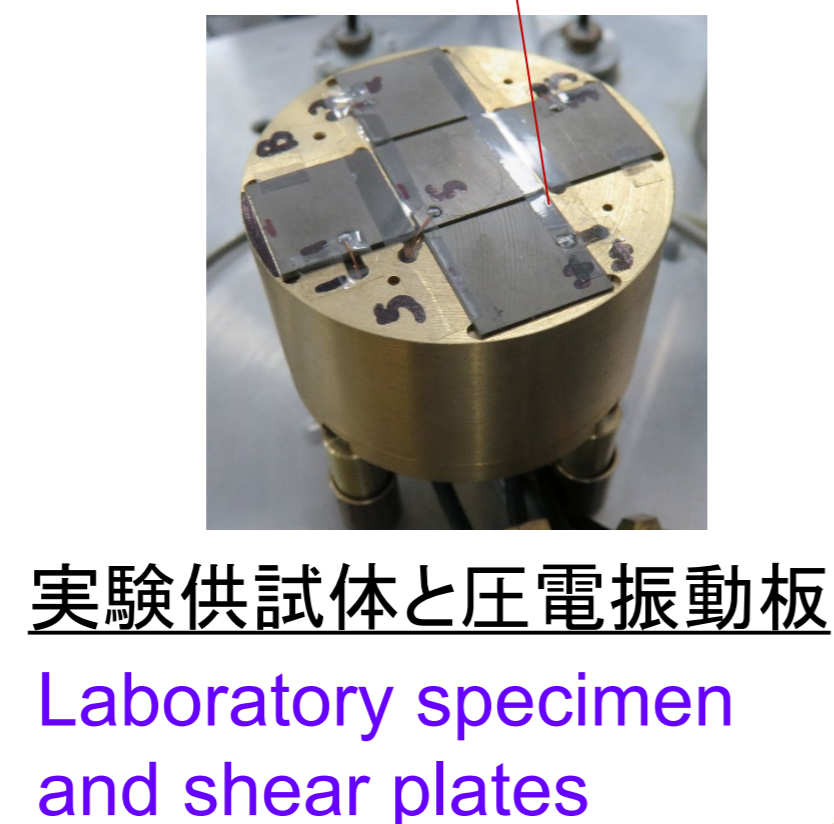
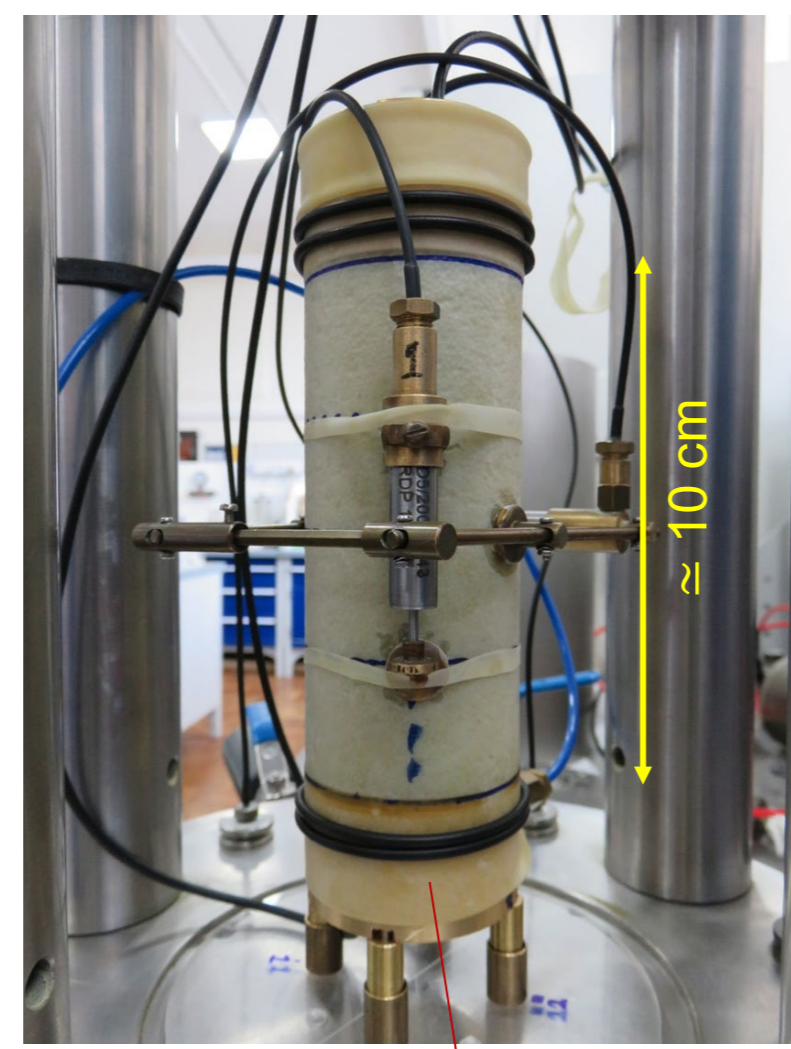
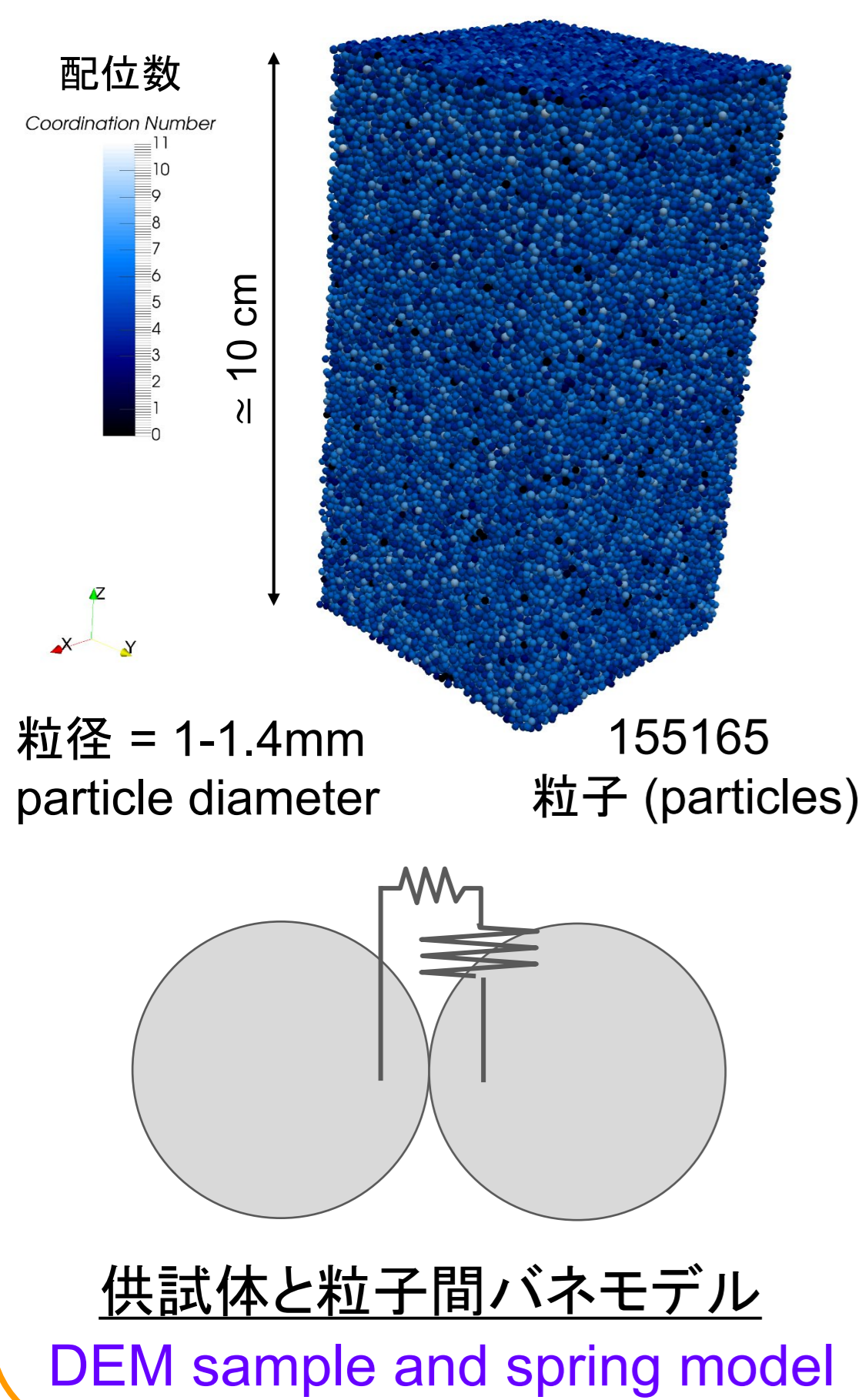


The small-strain shear modulus of soil is important to evaluate the deformation characteristics in Geotechnical Engineering. It is not easy to measure the shear modulus accurately in the laboratory partially due to the complex nature of granular materials. Recent development of bender elements or