



최적선행구간 선정 알고리즘을 이용한 LabVIEW 기반의 자동 Q-factor 산출프로그램

김민영¹⁾ · 하지호¹⁾ · 신성렬^{1)*} · 정우근¹⁾

1) 한국해양대학교 에너지자원공학과

서 론

특징 주파수대역에서의 감쇠량을 감쇠계수(attenuation coefficient)로 정의하며 탄성파의 감쇠를 표현하기 위하여 무차원의 변수인 Q-factor(Q값)를 통해 탄성파의 감쇠정도를 표현한다. Spectral ratio method는 중심주파수 부근의 가장 선형성을 보이는 주파수 구간을 선정하고 그때의 기울기 값을 이용하여 Q값을 산출한다. 하지만 주파수 구간의 선정은 개인의 주관적인 판단을 요구하며, 선정된 주파수 구간에 따라 산출되는 Q값은 달라지기 때문에 정량적인 Q값 산출에 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 spectral ratio method를 이용하여 보다 정량적인 Q값 산출을 위해, **최적의 선형성을 보이는 주파수구간 선정 알고리즘을 제안하였으며 그라프기반의 언어이며 타언어에 비해 프로그램 제작이 용이한 LabVIEW를 이용하여 해당 알고리즘을 적용한 자동 Q-factor 산출 프로그램을 제작하였다.**

본 론

1. Spectral ratio method

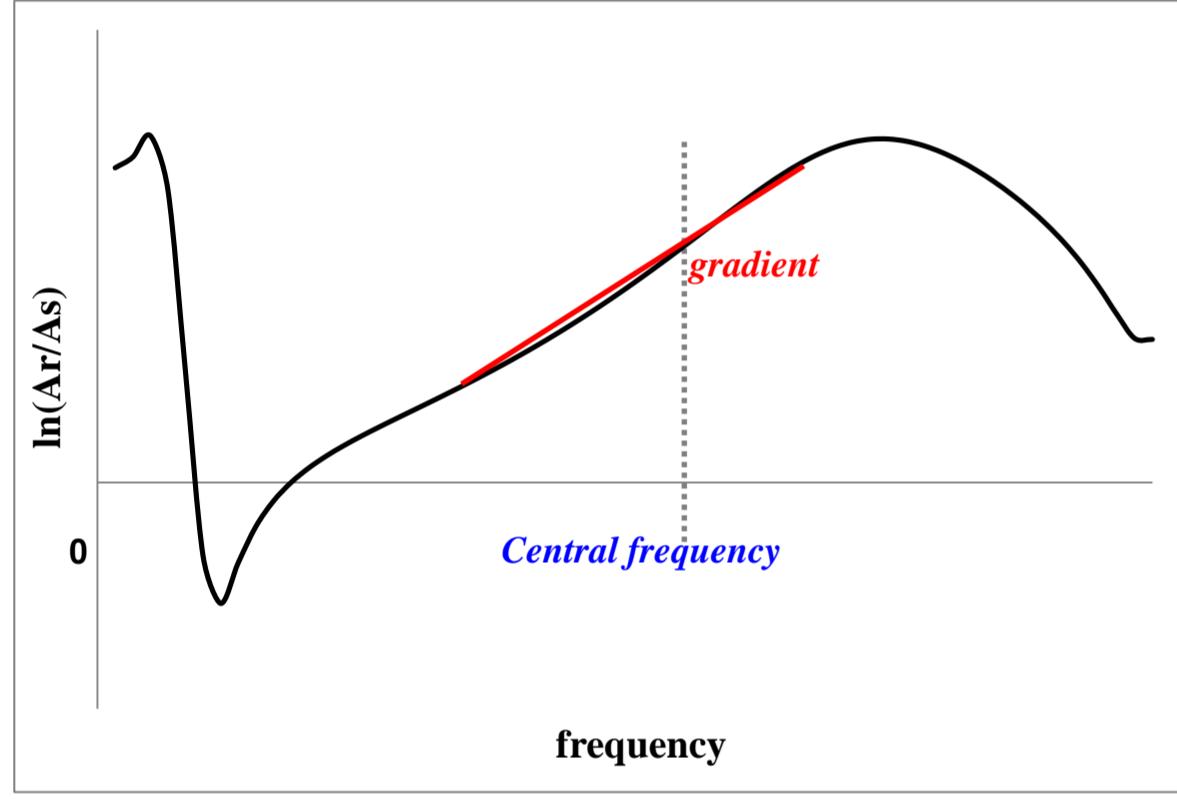
- 실내시험법에서 탄성파 감쇠를 계산하기 위해 Toksoz 등(1979)에 의해 제안된 방법
- 지하의 기하학적 구조와 수진기의 배열에서 발생하는 외부감쇠와 탄성파와 다공성 매질의 상호작용에 의한 고유감쇠를 구별하기 위해 사용
- 감쇠가 거의 발생하는 기준매질(reference)과 형태 및 자료취득 조건을 동일하게 일치시켜 준 비교매질(sample)의 탄성파 자료 중, S/N가 높은 직접파 신호를 이용하여 두 매질간 진폭 스펙트럼 비율을 이용하여 상대적인 감쇠정도를 측정하고 이를 통해 비교매질의 Q값을 산출

