

ILC実験施設への免震技術適用可能性検討

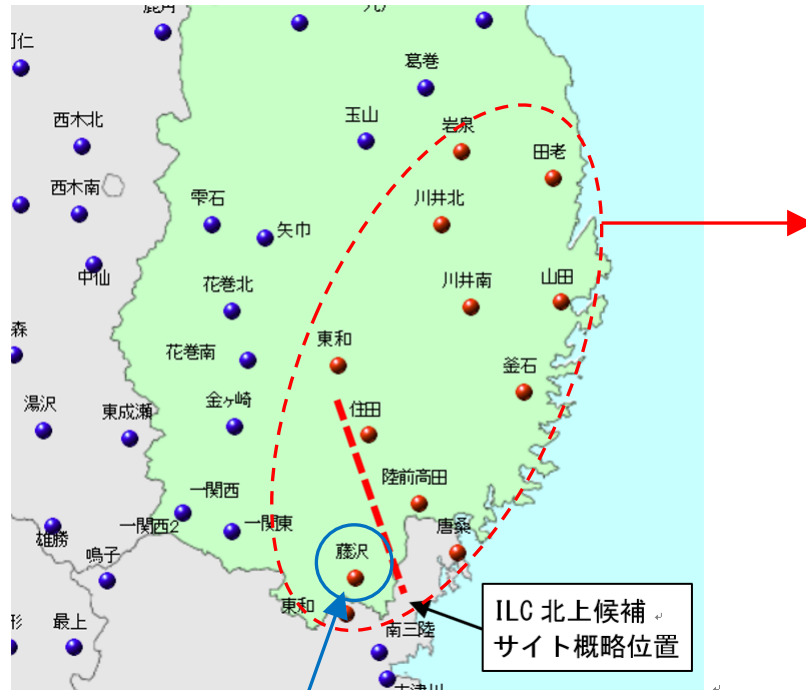
戸田建設(株) ○関根 一郎, 稲井 慎介, 若竹 亮
東北大学 吉岡 正和, 佐貫 智行

1. はじめに

- 国際リニアコライダー（ILC）の日本への立地に当たって、**地震の影響に対する対応**が注目されるところである。
- 地震動は地下岩盤内では**数分の1から1/5程度**になることが知られており、地震によるILC施設への**影響は少ない**と思われる。
- わが国は地震国であることから地震に対する対応策を検討しておくことは有意義である。
- 地震の影響を少なくするための**免震技術**が発達している。免震技術をILC施設に適用することにより、より良好な運用が可能になる可能性がある。
- しかしながら、免震技術は地盤と構造物の間で柔軟に変形して地盤の**揺れの上部構造物への伝達を低減**するものであり、常時微動に対しては構造物にどのような影響があるか明らかではない。
- 本研究では、ILC施設に**適した免震技術**について検討するとともに、免震技術を適用した際の**常時微動に対する構造物への影響**について検討した。

