

## V-13 地すべり抑止アンカー工維持管理に関する調査

研究予算：運営費交付金（治水勘定）  
 研究期間：平 16～平 17  
 担当チーム：雪崩・地すべり研究センター  
 研究担当者：花岡正明、丸山清輝、小嶋伸一

### 【要旨】

グラウンドアンカーには常に大きな緊張力が加わっており、その構造は杭工に比べ複雑で、維持管理への配慮が必要な工種である。特に地すべり対策として施工されたアンカーについては、斜面からの大きな引張力を受けるほか、定着部や金属部材に影響を及ぼす地中の地下水が多いうえに地下水位の変動が大きい事例も多く、さらに上部斜面からの落石などアンカーの機能に支障を与える条件が多いと考えられる。このように地すべりアンカー工の維持管理が重要であるが、地中に設置されているそれらの管理は容易でなく、点検さえも行われない傾向がある。

本研究では、地すべり地に施工されたアンカー管理について実態調査で課題を抽出し、異常を効率的に検知するため、地すべり斜面の振動特性に着目した新たな点検手法の可能性を検討した。

アンケート調査の結果、アンカーの点検はほとんどが1年に1回程度の遠望目視によることがわかった。また現地での実態調査より、アンカー頭部保護キャップの崩落・緩みが多数認められ、被災しやすい箇所の傾向は抽出できなかったが、点検の支障となる植生繁茂への対応の必要性が指摘できた。

点検手法の検討においては、アンカー受圧板では、緊張力の変化に伴い卓越周波数が変化する傾向が認められたが、アンカー群については、期待していた地すべりブロックとしての卓越周波数など、有意な結果を得ることができなかった。

重要な課題であるアンカー工の適確かつ効率的な点検手法について、今後とも検討して行きたい。

キーワード：地すべり、アンカー、振動特性、維持管理

### 1. はじめに

地すべり防止施設のうち、抑止工には地すべりの滑動力に力に対抗するアンカー工、杭工等がある。アンカーは、地すべり面より下部の基岩中に定着させた定着体と、地表面に設けた受圧板とを高強度鋼線とで連結し、これに緊張力を与えることによって、地すべり滑動力に抵抗させるものである。

一方、地すべり地は一般に地下水が豊富で、地下水の pH 及び溶解物質により腐食作用を被りやすいことや、地下水位変動に伴う地すべり挙動によりアンカーの荷重が変化する<sup>1)</sup>等がアンカーの破断及び老朽化に関わる環境として厳しいと推定される。

よって、複雑かつデリケートな構造のアンカーに破損等が発生した場合、地すべりの安定性が低下するため、アンカーの維持管理は非常に重要な課題であると考えられる。

このようなことから、地すべり地におけるアンカーの維持管理方法の課題や対応を検討するために、本研究では、①地すべり地におけるアンカーに対す

る施設管理者の点検の実態についてアンケート調査するとともに、②その結果主な点検手法であるアンカーの目視点検を実際に実施し、把握できる内容を確認し課題を抽出した。

一方、目視点検ではアンカーの地中部分の点検は不可能であることから、岩盤斜面の安定度評価への

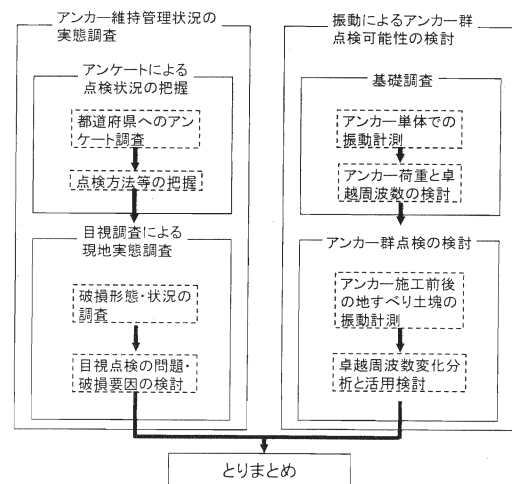


図-1 研究のフロー

応用研究がある振動特性に着目し、③アンカーを施工した地すべり斜面の常時微動などの振動特性を計測することで、簡易にアンカー全体（アンカー群とする）を点検する手法への活用の可能性について検討した。