disk-transducers enable measurements of shear wave velocity, leading to the small-strain shear modulus. These dynamic approaches are often favored instead of the static triaxial shearing tests. However, the interpretation of received dynamic signals has not been fully understood. The discrete element method (DEM) simulations were conducted to analyse the nature of elastic wave propagation through granular materials. Visualisation of particle-scale responses led to better understand of how the waves propagate. A good match was observed between DEM simulations and equivalent laboratory dynamic tests using specimens composed of glass beads.

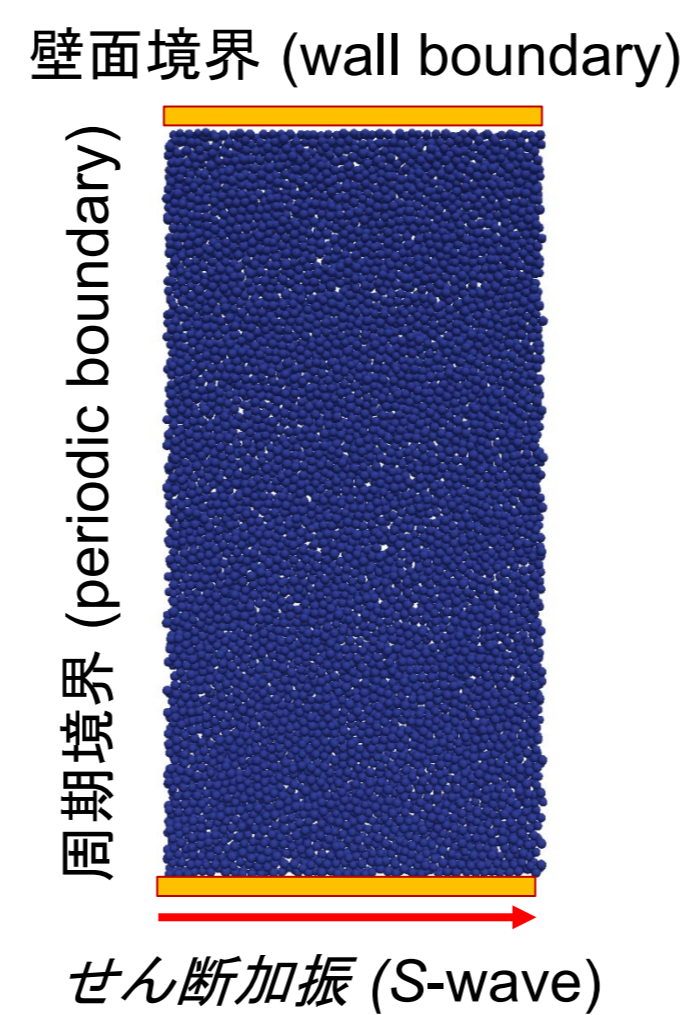
微小ひずみ領域における土のせん断剛性は重要な指標であり、地盤材料の微小変形を予測する際に有用である。金属等の連続体とは異なり粒状体的性質の強い土の剛性を正確に計測することは容易でない。近年では静的三軸圧縮試験に代わり、ベンダーエレメントや圧電振動板による動的計測が頻繁に実施されている。測定したせん断波(横波)速度からせん断剛性を算出することが可能である。