2. ILC施設で想定される揺れ

- 最大加速度は、地下は地上の約1/5



藤沢観測点はILC北上候補サイトに分布する千厩花崗岩に位置する → 応答解析の入力地震波に

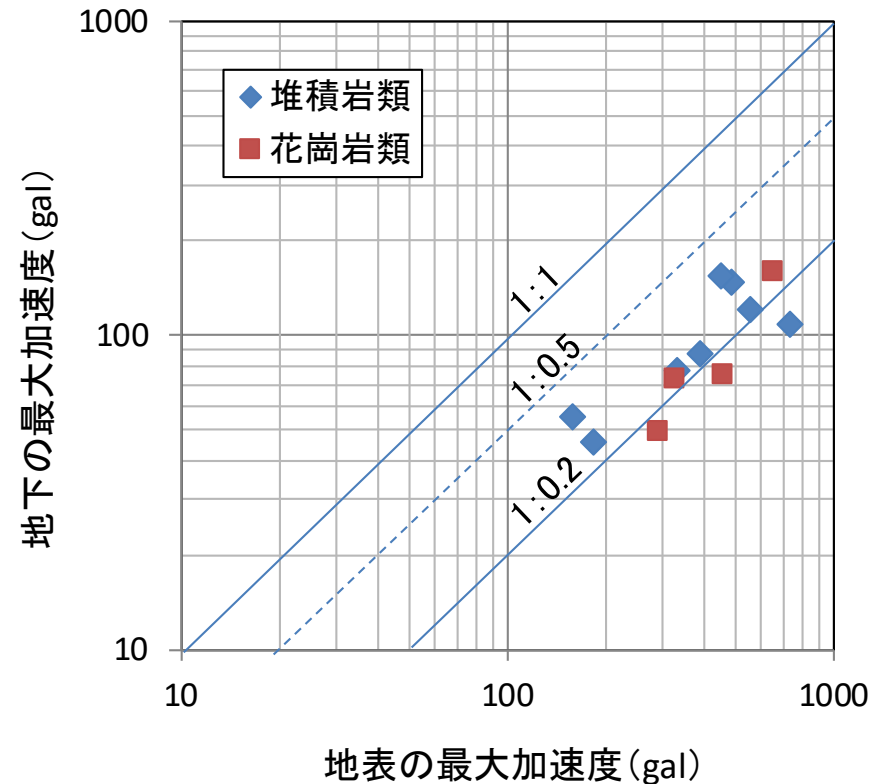


図-1 東北地方太平洋沖地震時の地表と地下の最大加速度比較

3. 免震技術の概要

3.1 免震装置の原理

- 免震装置は、地盤（もしくは他に土台となるもの）と建物間に設置され、鉛直方向には構造物を支持しつつ、水平方向には柔軟に変形して地盤の動きに追従しないで済むようにする装置である。
- 水平方向に柔らかくすることで建物の固有周期が伸び、建物への地震入力が低減される。
- 建物や地震の種類によって異なるが、免震建物は地震の揺れの強さを耐震建物の半分以下に抑えることが可能である。
- 本研究では建築分野で適用が進んだ免震技術をILC施設に適用することを検討した。

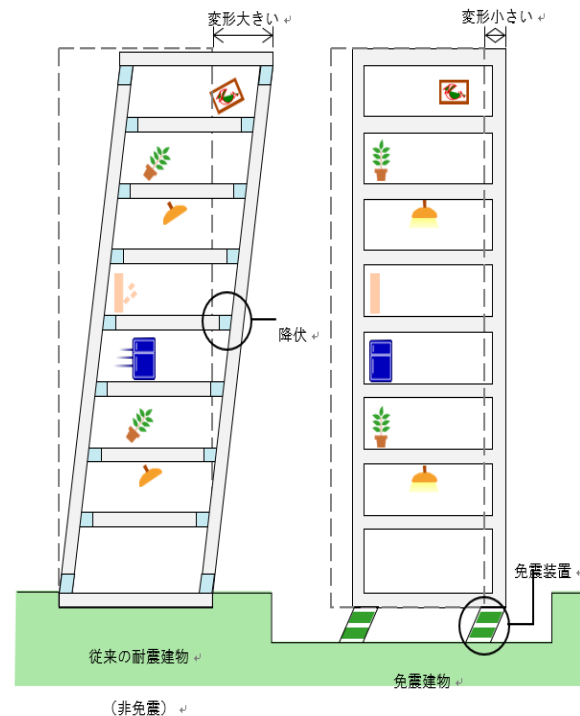
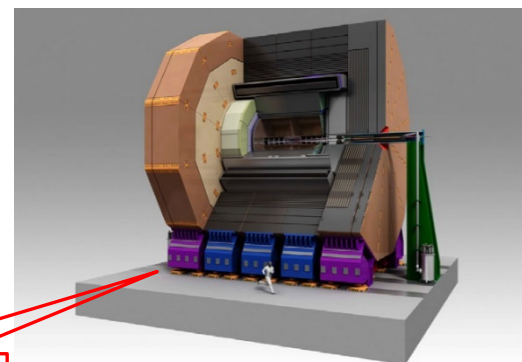


図-2 耐震構造と免震構造の地震時挙動







ここに適用

ILCの検出器

3.2 免震装置の種類

表-1 免震装置の種類

	原理	特徴	設置状況
積層ゴム支承	<u>金属板とゴムを交互に重ね</u> たもの。柔らかいゴムで水平方向にはゆっくりと変形して地震の揺れが建物に伝わらないようにする	天然ゴム系や鉛プラグ入り、高減衰積層ゴム等がある。	
弾性すべり支承	<u>すべり材と表面の滑らかな鋼板、積層ゴムで構成</u> される。地震時にすべり材が鋼板上を滑ることで、揺れが建物に伝わらないようにする	積層ゴム支承のみに比較して長周期化が可能。 <u>復元力を持たないため、積層ゴム支承等と併用</u> して使用される。	
剛すべり支承	<u>すべり支承の積層ゴム部がない</u> 以外は、弾性すべり支承と同じ。	基本的な特徴は弾性すべり支承と同じ。積層ゴム部がないため施工が煩雑となるが、 <u>常時微動の揺れを小さく</u> できる。	
転がり支承	<u>ボールベアリングとレール</u> で構成され、地震時にベアリングがレールを転がることで、地震の揺れが建物に伝わらないにする。	積層ゴム支承のみに比較して長周期化が可能。復元力を持たないため、積層ゴム支承等と併用して使用される。引張力に対しても抵抗可能。	