## 2. 調査方法

### 2. 1 アンカー点検の実施状況の把握

地すべり地のアンカー点検状況の施設管理者による実態調査として、土木担当部局へ点検手法の調査を行った。主に各都道府県で過去5年間に施工した地すべり地のアンカーについて、アンカー点検の目視方法（頭部打音調査、荷重計の設置、リフトオフ試験）、点検間隔、常時監視用荷重計の設置の有無等について調査した。

### 2. 2 目視調査によるアンカー破損箇所及び点検での課題

既存の報告書等によると、アンカーの破損は、頭部付近が最も多く、アンカー頭部が直接外部にさらされるため、落石等による損傷や頭部保護工の浮き、保護工の崩落等の事例が多い。加えて、降雨による腐食あるいは劣化、水分の侵入によるテンドンや定着具の浸食によってアンカーが破損すると考えられている<sup>2), 3)</sup>。また、遊離石灰の流出、アンカー体の抜けだしなどのアンカーの破損形態が認められると報告がある<sup>4)</sup>。

また、アンケート調査結果より斜面下部等の遠望からの目視による点検が多いことから、目視によるアンカーの破損状況調査を平成17年10月末～11月に実施した。地すべり抑止アンカーの破損形態を確認するとともに、目視調査は、アンカー受圧板頭部保護工、のり枠について可能な程度で近傍から調査し、併せて破損した箇所立地条件についても注意して、目視点検における課題を整理した。

調査したアンカーは、施工から約10～20年程度経過している新潟県上越及び中越地方の6箇所である。表-1に調査を実施した地すべり地のアンカー施工状況を示す。

### 2. 3 振動によるアンカー群点検の可能性の検討

一般に目視による異常が認められた場合、必要に応じて表-2に示すような調査項目でアンカーの調査が実施される。

リフトオフ試験は、アンカーを再緊張してアンカ

一の引張荷重能力を測定する試験である。当試験は、多大な労力とコストを要するため、定期的な点検や軽微な破損のたびに実施することはできない。また、非破壊検査でも定着具を外す必要があることからリフトオフ試験と同様である。

また、アンカーは地すべり斜面に数多く施工されており、その一部が破損しても直ちに地すべり斜面が不安定化するわけではなく、アンカー全体（アンカー群）としての評価が必要である。

岩盤斜面の安定度評価において振動特性を用いた研究が行われているが、地すべりの場合も、アンカーで支えられる土塊が一体となって挙動すると考えられることから、同様に振動特性に着目できると考えた。

図-2に示す様な土塊を一体としたモデルを仮定し、地すべり土塊には固有の卓越した周波数を有すると考える。アンカーの一部が破損した場合、地すべり地の周波数が変化すると考え、アンカーの点検をアンカー群として実施する方法について検討した。

そのためまず、沖見地すべりでアンカー受圧板での周波数とアンカー荷重の関係について計測を行い、振動によるアンカー群点検の可能性を検討した。

表-1 アンカー調査箇所の状況

調査箇所	調査日時	受圧板	施工本数	施工年度
A	H17.11.28	のり枠	189	1992-1996
B	H17.11.29	のり枠	90	1987-1991
C	H17.11.29	のり枠	110	1984-1988
D	H17.11.11	のり枠	209	1999-1992
E	H17.10.24	のり枠	284	1989-1992
F	H17.11.18	独立受圧盤	23	1997

表-2 アンカーの維持管理における調査項目<sup>4)</sup>

調査項目	使用機器(例)	目的
目視調査	・ファイバースコープ ・スケール ・ルーペ ・試薬	PC鋼材、頭部定着具等の異常や錆の発生状態の確認、頭部定着の機能が確保されているかどうかの診断 コンクリートキャップの劣化診断
打音診断	ハンマー等	キャップコンクリートの健全性の確認、頭部定着具の浮き上がり等の異常の有無を特に頭部背面付近自由頂部の損傷、および腐食発生の有無を確認するための検査
非破壊検査	・超音波探傷機等	
リフトオフ試験	・ジャッキ ・静ひずみ測定器 ・変位計 ・圧力計等	残存緊張力の測定と設計耐力の確認
既存鋼材性能検査	・ジャッキ ・引張り試験機 ・硬度試験機 ・顕微鏡等	テンドンに発生した腐食進行度の確認 引張り強度、降伏強度、伸びおよび硬度 測定金属組織検査 耐用年数の推測