$$\text{Eq.1} \quad A_r = G_r e^{-\alpha_r x} e^{i(2\pi f t - k_r x)}$$

$$\text{Eq.2} \quad A_s = G_s e^{-\alpha_s x} e^{i(2\pi f t - k_s x)}$$

$$\text{Eq.3} \quad \ln(A_r / A_s) = (\gamma_s - \gamma_r) x f + \ln(G_r / G_s)$$

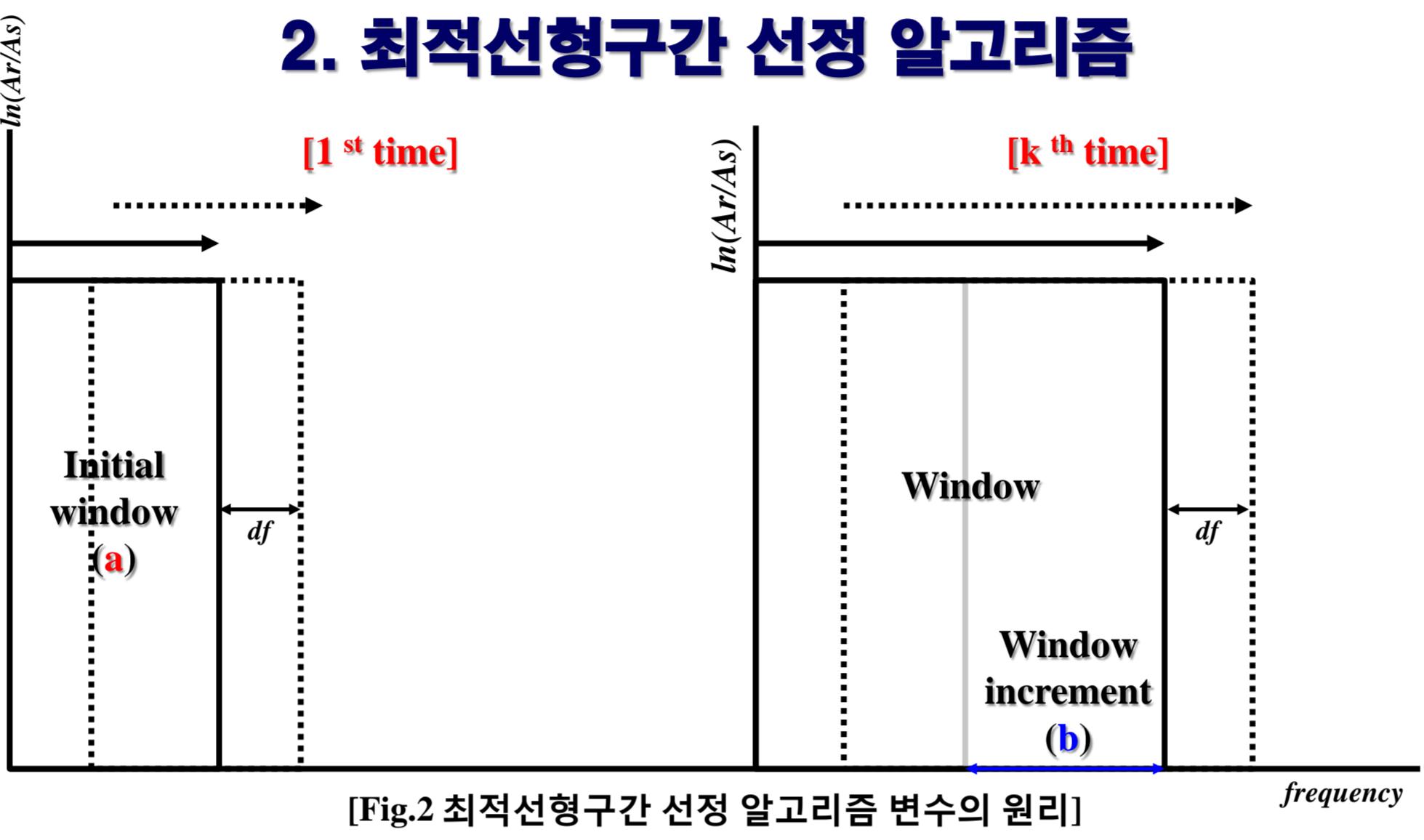
$$\text{Eq.4} \quad Q = \pi / \gamma V$$