3.3 ILC施設に適した免震装置の検討

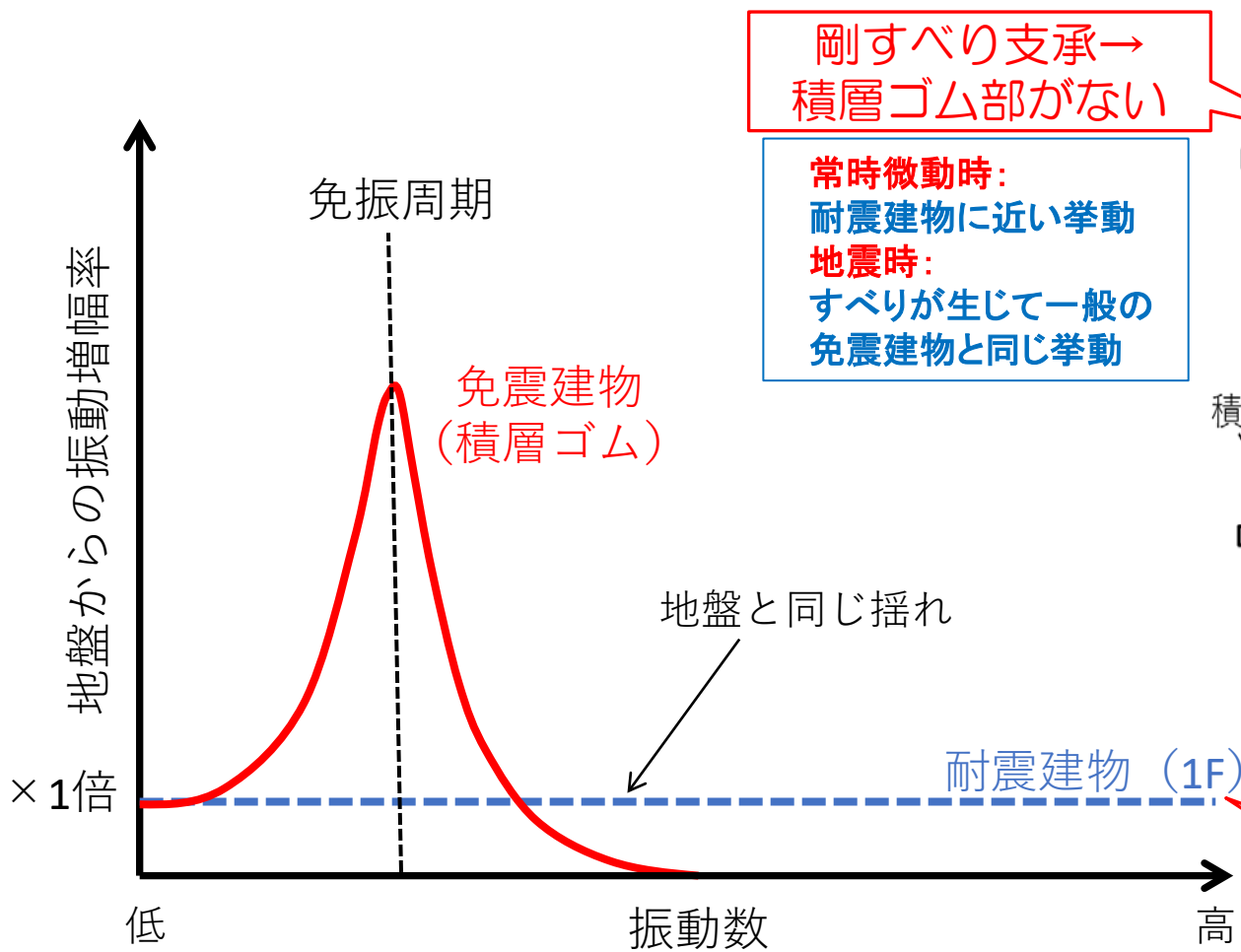


図-3 常時微動による揺れのイメージ

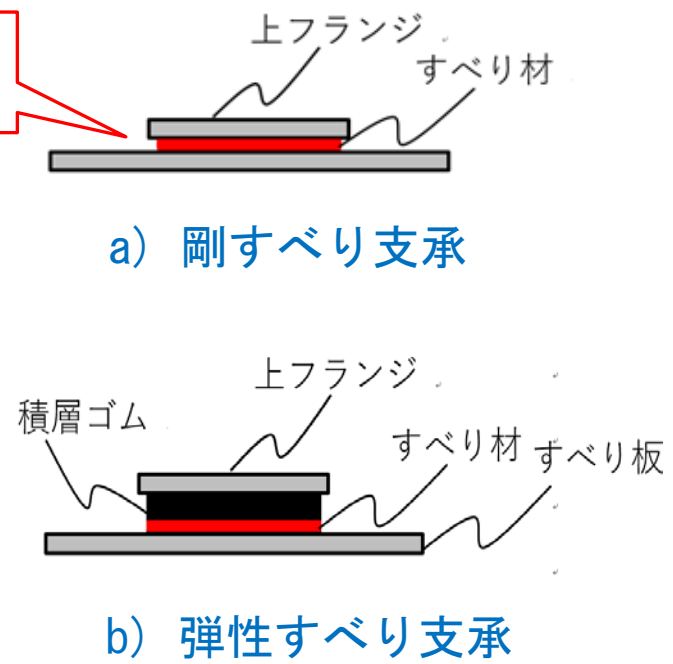


図-4 すべり支承の種類

剛すべりまたは耐震：
増幅しない

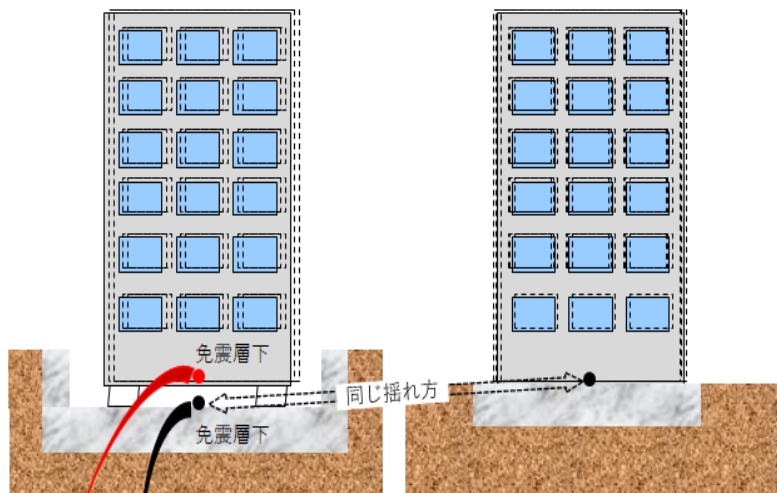
4. 免震技術を適用した施設の振動測定例

免震建物

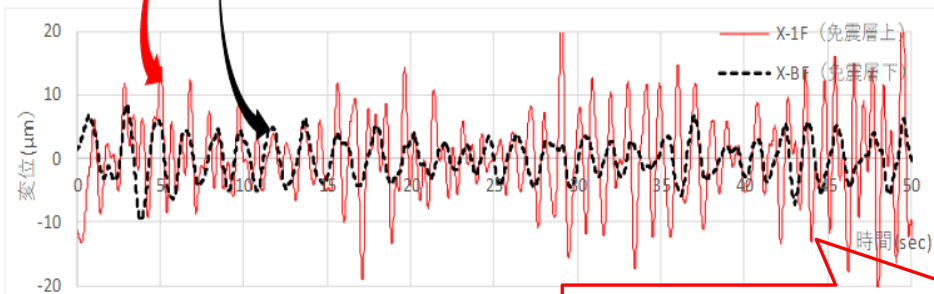