しかしながら、計測したデータの解釈方法、あるいは圧縮波(縦波)成分との干渉等による影響に関しては議論の余地がある。本研究では個別要素法を用いて土質室内試験を模擬した弾性波伝播シミュレーションを実施した。実験では観測できない供試体内部の粒子挙動を可視化することができ、弾性波伝播機構の理解を深めることができた。また、個別要素法シミュレーション結果は同物性値を有するガラスビーズ供試体を用いた実験結果とも精度良く一致した。

個別要素法と室内試験供試体 DEM and laboratory specimen



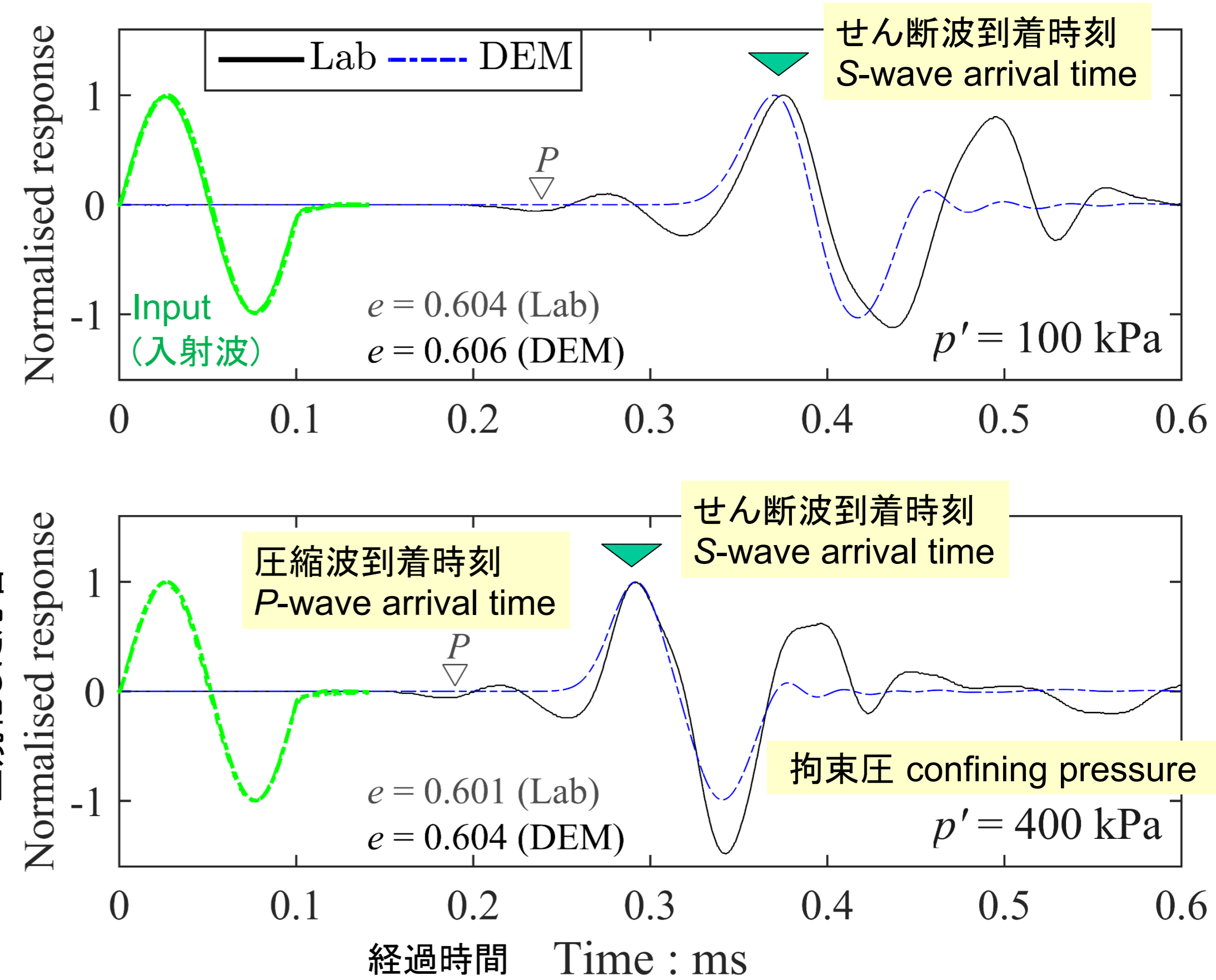
供試体上下端面での計測結果 System responses at boundaries

壁面境界に作用するせん断応力を測定
Shear stresses acted on wall boundaries were recorded.