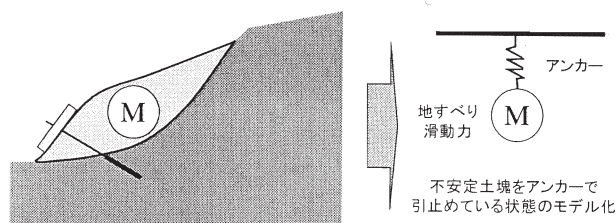


図-2 地すべりの振動モデル

### 2. 3. 1 沖見地すべりでの基礎試験

沖見地すべり（新潟県上越市牧区）において、アンカーに作用する荷重が計測できる試験用アンカー（独立受圧板, SEEE/自由長 37m: 写真-1）を用いて、独立受圧板の周波数とアンカー荷重の関係を調査した。

沖見地すべりは、現在も毎年数～数十 cm の移動が認められる第三紀層に属する地すべりである（図-3）。

9月18日にアンカーの初期緊張力(100 kN)まで1時間ほどかけて載荷し、その後、地すべり活動により、増大したアンカー荷重を100 kNに緩める前までに常時微動による振動を数回計測した。

9月18日の締め付け作業時には、一時作業を中断してアンカー荷重7、15、50、100 kNにおいて常時微動による振動を計測し、その後、1月9日、3月7日、4月11日に計測した。

アンカーに作用する荷重は、アンカー頭部に設置してある荷重計で計測した。また、周波数は独立受圧板の上端にコンクリートで台座を作成し、振動計を金具、石膏で固定して計測した。計測は、サンプリング周波数1000Hzで20秒実施し、2秒ずつ10波切り出した。計測結果はフーリエ解析を実施し、10波を平均し、卓越周波数を求めた。

### 2. 3. 2 アンカー施工前後における現地計測

アンカー群における地すべりの振動特性の変化を確認するため、アンカー施工前後の斜面振動特性を調査した。なお、アンカー施工前については、施工されたアンカーが全て被災した状態と同等の振動特性を示していると考えた。

調査地は、国道19号沿いの幅約130m、長さ約110mの地すべり斜面で（図-4）、現地踏査等の結果から

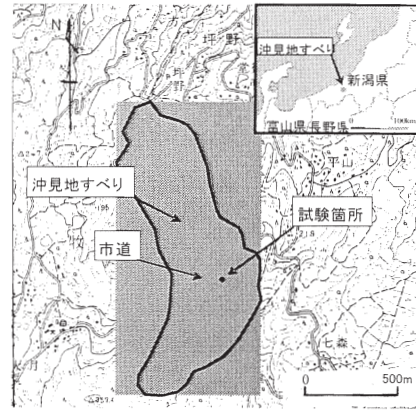


図-3 沖見地すべりと試験箇所



写真-1 沖見地すべりにおける計測状況

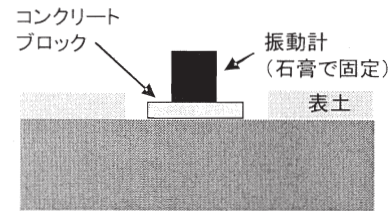


図-5 振動計の設置状況

表-3 アンカー施工前後の現地計測実施状況

計測日	計測箇所	現場状況
2004年12月16日	①、②	工事前
2005年3月13日	①、②	樹木伐採後
2005年12月20日	①～⑦	アンカー施工後 ブロック積擁壁未施工