通常の建物（耐震建物）

設計周期：
3秒以上

卓越周期：
1秒（1 Hz）程度

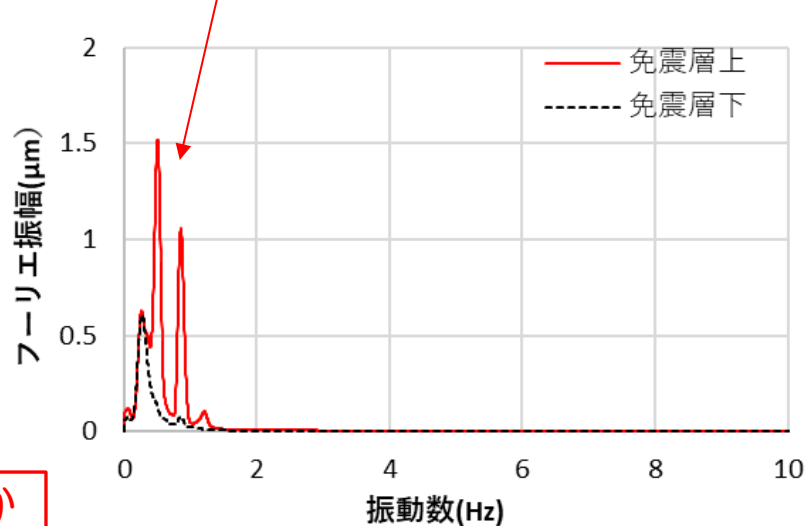


免震層下（地盤）に
比べて変位が大きい



a) 常時微動測定結果

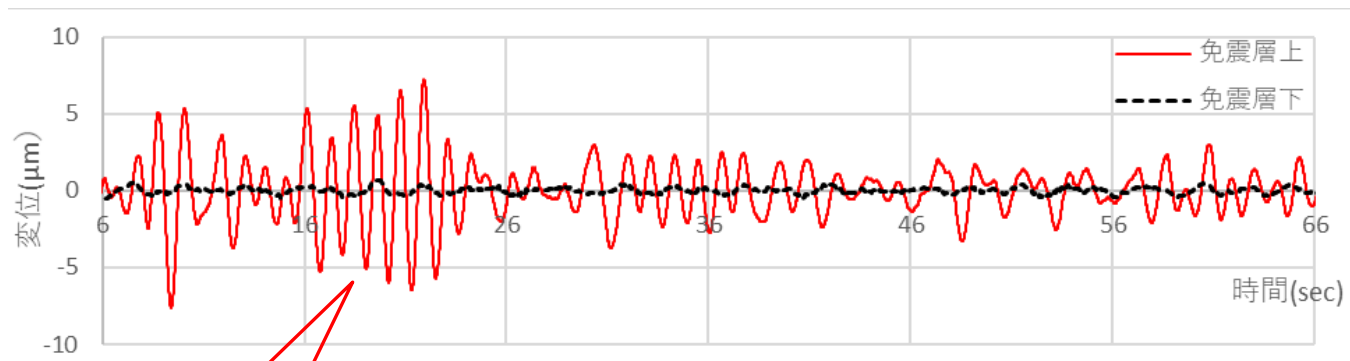
免震層上で数 μm から
20 μm まで増幅



b) 変位フーリエ振幅

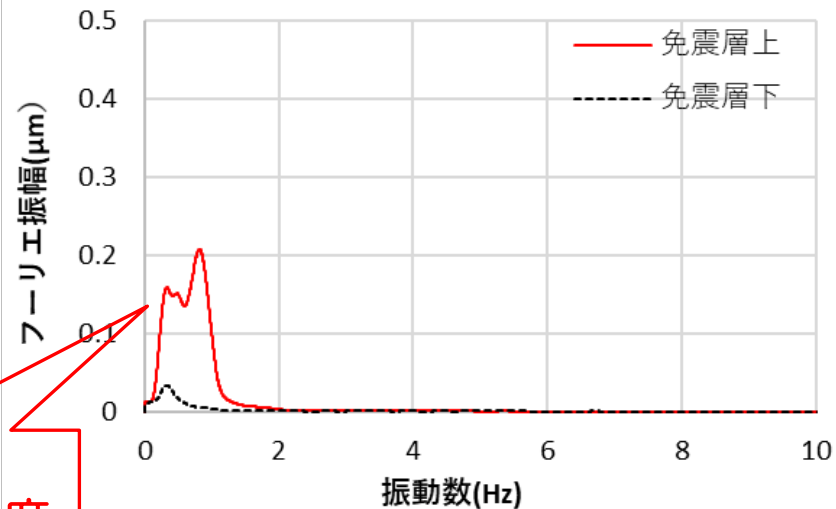
図-5 振動測定結果（事務所ビル）

