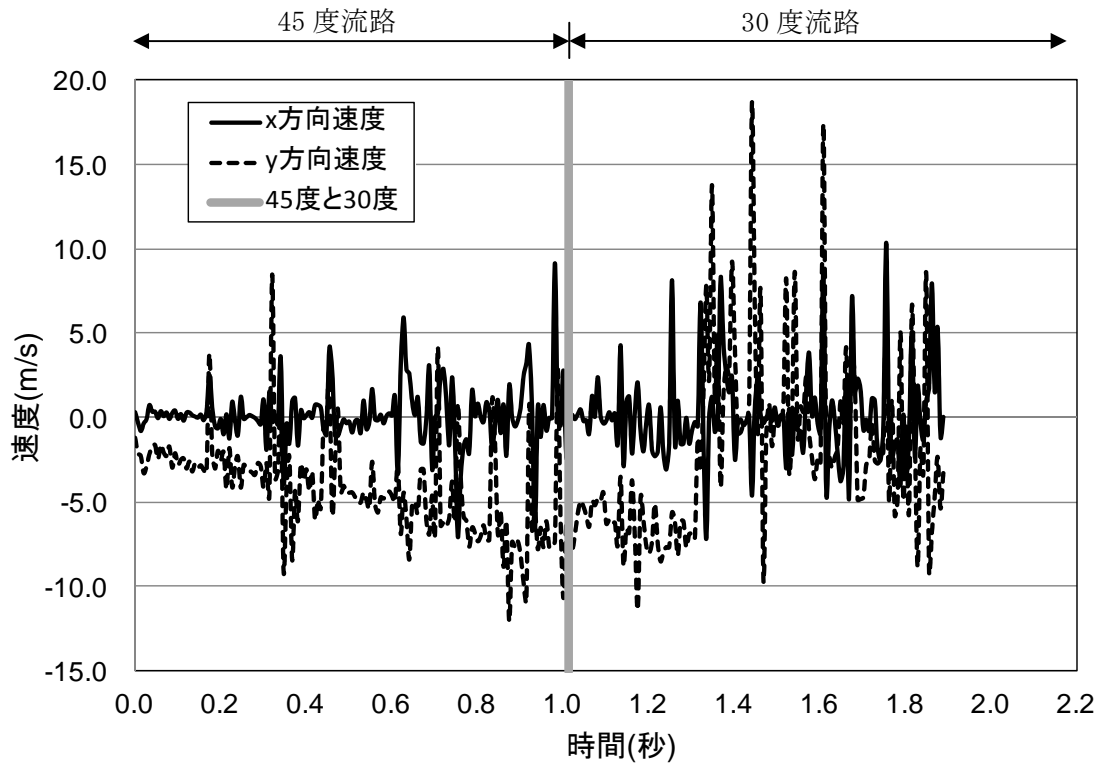


図 9.2.417(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.418 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 2 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。

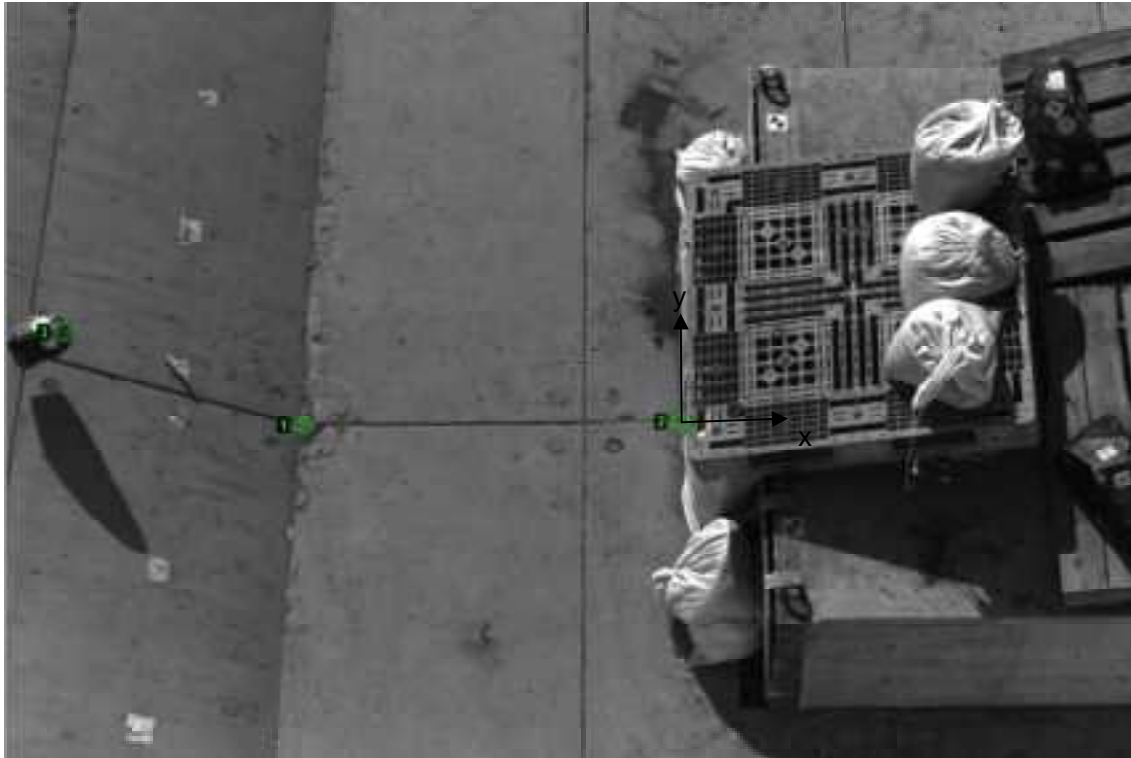


図 9.2.418 解析に用いた標点の位置

図 9.2.419 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。

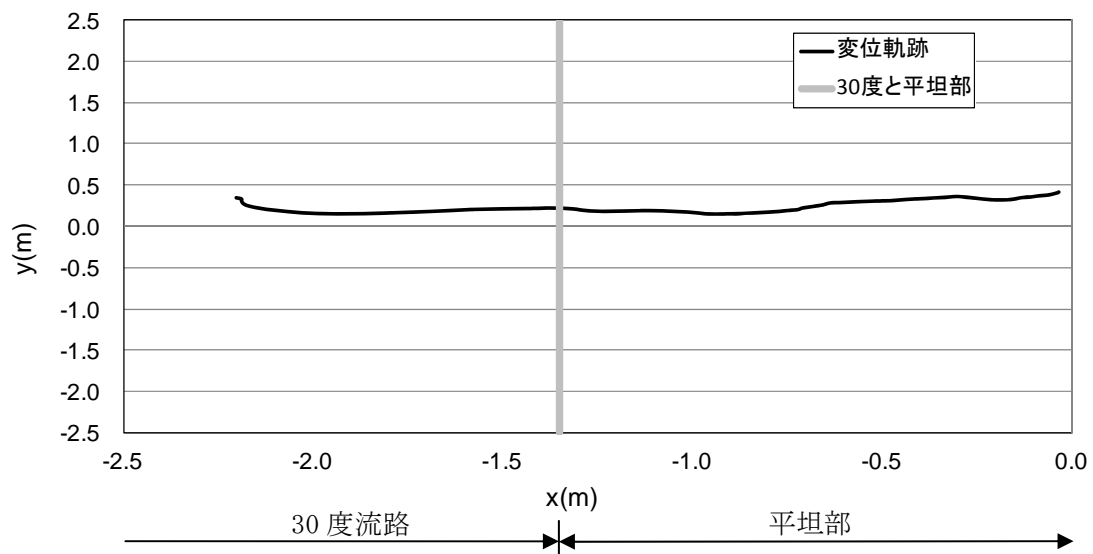


図 9.2.419 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 420 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 方向成分ともロードセル衝突時にゼロ付近に収束する挙動を示した。

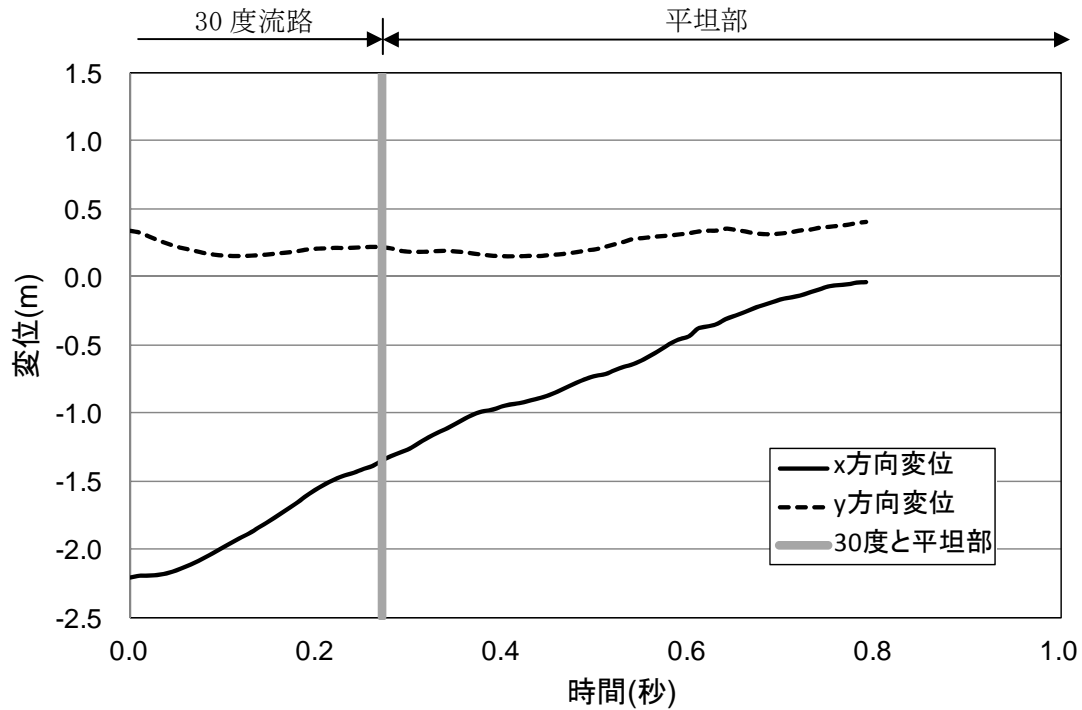


図 9. 2. 420(a) 岩塊模型の変位履歴

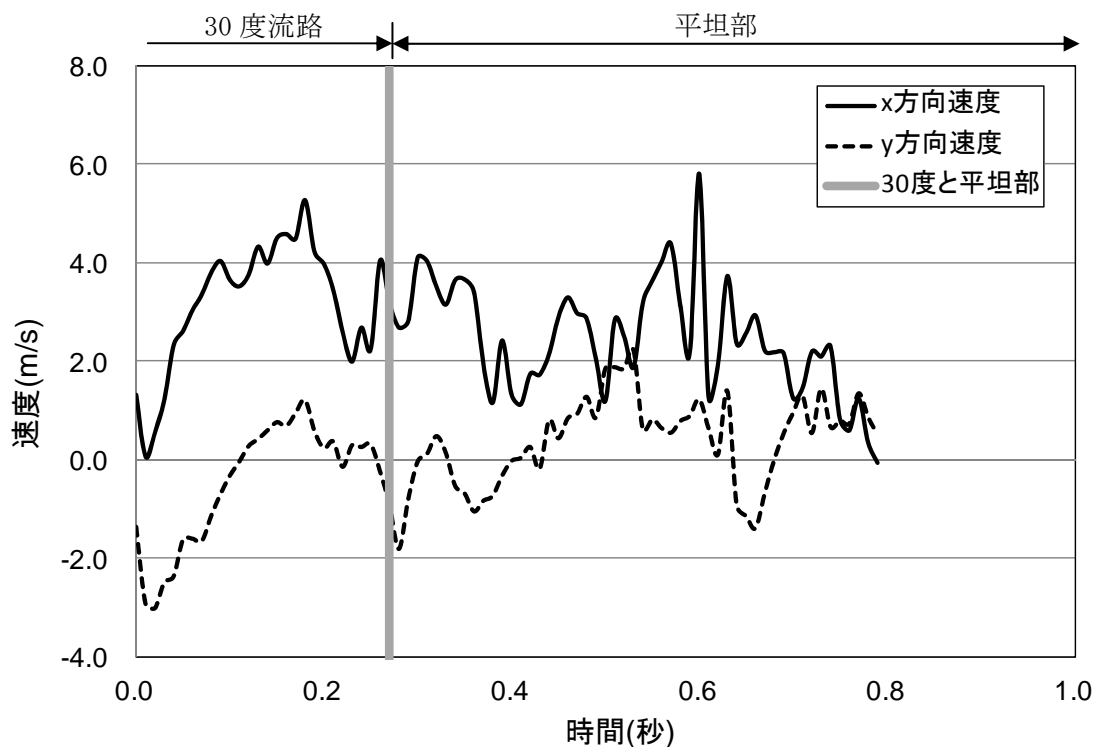


図 9. 2. 420(b) 岩塊模型の速度履歴

(10) No.31 球形 20cm (標点有)

① 流路横

図 9.2.421 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 9.2.421 解析に用いた標点の位置

図 9.2.422 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路で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。

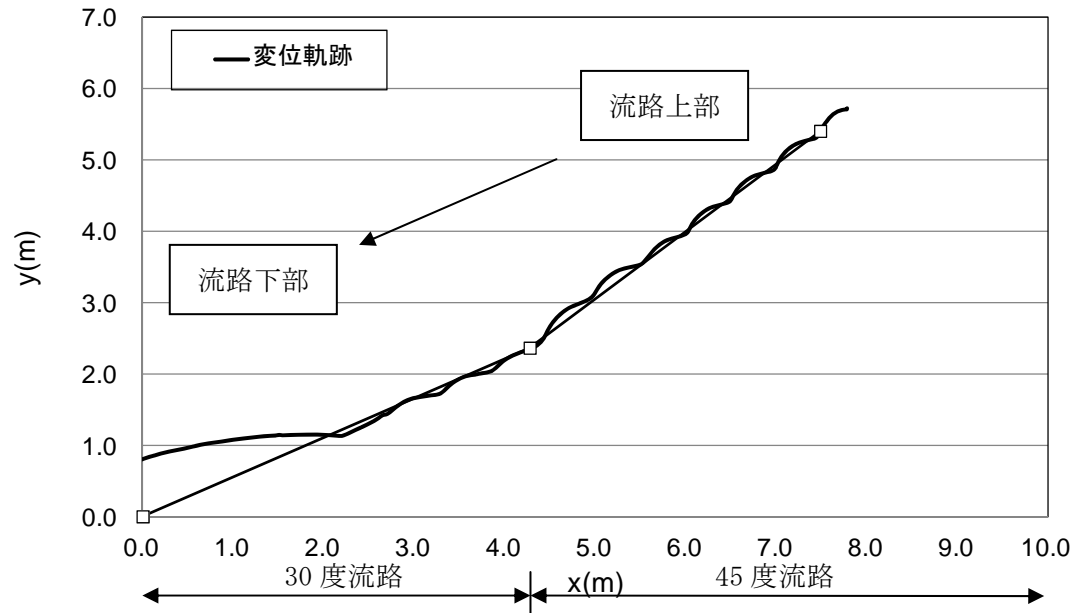


図 9.2.422 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.423 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 度流路において、x 方向成分、y 方向成分とも同様の挙動が見られ、30 度流路では 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 方向成分の落下速度が低下し、y 方向成分の落下速度が上方に向かって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。

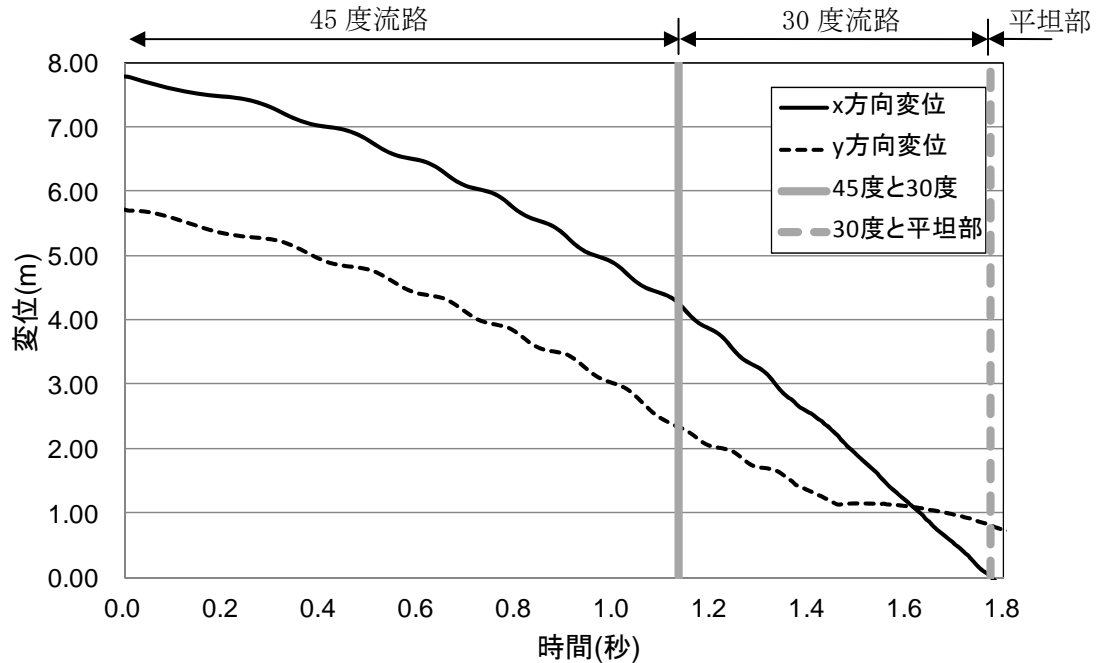


図 9.2.423(a) 岩塊模型の変位履歴

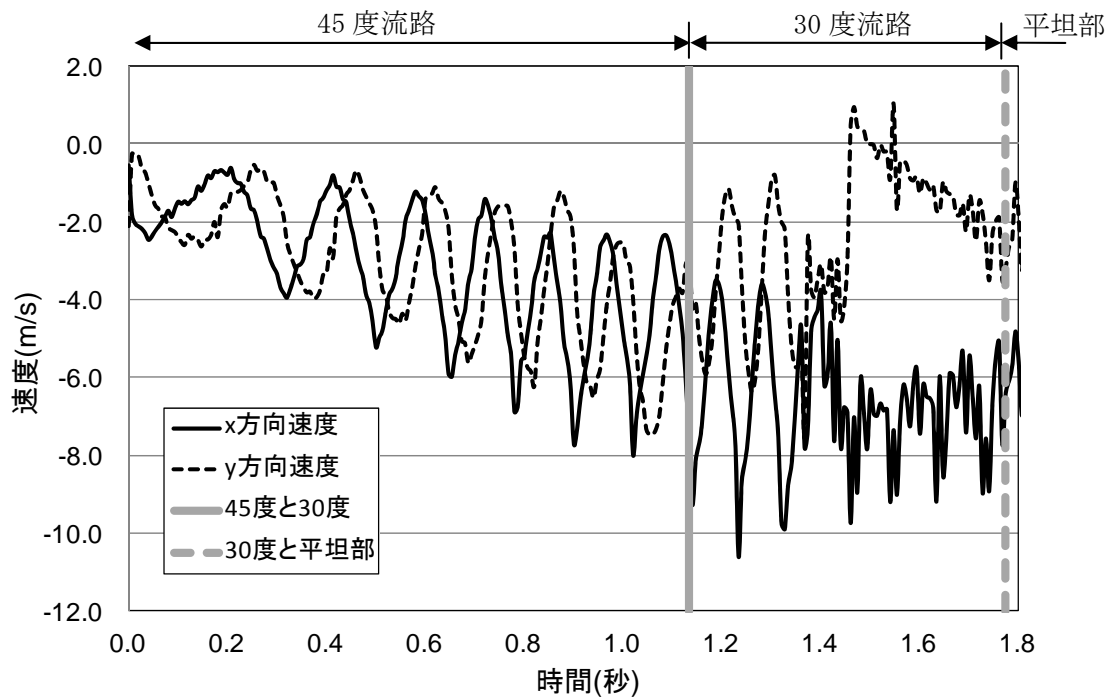


図 9.2.423(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 424 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。速度軌跡から、45 度流路では、岩塊の挙動に同調するように x 方向成分、y 方向成分とも同様の挙動を示した。アングルによる跳ね返りが生じた際、x 方向成分は落下速度が低下し、y 方向成分は上方に向かって速度が上がる挙動を示した。跳ね返り後は、流路下部に向かって同程度の落下速度に収束する挙動が見られた。

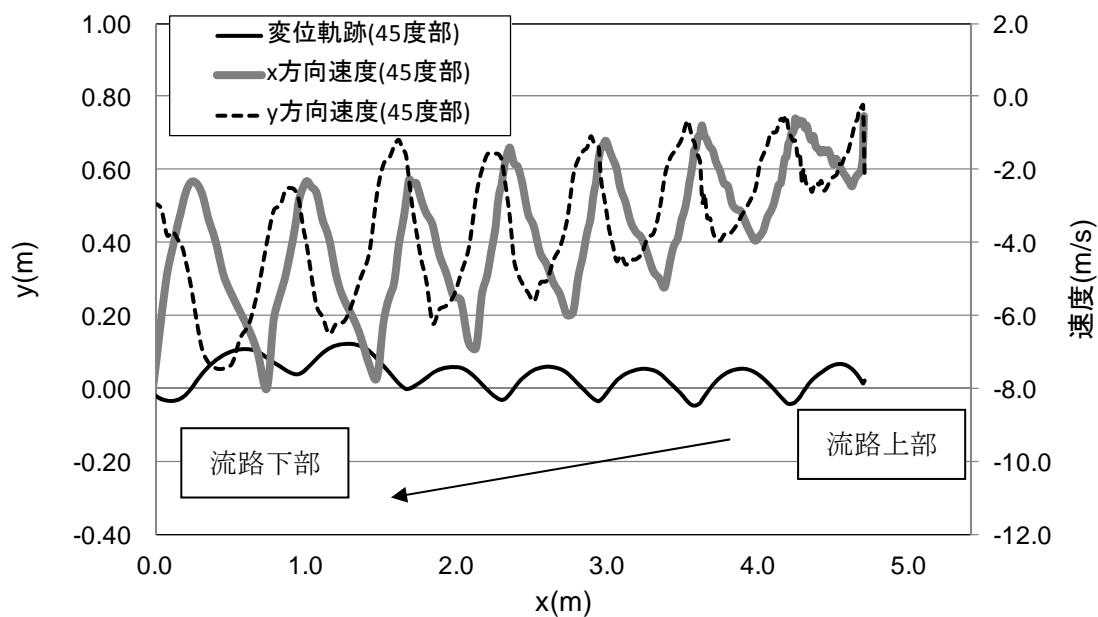


図 9. 2. 424 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

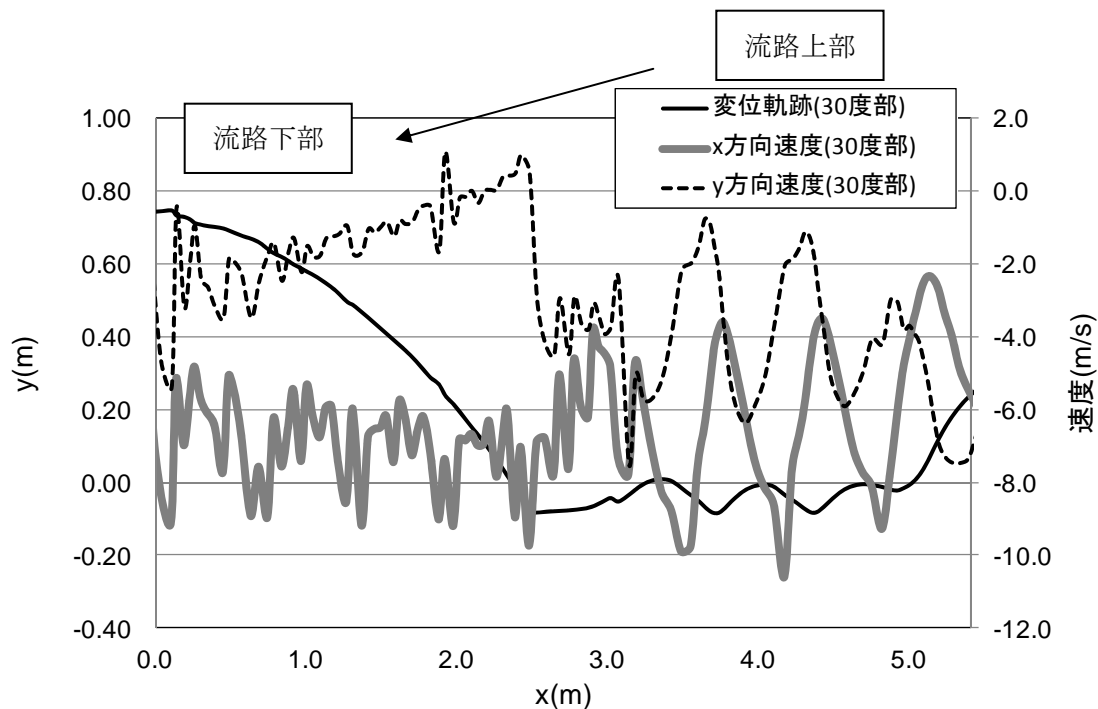


図 9. 2. 424 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.425 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。