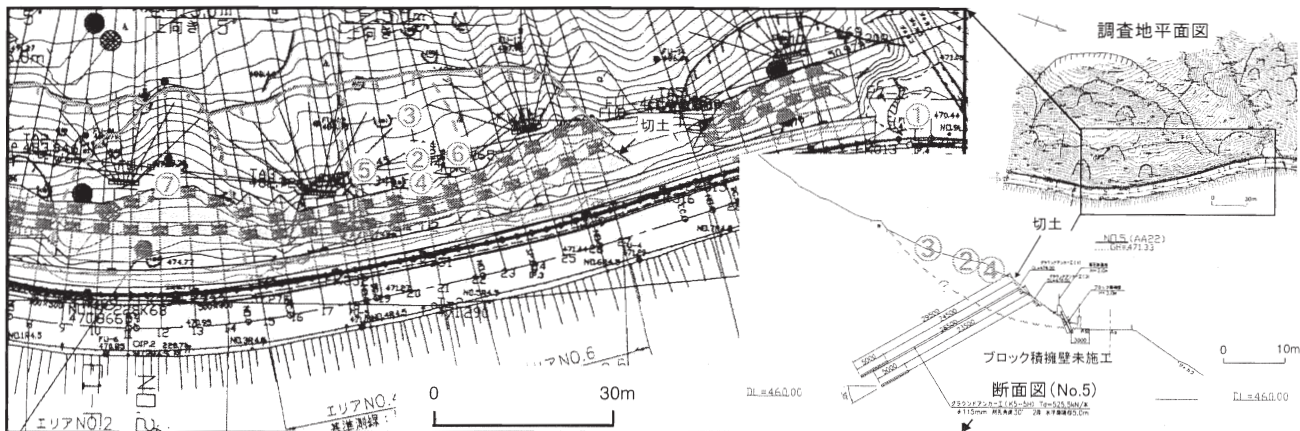


図-4 調査地平面図と計測地点

幅約20m、奥行き約30m、推定すべり面深さ約5mと推定される小ブロックを調査対象とした。本ブロック範囲には、独立受圧板に設置されたアンカー(525.5kN/本)が8本施工されている。振動計は、図-5に示すように、表層土を取り除いた平坦な地盤上に振動計を石膏で固めて固定したコンクリートブロック(30×30×5cm)に設置した。

現地で簡便に利用出来るものとして、常時微動と地すべり斜面の近くを通る自動車による車両振動を振源に用いることとした。

計測は昼間に実施し、各計測地点についてサンプリング周波数100Hzで約15分間計測し、常時微動と車両振動について約20秒間の波形を数波切り出した。

計測日と計測地点、現場状況を表-3に示す。計測は、アンカー施工前については2004年12月16日及び2005年3月13日に①、②の地点で同時に実施し、アンカー施工後(ブロック積擁壁未施工)については2005年12月20日に、①と②~⑦の地点でそれぞれ同時に行った。

### 3. 調査結果

#### 3.1 アンカー点検状況の把握

アンケートによるアンカー点検状況の調査に対し、74箇所(合計7,614本)における解答が寄せられた。アンカーの施工本数が25本以下のものから100本を超える大規模な箇所まであり、多様な母集団といえる(図-6)。

図-7は、アンカーの点検方法である。4カ所で常時監視用荷重計が設置されていた。また、頭部の打音調査を行っている事例は8例のみであった。大半は施設の異常の有無についての目視による点検であり、しかもほとんどが斜面下部等からの遠望目視によっている。

表-4は、常時監視地すべり地におけるアンカーの本数と荷重計の数であるが、アンカーの1.3~4.8%しか設置されていないことがわかる。

図-8は、目視点検の実施間隔である。点検無しや不明については41%あるが、点検間隔は年に1回が多くなっていることから、地すべり地の全体的な点検の一部であり、特にアンカーに注意した点検を行っているわけではない。

以上より、荷重計が設置されている例は非常に少なく、斜面下部から等の遠望からの目視による1年に1回程度の点検が大半であることが分かる。

#### 3.2 目視調査による現地アンカー点検結果と課題

写真-2は、のり砕工に施工されたアンカー施工斜面の状況であり、アンカー頭部を目視することが出来ない箇所があった。写真-3は独立受圧板のアンカー施工斜面の状況である。2m四方の独立受圧板が、植生により確認しづらくなっている。表-5は、今回の調査での確認できたアンカーの本数である。F地区はアンカー近傍まで近寄れたため全て確