[Fig.1 ln(A_r/A_s) & frequency 그래프]

- Eq.3의 방정식을 통해 그래프로 표현
- 전체 주파수범위에서 중심주파수(Central frequency) 부근의 가장 선형성을 보이는 주파수구간을 선정한 다음 선형회귀분석을 통해 해당 구간의 기울기(gradient)값을 도출
- 기준매질의 Q값은 보통 매우 큰 값이므로 기준매질의 γ_r 은 0에 가까운 값으로 무시 해도 무방
- 선형회귀분석을 통해 도출된 기울기 값에 으로부터 비교매질의 γ_s 도출
- Eq.4로 부터 비교매질의 Q값 도출

2. 최적선행구간 선정 알고리즘



[Fig.2 최적선행구간 선정 알고리즘 변수의 원리]

- 주파수구간을 이동하는 윈도우를 설정한 후 윈도우가 이동하면서 선형회귀분석을 실시하고 결정계수(R²)를 통해 선형성을 평가하여 최적의 주파수구간을 선정

Algorithm parameter for selection of optimal linear range

Initial window (a)

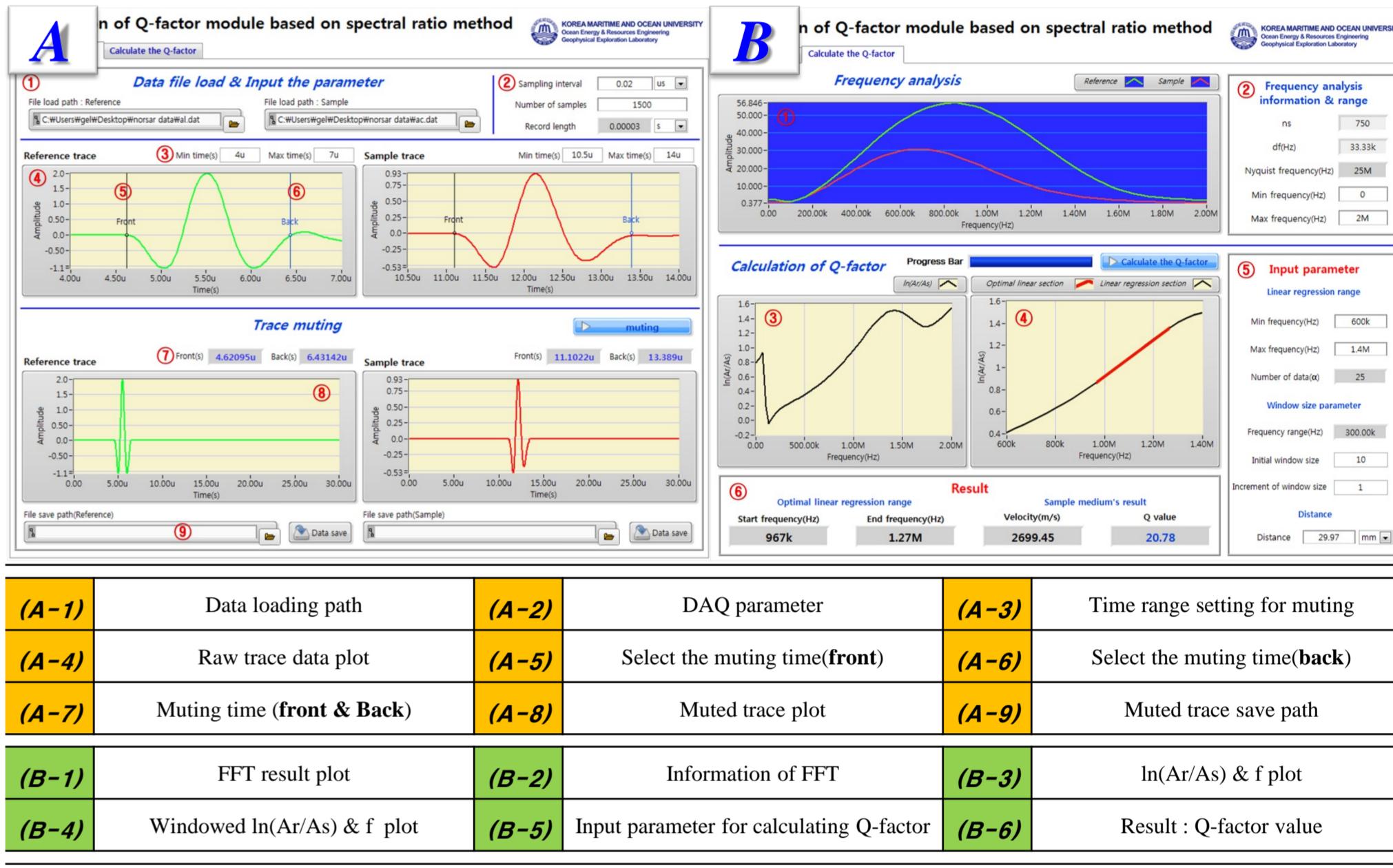
알고리즘 변수인 초기 윈도우(initial window)와 윈도우 증분(Window increment)은 n-1개의 샘플간격(df)을 의미

