

低荷重グラウンドアンカーの施工および品質保証試験について

関 谷 悟*

1. はじめに

平成19年7月16日、柏崎沖を震源とするマグニチュード6.8の中越沖地震が発生し、柏崎市、刈羽村を中心として、上中越地域の各地に甚大な被害が生じた。家屋の倒壊や斜面崩壊、土木構造物の被害も顕著であり、現在も各地で復旧工事が進められている。

本稿ではそうした震災復旧の現場の一つとして、上越市柿崎区内で行われた斜面崩壊対策工事におけるグラウンドアンカー工の施工および品質保証試験に関わる事項について紹介する。

2. 工事概要および背景

当該工事概要は以下のとおりである。

- i) 工 事 名：柿崎7区災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業法面（アンカー）工事
- ii) 工事場所：上越市柿崎区柿崎地内
- iii) 工 期：平成20年1月18日～平成20年11月9日
- iv) 発 注 者：新潟県上越地域振興局妙高砂防事務所
- v) 施 工：グリーン産業株式会社
- vi) 工事概要：擁壁増打工一式 法枠工一式
グラウンドアンカー工111本

施工地は北陸自動車道柿崎ICから北に約1.3kmの位置にあり、県立久比岐高等学校のグラウンドおよび上越市営テニスコートに面した斜面である（図1）。斜面には主に擁壁が設置されていたが、地震動を受け転倒や座屈等の変状を生じていた（写真1）。また、斜面上部の宅地部分には段差亀裂を生じていた。



図1 施工位置図



写真1 施工前擁壁被災状況

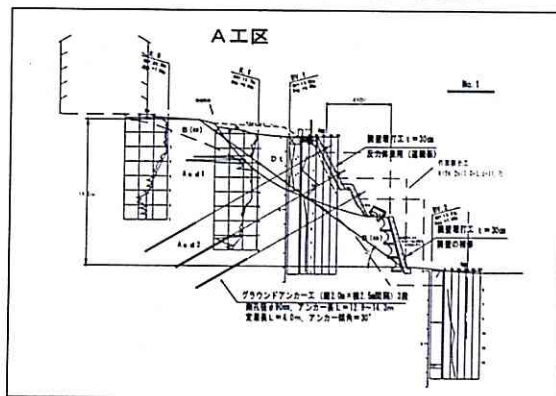


図2 設計標準横断面図

*グリーン産業(株)

施工地周辺域は微高地を形成する砂丘地域にあたる。施工前段階の調査によれば地下には新しい時代の砂丘砂（N値20以下程度）および人工的な盛土が分布している。このうち地震により変状を生じたのは主に斜面表面に造成された盛土部分とされた。復旧工法として新たに擁壁の増打ちや吹付法砕工の施工を行い、これらを支承としてグラウンドアンカーを打設して緊張力を作用させ、斜面崩壊抑止を図る計画であった（図2）。

3. 弾性変位量が基準未満となるグラウンドアンカー

当工事で計画されたグラウンドアンカーの仕様は表1のとおりである。過去に経験した一般的なグラウンドアンカー工の仕様を考えると、期待する地盤の周面摩擦抵抗値（ τ 値）が非常に低く、1本のアンカーが負担する設計荷重を36.6～64.0kNと極端に小さく

表1 設計アンカーの仕様

	A工区	C工区	D工区
削孔径	$\phi 90\text{mm}$	$\phi 90\text{mm}$	$\phi 90\text{mm}$
アンカー体長	4.0m	4.5m	3.5m
アンカー自由長	8.9～10.3m	6.7～10.4m	8.2m
設計荷重	48.5kN	64.0kN	36.6kN
施工段数	3段	3段	1段
打設ピッチ	2.5m	2.5m	2.0m
設計周面摩擦抵抗値	0.12N/m ²	0.13N/m ²	0.10N/m ²

している点が大きな特徴であった（通常は低い場合でも200kN程度以上が多い）。このことはアンカー体定着地盤に適した硬い地盤が付近になく、軟らかい砂丘砂層に定着する必要があったことに原因があるものと考えられるが、このような低荷重のグラウンドアンカーは今までに経験がなかったため、施工上（品質管理上）の問題を生じることとなった。