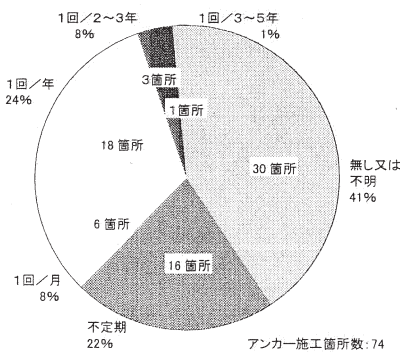
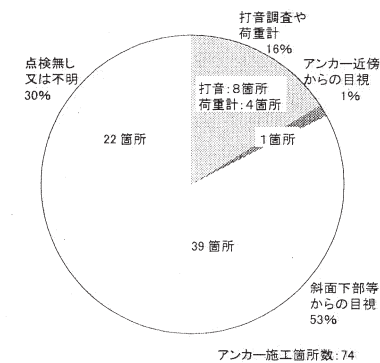
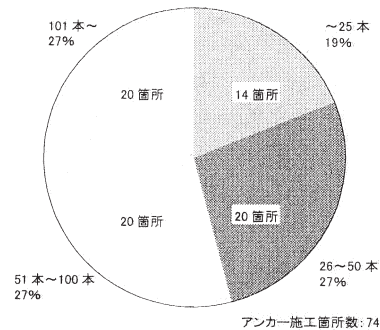




写真-2 アンカー施工斜面の状況  
(E地区、調査日 H17. 10. 24)

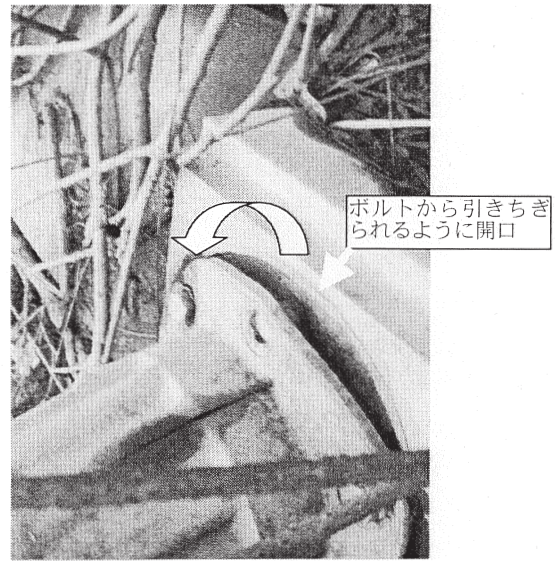


写真-5 アンカー頭部保護キャップの浮き  
(A地区、調査日 H17. 11. 28)



写真-3 アンカー施工斜面の状況  
(F地区、調査日 H17. 11. 16)

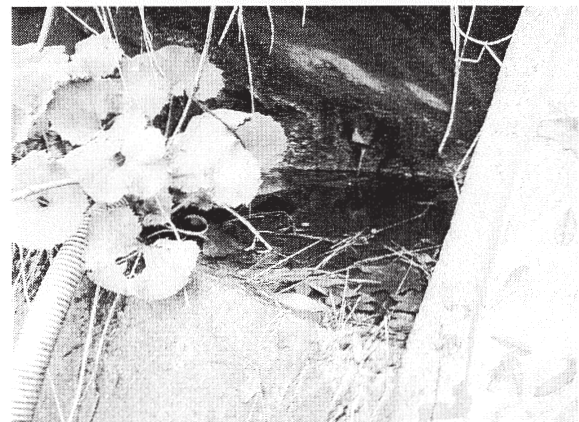


写真-6 のり枠工内に溜まっている湧水  
(D地区、調査日 H17. 11. 11)

表-5 目視調査の結果

調査箇所	施工本数	確認本数	被災箇所数	破損形態
A	189	150(79%)	17(11%)	アンカー頭部保護キャップの浮き、崩落
B	90	6(6%)	0(0%)	
C	110	46(41%)	8(17%)	アンカー頭部保護工の浮き、崩落
D	209	99(47%)	0(0%)	
E	284	75(26%)	9(12%)	アンカー頭部保護キャップの浮き、崩落
F	23	23(100%)	0(0%)	



写真-4 アンカー頭部保護キャップの崩落  
(E地区、調査日 H17. 10. 24)



写真-7 アンカー頭部保護キャップ付近の状況  
(E地区、調査日 H17. 10. 24)