$$w.s = \sum_{k=1}^n a + (k-1)b : K\text{번째의 윈도우 크기}(w.s)$$

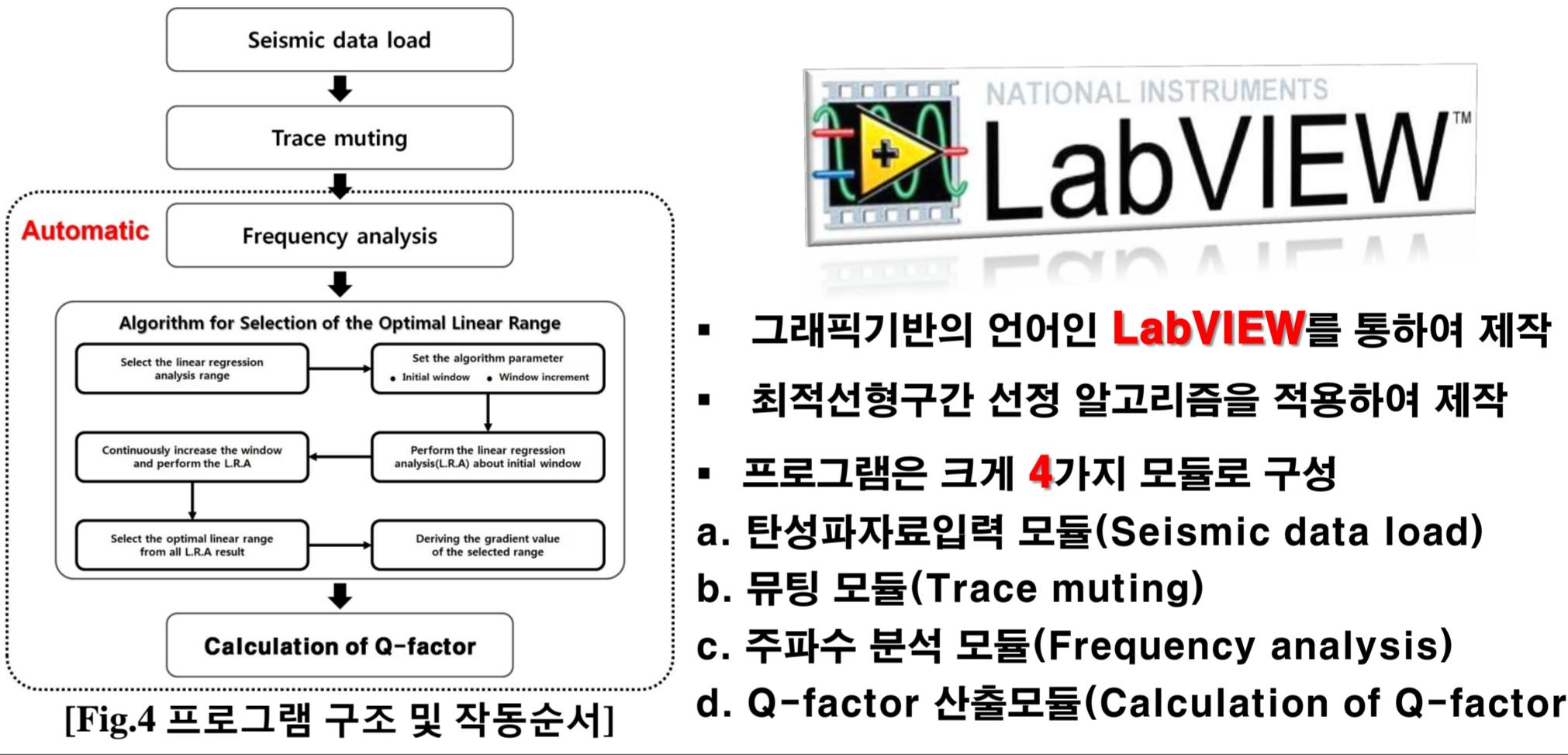
$$f.r = (w.s - 1) \times df : \text{윈도우 크기가 의미하는 주파수 범위}(f.r)$$

- 초기 윈도우부터 크기가 증분만큼 커져가면서 각 윈도우마다 반복적으로 선형회귀분석을 수행하여 기울기 값과 결정계수(R²)를 계산
- 윈도우 별로 수행된 모든 선형회귀분석 결과 중 결정계수(R²)가 가장 높은 구간을 **최적선행구간**으로 선정하고 그때의 기울기 값을 이용하여 Q값 산출