定着地盤の実際の周面摩擦抵抗値（以下 τ 値）を確認する目的で行った基本調査試験（引抜き試験）においては、想定された τ 値を確認できたものの、図3のとおりアンカー鋼材の弾性変位量の多くが「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」（社）地盤工学会）で規定されている許容値（図4）を下回る挙動を示した。アンカーが理論値どおりに伸びない傾向は3本行った試験アンカーの全てにおいて認められた。

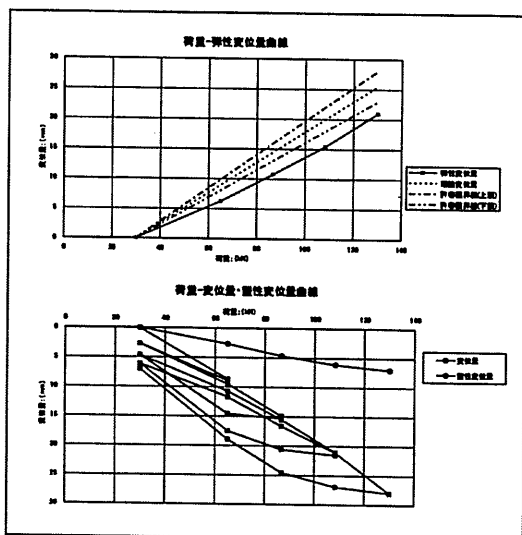


図3 基本調査試験時アンカー緊張管理図

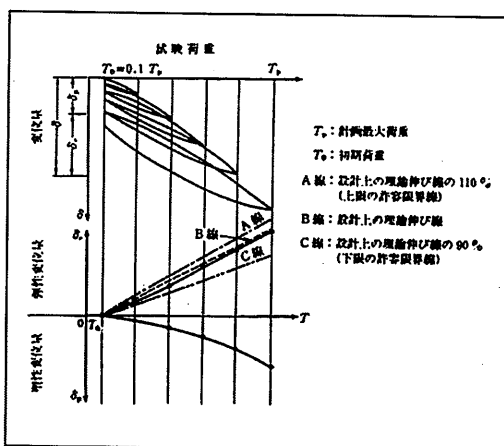


図4 荷重-弾・塑性変位量曲線の見方
「グラウンドアンカー工設計・施工基準、同解説」（地盤工学会）より

通常、グラウンドアンカーの弾性変位量が低い場合に疑われる項目として以下のような施工不良が挙げられる。

- ・アンカーの長さ（自由長部）が短い
- ・規格に合致した鋼材を使用していない
- ・適正な荷重を載荷していない

ただし当然、試験アンカーの施工過程でこうした施工不良を生じるような要因はなかったため、別途原因として以下の2点が考えられた。

- 1) 低荷重の載荷条件に起因したアンカー鋼材とシースとの間の摩擦の影響
- 2) 損傷した擁壁等に起因した受圧構造物の沈み込みの影響

当基本調査試験時の最大荷重は100~140kN程度であり、標準的な載荷荷重よりかなり低い数値であることから、これらのうち特に1)が原因の大きな割合を占めているものと考えられた。(注)日本アンカー協会の手引書によれば「低レベルの荷重段階では、摩擦損失が導入荷重に対して、比較的大きくなるため許容範囲に入らないのが現状である」という記載があるが、最大試験荷重を含め全ての荷重段階で許容値を下回る事例がみられたのは初めてであった。

こうした現象を受けて、本設アンカー打設後の品質保証試験では通常通り試験を行った場合、基本調査試験よりもさらに低い荷重での試験となることから、同様に適正な弾性変位量を得られない可能性が高いと考えられた。結果的に前述のような施工不良を疑われることが懸念され、本設アンカーに対していかにして試験を行い品質証明を行うかが課題となった。

4. 品質保証試験方法の提案

グラウンドアンカー工では適切な施工かつ適切な品質を有することを証明するために全てのアンカーに対して「品質保証試験」を行う必要がある。具体的には設計荷重の1.2倍（1サイクル確認試験）もしくは1.5倍（多サイクル確認試験）の荷重まで載荷を行い、その荷重に耐えられること、またアンカー鋼材の弾性挙動が基準値内にあることを確認するものである。