4. 免震技術を適用した施設の振動測定例



a) 常時微動測定結果

免震層上で1 μm から
6 μm まで増幅



卓越周期：
1秒（1 Hz）程度

b) 変位フーリエ振幅

図-6 振動測定結果（生産施設）

5. 地震・微動応答解析

ILC重量：15,500tf

固有周期：耐震モデル：0.44秒程度、免震モデル1：4.5秒程度

剛すべり初期剛性：約10,000tf/cm、摩擦係数：0.01

オイルダンパー等価減衰定数：20%

微動解析の免震周期：約1秒

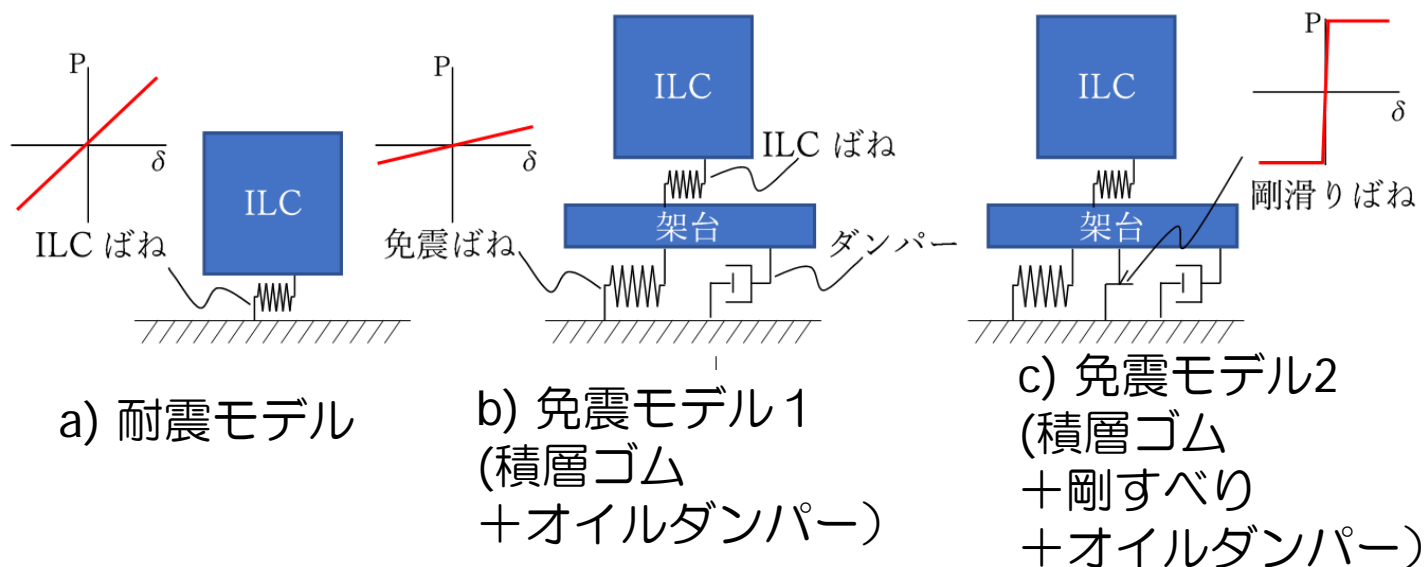