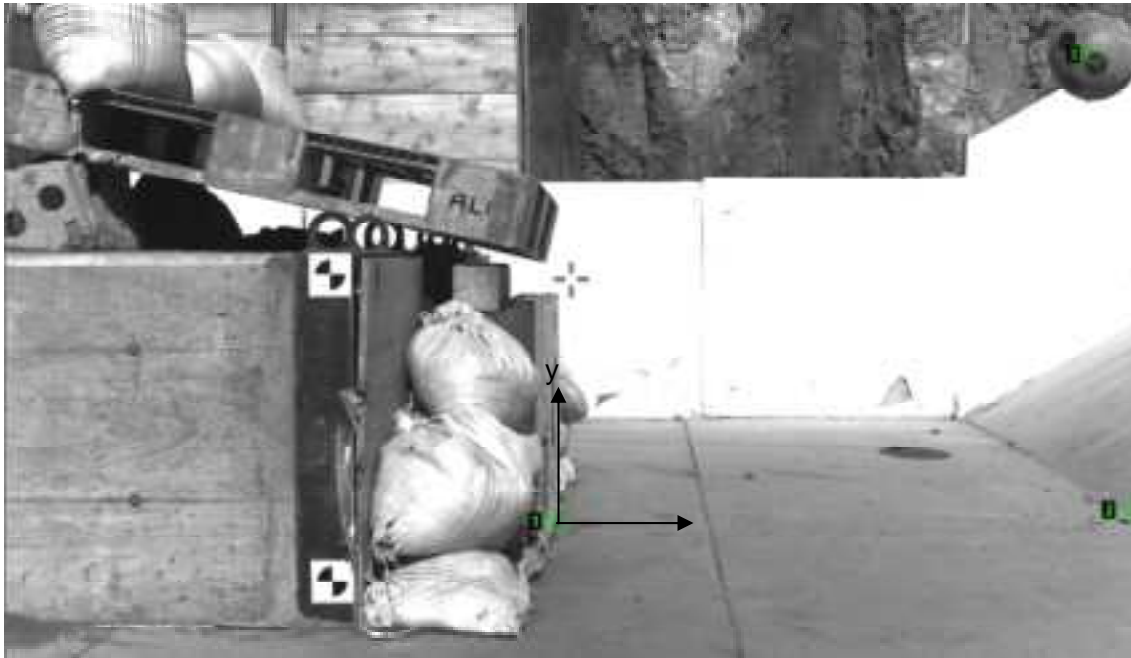


図 9.2.425 解析に用いた標点の位置

図 9.2.426 に岩塊模型の変位軌跡を示す。平坦部で跳ね返りはなく、斜面にて跳ねあがった後、直接ロードセルに衝突する挙動を示した。

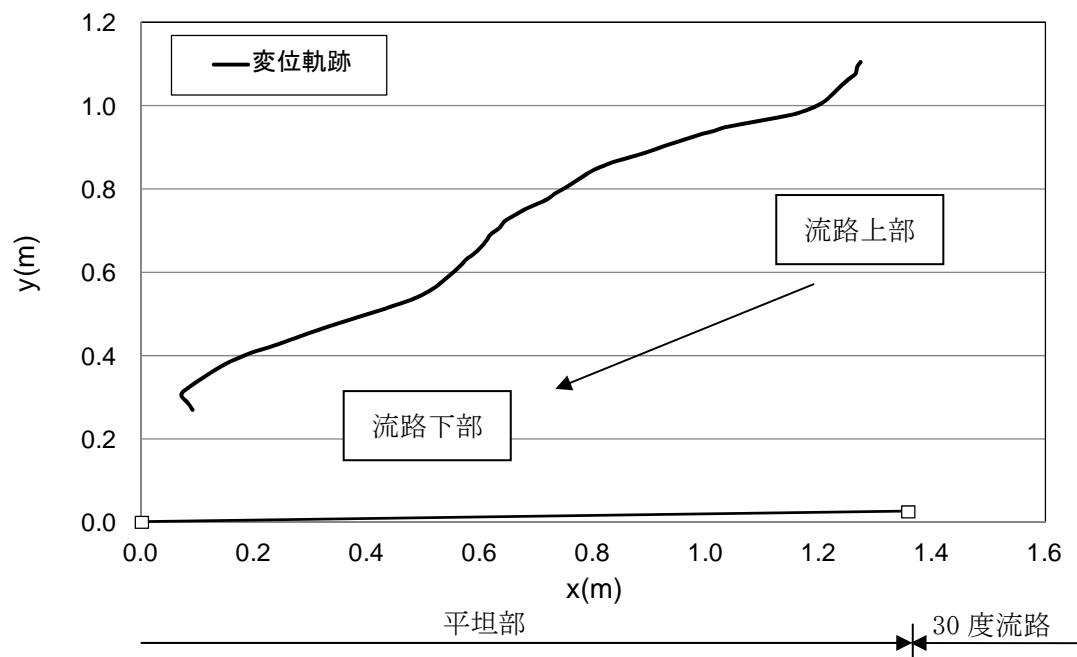


図 9.2.426 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.427 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 方向成分とも同様な挙動を示した。ロードセル衝突時に速度がゼロ付近に収束する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.15 秒付近である。

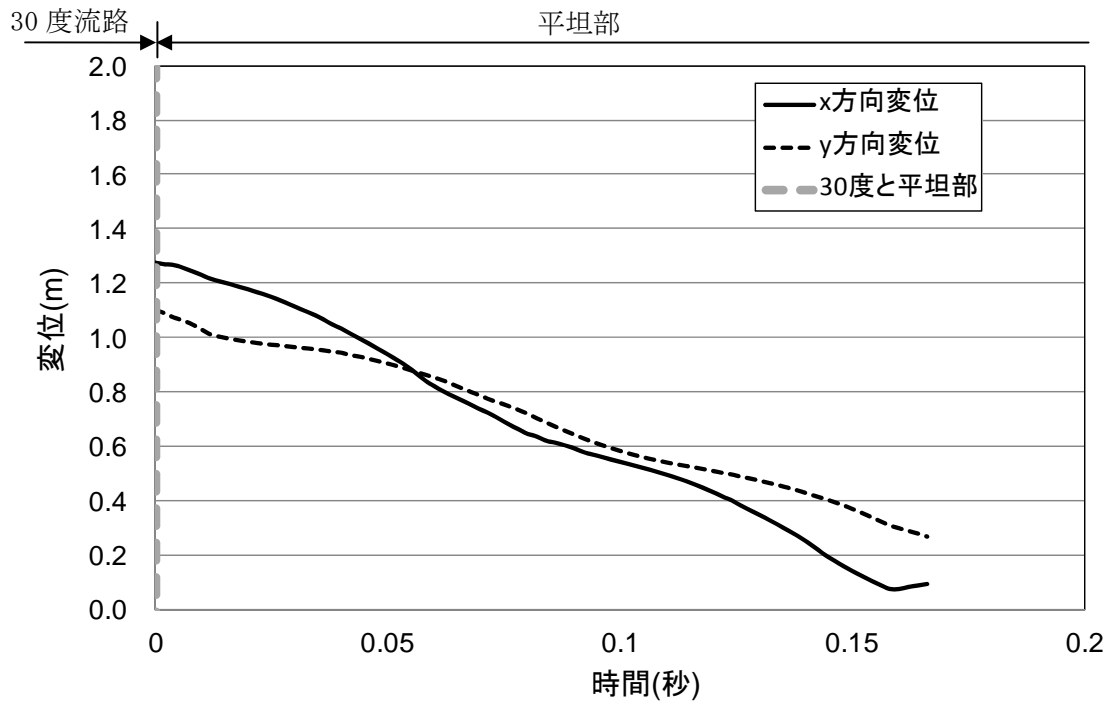


図 9.2.427(a) 岩塊模型の変位履歴

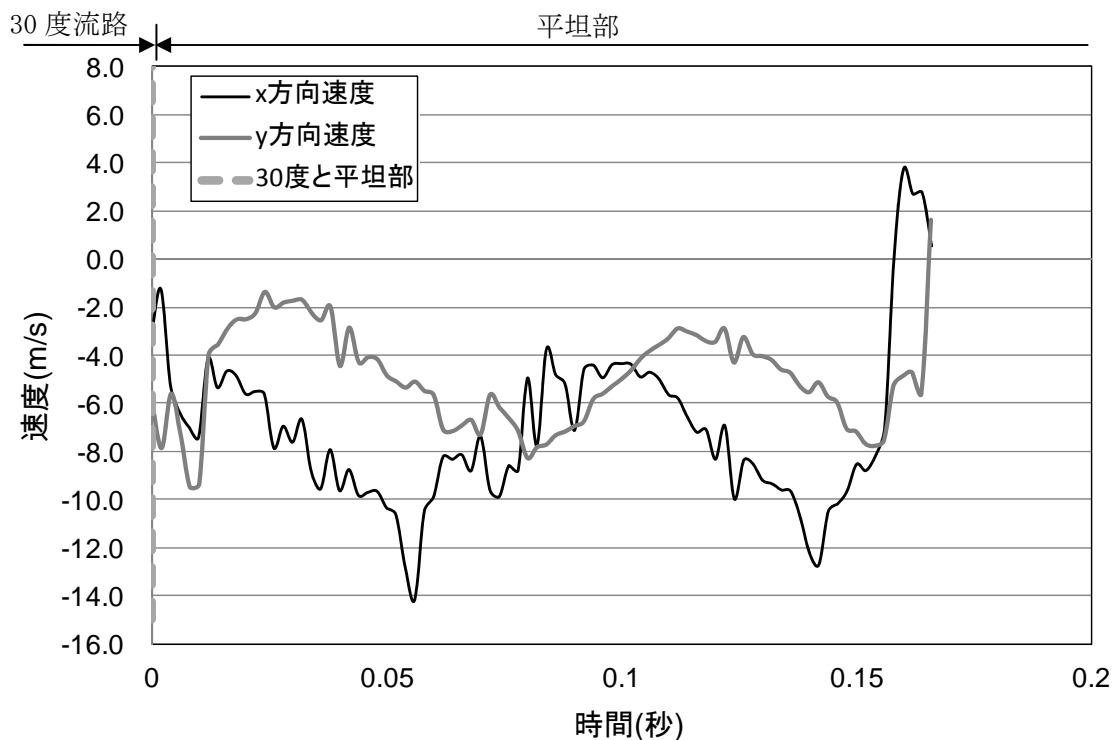


図 9.2.427(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.428 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。岩塊が直接ロードセルに衝突したため、変位軌跡は目立った変化は見られない。速度軌跡からは、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

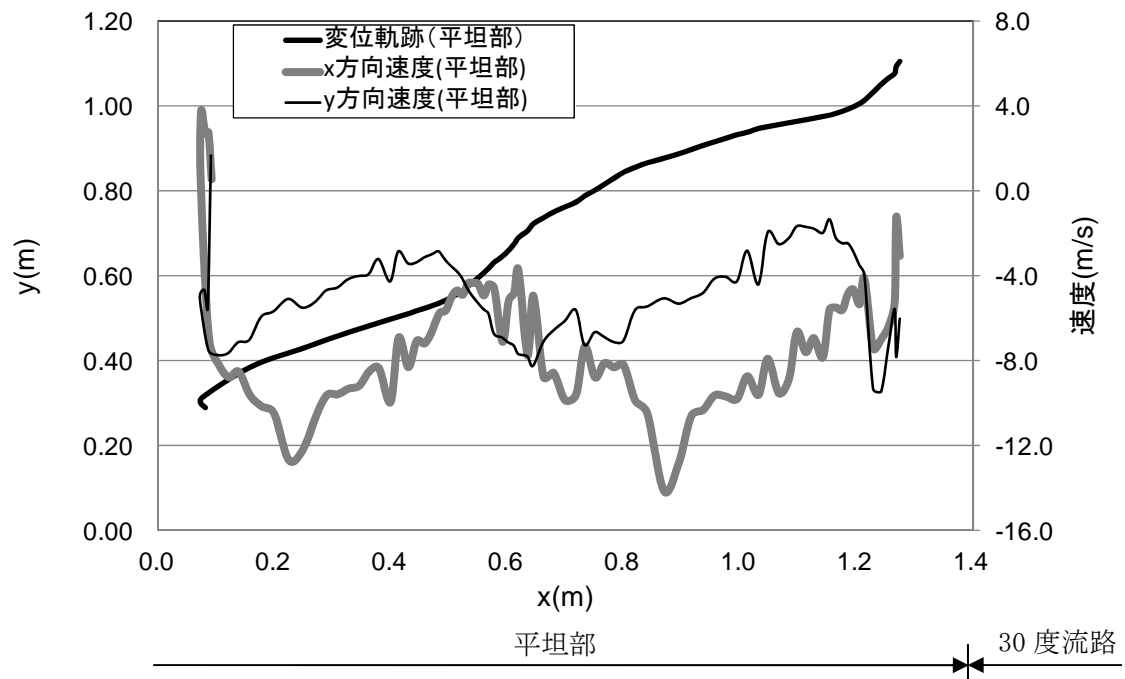


図 9.2.428 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.429 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。

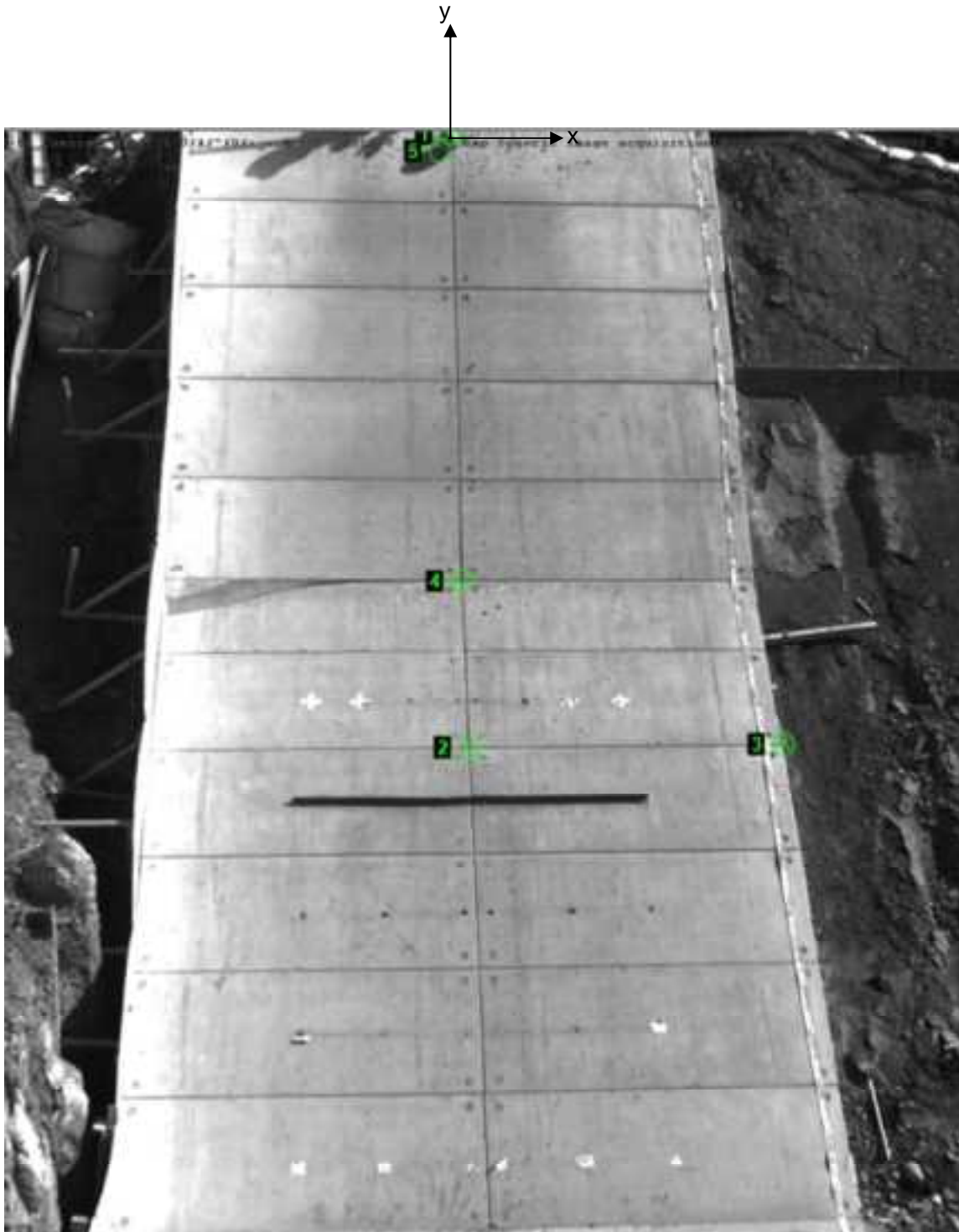


図 9.2.429 解析に用いた標点の位置

図 9.2.430 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

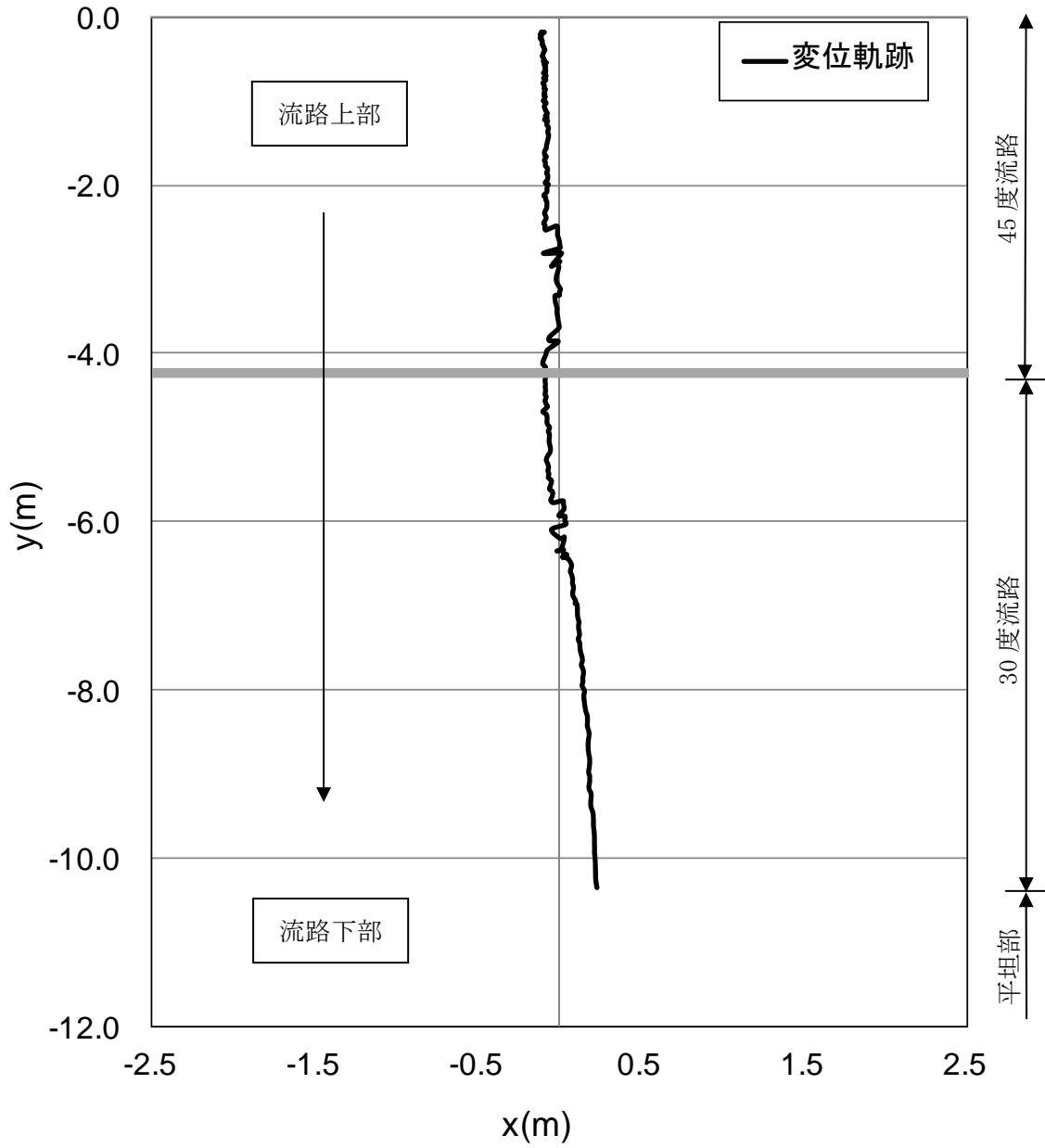


図 9.2.430 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.431 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。

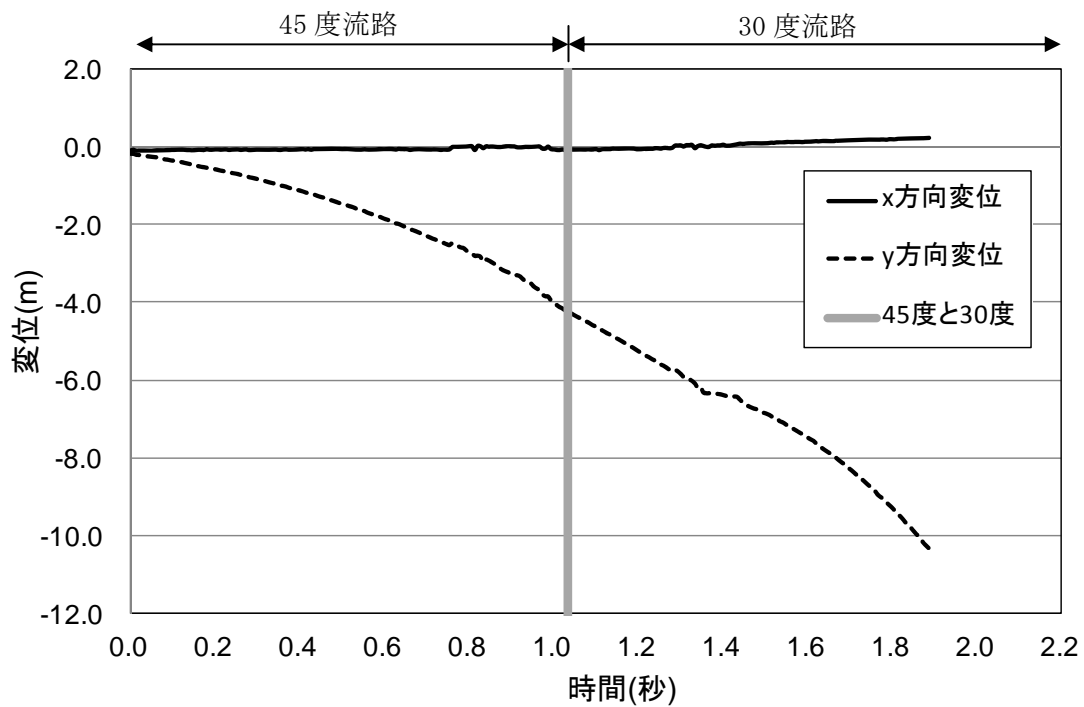


図 9.2.431(a) 岩塊模型の変位履歴

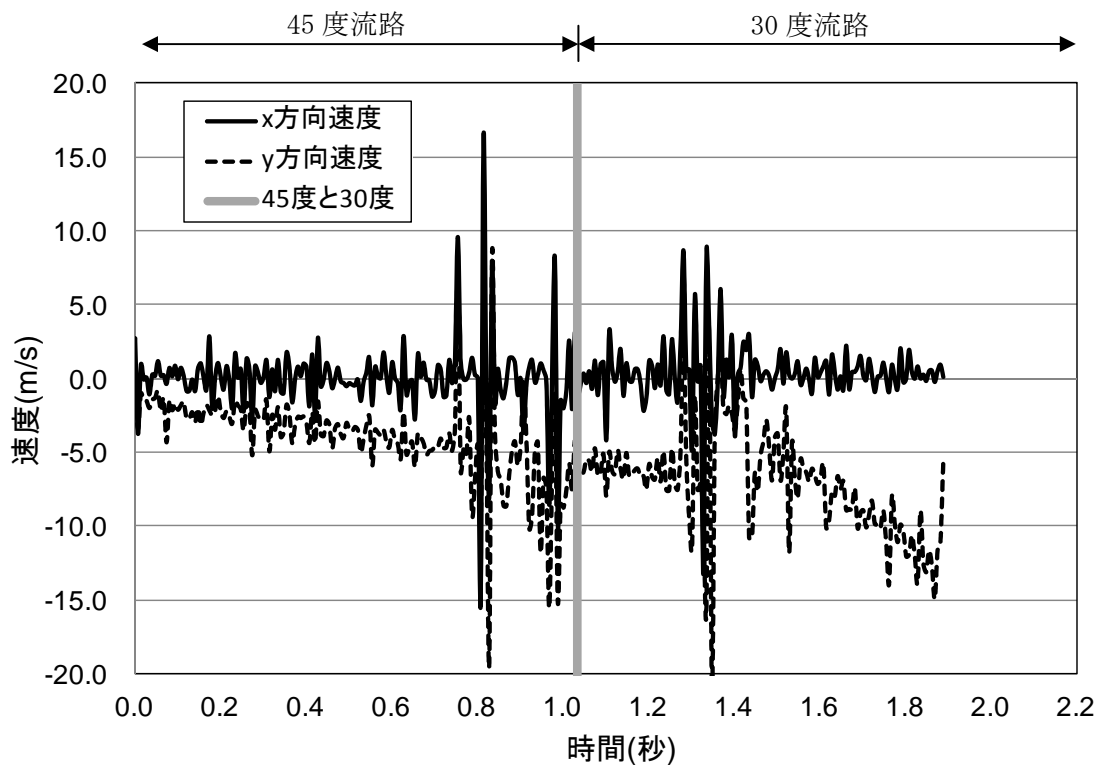


図 9.2.431(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.432 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 2 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。