基本試験の結果を受けて、品質保証試験の際に以下の2項目を発注者に提案した。

- ① 試験荷重を可能な限り大きく設定する
- ② 弾性変位量が許容値を下回った場合の品質証明方法をあらかじめ設定する

表2 品質保証試験時最大試験荷重の設定

項目	設計荷重 Td	通常時最大試験荷重 Tmax		施工時 前孔径d	周面摩擦 抵抗τ	アンカー 体長la	施工時前孔径を考慮した 仮の設計アンカー力 Td' (Fs=2.5)	Td'の 1.5倍の 荷重	アンカー鋼材 降伏荷重× 0.9倍0.9Ys	最大試験荷重 Tmax' Min(1.5Td', 0.9Ys) 1サイクル・多サイクル共通
		1サイクル時	多サイクル時							
A工区	48.5	58.2	72.8	115	0.12	4.0	69.3	103.9	140.0	103.9
C工区	64.0	76.8	96.0	115	0.13	4.5	84.5	126.7	140.0	126.7
D工区	36.6	44.0	54.9	115	0.10	3.5	50.5	75.7	140.0	75.7

$$Td' = \frac{\pi \times d \times \tau \times la}{Fs}$$

①については、設計段階ではアンカー体の削孔径がφ90mmとして計画されていたが、実際の施工ではφ115mmと一回り大きな径で削孔を行っていたため、これより施工時削孔径を考慮した仮の設計アンカー力を逆算により求め、試験荷重を可能な限り大きくとることとした(表2)。また、1サイクル確認試験、多サイクル確認試験ともに同一の最大試験荷重(仮の設計アンカー力の1.5倍の荷重)と設定した。

②については、(社)日本アンカー協会の手引書を参考として、当現場における低荷重アンカーの判定方法を提案した。あらかじめ低荷重に起因した弾性変位量の不足が発生する懸念があることを発注者に提示し、さらにそうしたケースの対応として図5に示す判定方法を提案した。

これら提案について了解を得られたため、これに沿って品質保証試験を行った。

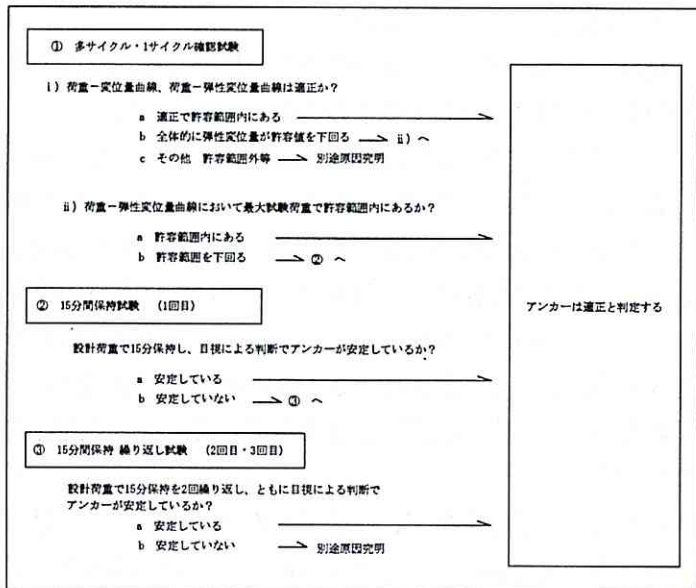


図5 品質保証試験 結果判定フロー

5. 品質保証試験の結果

品質保証試験の結果の一例を図6にまとめる。試験前に想定されたように、全てのアンカーにおいて弾性変位量が低い傾向が顕著に表れた。最大試験荷重で規格値内の弾性変位量を示したのはわずか3本(全体の約3%)であっ