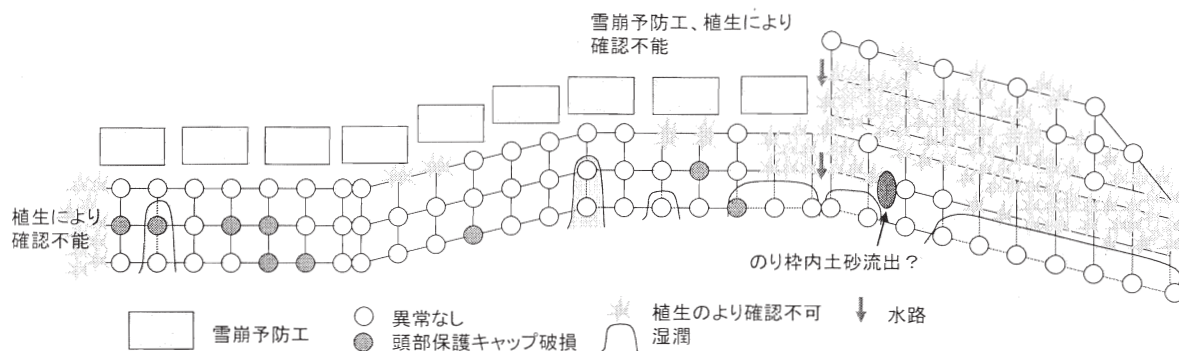


図-8 アンカーの被災状況調査結果模式図 (E地区)

認できたが、B地区では、近寄れず河川対岸からの目視で確認が6%しか出来なかった。まずアンカーの近傍で目視点検できるようにすることが重要である。

写真-4～6は、今回の調査で認められたアンカーの被災状況である。アンカー頭部保護キャップが崩落しているE地区では(写真-4)、プラスチック製と鋼製が装着されているが、プラスチック製のものが崩落したと考えられる。写真-5は、プラスチック製保護キャップの浮きが認められた事例で、保護キャップがボルトから引きはがされるように浮いている。調査地域は積雪が多くグライドの影響も考えられる。C地区ではコンクリート製保護工の崩落や浮きも認められた。

写真-6は、のり枠の中に湧水が溜まっている事例である。また、写真-7のようにアンカー頭部付近に苔が生えている状況が認められ、のり枠、アンカー頭部が湿潤状態になっている状況がわかる。これらは、のり枠背面の浸食、アンカー頭部の腐食などの原因となる可能性があると考えられる。

図-8は、E地区の調査結果の模式図である。湧水や湿潤な箇所、沢地形や斜面の上部・下部等、特にアンカーが破損しやすい注意すべき立地条件は認められなかった。

### 3.3 振動によるアンカー群点検の可能性の検討

#### 3.3.1 沖見地すべりでの基礎試験結果

図-9は、沖見地すべりで実施したアンカー緊張力と卓越周波数の関係で、1月9日、3月7日、4月11日では、それぞれ、地すべり活動によりアンカーに生じた荷重を除荷する前の計測結果である。9月18日のアンカー締め付け時には、アンカー荷重7kNで46Hz、100kNで49.5Hzに卓越周期が認められ、アンカー荷重の増加に従いほぼ比例して卓越周波数

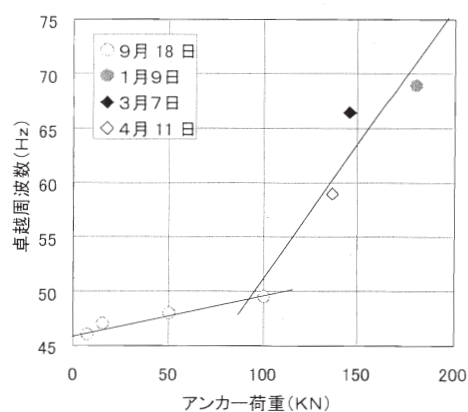


図-9 アンカー緊張力と卓越周波数の関係

も増加している。アンカー荷重を増加させるに従い安定性が増したため周波数が大きくなったと推定される。

地すべり土塊の振動を計測したわけではないが、独立受圧板の振動を計測することでリフトオフ試験と異なり簡便にアンカーに作用する荷重をある程度予測することが出来ると考えられる。

#### 3.3.2 アンカー施工前後における現地計測

アンカー施工着手前の2004年12月16日、伐採後の2005年3月13日と、施工後の2005年12月20日の振幅は、常時微動、車両振動ともに、大きな変化は認められない。

図-10には、EW方向のフーリエスペクトルの比(②/①)と②地点における上下動のスペクトル比(H/V)を示す。

微動の計測結果では、①/②のフーリエスペクトル比で2004年12月16日、2005年3月13日に35Hz付近で見られた卓越周波数がアンカー施工後には認められなくなっている。H/Vについても、2004年12