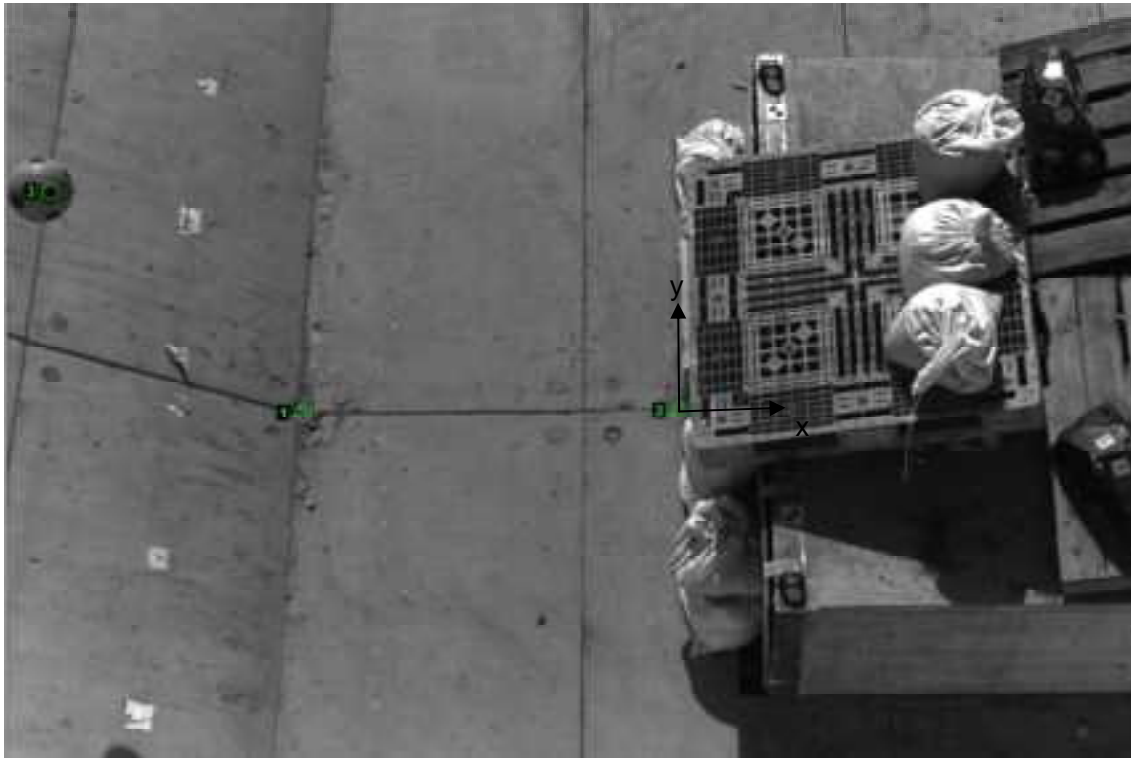


図 9.2.432 解析に用いた標点の位置

図 9.2.433 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。

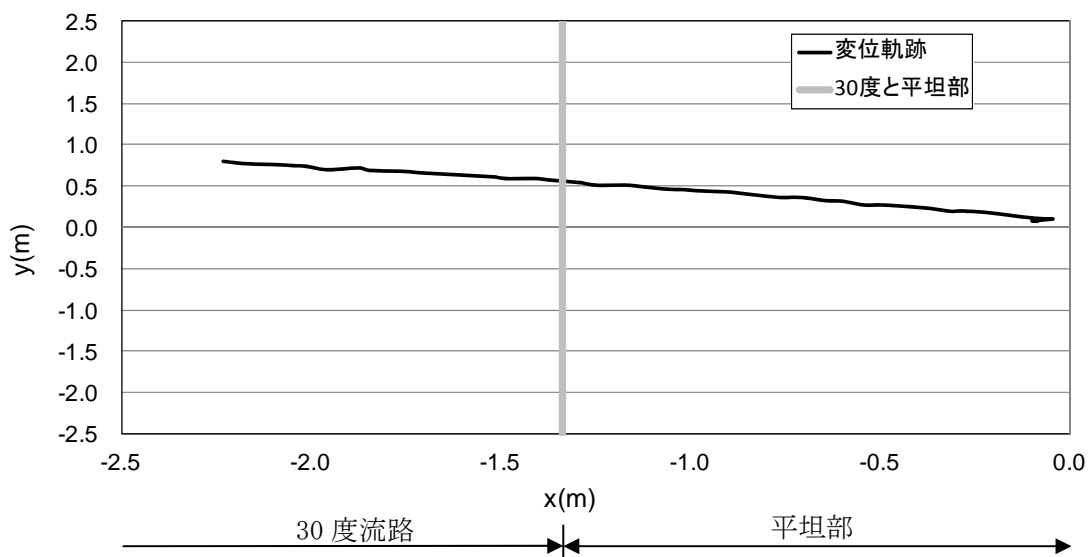


図 9.2.433 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 434 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 方向成分とも一定の速度で落下してきたのち、両成分ともロードセル衝突時にゼロに収束する挙動を示した。

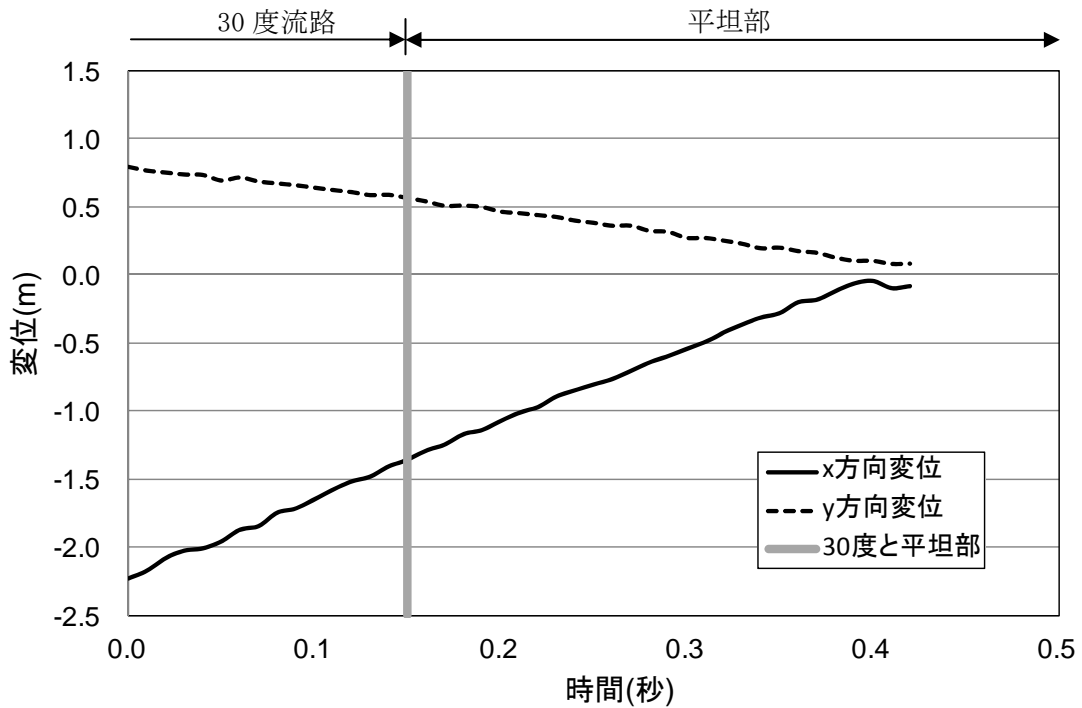


図 9. 2. 434(a) 岩塊模型の変位履歴

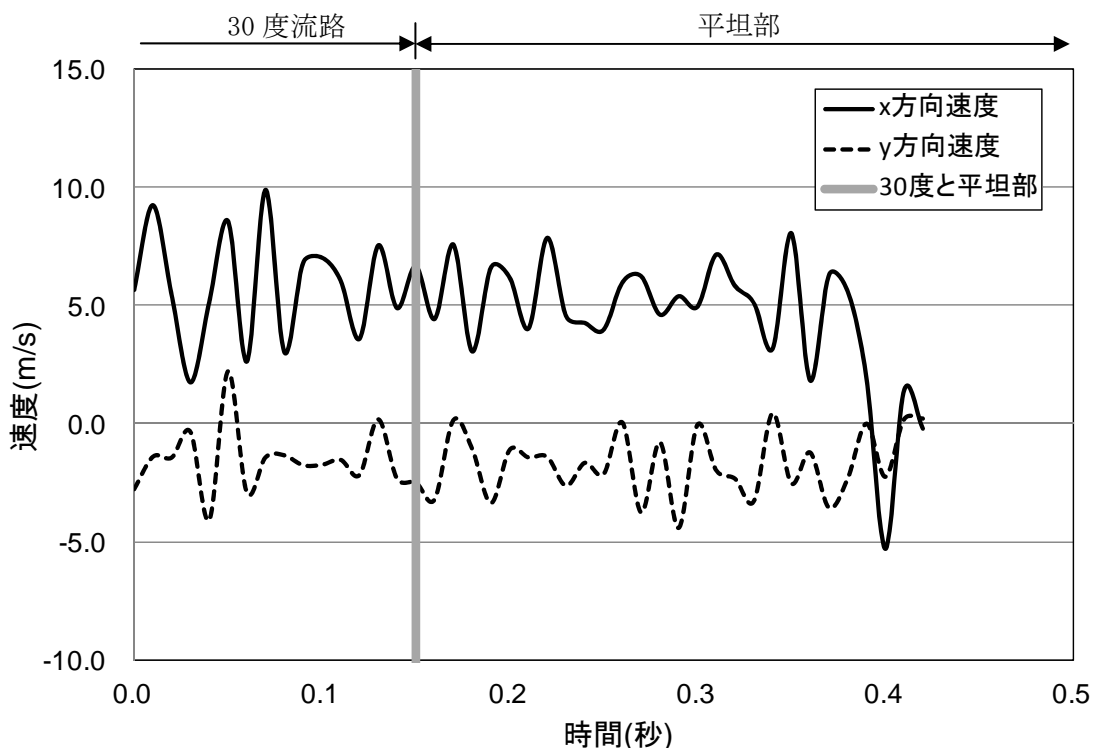


図 9. 2. 434(b) 岩塊模型の速度履歴

(11) No. 32 球形 40cm (標点有)

当該ケースは 45 度流路下部で岩塊模型の落下を行った。

① 流路横

図 9.2.435 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 9.2.435 解析に用いた標点の位置

図 9.2.436 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路で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。

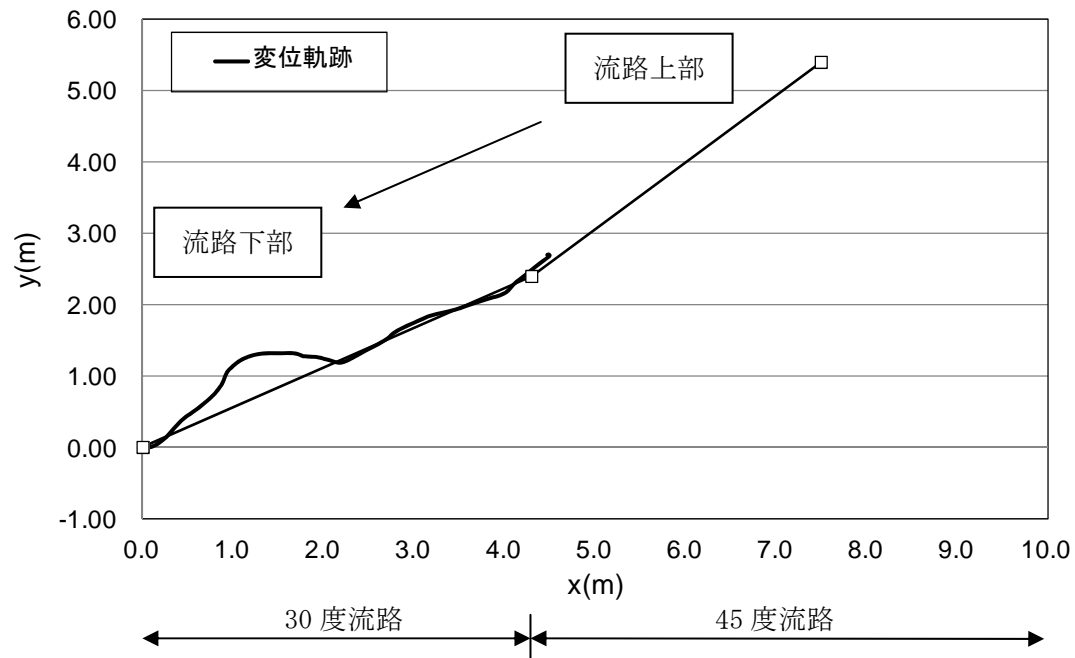


図 9.2.436 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.437 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と 30 度流路下部にて、跳ね上がる挙動が見られた。一方、速度履歴からは、45 度流路において、x 方向成分、y 方向成分とも同様の挙動が見られ、30 度流路では 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、アングルによる跳ね返りにより 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方に向かって上がる挙動が見られた。跳ね返り後は、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。

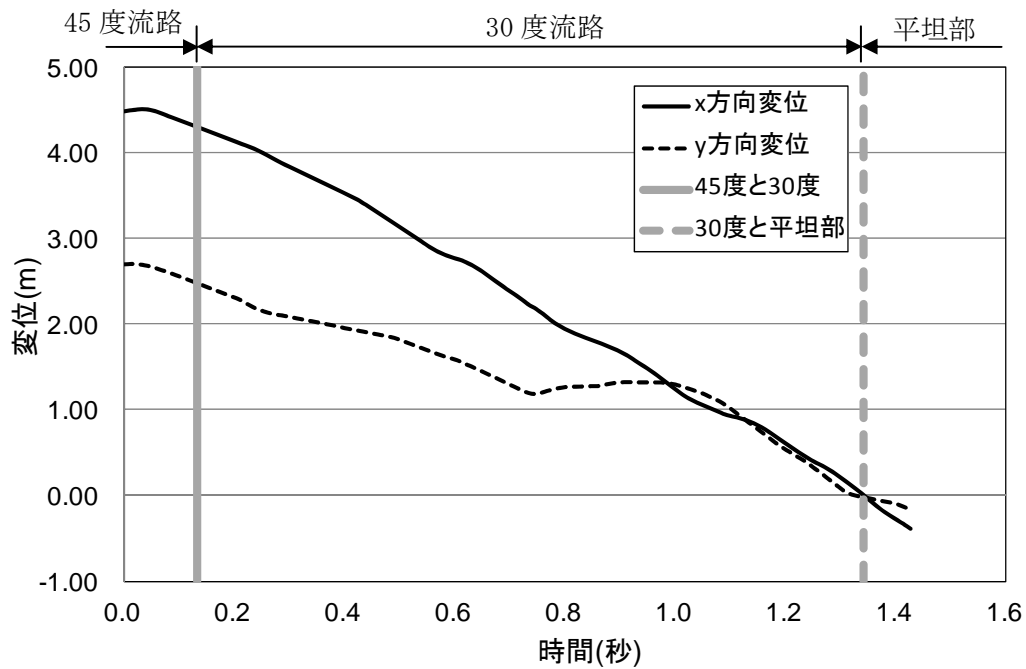


図 9.2.437(a) 岩塊模型の変位履歴

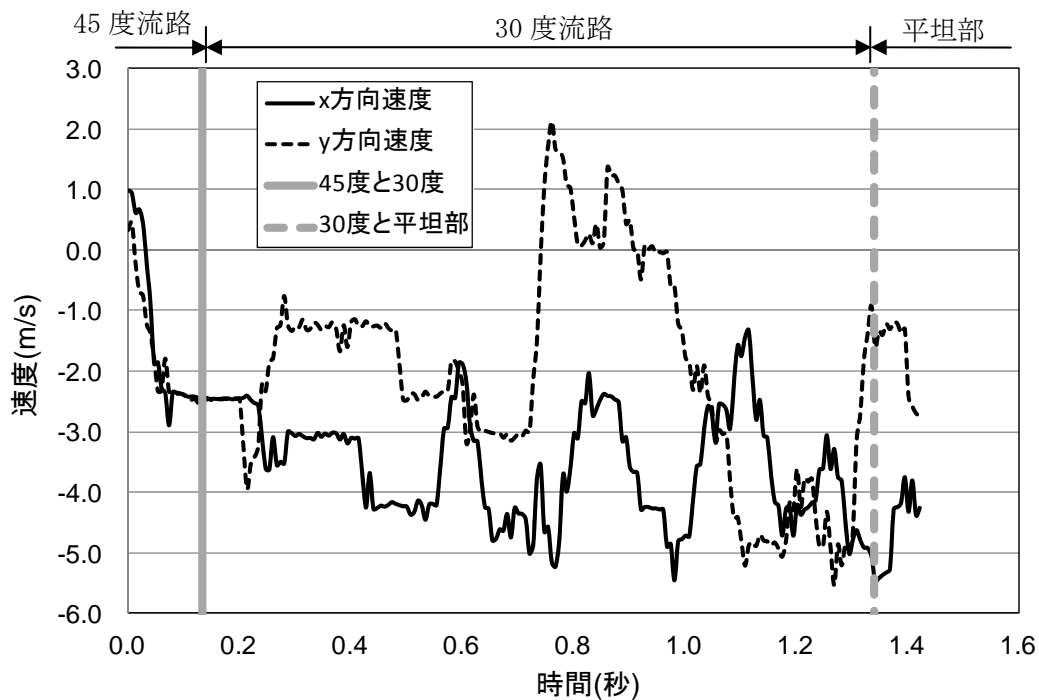


図 9.2.437(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 438 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 度流路下部のアンクル設置位置ろ 30 度流路下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、45 度流路では、x 方向成分、y 方向成分とも同様の挙動を示した。アンクル設置値と 30 度流路下部にて跳ね返りとは生じた際、x 方向成分は落下速度が低下し、y 方向成分は上方に向かって速度が上がる挙動を示した。跳ね返り後は、流路下部に向かって同程度の落下速度に収束する挙動が見られた。

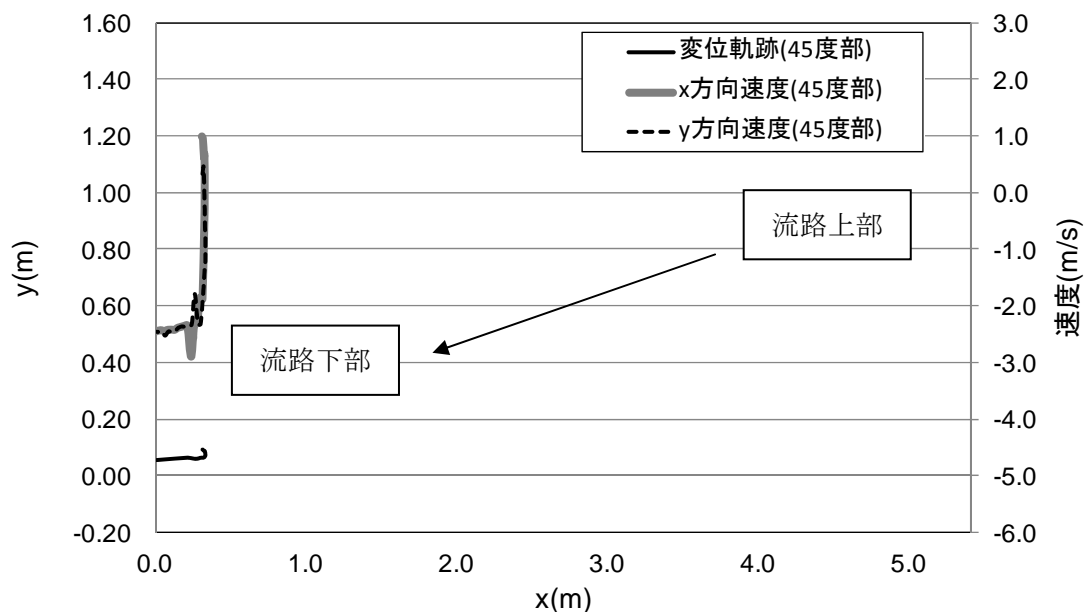


図 9. 2. 438 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

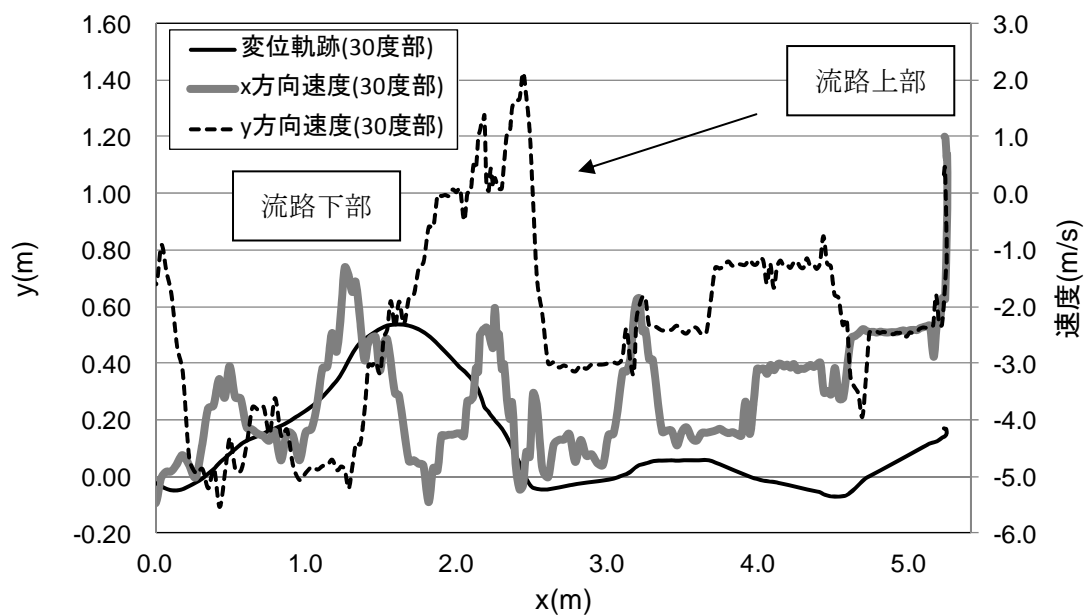


図 9. 2. 438 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.439 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。



図 9.2.439 解析に用いた標点の位置

図 9.2.440 に岩塊模型の変位軌跡を示す。平坦部で跳ね返りはなく、岩塊の回転挙動が見られた。

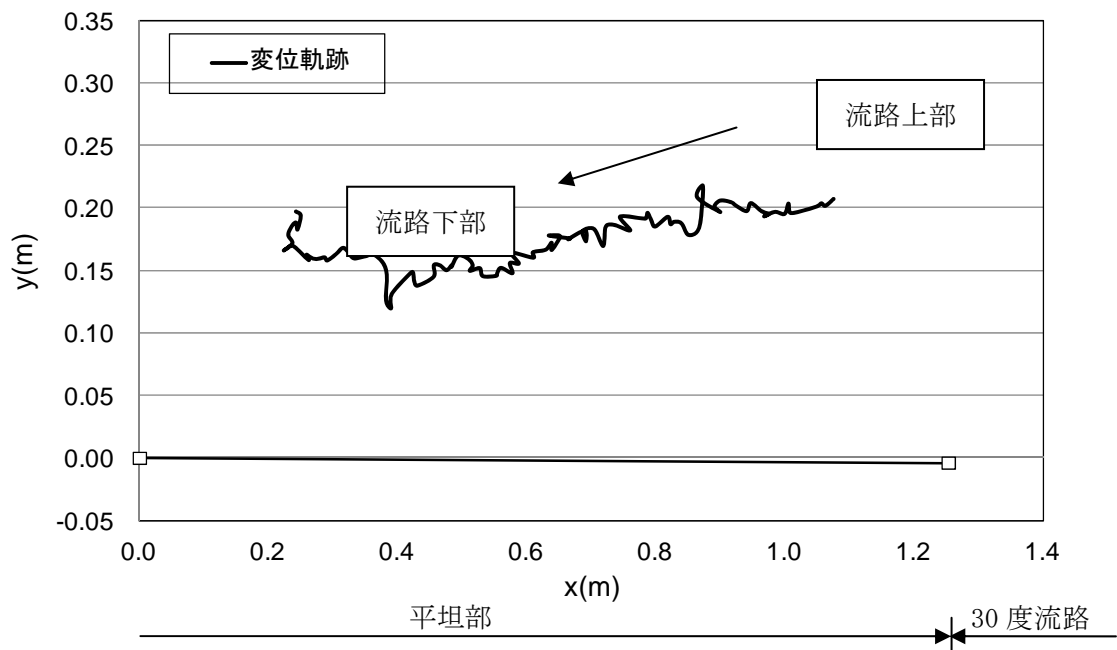


図 9.2.440 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.441 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 方向成分と y 方向成分が同様な挙動を示し、両成分ともロードセル衝突時に速度がゼロ付近に収束する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.2 秒付近である。