3. 자동 Q-factor 산출 프로그램



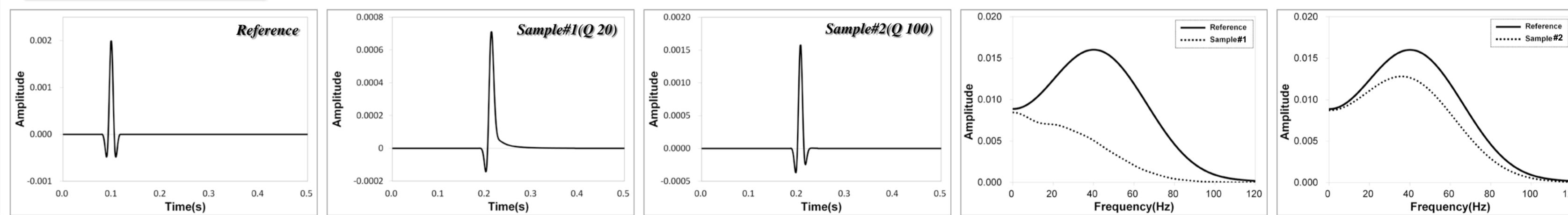
[Fig.3 LabVIEW를 이용하여 제작한 자동 Q-factor 산출 프로그램]



4. 프로그램 검증

[수치모형실험 자료의 적용]