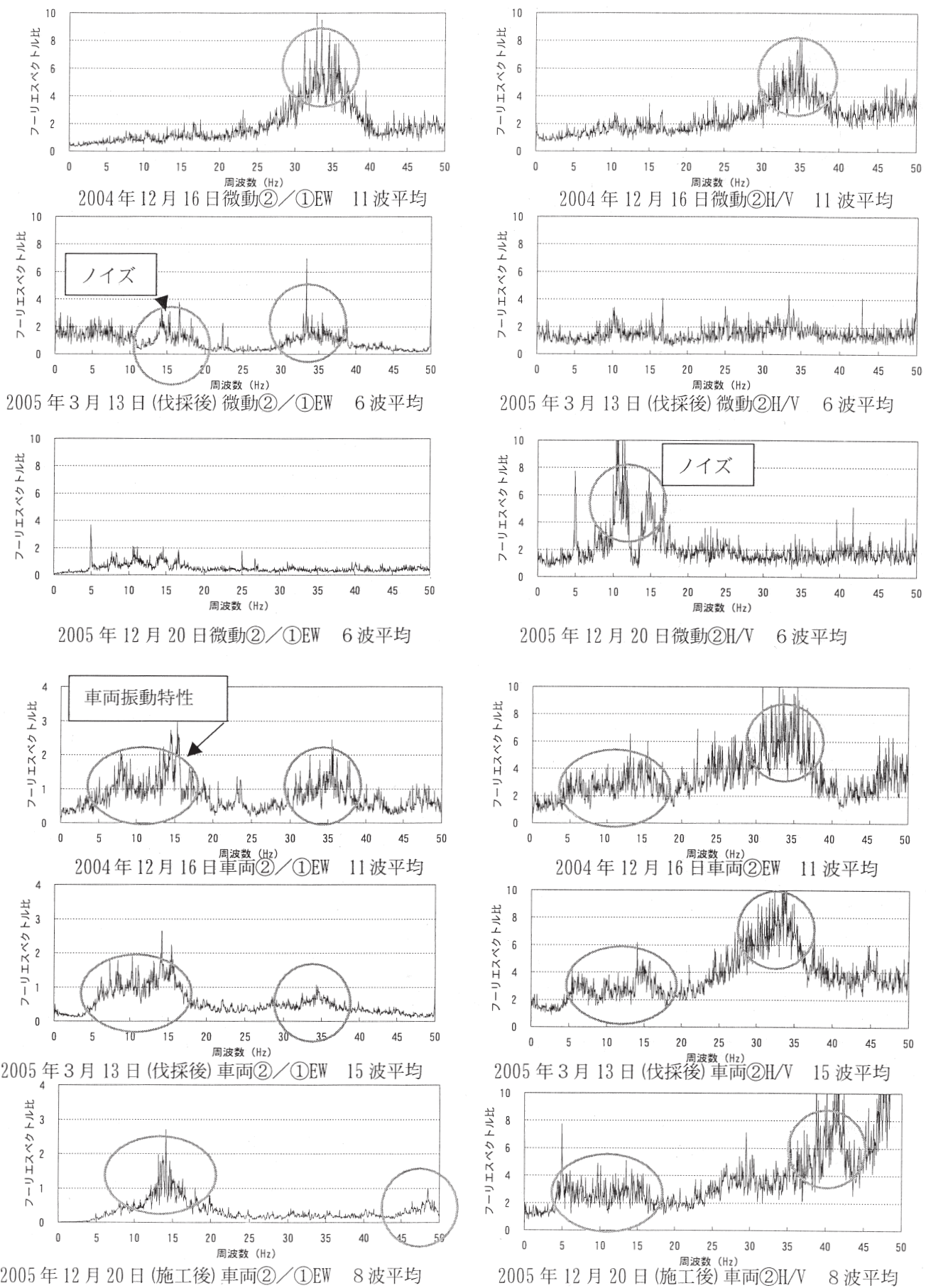


図-10 アンカーの施工前後における現地計測結果

月 16 日には 35Hz 付近に卓越が認められるが、その後の計測では認められない。

車両振動による計測結果のフーリエスペクトル比では、2004 年 12 月 16 日、2005 年 3 月 13 日に 35Hz 付近でアンカー施工後の 2005 年 12 月 20 日には 47Hz 付近でやや卓越が見られる。H/V についても、2004 年 12 月 16 日、2005 年 3 月 13 日には 35Hz 付近に 2005 年 12 月 20 日には 40Hz 付近でやや卓越が見られる。なお、10Hz 付近の卓越は車両による振動特性と推定される<sup>5)</sup>。