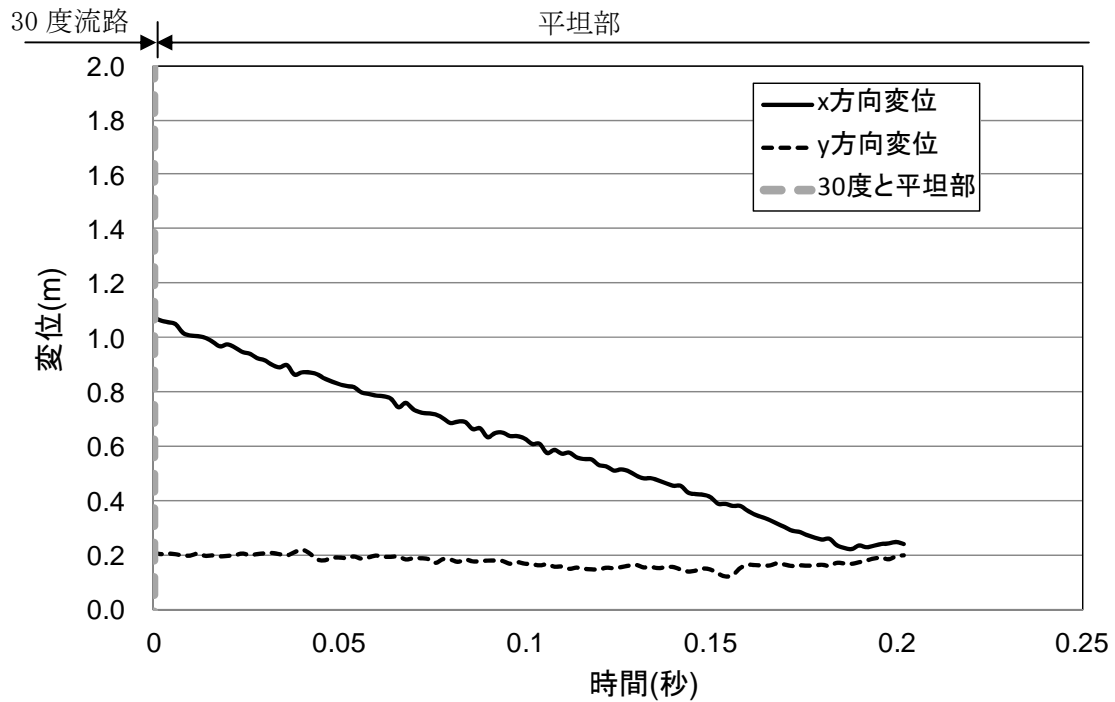


図 9.2.441(a) 岩塊模型の変位履歴

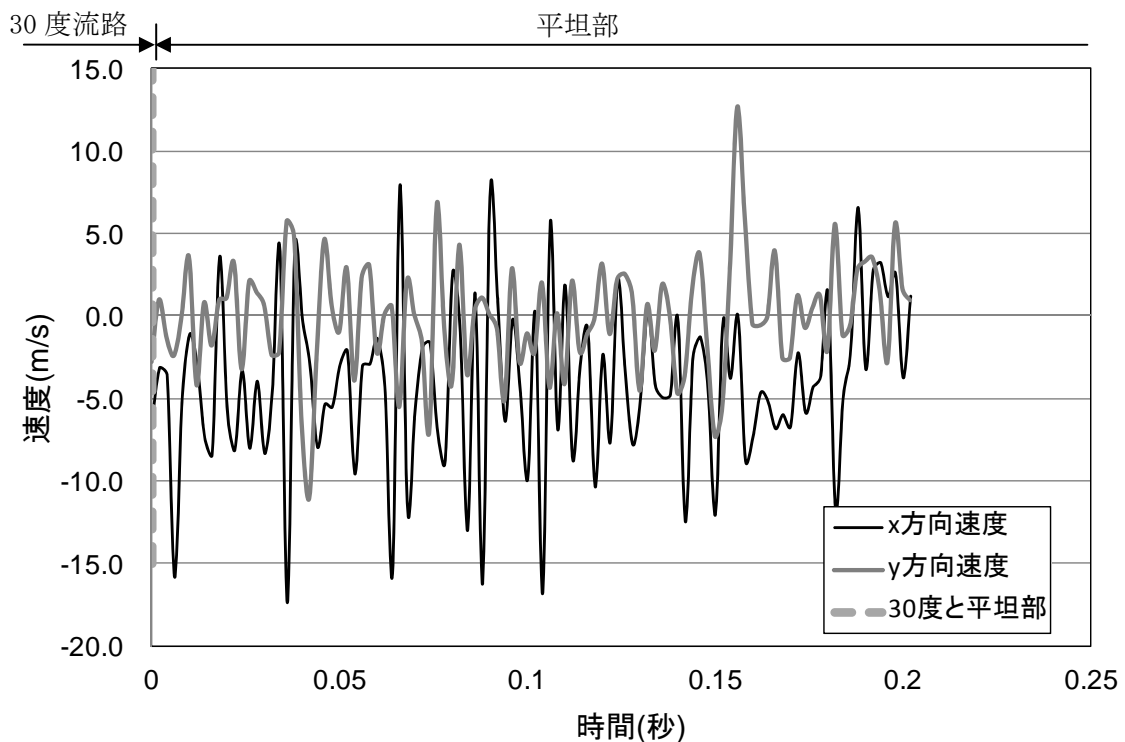


図 9.2.441(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.442 に平坦部での変位と速度の軌跡を示す。変位軌跡から岩塊の回転挙動が生じていることが分かる。速度軌跡からは、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

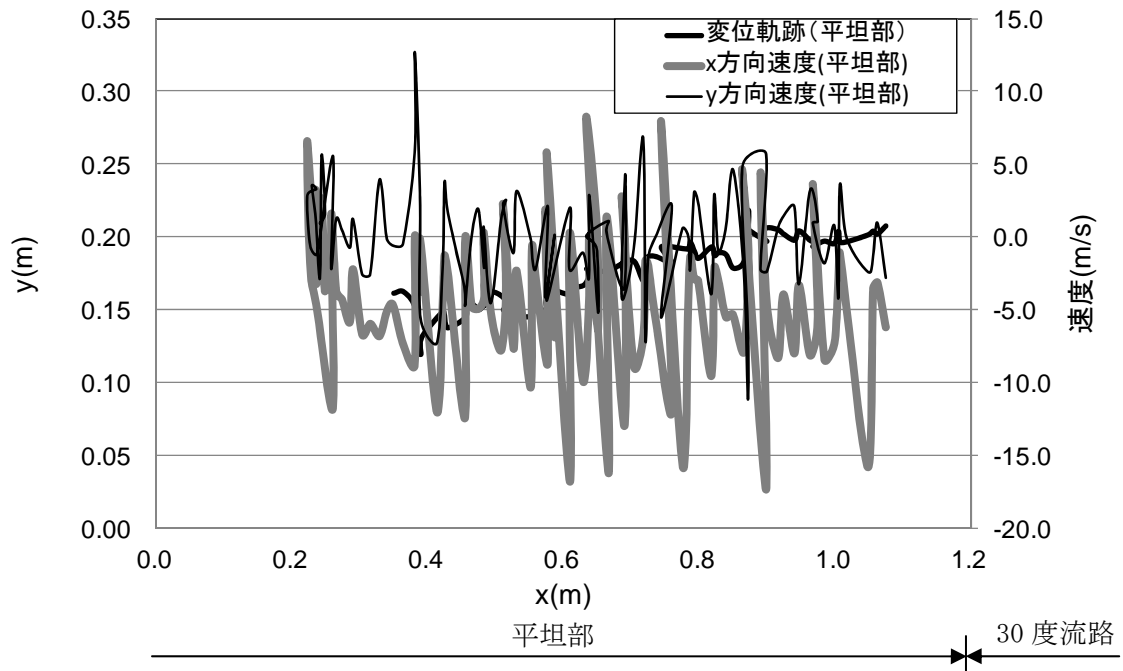


図 9.2.442 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.443 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。

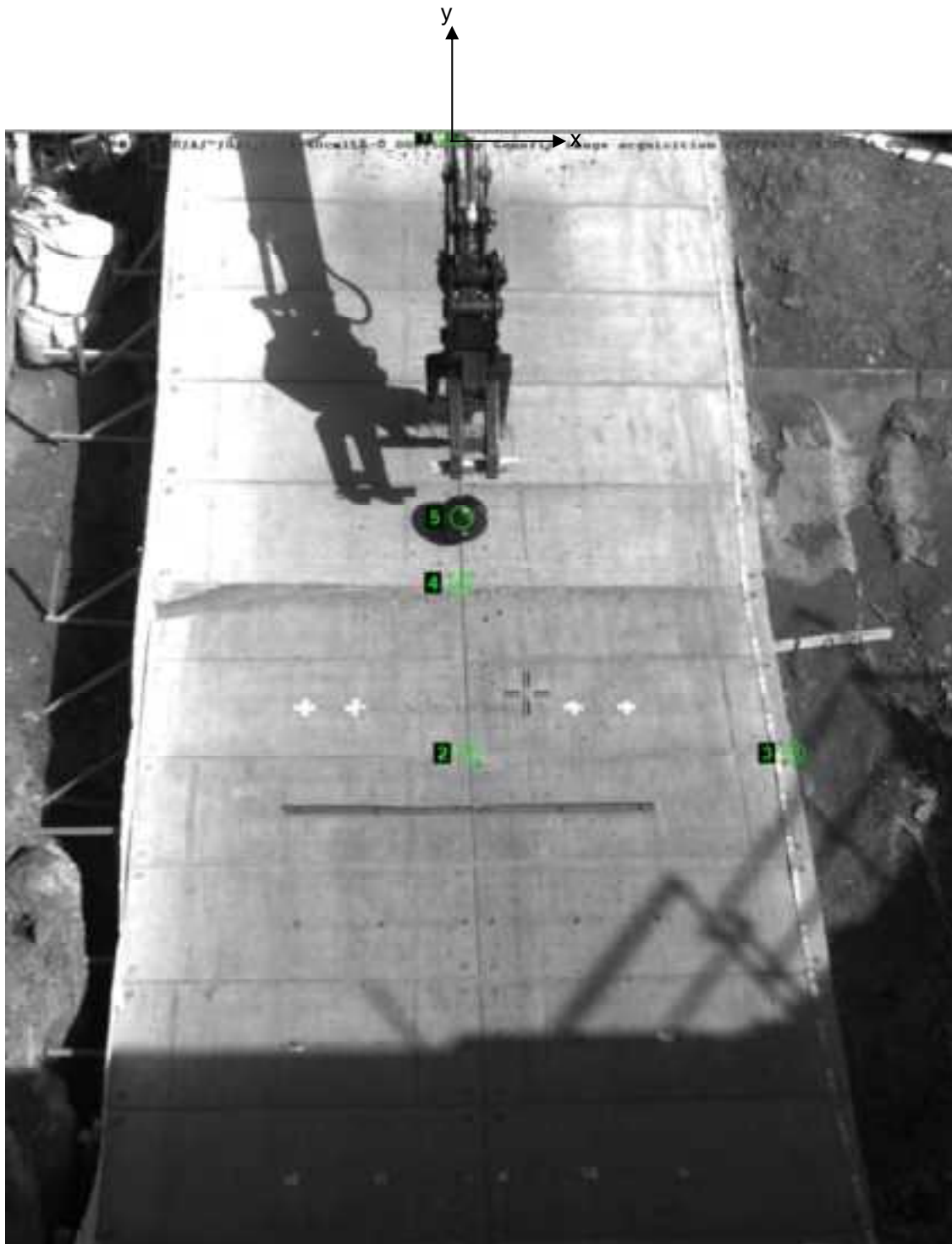


図 9.2.443 解析に用いた標点の位置

図 9.2.444 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

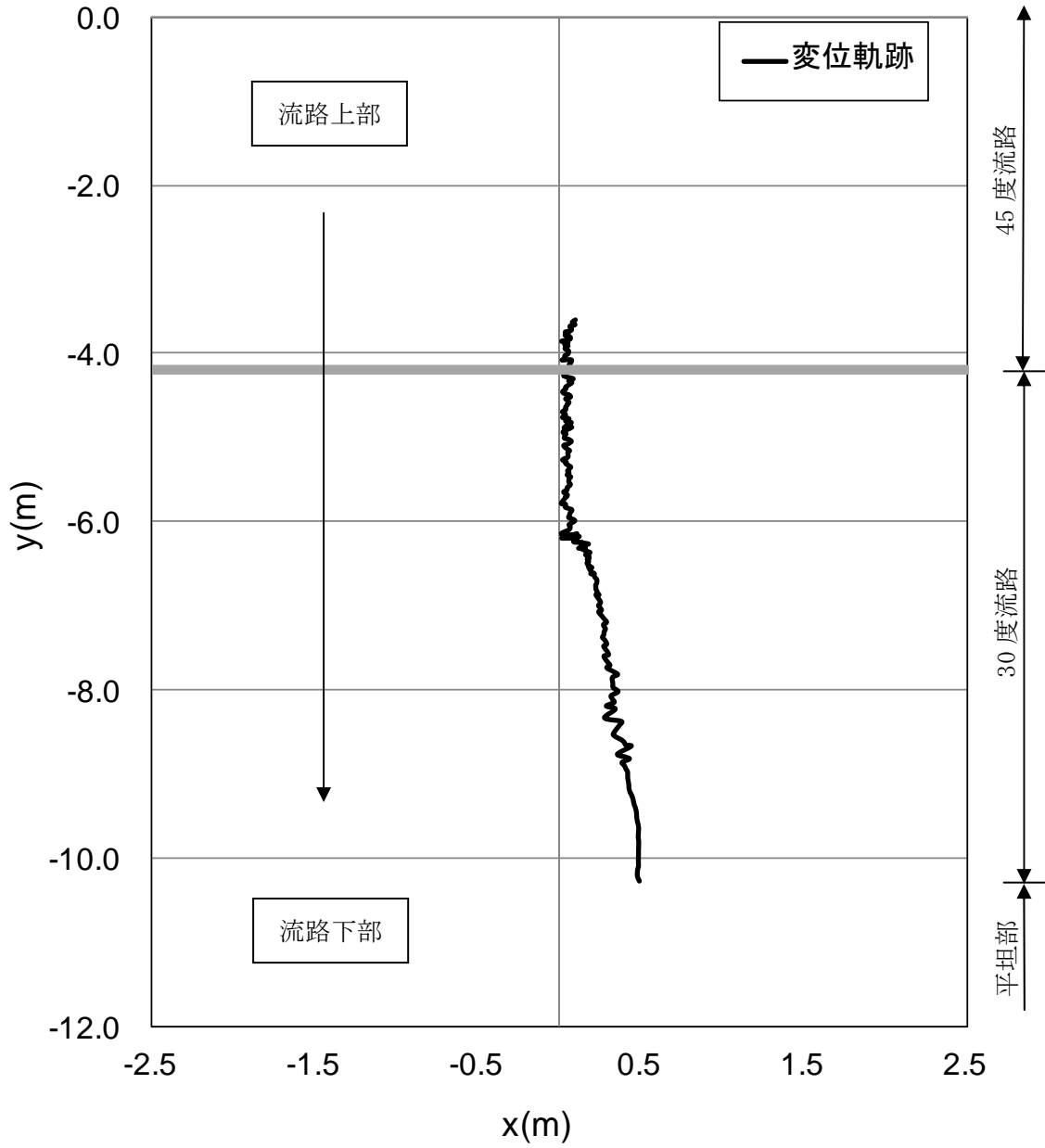


図 9.2.444 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.445 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、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。

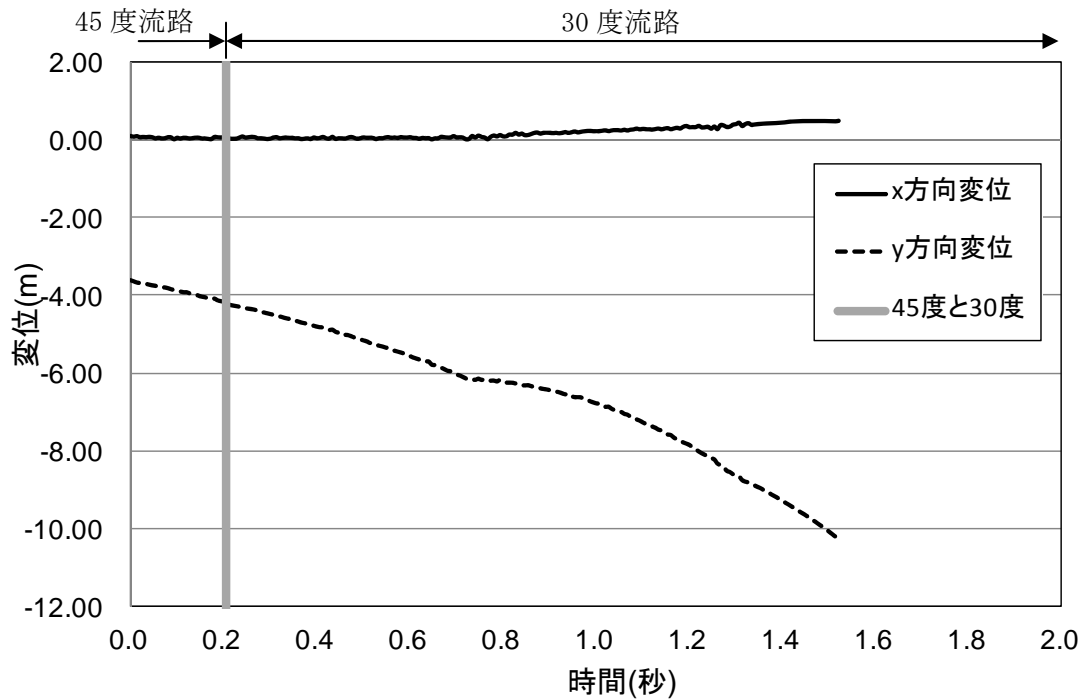


図 9.2.445(a) 岩塊模型の変位履歴

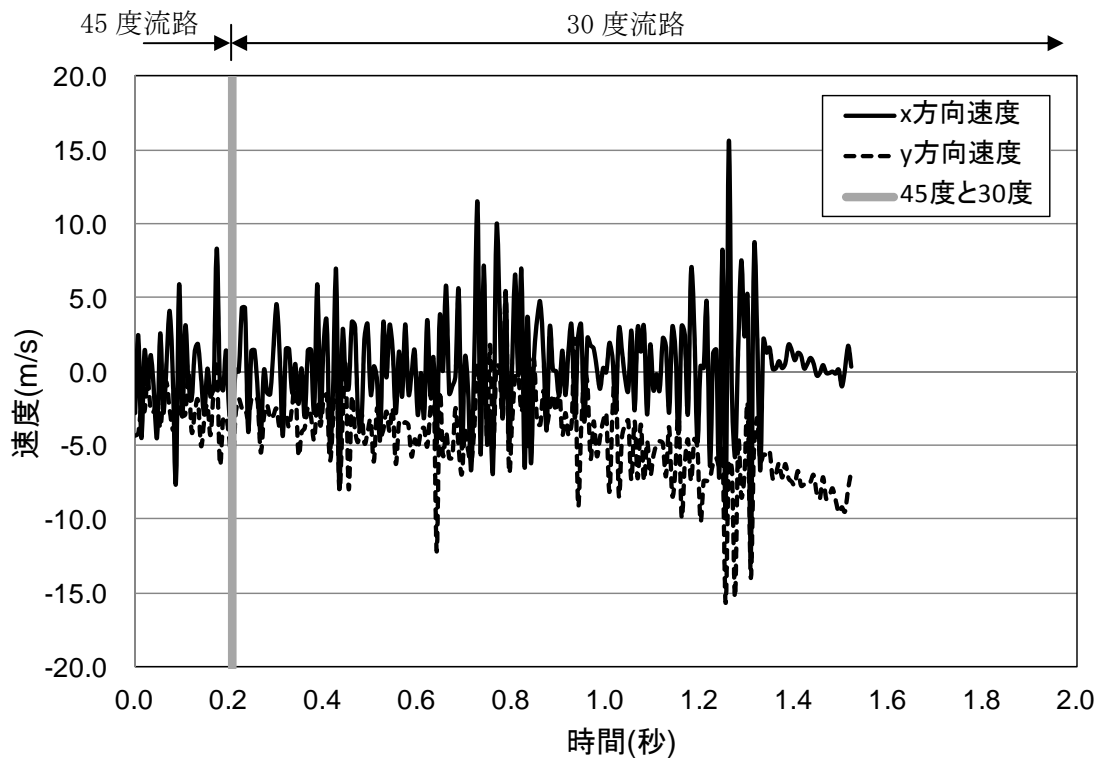


図 9.2.445(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.446 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 2 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 9.2.446 解析に用いた標点の位置

図 9.2.447 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。

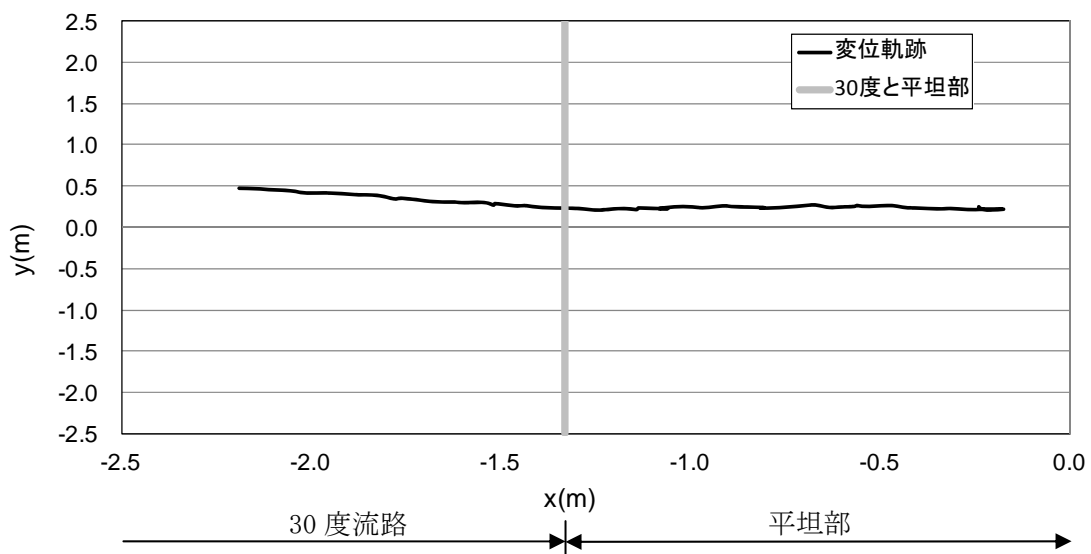


図 9.2.447 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 448 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 方向成分とも同様の挙動を示し、x 方向成分はロードセル衝突時にゼロに収束する挙動を示した。

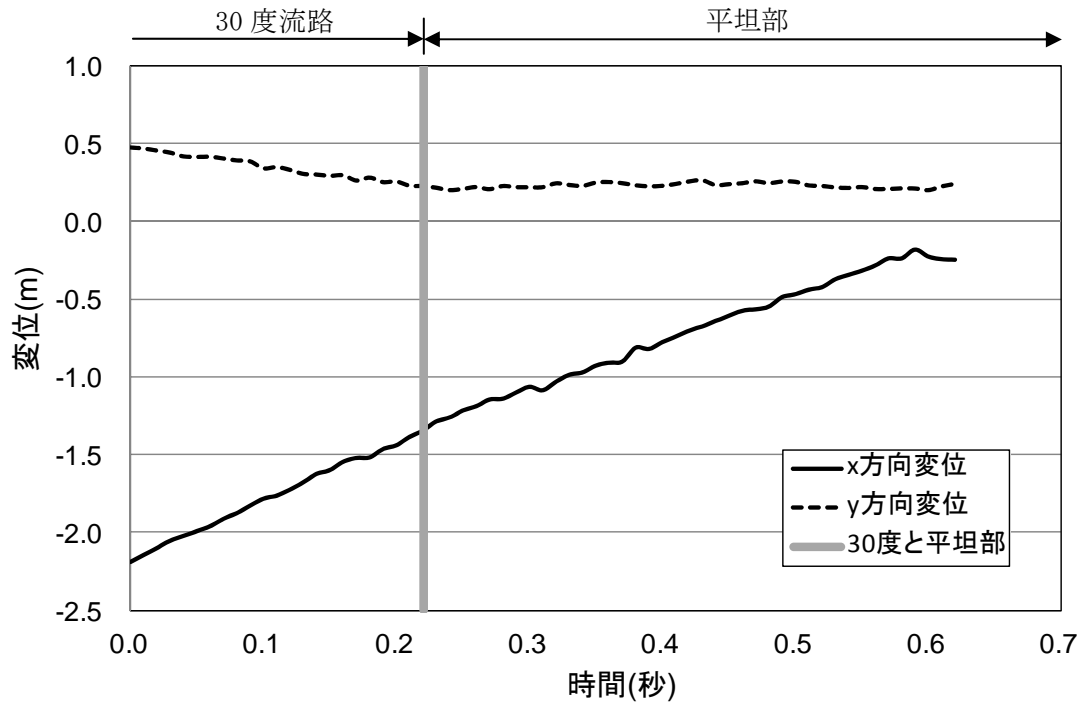


図 9. 2. 448(a) 岩塊模型の変位履歴

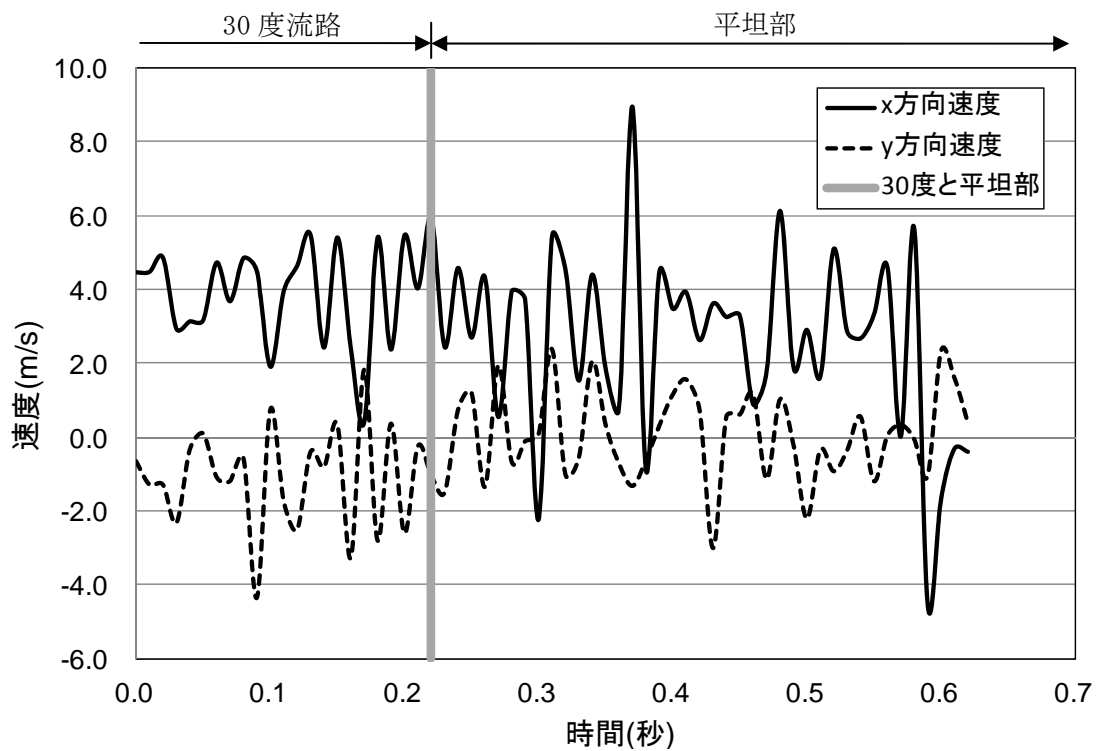


図 9. 2. 448(b) 岩塊模型の速度履歴

9. 2. 5 岩塊単体 (30 度斜面凸凹)