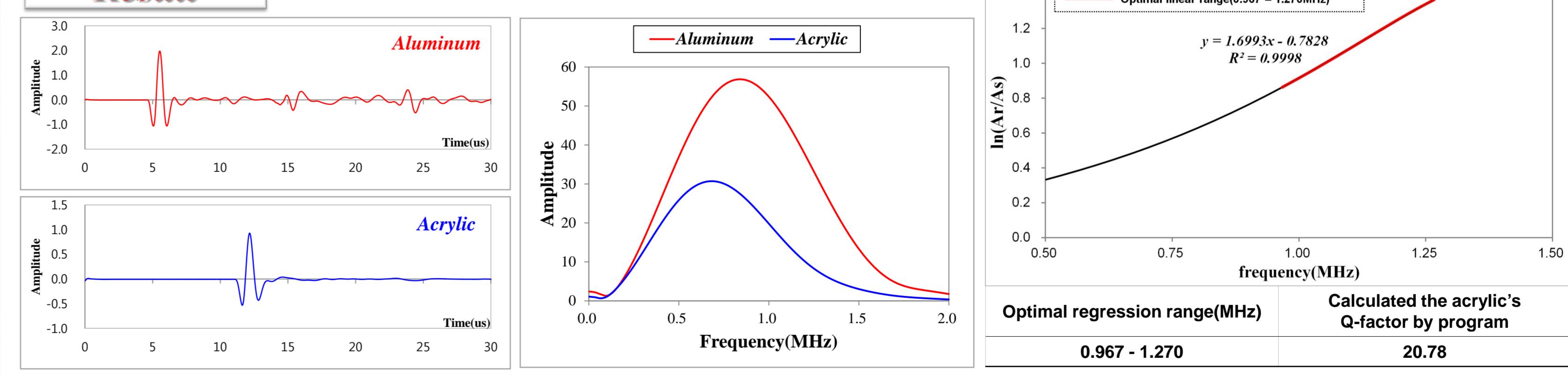
Result



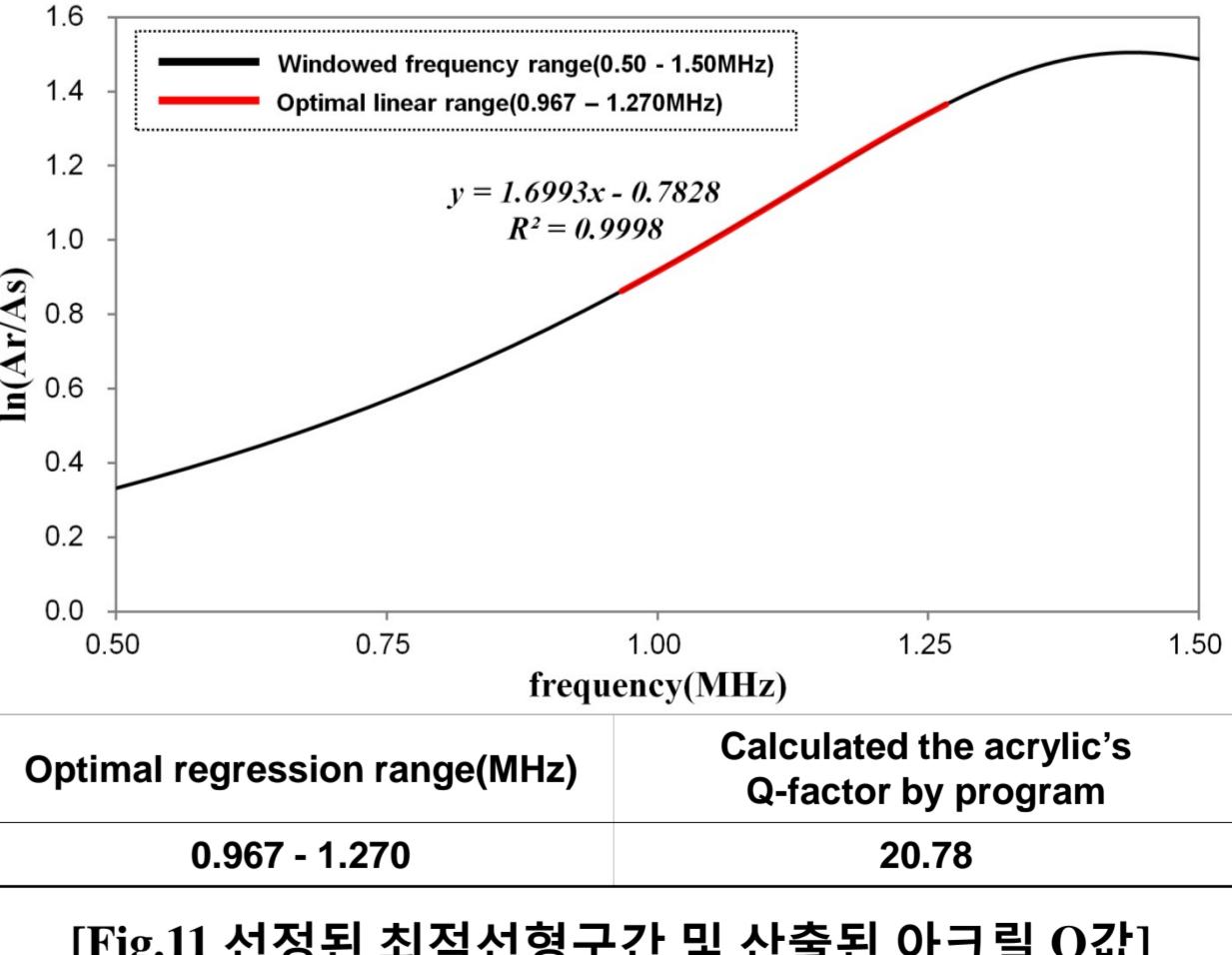
[Fig.6 생성된 탄성파 자료 및 주파수 분석결과]

[탄성파 축소모형실험 자료의 적용]

Result



[Fig.10 취득한 탄성파 자료 및 주파수분석 결과]



[Fig.11 선정된 최적선행구간 및 산출된 아크릴 Q값]

결 론

본 연구에서는 보다 정량적이며 객관적인 Q값 산출을 위해 최적선행구간 선정 알고리즘을 제시하였으며 해당 알고리즘을 적용한 자동 Q-factor 산출프로그램을 제작하였다. 수치모형실험 자료를 통한 프로그램의 검증 결과, 각 case별로 산출되는 Q값은 3% 이하의 오차를 보였으며 축소모형실험 자료를 이용한 검증결과 또한 이전 연구에서 제시했던 아크릴의 Q값에 근접한 결과를 보였다. 두 실험을 통해 제안한 알고리즘과 제작한 프로그램의 유효성과 타당성을 확인할 수 있었으며 본 연구를 통해 제안한 알고리즘과 프로그램은 향후 VSP 및 반사법 탐사자료에서의 정량적 Q값 산출과 이방성 매질의 Q-factor 특성연구를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이라 사료된다.