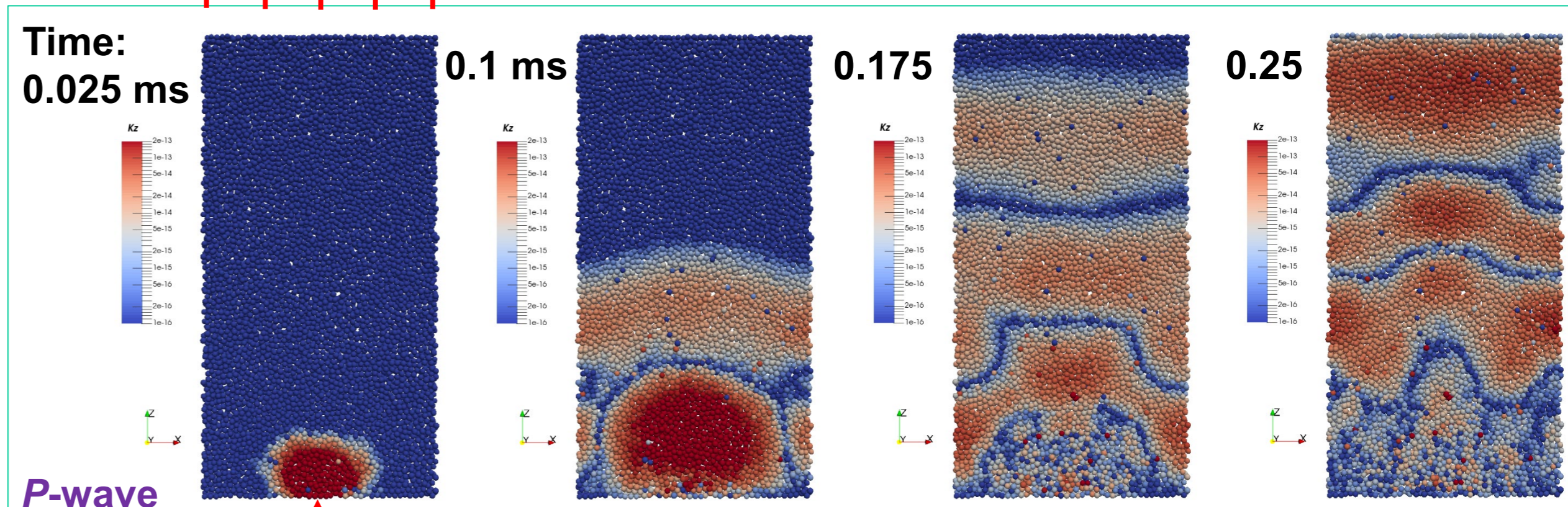
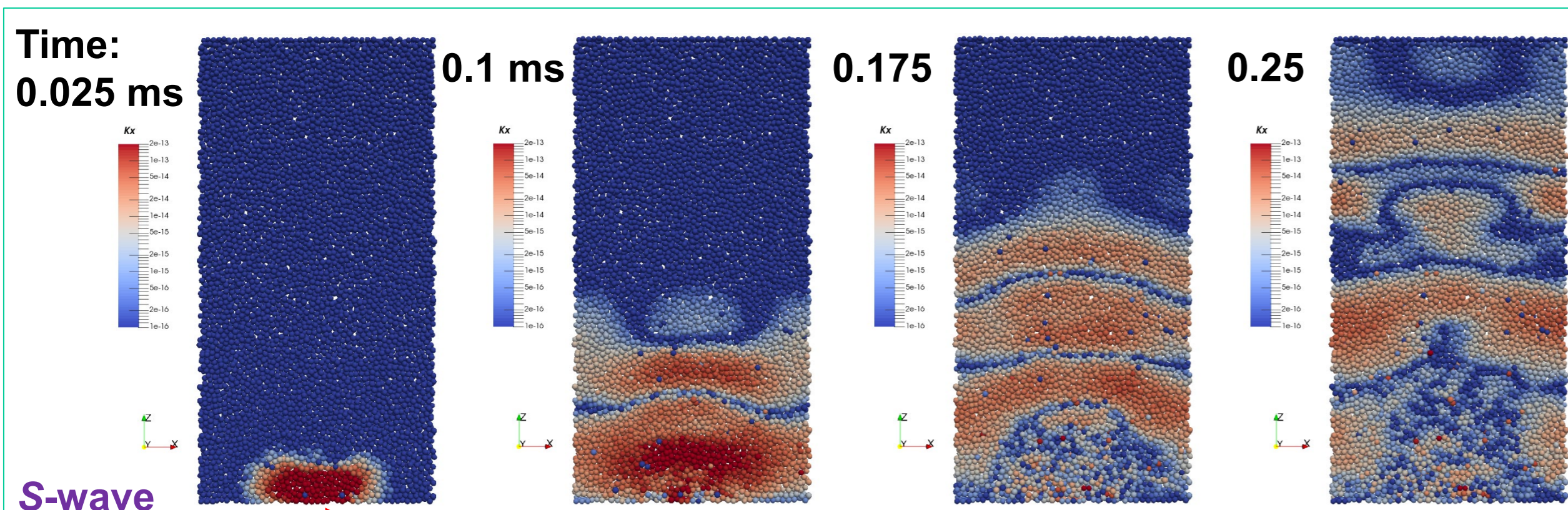
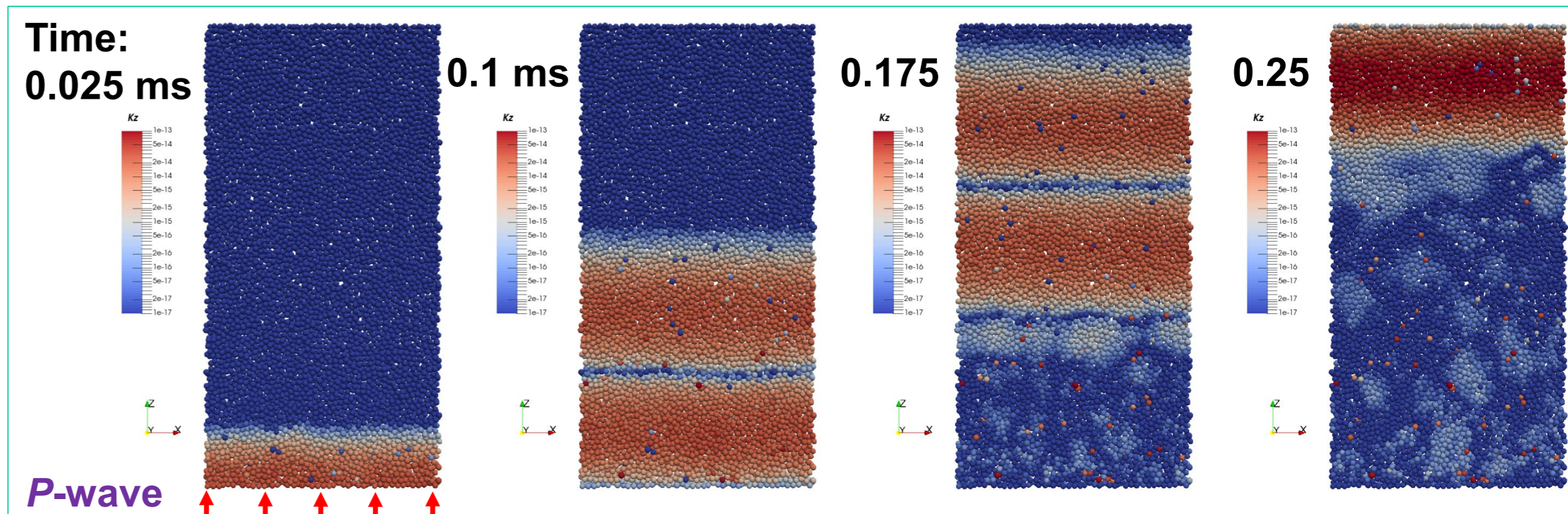
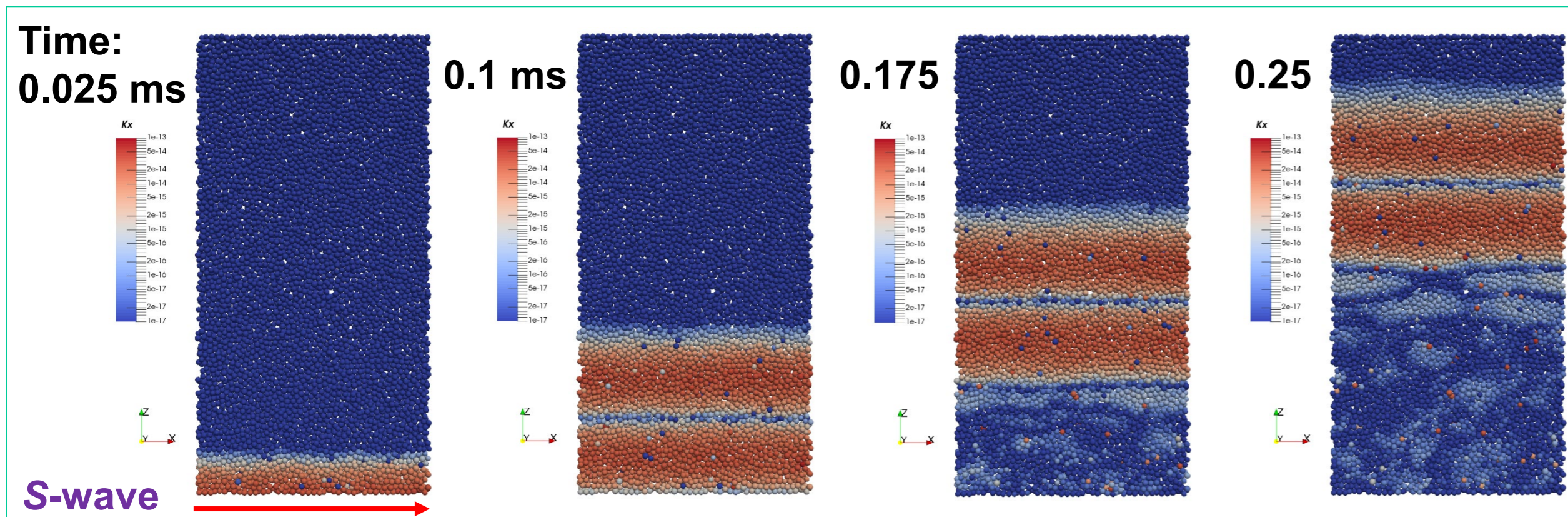


個別要素法と実験結果は精度良く一致

DEM simulations and laboratory tests concurred to show similar wave velocities.



供試体内のせん断波(左図)、圧縮波(右図)の伝播様子(粒子運動エネルギーに着目) S-wave (left), P-wave (right) propagation (Kinetic energy of individual particles is illustrated.)



上段: 下端全面加振
upper row: excitation of the entire wall

下段: 下端中央部加振
lower row: excitation of the centre part only

圧縮波の方が速く伝播する。供試体下端中央部のみ加振した場合、複雑な波紋が観測されるため、弾性波速度の測定が容易ではない。
P-waves propagate faster than S-waves. Quantifying wave velocity is easier when exciting the entire wall boundary.