本節では、岩塊単体 (30 度斜面凸凹) の解析結果 (2 ケース) について示す。

(1) No. 33 塊状 20cm 平面下 (標点有)

① 流路横

図 9. 2. 449 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. 2. 449 解析に用いた標点の位置

図 9.2.450 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路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。

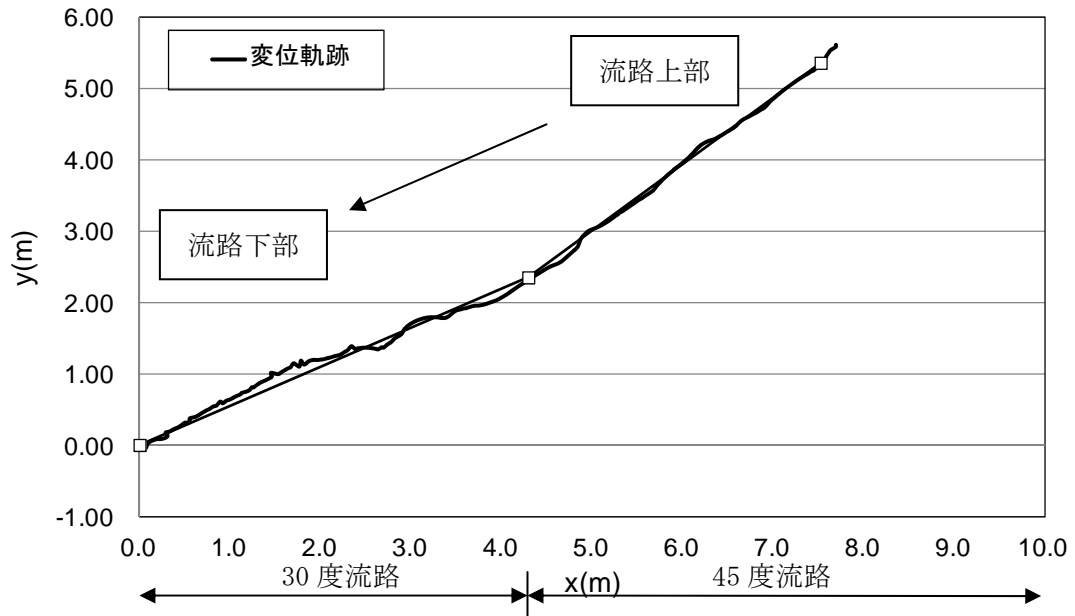


図 9.2.450 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.451 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方向成分とも同様な挙動を示しているが、30度流路部では跳ね上がりに伴い、x方向は落下速度が低下し、y方向の落下速度が上方に向かって、上がる挙動を示した。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を示した。

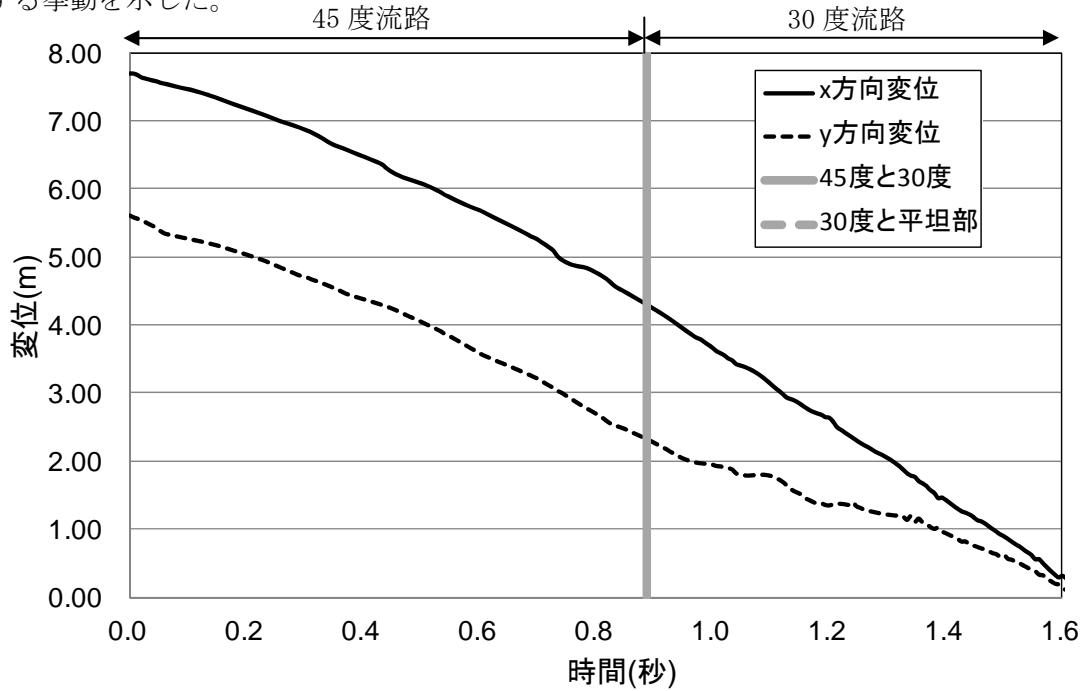


図 9.2.451(a) 岩塊模型の変位履歴

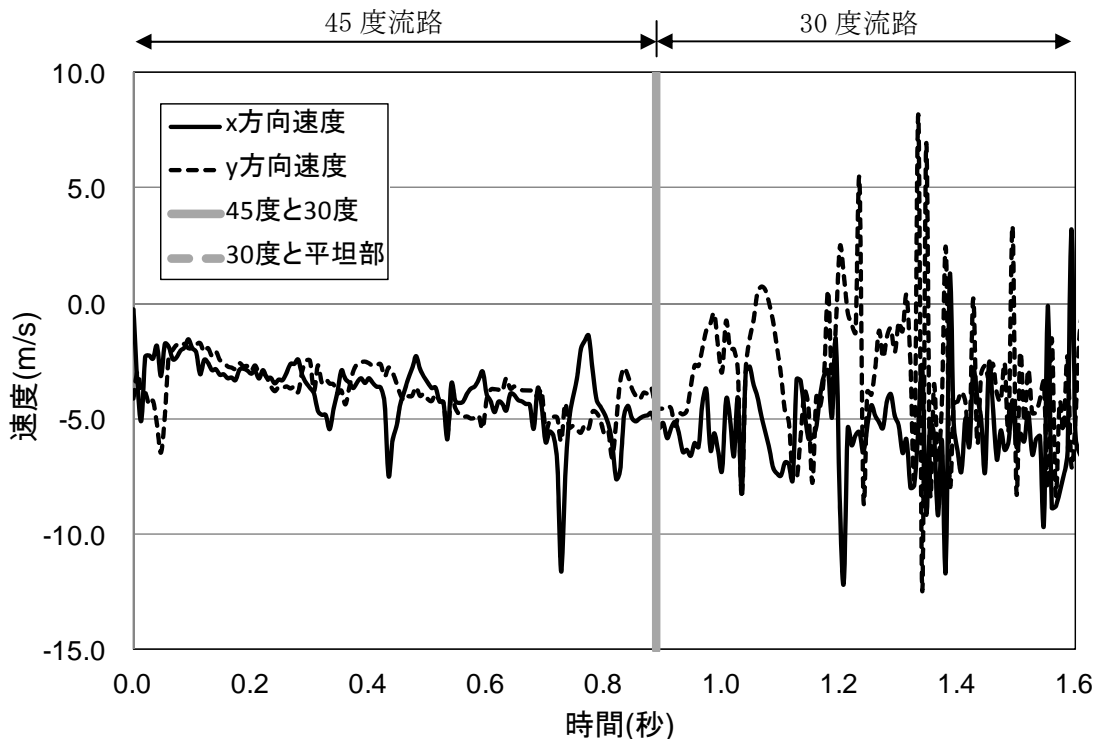


図 9.2.451(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 452 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、x 方向の落下速度は上がる挙動を示し、y 方向の落下速度は、45 度流路では落下速度が上がる挙動を示し、30 度流路では、落下速度が上方に向かって、上がる挙動を示した。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を示した。

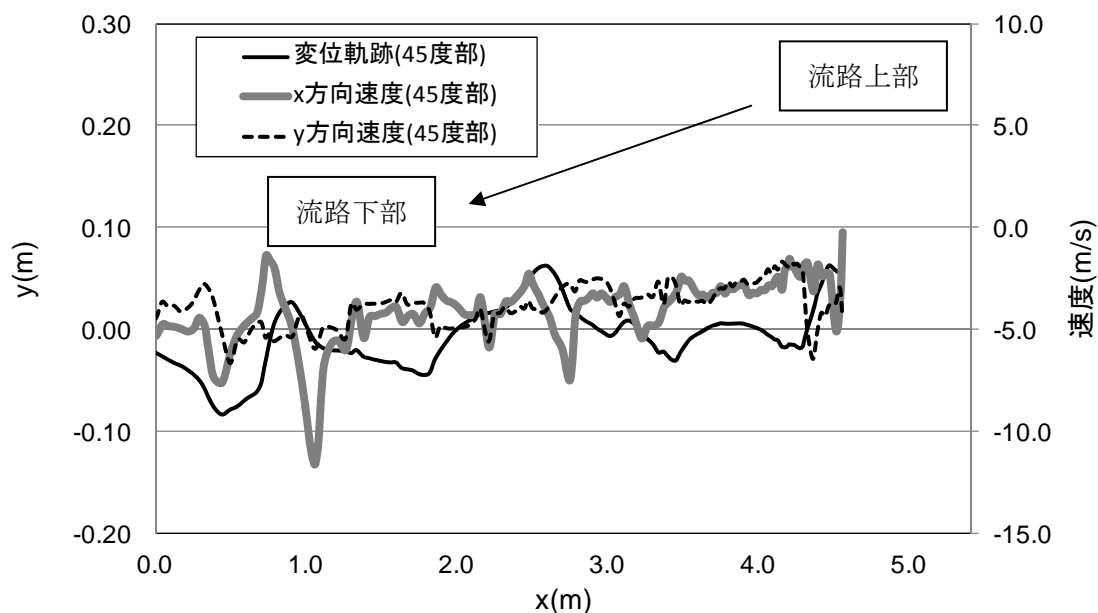


図 9. 2. 452 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

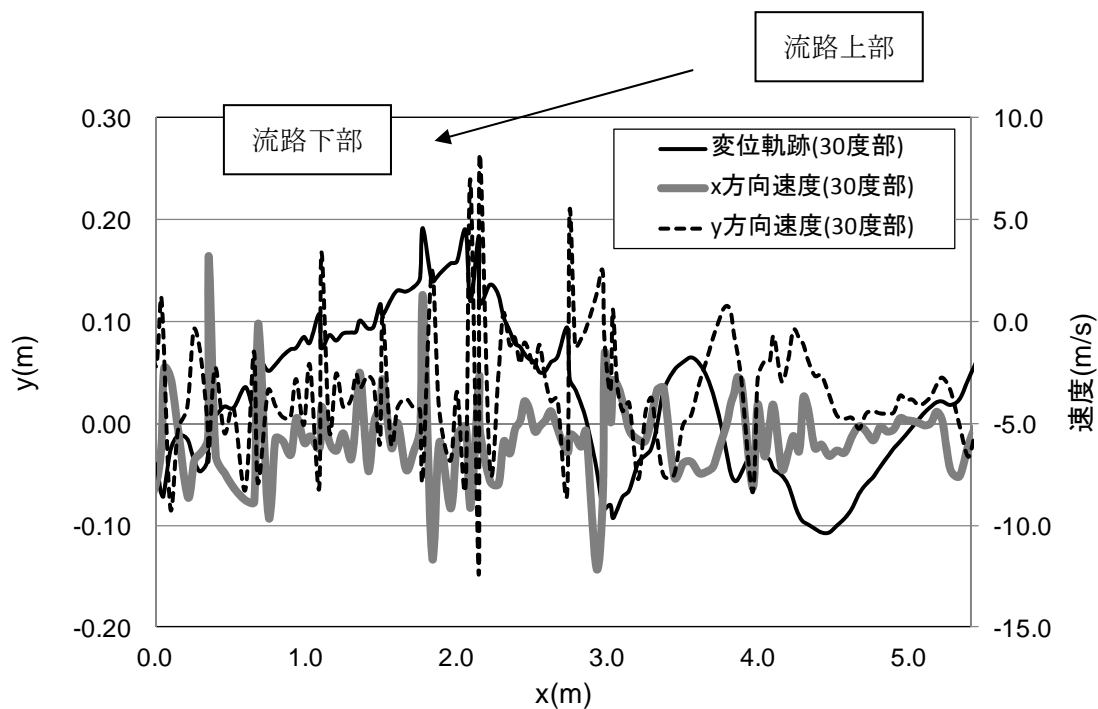


図 9. 2. 452 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.453 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。

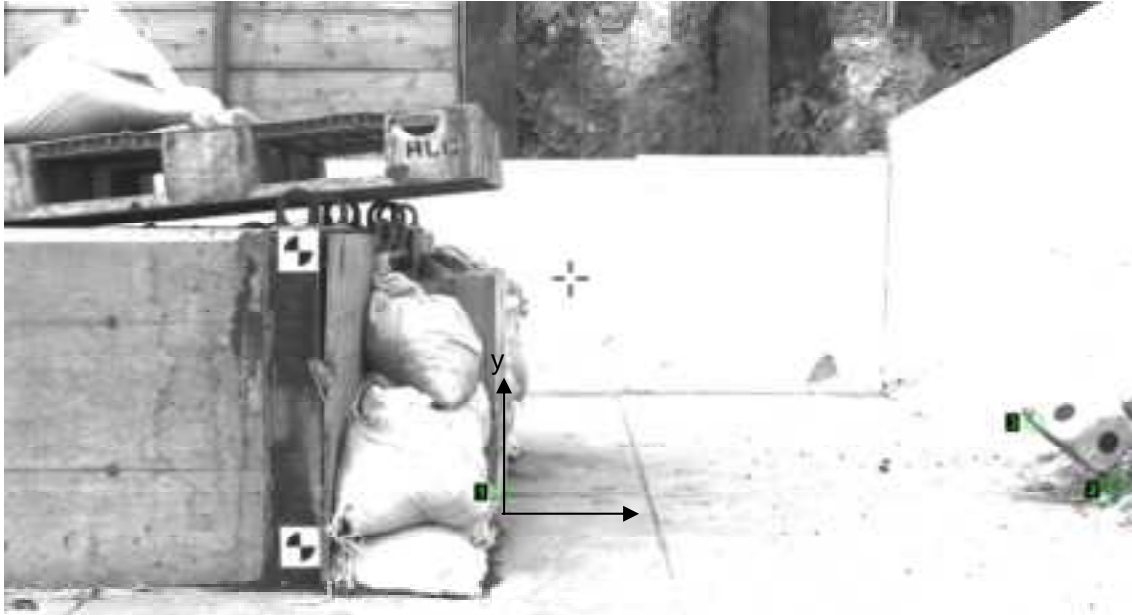


図 9.2.453 解析に用いた標点の位置

図 9.2.454 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。

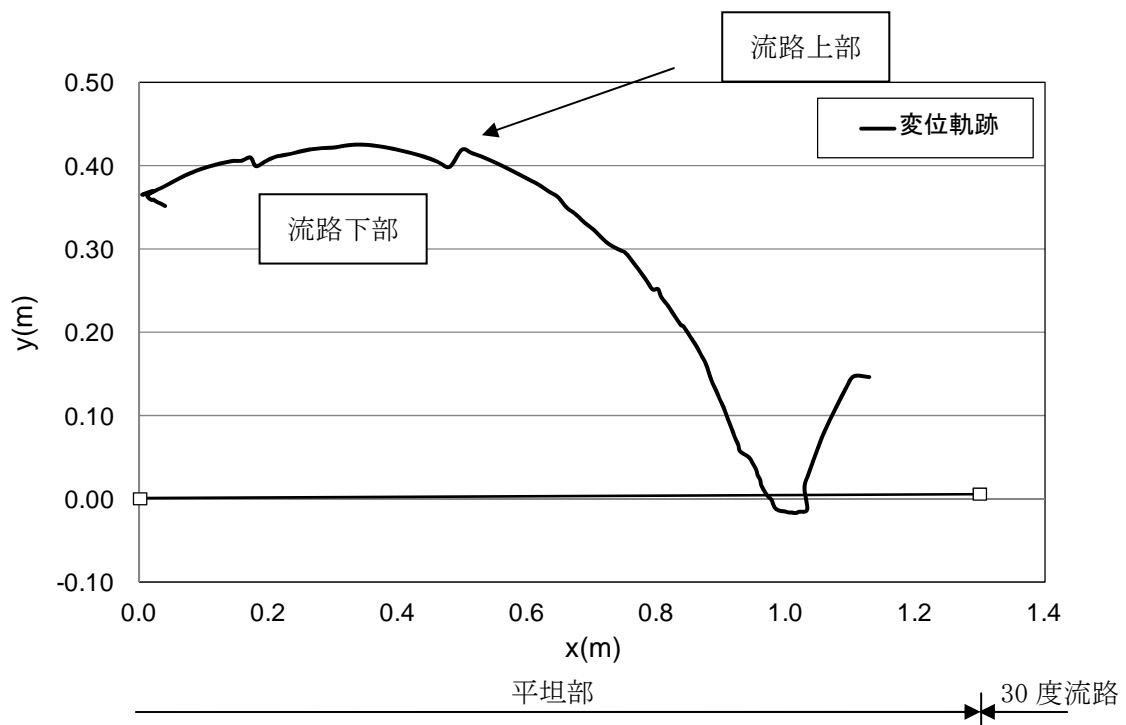


図 9.2.454 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.455 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 方向成分は落下速度が上がり、y 方向成分は落下速度が上にに向かって上がり、両成分ともロードセル衝突時に速度が低下する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.2 秒付近である。

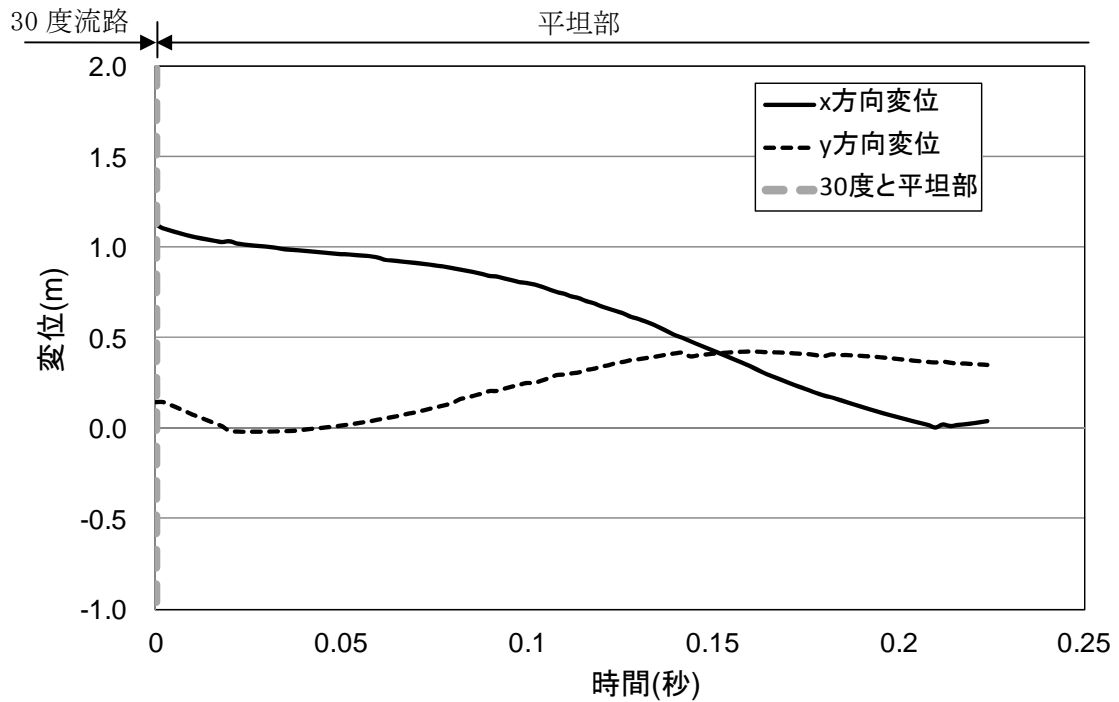


図 9.2.455(a) 岩塊模型の変位履歴

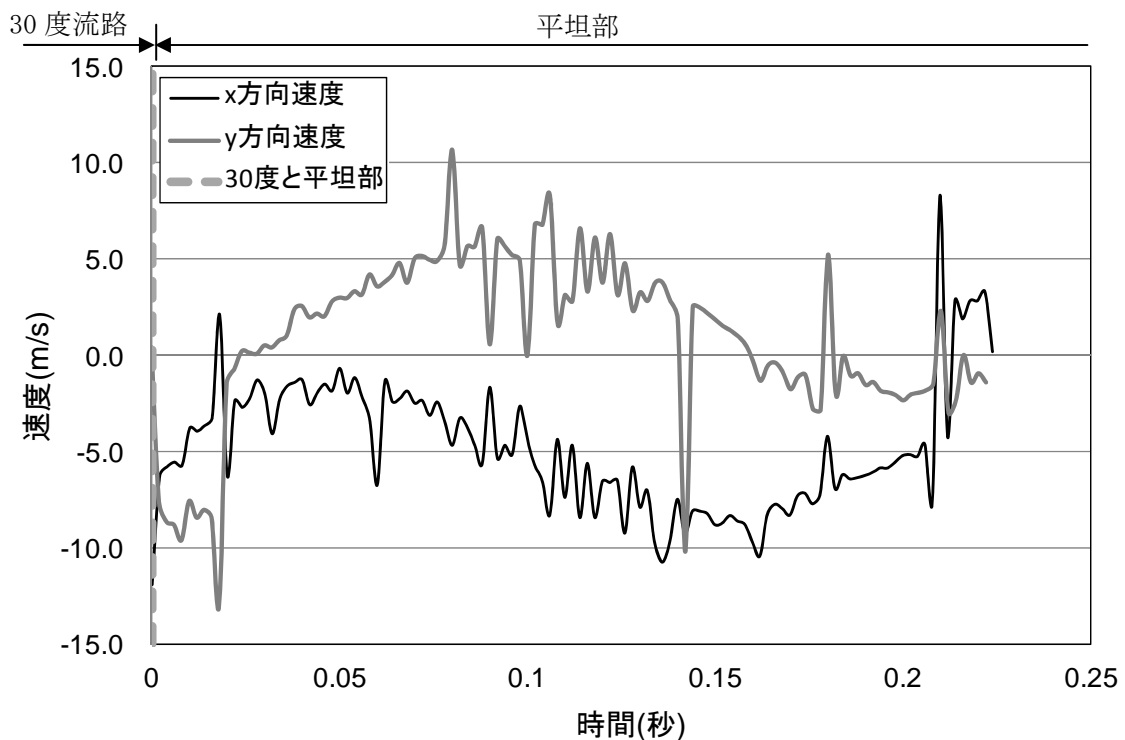


図 9.2.455(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.456 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