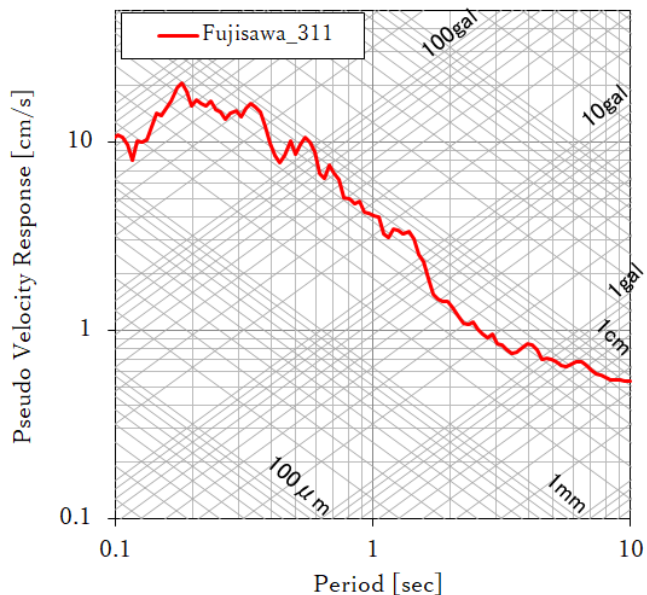
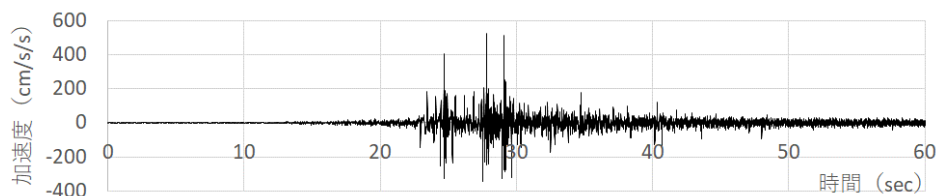


図-7 解析モデル

5.2 検討に用いた入力地震動

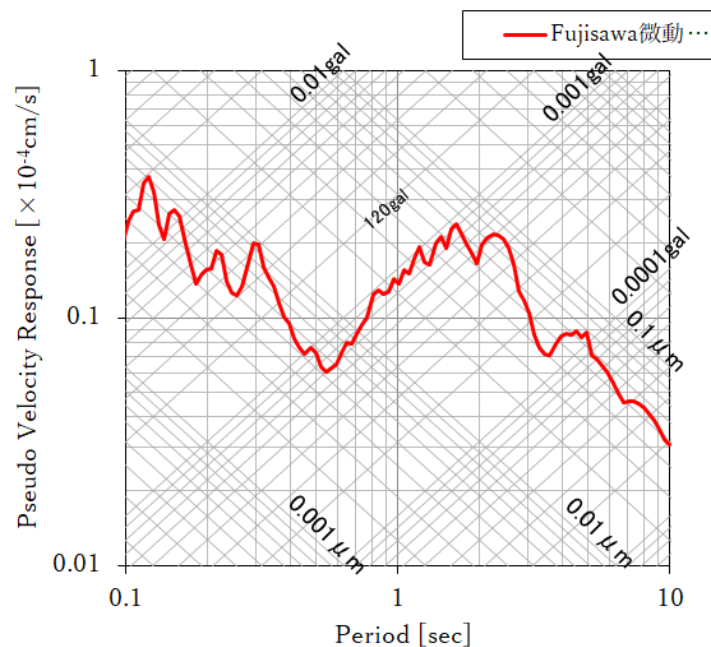
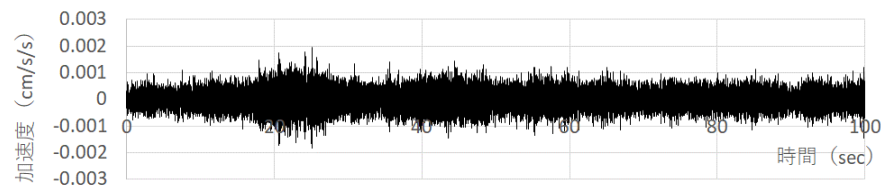
場所：藤沢観測点（地下100m）
日時：2011.3.11 14:46
（東北地方太平洋沖地震）



