

淡路島野地下への空気の注入試験における地震波アクロスを用いたタイムラプス実証試験(その2) Time-lapse field experiment using seismic ACROSS at the air injection into the shallow ground in Awaji Island-II

鶴我 佳代子^{1*}, 笠原 順三², 伊藤 慎司³, 山岡 耕春⁴, 生田 領野², 藤井 直之², 伊藤 潔⁵, 西上 欽也⁵, 山崎 文人⁴, 本城 泰樹¹

TSURUGA, Kayoko^{1*}, KASAHARA, Junzo², Shinji Ito³, YAMAOKA, Koshun⁴, IKUTA, Ryoya², FUJII, Naoyuki², ITO, Kiyoshi⁵, NISHIGAMI, Kin'ya⁵, YAMAZAKI, Fumihito⁴, Taiki Honjo¹

¹ 東京海洋大学, ² 静岡大学, ³ NTT データ CCS, ⁴ 名古屋大学, ⁵ 京都大学

¹ Tokyo Univ. Marine Sci. Tech., ² Shizuoka Univ., ³ NTT-DATA CCS, ⁴ Nagoya Univ., ⁵ Kyoto Univ.

1. はじめに

アクロス (ACROSS) は、地下の地層物性の時間変化を検知・監視するために開発されたタイムラプス (4 D) 技術の1つである (Kumazawa et al., 2000; Kasahara et al., 2010)。タイムラプス技術は、地下の石油・ガスや二酸化炭素の貯留域の監視や火山下のマグマ溜の活動監視などに有効である。本発表では、地震波アクロスを用い、地下空間への空気注入に伴う地層物性の時間変化の監視におけるアクロスの有効性を明らかにするための実証試験について報告する。

2. 空気注入とアクロス観測の概要

観測は、2011年2月11日~3月10日(28日間) 兵庫県淡路市の野島断層周辺で実施した。2月26日~3月3日(5日間) 野島断層東側に位置する空気注入井より、大阪層群地下の深さ100mに、合計80トン(注入圧21気圧)の空気を注入した(笠原他、本学会、2012)。地震波の送信は、南東部に設置された縦置型アクロス震源A(名古屋大学所有)と北東部の横置型アクロス震源Bを用い、期間中異なる周波数成分の地震波をスイープ送信した。震源Aでは、周波数10~30Hz帯域で水平面内での加震を行い、縦置型震源Bでは、周波数10~35Hz帯域で鉛直面および水平面内の回転加震を行った。受振は、地表32地点に設置した3成分ジオフォンと、800-mポアホール観測点(京都大防災研)によって行った。

3. 結果

地震波アクロスでは、回転型震源の正回転時と逆回転時の地震波記録の位相を調整し合成することで、任意方向に直線的に力を与えた場合の震源-観測点間の伝達関数 \mathbf{H} を得ることができる (Kunitomo and Kumazawa, 2004)。3方向成分をもつ力 \mathbf{F} に対して、3方向成分の観測変位 \mathbf{U} が得られた場合、得られる伝達関数 \mathbf{H} は9つの要素をもつ2階テンソル H_{ij} で表現される (i および j は方向成分で、震源から空気注入井に向かう方向を radial (r) 方向、直交する方向を transverse (t) 方向、鉛直方向を vertical (z) と記述)。

本発表では、縦置型震源Aに対する解析について主に報告する。鉛直面内の振動を表す伝達関数 H_{zr} の時間波形記録には、比較的小振幅のP波および大振幅のS波が観察され、水平面内の振動を表す H_{tt} の記録ではP波は不明瞭で、主としてS波が観察された。P波初動の見かけ伝播速度は $V_p \sim 2.3$ km/s、S波は $V_s \sim 0.7$ km/s であった。これらは、北東部の横置型震源Bに対する見かけ速度 $V_p = 1.6, 2.5, 4.5$ km/s、 $V_s \sim 0.5$ km/s (笠原他, 2011) と調和的で、本地域の地下構造に起因すると予想される。

地下への空気注入に伴う地震波記録の変化は、震源AおよびBのいずれに対しても、主に注入井東側の地域で顕著に見られた。注入井と震源Aのほぼ中間に位置する観測点#7付近では、走時0.2秒付近に小振幅のP波初動、0.4秒付近以降にS波と後続の波群が続く。波形の時間変化を明瞭にするため、空気注入前の2月24日0時の波形を基準として、以降の波形から差し引いた差分波形を調査した。その結果、空気注入開始に伴う波形変化が、主としてS波相に明瞭に確認でき、 H_{zr} 成分においては、空気注入開始より1日程度遅れて、S波および後続波群の波形に顕著な変化が確認できた。その影響は後続波群で長期に持続し、注入終了後に小さくなった。 H_{zt} 成分でも注入開始後に変化が認められた。注入井直近の観測点#14では空気注入直後より変化が出現し、#5観測点、800mポアホール地震計においても、絶対量は大きくはないが、明瞭な変化が観測された。一方、野島断層西側の観測点では波形の変化が不明瞭になる傾向が見られ、断層の影響も示唆された。

4. 結論

縦置型アクロス震源を用いて、地下への空気の注入に伴う伝達関数の変化を調べる実験を行った。その結果、地下への空気注入に際し、アクロスによる精密制御観測を適用することで、地下の変化に伴う極めて明瞭な変化を検出できた。縦置型および横置型震源のいずれの解析結果でも、空気注入の開始に伴い、波形残差の変化が多数の地表地震計で観測された。観測点#7では空気注入から1日ほど遅れて変化が開始し、原波形上でも明瞭にその変化を見る事もできた。更

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



HRE27-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 15:30-17:00

なる詳細解析は必要であるが、これらの成果は、今後地下へのCO₂の注入等による地下状態の変化を刻々モニタリングするタイムラプス観測において、アクロスが非常に有用な手段となり得ることを示している。

謝辞 本研究はJCCPプロジェクトの一環として行われた。本プロジェクトに対するJCCPの方々のご理解と御支援に深く感謝を表す。

キーワード: CCS, タイムラプス, アクロス

Keywords: CCS, time lapse, ACROSS