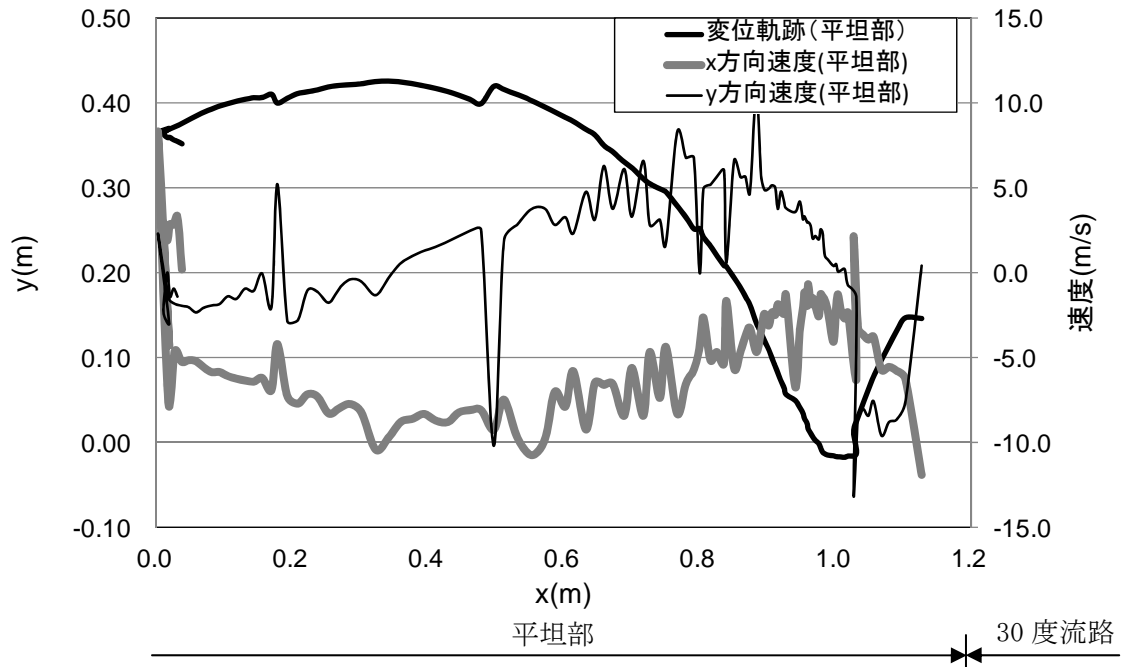


図 9.2.456 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.457 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 9.2.457 解析に用いた標点の位置

図 9.2.458 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、左右に移動しながら落下する挙動が見られた。特に 30 度流路での動きが顕著に見られた。

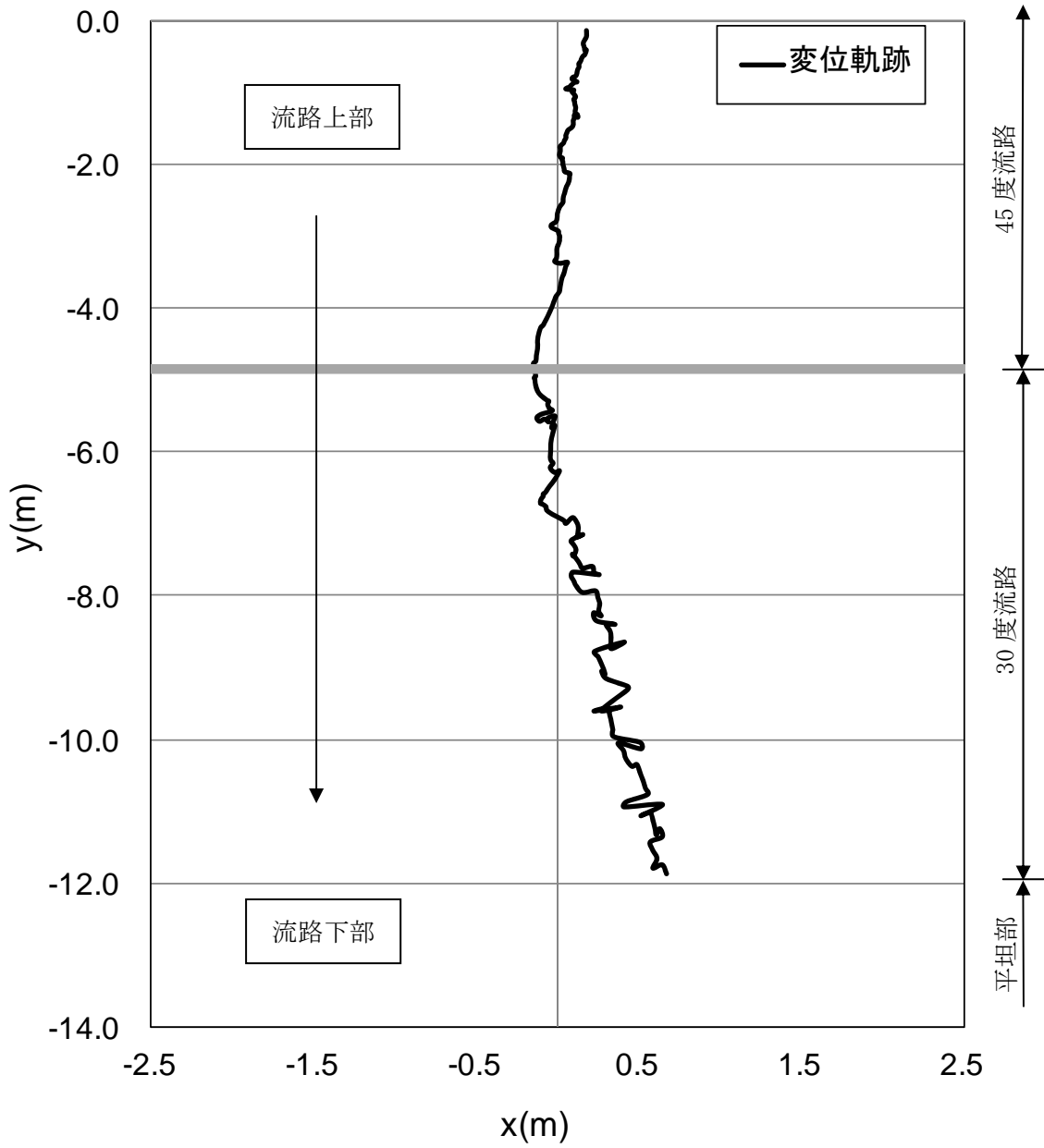


図 9.2.458 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.459 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、流路下部に向かって速度が上がる挙動を示した。

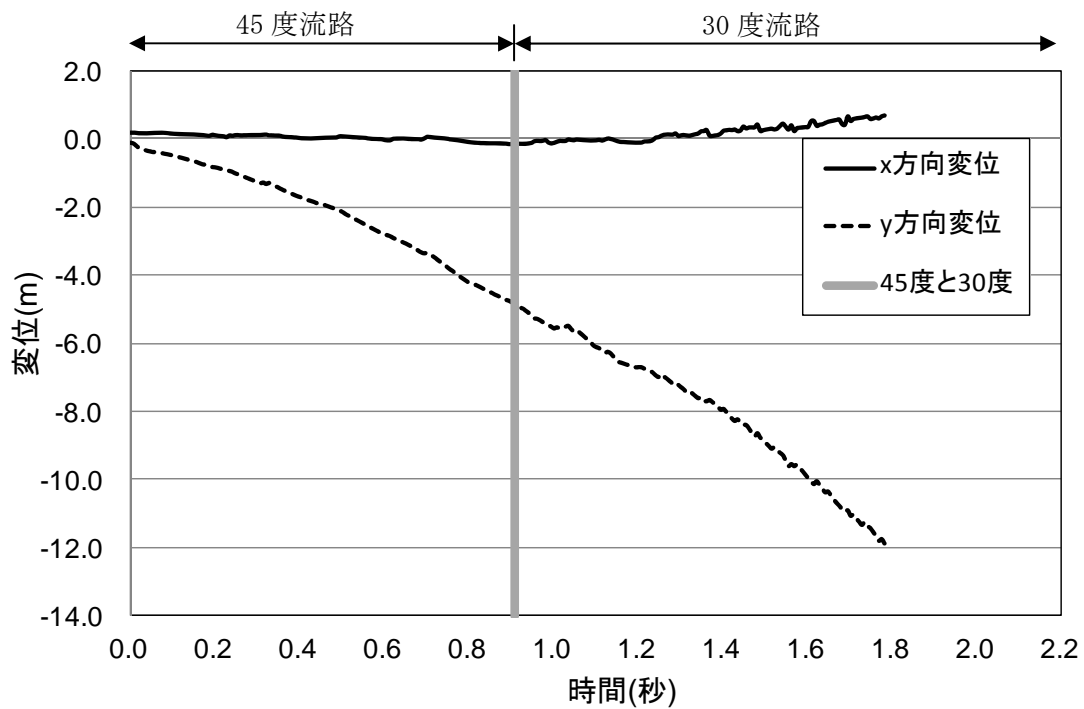


図 9.2.459(a) 岩塊模型の変位履歴

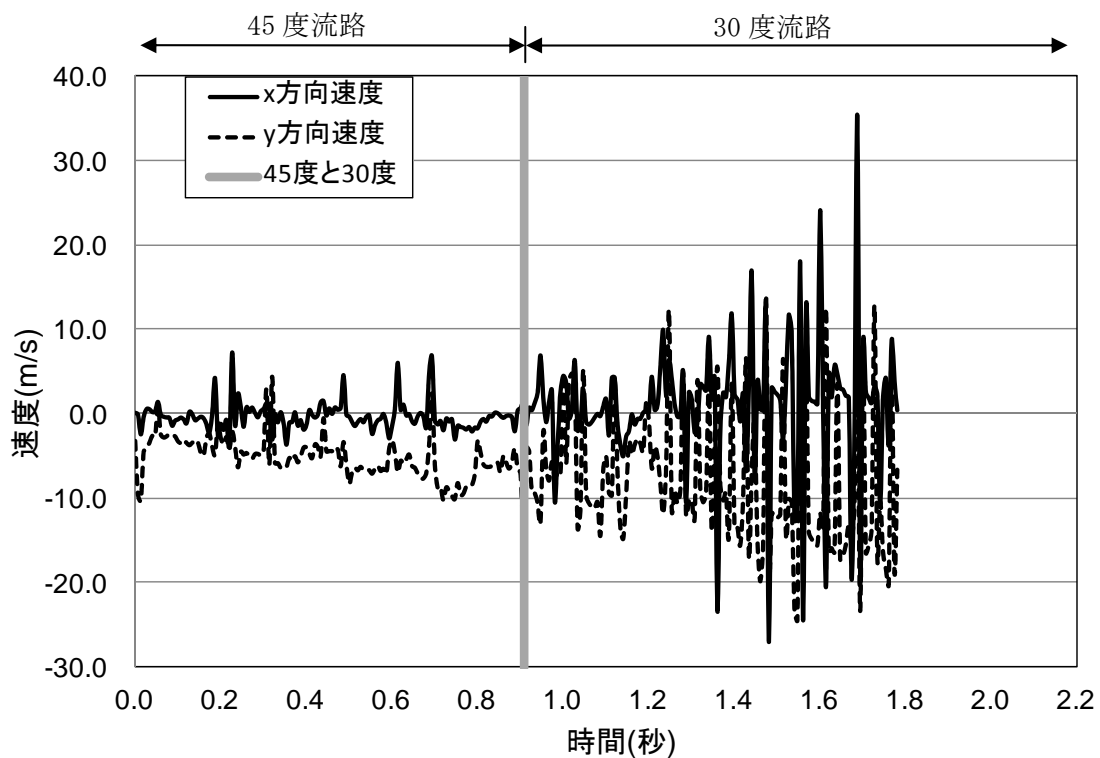


図 9.2.459(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.460 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 2 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 9.2.460 解析に用いた標点の位置

図 9.2.461 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。

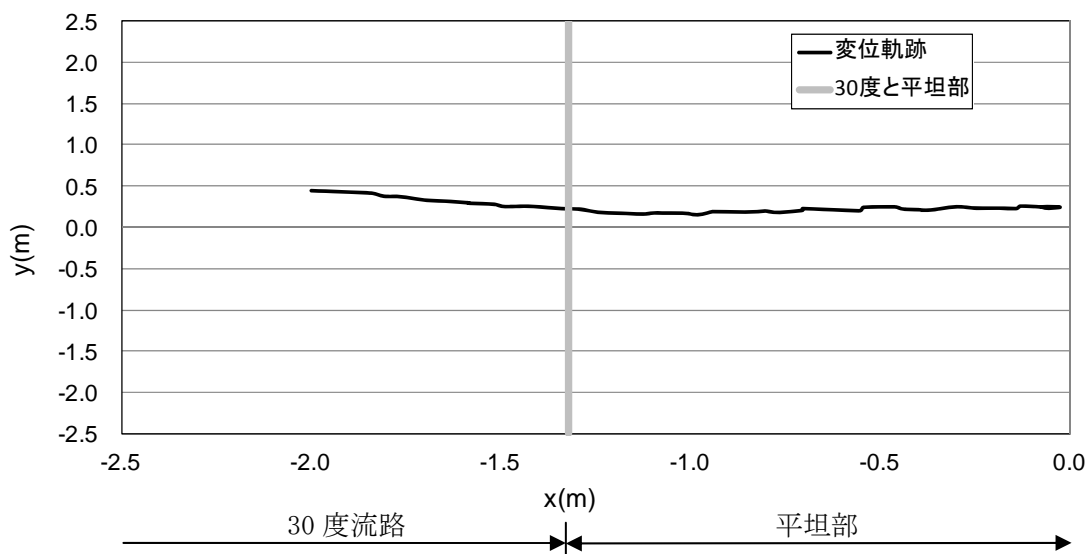


図 9.2.461 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 462 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、y 方向成分は平坦部でゼロに収束する挙動を示し、x 方向成分はロードセル衝突時にゼロに収束する挙動を示した。

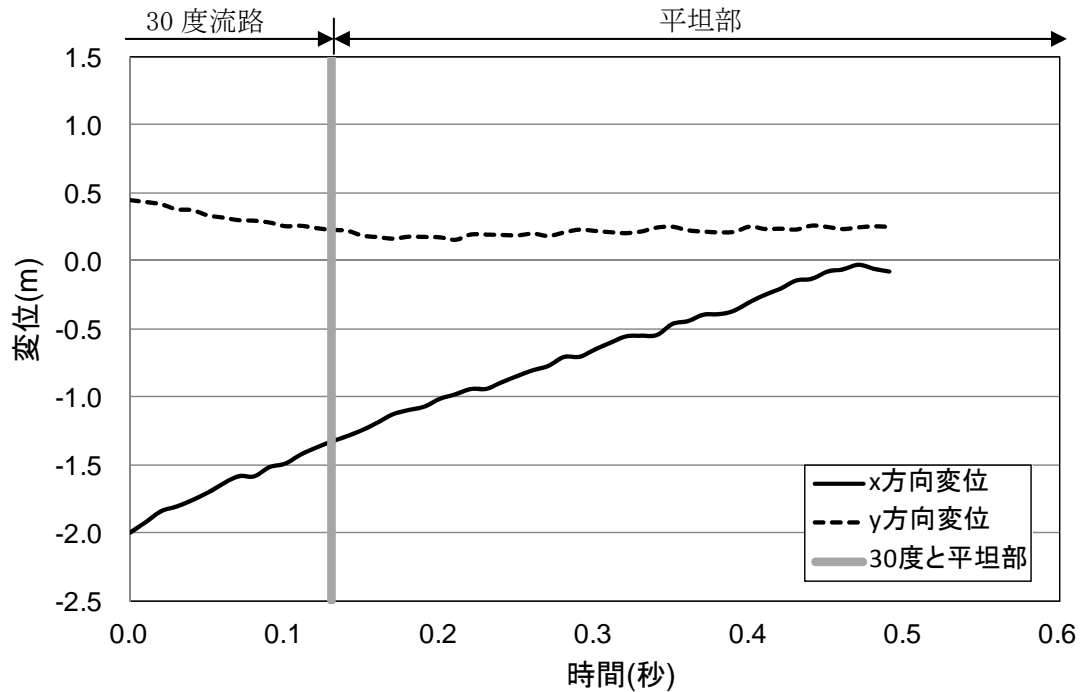


図 9. 2. 462(a) 岩塊模型の変位履歴

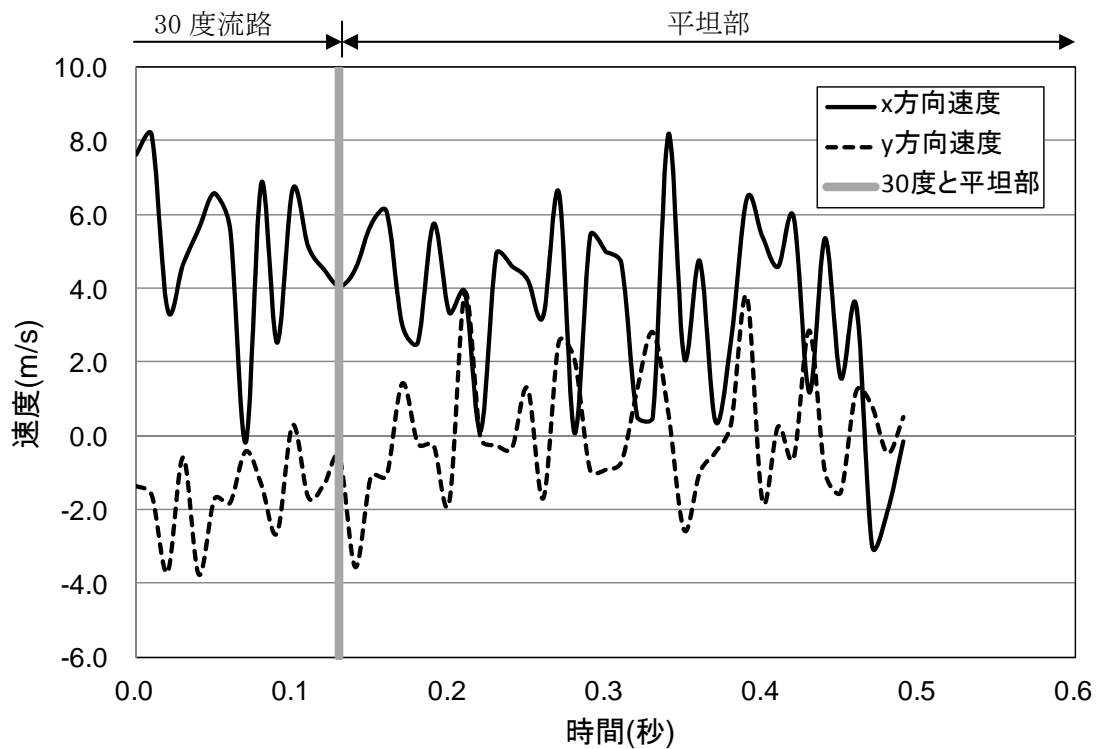


図 9. 2. 462(b) 岩塊模型の速度履歴

(2) No. 34 板状 20cm 平面上 (標点有)

① 流路横

図 9.2.463 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 9.2.463 解析に用いた標点の位置

図 9.2.464 に岩塊模型の変位軌跡を示す。30 度流路下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。

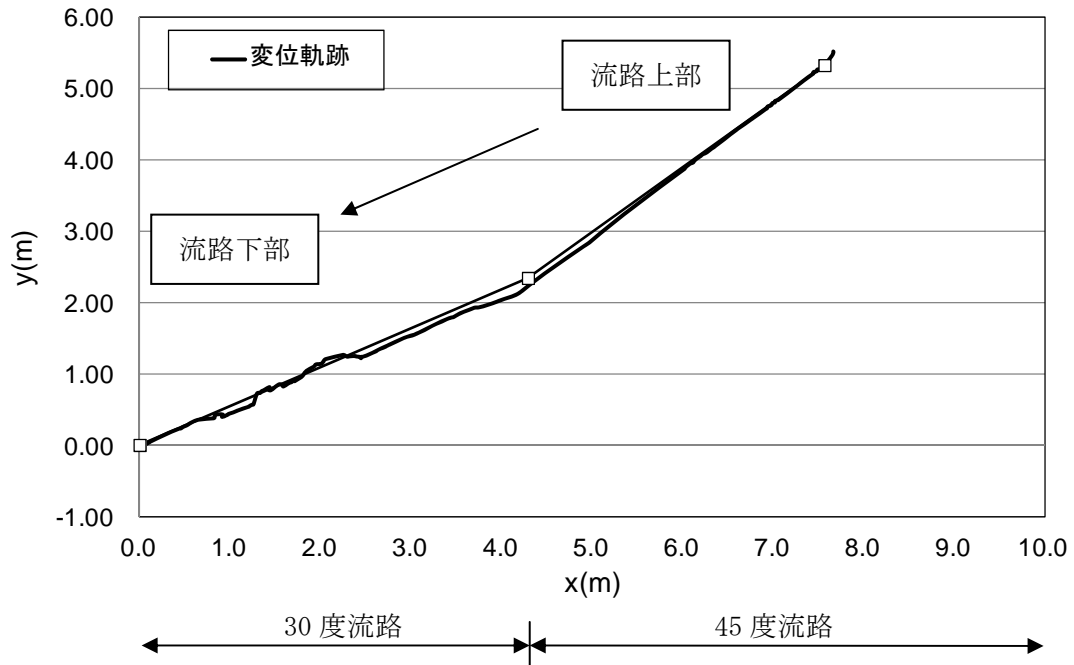


図 9.2.464 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.465 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度流路では速度のx、y方向成分とも同様な挙動を示しているが、30度流路部ではx方向は落下速度が低下しy方向の落下速度が上方に向かって、上がる挙動を示した。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を示した。

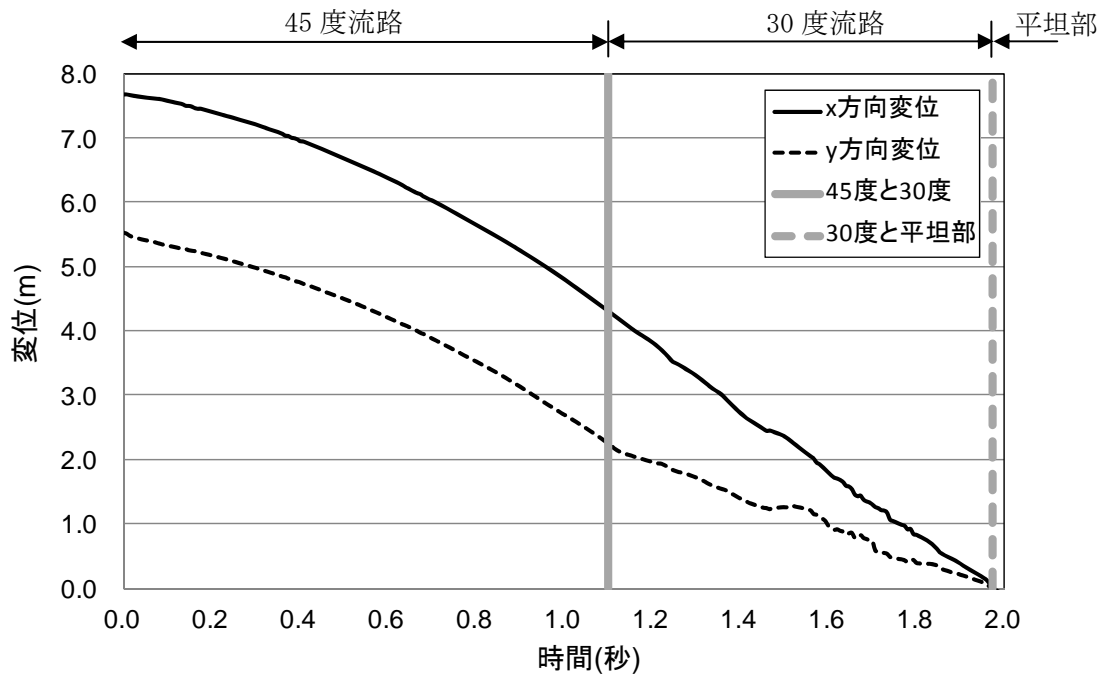


図 9.2.465(a) 岩塊模型の変位履歴

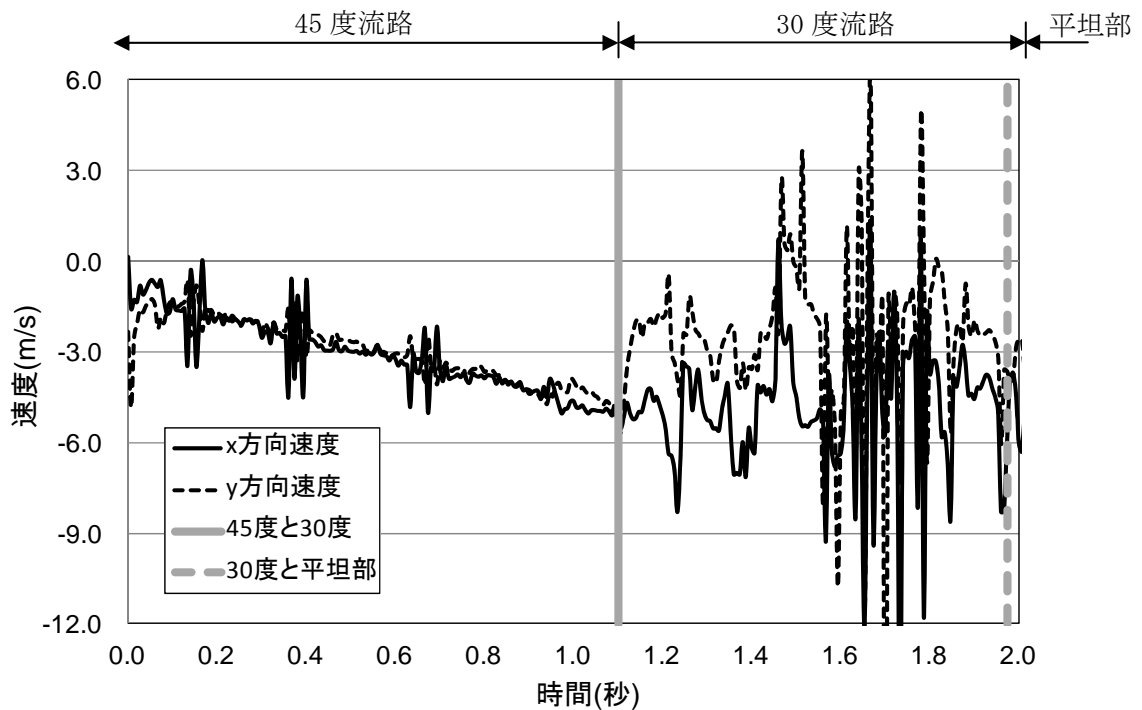


図 9.2.465(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9. 2. 466 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 度流路中間から下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、x 方向の落下速度は上がる挙動を示し、y 方向の落下速度は、45 度流路では落下速度が上がる挙動を示し、30 度流路では、落下速度が上方に向かって、上がる挙動を示した。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を示した。