これらの結果から、H/V により卓越周波数を推定できる可能性があることが分かる。常時微動では、振動特性の変化は認められなかった。また、車両振動では、かなり高い周波数であるが施工前後で卓越周波数が 35Hz から 40Hz に変化しておりアンカー施工により影響が出ていることが推定される。

図-11 は、アンカー施工後の②～⑦地点での H/V で認められる卓越周波数を示したものである。図中の「不明」とは、明瞭な卓越周波数が特定できなかったものである。

地すべり奥行き方向に配置した⑥②⑤では、奥に行くほど、卓越周波数が小さくなる傾向が見られる。

地すべり横断方向に配置した③②④では、各々異なった卓越周波数を取り、一定の値を取っていない。これは、同一ブロック内でも測定地点により、卓越周波数が異なり、アンカー群としての常時微動診断への応用は難しいことになる。その理由は、アンカーが押さえている土塊の範囲が異なることや、地形形状等が影響しているためだと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、①地すべり地におけるアンカー工管理者が行っている点検の実態について調査するとともに、②地すべり地においてアンカーの目視による調査、現地の実状と目視点検の課題を明らかにし、③地すべり斜面のアンカー点検への常時微動計測の導入を検討した。

その結果、今回の調査範囲においては、以下のことが分かった。

- ①アンカーの点検方法は、ほとんどが遠望目視点検で、点検頻度は 1 年に一回程度が多い。
- ②目視点検の結果、把握されたものはアンカー頭部保護工の破損・崩落がほとんどであった。また、植生のため目視できない箇所がある。
- ③今回の調査では斜面における、アンカーが被災

しやすい立地条件は特定できなかった。

- ④独立受圧板の卓越周波数を計測することによりアンカー荷重を推定できる可能性があることが分かった。
- ⑤アンカー群の振動を用いた点検手法については、地すべりブロック固有の卓越周波数を特定できず、課題が多いことがわかった。

今後とも、データを収集し調査手法を検討していく必要がある。

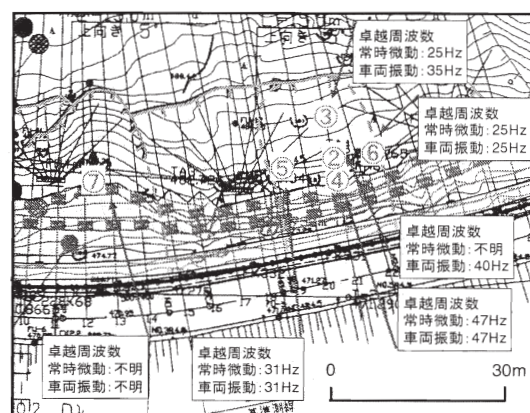


図-11 2005 年 12 月 20 日(施工後)の観測結果  
(H/V 8 波平均)

#### 参考文献

- 1) 朝日和雄、吉村雅宏、田山聡、山田浩：グラウンドアンカー工の有効緊張力の変動に関する一考察、土木学会第 45 回学術講演会、pp. 888-889、1990
- 2) グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説、pp. 181～192、平成 12 年 3 月、(社)地盤工学会
- 3) 朝日和雄、吉村雅宏、田山聡：グラウンドアンカー工の長期安定性に関する現地調査、第 25 回土質工学研究発表会、pp. 1555-1556、1990
- 4) 大下武志、小野寺誠一、井谷雅司：アースアンカーの健全性診断・補強方法に関する研究、平成 14 年度重点プロジェクト研究報告書、pp. 377-382、平成 15 年 3 月、独立行政法人土木研究所
- 5) 山田浩：グラウンドアンカーの耐久性と維持管理、基礎工 2003 年 6 月、pp. 69-73
- 6) 新井洋：単一走行自動車による地盤振動伝搬特性に関する研究、第 35 回地盤工学会研究発表会、pp. 2355-2356、2000. 6、地盤工学会