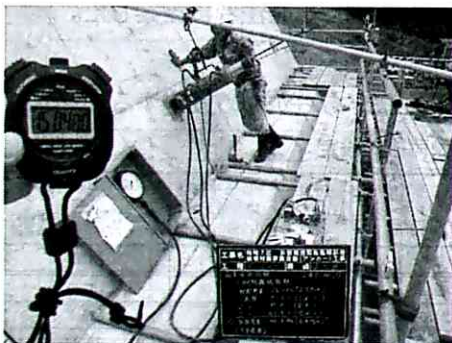


写真2 品質保証試験の様子

各荷重段階の試験荷重(kN)	Td	初期荷重	1段階	2段階	3段階	Td 15分保持
	48.5	25.0	50.0	75.0	103.9	時間内における荷重低下は認められず、アンカー全体の挙動が安定しているため適性と判定される
全変位量(mm)	-	0.00	15.84	33.26	53.50	
弾性変位量(mm)	-	0.00	9.56	24.62	43.27	
塑性変位量(mm)	-	0.00	6.28	8.64	10.23	
理論伸び量(mm)	16.33	0.00	17.37	34.74	54.82	
上限値(mm)	17.96	0.00	19.11	38.21	60.30	
下限値(mm)	14.70	0.00	15.63	31.27	49.34	

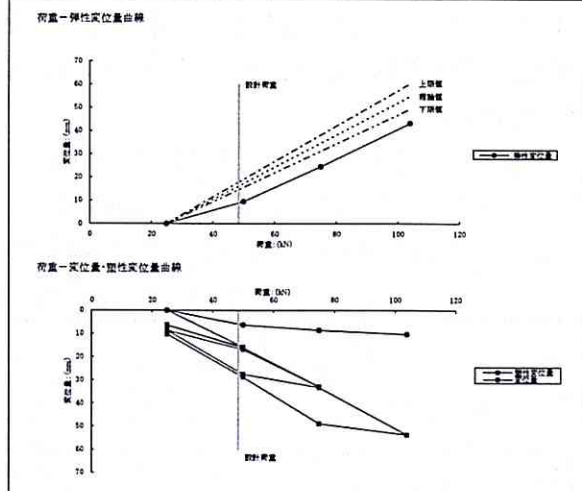


図6 品質保証試験(多サイクル確認試験)結果例

た。ただし、規格値内に入らないアンカーについても、全てのアンカーで下限値に近い比例関係を示していたほか、通常のサイクルでの試験の後に設計荷重で15分の荷重保持確認試験を実施して品質確認を行った。

6. おわりに

基本調査試験段階であらかじめこのような現象に着目し、品質保証試験の計画で発注者に提案できたことにより、スムーズに作業をすすめることができた。

低荷重のアンカーは弾性変位量が理論値に比較してかなり低い値しか得られないことが実感できた。現場で造成するアンカーは理論値を計算する理想的な状況とは異なり、おそらく削孔した孔自体が一直線ではないであろうし、また同様にアンカー鋼材自体も一直線ではない状態で固定されると思われる。通常数100kNの荷重で緊張する場合には、摩擦の影響は比較的小さいものと考えられるが、今回のような低荷重となる特殊なケースでは、摩擦の影響を大きく評価する必要がある、このことをよく実感できた現場であった。

これらの経験を今後の業務にも役立てていきたい。弊社が当現場を施工するにあたり、お世話になった発注者をはじめ関係者の皆様方に感謝申し上げる。

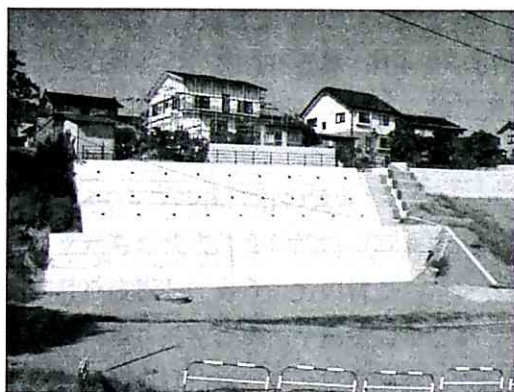


写真3 竣工 (A工区)

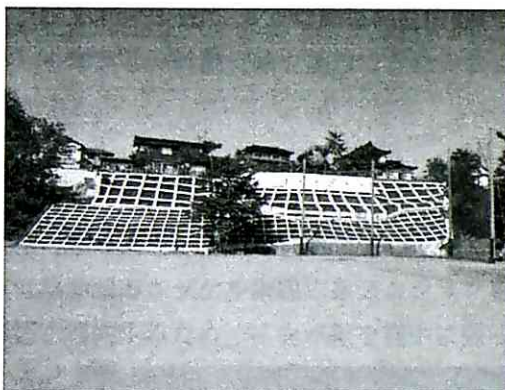


写真4 竣工 (C工区)



写真5 竣工 (D工区)