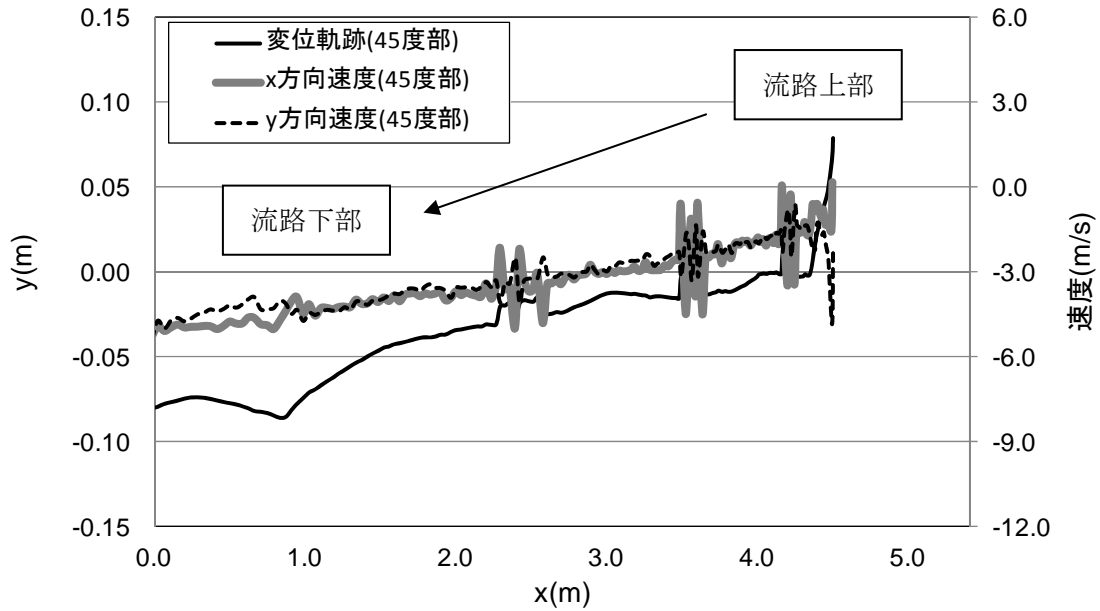


図 9. 2. 466 (a) 45 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

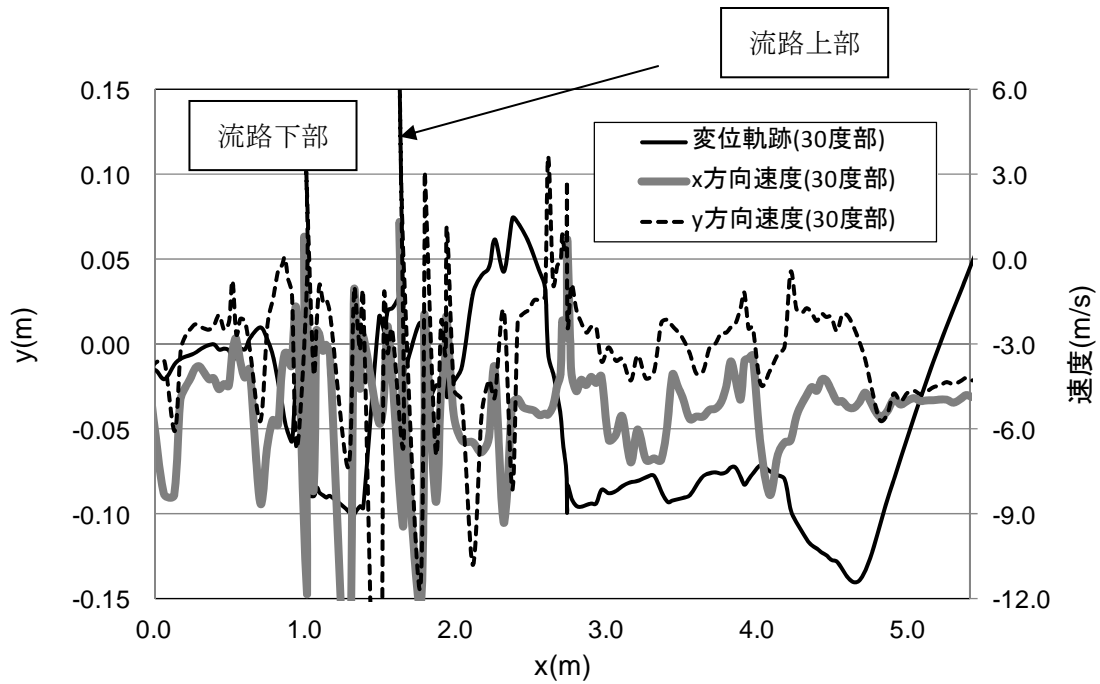


図 9. 2. 466 (b) 30 度流路部での部分座標系における変位と速度の軌跡

② 平坦部横

図 9.2.467 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。



図 9.2.467 解析に用いた標点の位置

図 9.2.468 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。

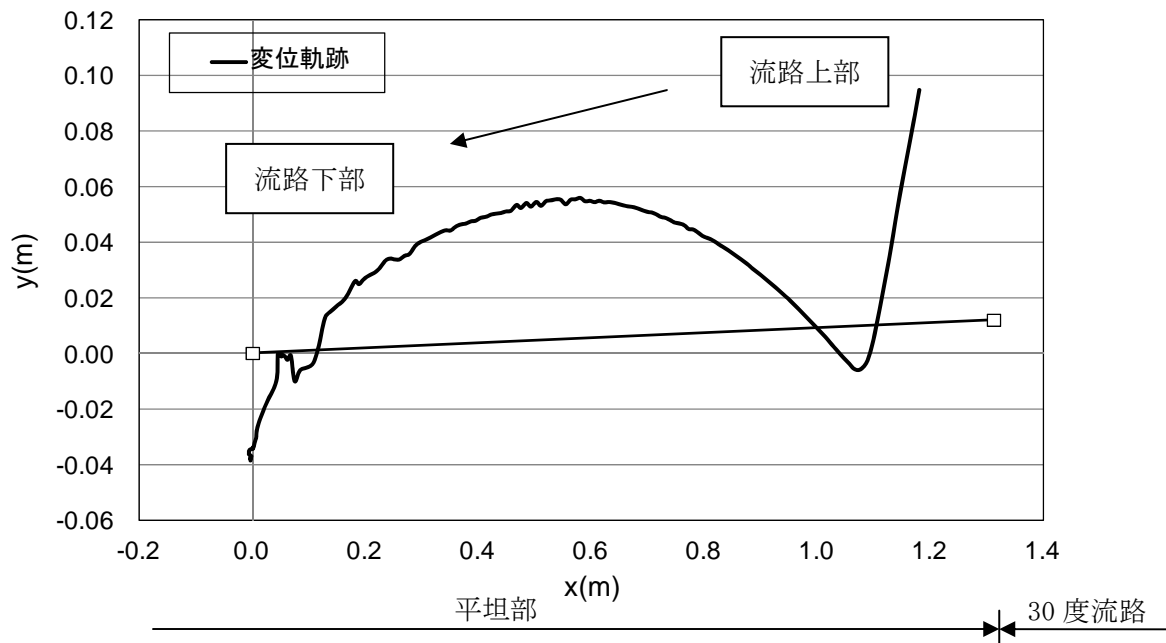


図 9.2.468 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.469 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 方向とも速度変化が小さくが生じ、両成分ともロードセル衝突時に速度が低下する挙動を示した。なお、ロードセル衝突時間は 0.3 秒付近である。

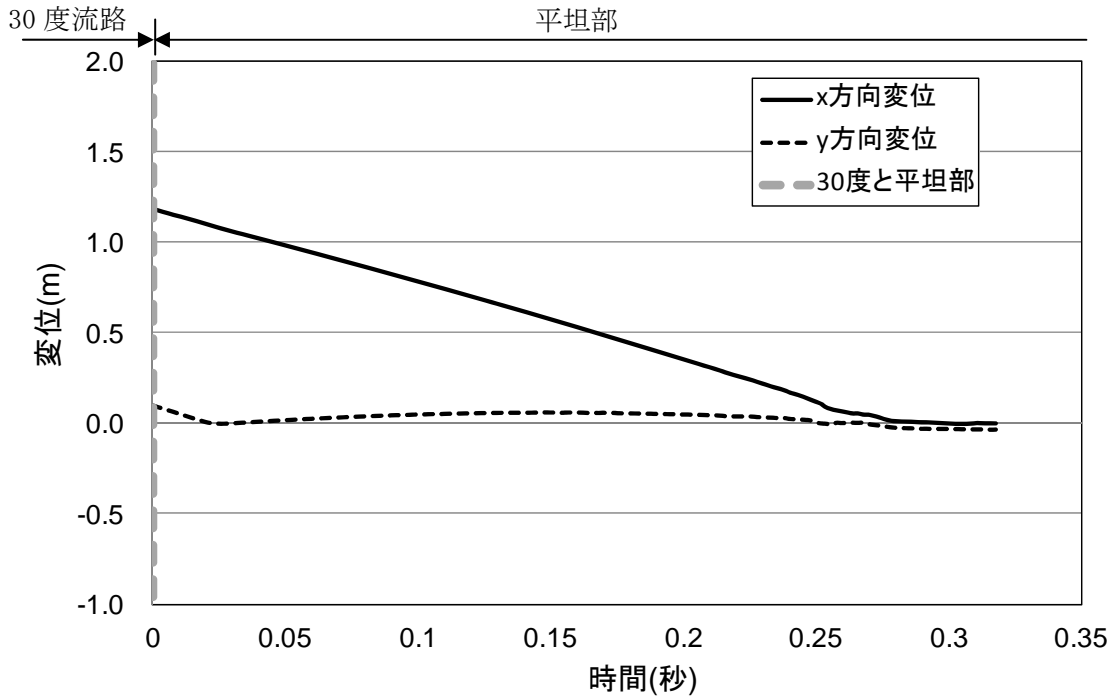


図 9.2.469(a) 岩塊模型の変位履歴

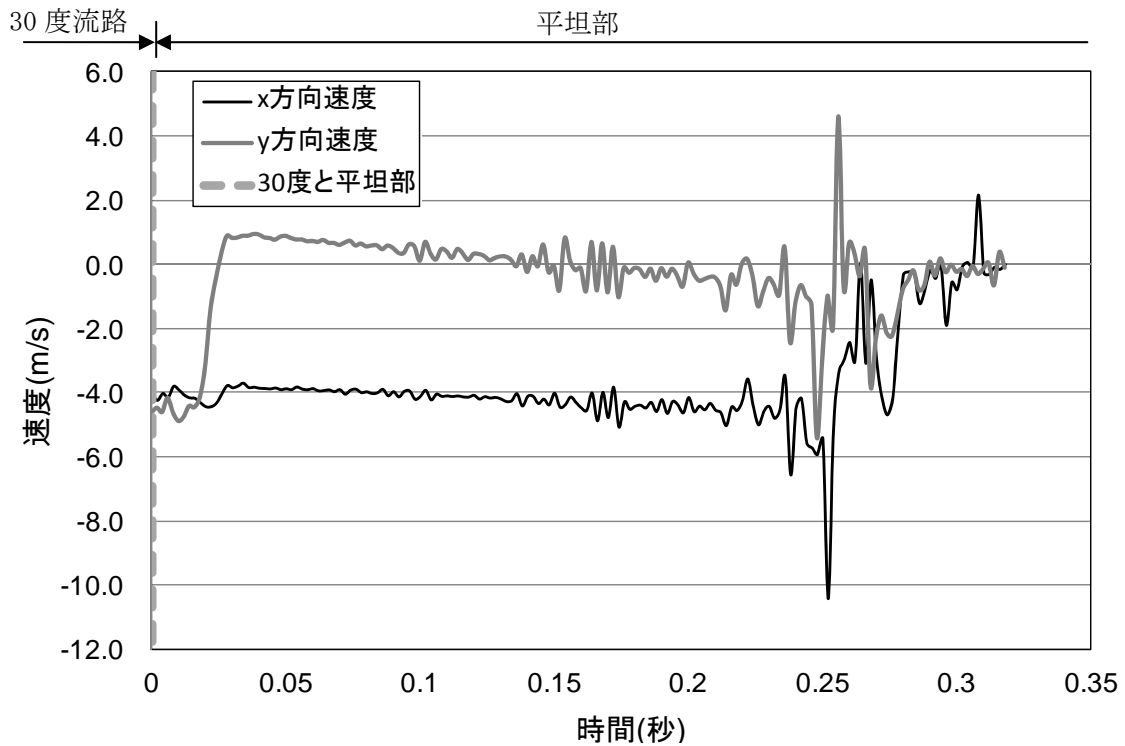


図 9.2.469(b) 岩塊模型の速度履歴

図 9.2.470 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、ロードセル衝突時にはゼロに収束していることが分かる。

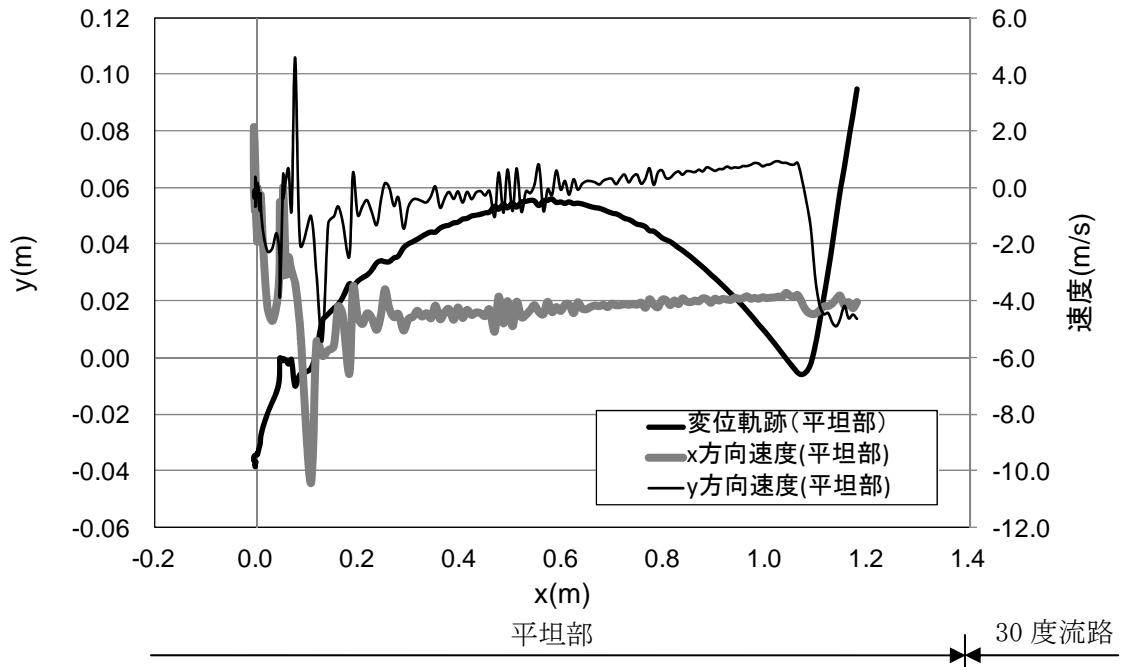


図 9.2.470 平坦部での部分座標系における変位と速度の軌跡

③ 流路上

図 9.2.471 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。

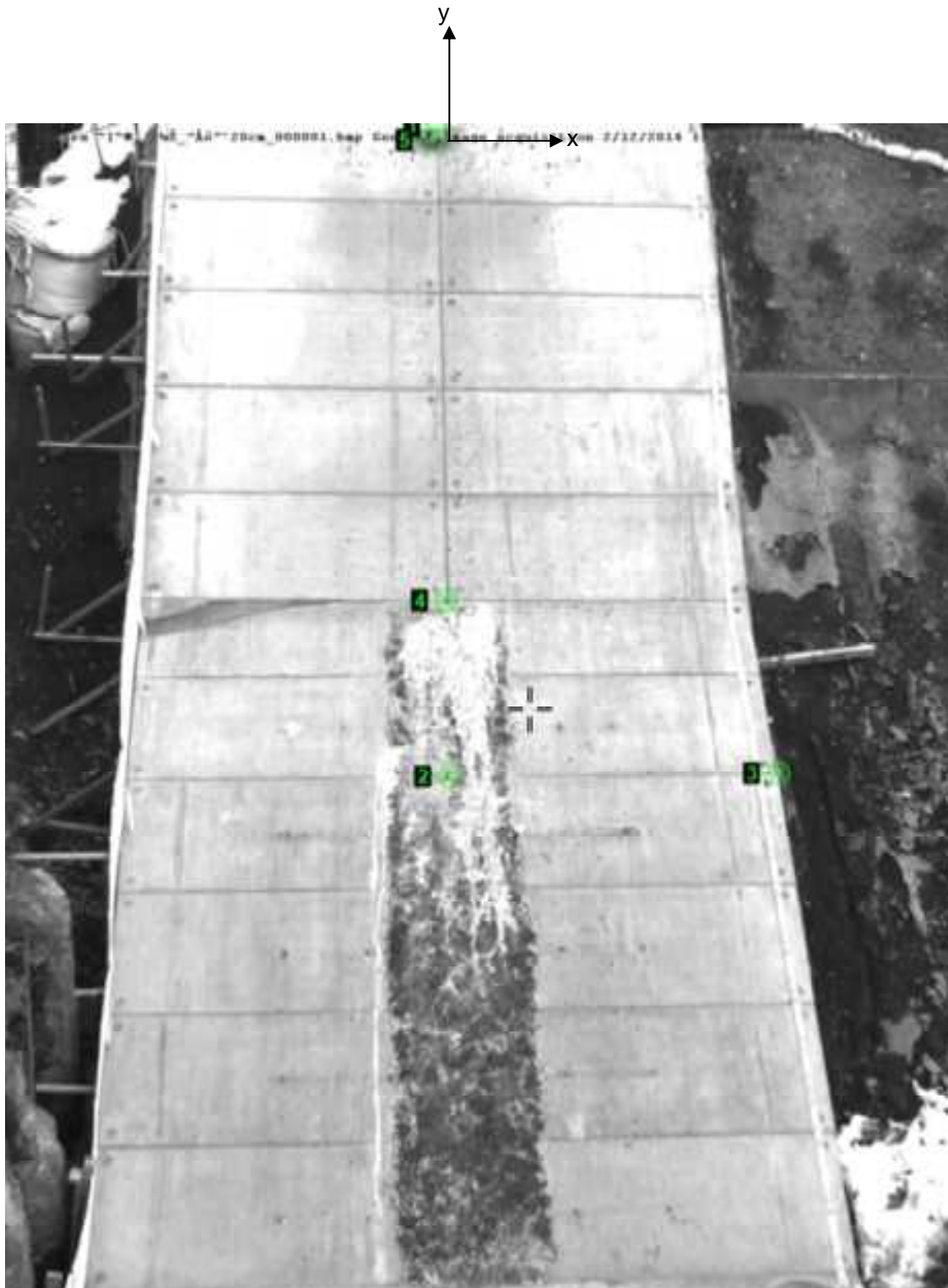


図 9.2.471 解析に用いた標点の位置

図 9.2.472 に岩塊模型の変位軌跡を示す。流路下部に向かって、直線的な挙動が見られた。

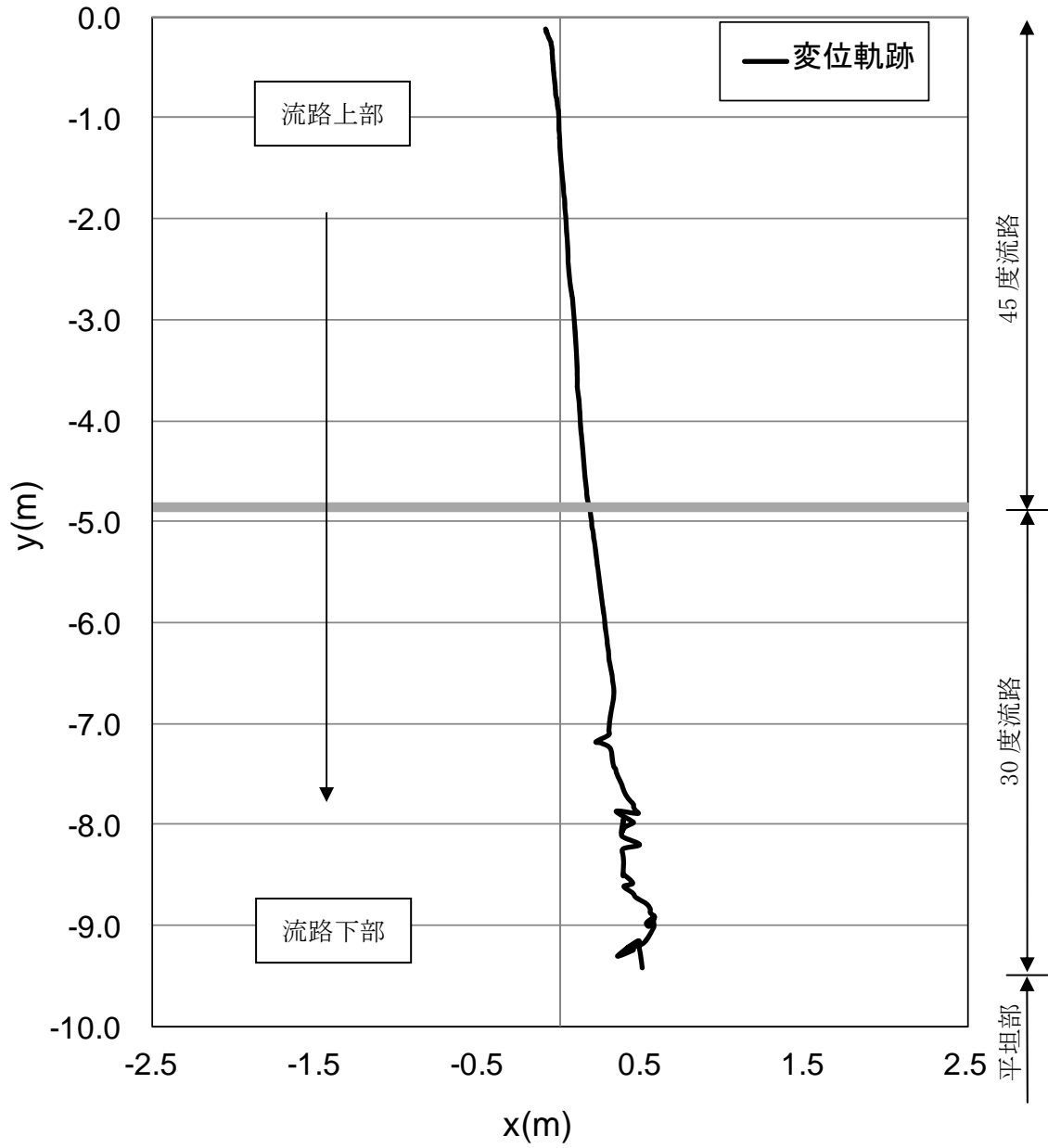


図 9.2.472 岩塊模型の変位軌跡

図 9.2.473 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、流路下部に向かって速度が上がる挙動を示した。