応答スペクトル

図-8 地震時応答解析

場所：藤沢観測点（地下100m）
日時：2018.7.23 12:00



応答スペクトル

図-9 微動応答解析入力波

5.3 応答解析結果

地震時は加速度で表示

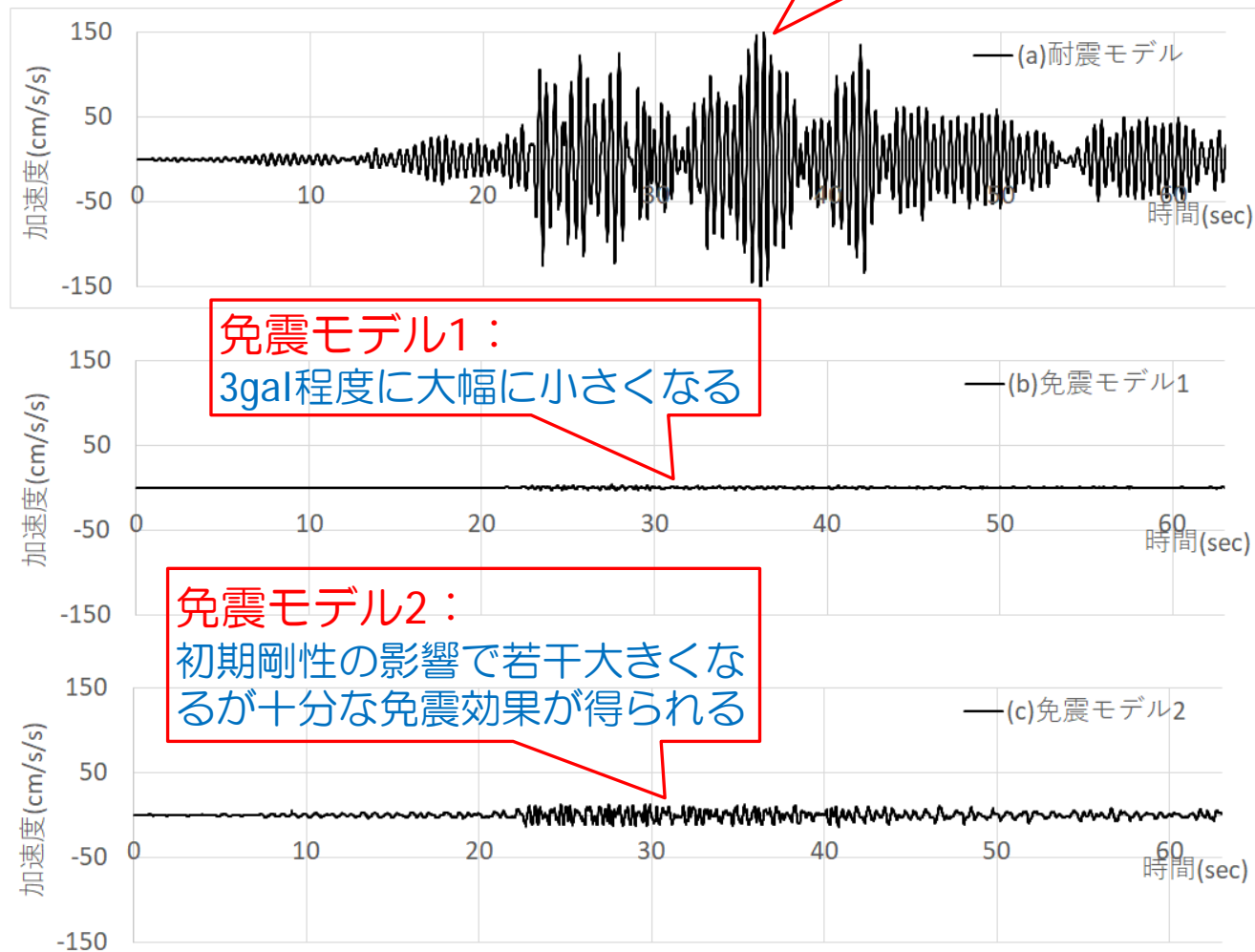


図-10 地震時応答解析結果

5.3 応答解析結果

常時微動に対しては変位で表示

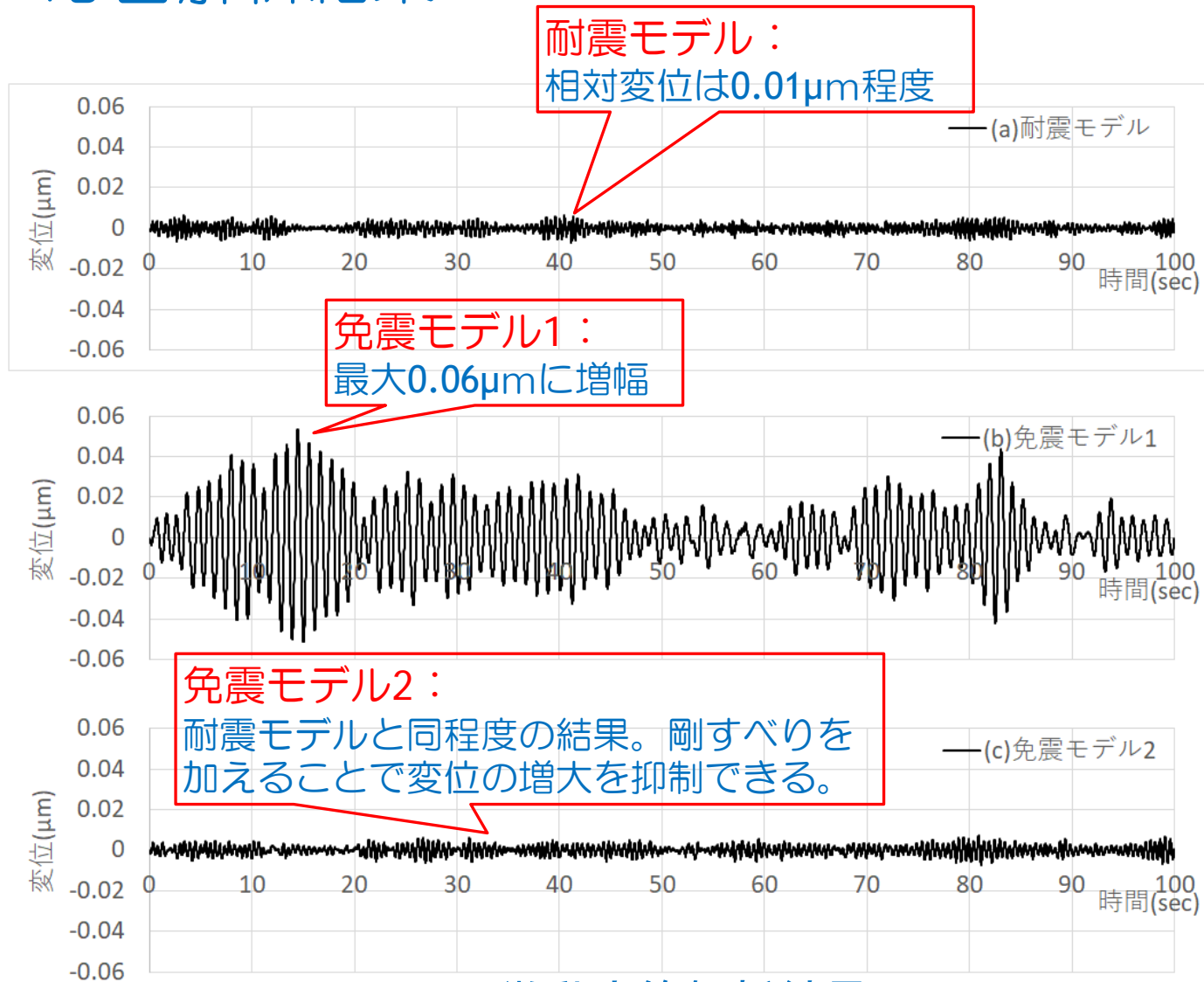


図-11 微動応答解析結果

6. まとめ

- ILC施設に適した免震技術について検討するとともに、応答解析を行い、免震技術の効果を検討した。
- その結果、積層ゴムと剛すべり支承を適用することにより、常時微動時に変位が増幅される現象を抑制できることが分かった。
- 今回の検討では、ILC検出器を1質点に簡略化したモデルで検討している。実際に近いモデルを用いて解析した場合、結果が異なってくる可能性がある。この点については今後の検討課題としたい。

御清聴ありがとうございました