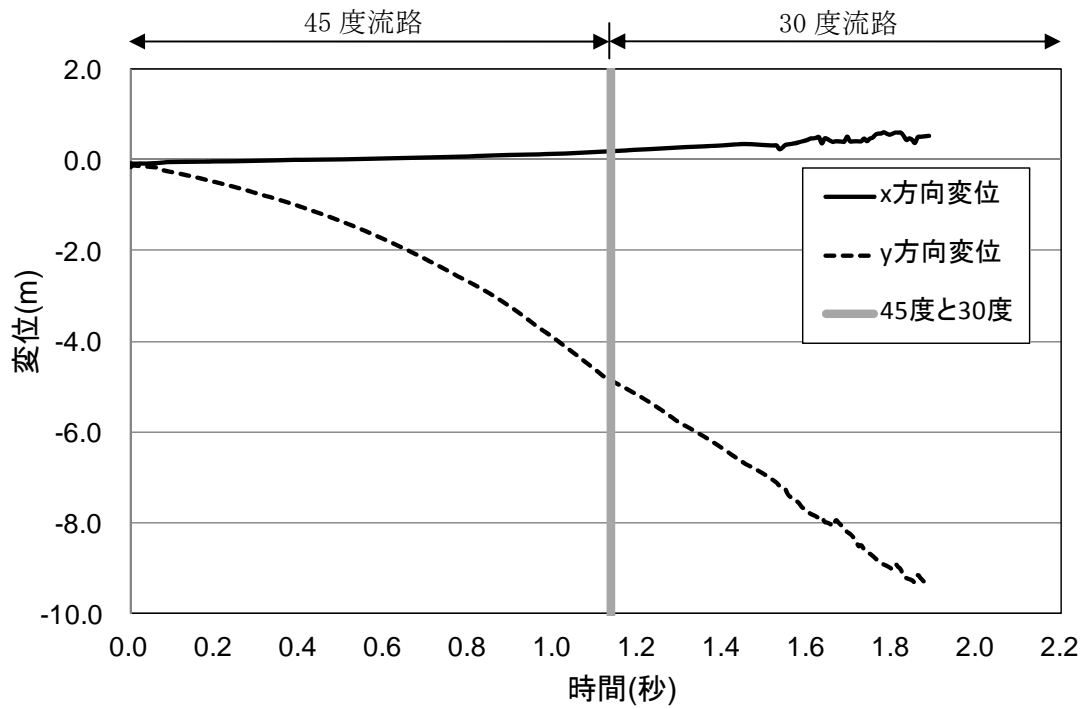


図 9.2.473(a) 岩塊模型の変位履歴

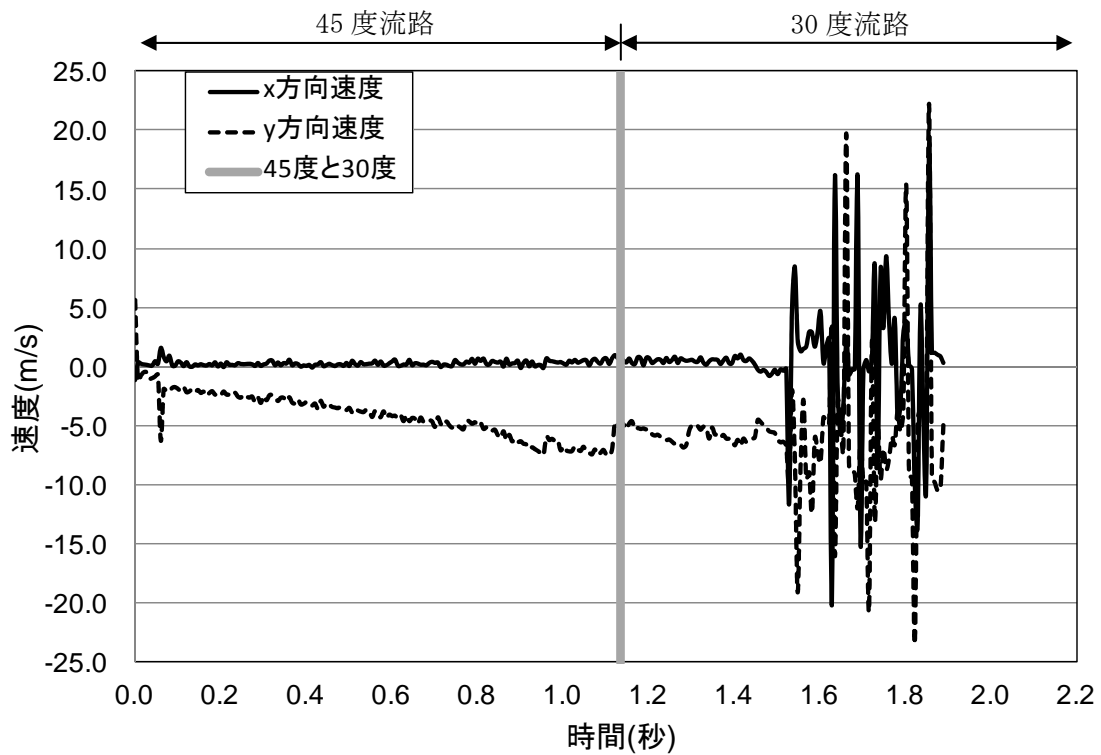


図 9.2.473(b) 岩塊模型の速度履歴

④ 平坦部上

図 9.2.474 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 2 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 9.2.474 解析に用いた標点の位置

図 9.2.475 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。

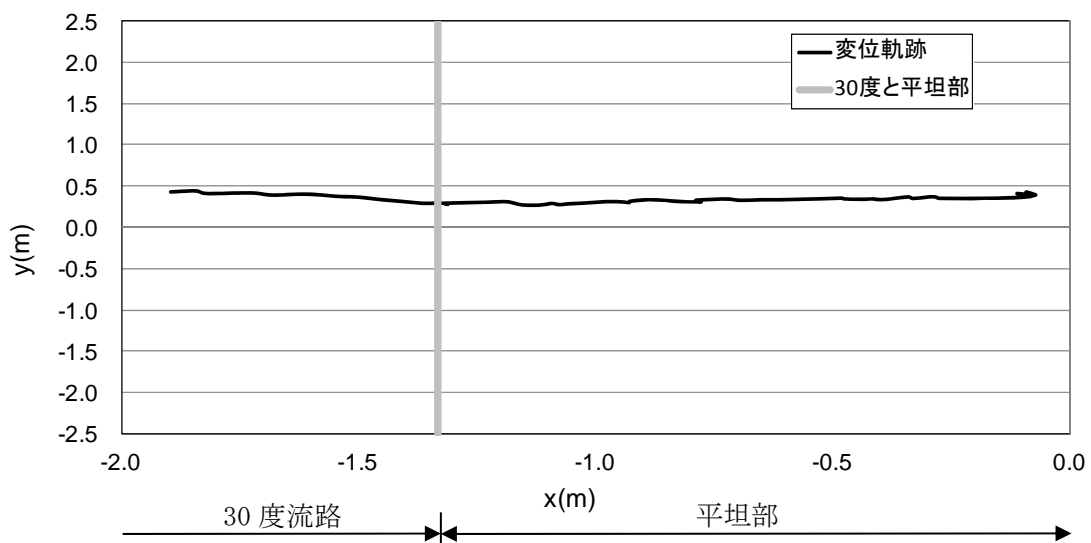


図 9.2.475 岩塊模型の変位軌跡

図 9. 2. 476 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、y 方向成分は平坦部でゼロに収束する挙動を示し、x 方向成分はロードセル衝突時にゼロに収束する挙動を示した。

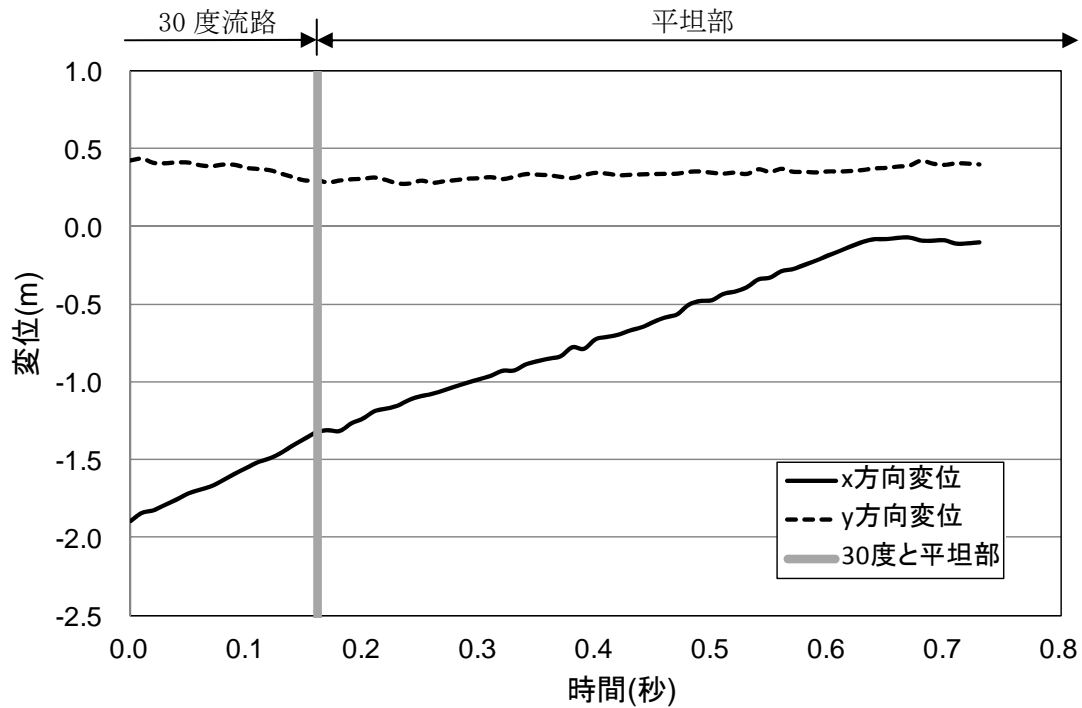


図 9. 2. 476(a) 岩塊模型の変位履歴

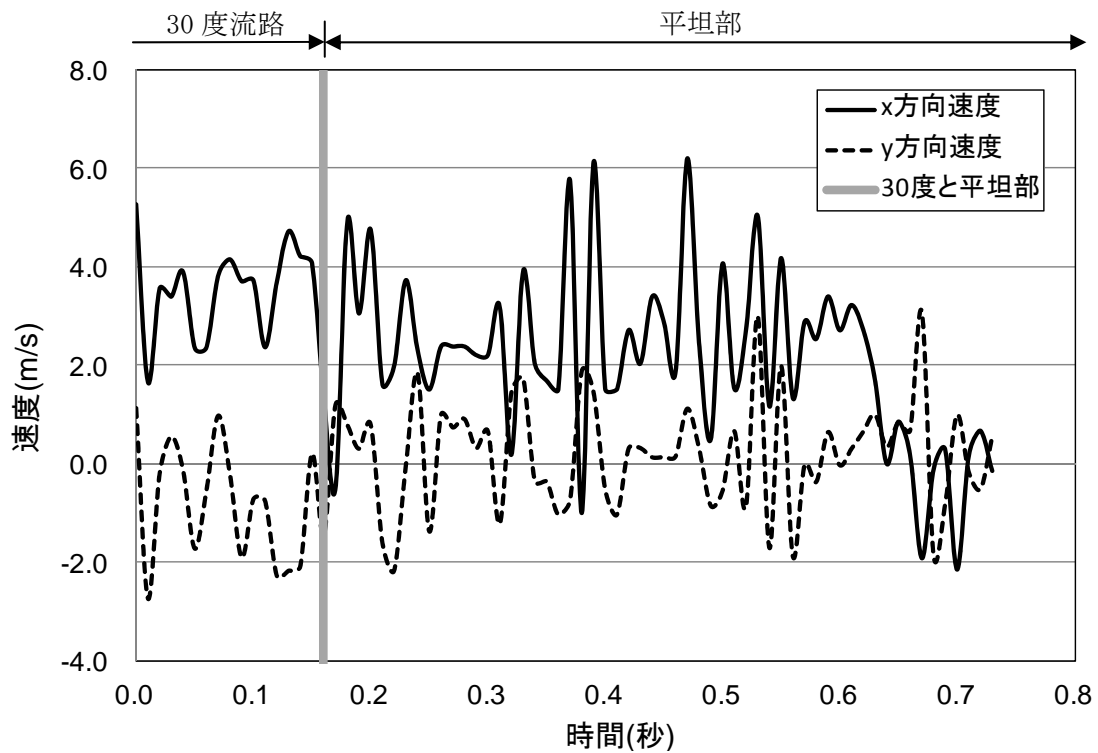


図 9. 2. 476(b) 岩塊模型の速度履歴

9. 2. 6 力積からの衝撃荷重の導出に関する検討

力積からの衝撃荷重の導出に関する検討について No. 11, 12 および 15 に対し実施した。以下に各ケースにおける画像解析から求めた衝突時の速度履歴を示す。本件では、これらの時刻歴から衝突前後の x 方向の速度を求め、荷重計で計測した衝突方向の荷重の衝突時間と、岩塊の質量から衝撃荷重を以下の式より求めた。

$$F = \frac{mv' - mv}{\Delta t} \quad (1)$$

ここで、m は岩塊の質量、v、v' はそれぞれ衝突前、衝突後の速度、 Δt は衝突時間である。

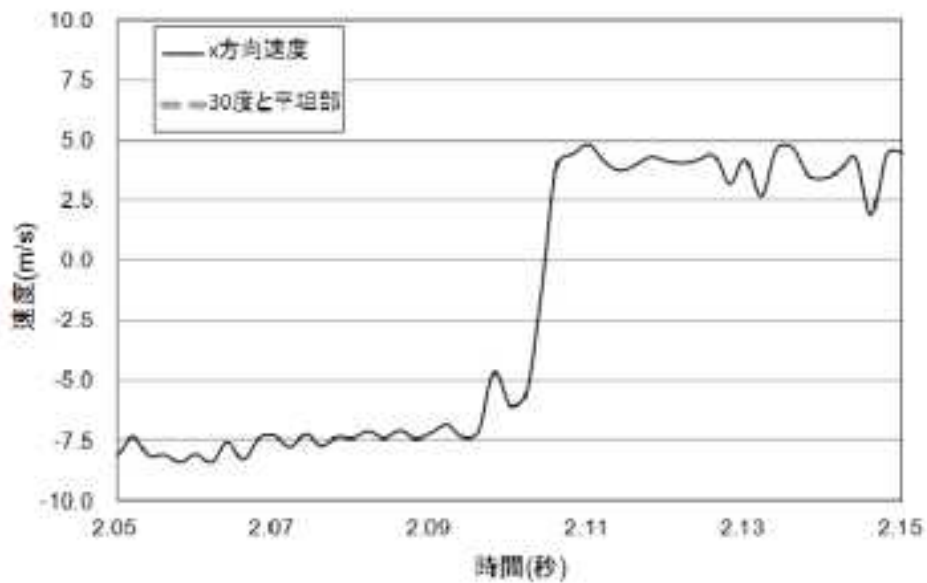


図 9. 2. 477 (a) No. 11 (球形 40cm) の速度履歴

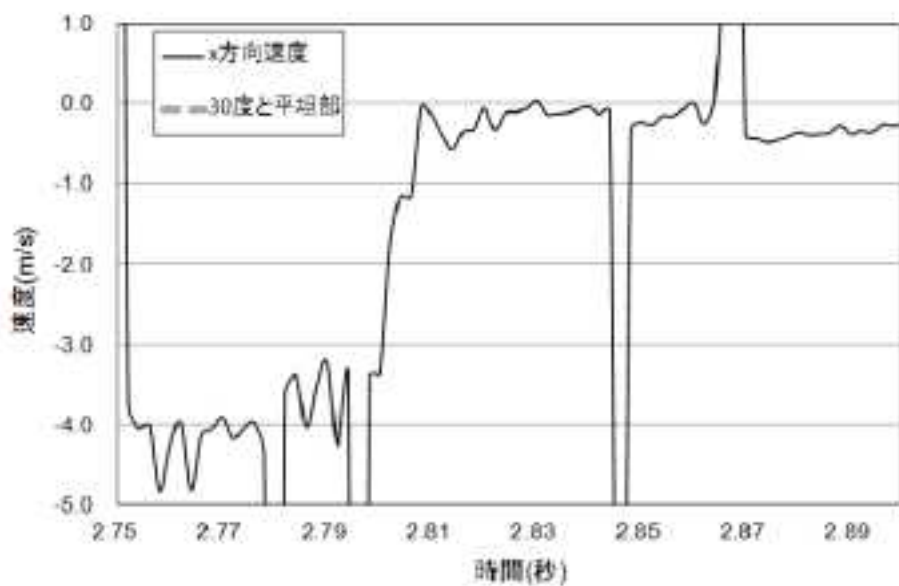


図 9. 2. 477 (b) No. 12 (板状 40cm) の速度履歴

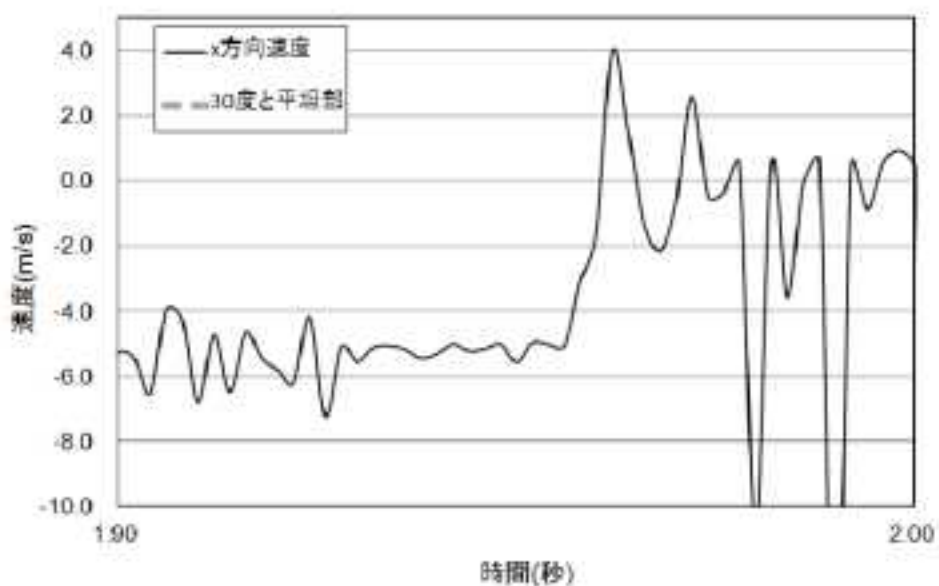


図 9.2.477(c) No. 15 (塊状 40cm) の速度履歴

表 9.2.2 に画像解析より求めた衝撃荷重を示す。表 9.2.3 に荷重計で計測した衝撃荷重（衝突方向）との比較を示す。画像解析より求めた荷重の方が小さい結果となった。これは、岩塊形状の影響を力積では考慮できないためと考えられる。図 9.2.478 にそれらの関係を示す。荷重計で計測した衝撃荷重は、画像解析より求めたものの約 2 倍の関係がある。

表 9.2.2 画像解析による岩塊模型衝突時衝撃荷重

試験 No.	形状	サイズ (cm)	重量 (kg)	荷重継続時間 (s)	衝突前速度 (m/s)	衝突後速度 (m/s)	差分 (m/s)	画像解析による衝撃荷重 (kN)
11	球形	40	71.85	0.00185	-5.607	4.029	9.636	374.238
12	板状	40	27.34	0.00250	-4.252	-0.031	4.220	46.153
15	塊状	40	31.88	0.00540	-5.048	3.998	9.047	53.408

表 9.2.3 荷重計で計測した衝撃荷重との比較

試験 No.	形状	サイズ	画像解析による衝撃荷重 (kN)	荷重計で計測した最大荷重 (kN)			
				衝突方向	衝突直交方向	上下方向	合力
20	球形	40cm	374.238	1416.36	123.13	192.38	1434.66
21	板状		46.153	86.84	25.48	18.54	92.38
17	塊状		53.408	108.83	-26.78	29.34	115.85

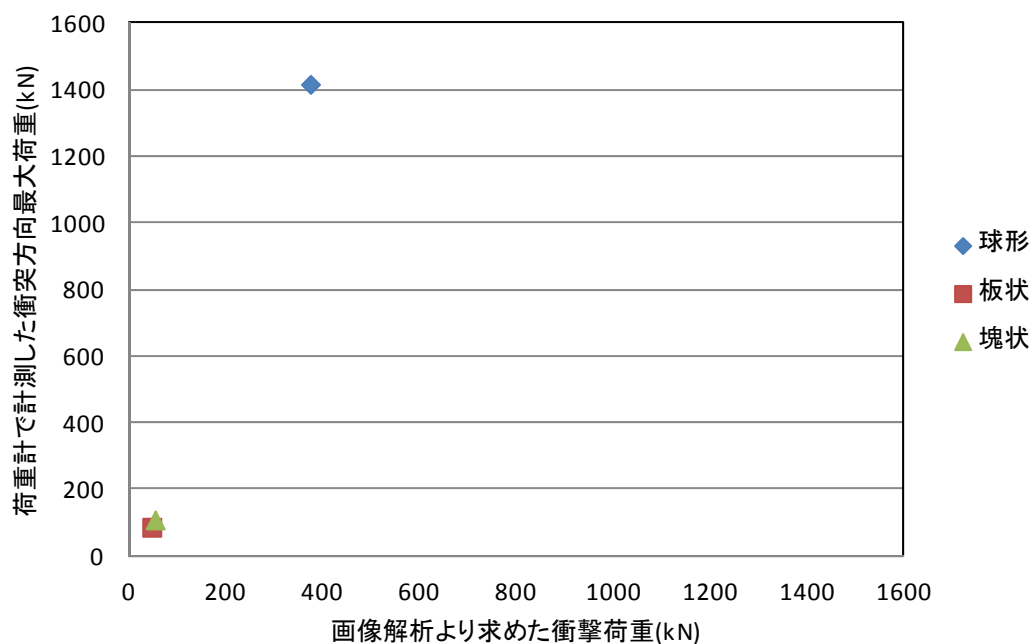


図 9.2.478 衝撃荷重の比較

9. 2. 7 画像解析（壁有ケース）のまとめ

以下に、画像解析（壁有ケース）から得られた結論を示す。

（1）アングル材無の場合

・球形 20cm

- 1) 球形 20cm について、側面からの撮影画像より、衝突方向および上下方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、8.0~10.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。一方、上方からの撮影画像より衝突直交方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、6.0m/s、y 方向成分は 2.0m/s となった。このことから、ほぼ直進して荷重計に衝突するケースが多いことが分かった。

・塊状 20cm

- 1) 滑動して衝突した塊状 20cm（代表ケース：No.8）について、側面からの撮影画像より、衝突方向および上下方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、8.0~12.0m/s、y 方向成分は 2.0m/s となった。一方、上方からの撮影画像より衝突直交方向の速度については、全体的に、速度の x 方向成分は、6.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。このことから、ほぼ直進して荷重計に衝突するが上下方向に速度を伴って衝突するケースが多いことが分かった。

- 2) 転動して衝突した塊状 20cm (代表ケース : No.9) について、側面からの撮影画像より、衝突方向および上下方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、8.0m/s、y 方向成分は 3.0m/s となった。一方、上方からの撮影画像より衝突直交方向の速度については、全体的に、速度の x 方向成分は、6.0m/s、y 方向成分は 2.0m/s となった。このことから、転動して衝突した場合の方が、衝突方向以外の速度を有して衝突する場合が多いことが分かった。

・板状 20cm

- 1) 板状 20cm について、滑動して衝突する場合がほとんどだった。側面からの撮影画像より、衝突方向および上下方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、6.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。一方、上方からの撮影画像より衝突直交方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、4.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。このことから、直進して衝突する場合が多いとともに、他形状より速度が小さい傾向となった。

・球形 40cm

- 1) 球形 40cm (代表ケース : No.11) について、側面からの撮影画像より、衝突方向および上下方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、4.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。一方、上方からの撮影画像より衝突直交方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、5.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。このことから、直進して衝突する場合が多いとともに、20cm サイズの場合より小さい速度となった。

・板状 40cm

- 1) 板状 40cm (代表ケース : No.12) について、側面からの撮影画像より、衝突方向および上下方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、5.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。一方、上方からの撮影画像より衝突直交方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、5.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。このことから、直進して衝突する場合が多いとともに、20cm サイズの場合と同等の速度となった。

・塊状 40cm

- 1) 塊状 40cm (代表ケース : No.15) について、側面からの撮影画像より、衝突方向および上下方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、6.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。一方、上方からの撮影画像より衝突直交方向の速度を求めた。全体的に、速度の x 方向成分は、5.0m/s、y 方向成分は 0.0m/s となった。このことから、直進して衝突する場合が多いとともに、20cm サイズの場合より小さい速度となった。

(2) アングル材有の場合

- 1) 球形 20cm の場合については、側面からの撮影画像より求めた衝突方向および上下方向の速度は、全体的に、速度の x 方向成分は、 8.0m/s 、 y 方向成分は 4.0m/s となり、 y 方向に加速した。なお、このケースはアングル材に衝突し跳ね返った後、直接荷重計に衝突したものであり、直接衝突しなかった場合は異なる様相になることが予想される。一方、球形 40cm については減速が顕著であった。
- 2) 塊状 20cm、40cm については、側面からの撮影画像より求めた衝突方向および上下方向の速度は、全体的に、速度の x 方向成分は、 4.0m/s 、 y 方向成分は $0.0\sim 2.0\text{m/s}$ となり、 x 方向成分が減速した。

(3) 30度部凹凸有の場合

- 1) 30度部に凹凸が有る場合、平坦部でも y 方向速度はゼロにならない傾向がある。なお、塊状 20cm における、側面からの撮影画像より求めた衝突方向および上下方向の速度は、全体的に、速度の x 方向成分は、 5.0m/s 、 y 方向成分は 2.0m/s となり、速度の x 方向成分が減速する傾向があった。

(4) 力積と衝撃荷重の関係

- 1) 衝突直前、直後における速度を計測し、それらから力積を求め、衝撃荷重を求めた。その結果、求めた衝撃荷重は、荷重計で計測した値より小さくなる傾向となった。これは、力積だけでは考慮できない、岩塊形状が衝撃荷重に与える影響が卓越したためと考えられる。この点はヘルツの式から理解できるように、球形模型においても顕著なものである。これらの影響を力積では考慮できていないことが考えられる。