

Ⅲ-20 既設アンカー健全性評価のための磁歪法を活用した緊張力検出法について

株式会社四電技術コンサルタント 正会員 ○合田延寿
四国電力株式会社 正会員 坂本孝二
四国電力株式会社 廣田成人

1. はじめに

法面安定等のために利用されるグラウンドアンカーの緊張力検出は、ロードセルにより計測するのが、最も標準的な方法であるが、ロードセルは高価であるため、初期設備費抑制の面から全体数の数％に設置するのが一般的で、大多数のアンカーは未設置であり、緊張力を管理できていない現状にある。

しかしながら、設置後の経過観察の中で、ロードセル観測値に変化が出てきた場合や、アンカー自体の素線破断が懸念されるような状況がある場合には、ロードセル未設置のアンカーについても緊張力の作用状態を把握する必要がある。

特に、昭和 60 年代頃より以前に設置されたアンカーについては、現行の製品規格から見ると仮設アンカーに相当する規格であり、経年とともに、また、地盤を含めた設置環境により、素線が腐食により破断する恐れのあることが指摘されている。

したがって、前記のアンカーについては、一定以上の経過年とともに、全数の緊張力を計測して、アンカーの健全性を評価するとともに、以後は一定の頻度で全数管理することが望ましい。

しかしながら、ロードセル未設置のアンカー緊張力を測定する方法はジャッキでのリフトオフ試験によっているのが現状であるが、リフトオフ試験は大掛かりな調査となり、費用面等から二の足を踏む場合が多いのが実態で、これに替わる簡易で安価な緊張力検出方法の開発が望まれている。

2. 磁歪法を活用した既設アンカーの緊張力検出法

磁歪法(磁歪式応力測定法)とは、鋼材等の強磁性体は、引張応力が作用して一定方向にひずみが卓越すれば、その方向の透磁率のごくわずかに大きくなり、磁気異方性が生じる。磁歪式応力測定法はこの磁気異方性を検出して応力を測定する方法である。

一方、緊張力が作用した状態の既設アンカーの頭部定着金具であるアンカープレートやアンカーナットには、緊張力の反作用として、プレートには、中心が地中にめり込むようなひずみを受け、中心へ向かう放射方向の主応力が発生し、またナットにはナットがプレート面を支圧する方向の圧縮応力が発生している。

これらの応力の大きさは、其々の材料の弾性限界内では緊張力と比例関係にあるものと判断され、そこで、プレート表面やナット側面で、磁歪法により応力を測定することで、ひいては既設アンカーに作用している緊張力を換算・検出することを狙いとして緊張力検出法の開発に取り組んだ。

3. アンカー頭部定着部材の応力状態

基礎試験 1 として、アンカー頭部定着部材(アンカープレート及びナット)に発生する応力状態をひずみゲージ応力測定法により確認した。

試験に用いたアンカーは、(株)エスイー製の F130K である。本アンカーは、ストランド頭部がネジヤマ加工されたマンションで鋳込まれ、これをナットで定着する構造になっており再緊張が可能である。

本試験では、「各定着部材の応力分布」、「アンカー軸の軸偏芯による応力分布への影響」、「ナットとマンションの互いの噛合せ位置によるナットへのせん断力伝達の変化程度」等を確認した。

①アンカープレートの応力状態

アンカープレートの材質・形状は、SS400 □-400×400mm 厚さ 38mm である。

測定は、プレート中心から半径 70mm、85mm、100mm の離隔位置の 3 点に、軸対象に配置した 4 方向 12 点でプレート中心軸方向の応力を、アンカー緊張力を 0kN から最大 768kN(F130 の常時許容荷重)まで、

10段階に作用させながら測定した。

測定結果を、図-1、図-2に示すが、緊張力の反作用としてのプレート表面応力はプレート中心から離れた位置にも広く分布し、3測点の中では中心から100mm位置の測定応力が高いが、85mm～100mmでは測定位置による応力差は小さい。(図-1)

アンカー緊張力と応力度との線形性は高く、アンカー軸偏芯の影響も4方向測定値を平均化することで縮小できる。(図-2)

②ナットの応力状態

ナットの材質・形状は、S45C 六角対辺長97mm 厚さ60mmである。

測定は、ナットの3側面(120度等分)で、各面4点(プレート接面から15mm高、25mm高、35mm高、45mm高)の12点で、アンカー軸方向の圧縮応力を測定した。

測定結果では、ナット側面応力は、プレート接面に近いほど高く、45mm高ではほぼ0となるが、この間ほぼ一定勾配で応力度が低減する。また、ナットとマンションの噛合せ位置による差は小さく、ネジヤマ全長ではほぼ均質にせん断力が伝達されているものと判断された。(図-3)

4. 磁歪法の適性の確認試験

基礎試験1の結果から、アンカープレートでは、85～100mm位置、ナットについては、プレート接面から25mm高を磁歪測定ポイントとして、磁歪法の適性を確認する基礎試験2を実施した。また、基礎試験2では、各部材の持つ残留応力についても確認し、個々の部材が有する残留応力により、測定精度が左右される恐れはあるものの、統計的に処理することで、磁歪法を用いて既設アンカーの緊張力を検出できることを確認した。

5. 磁歪法を活用した既設アンカー緊張力検出法の適用法と適用例

磁歪法は、磁気異方性を検出して応力に換算するが、鋼材によって磁気異方性が異なることから、検出感度が鋼材ごとに異なる性質を持っている。(同一JIS規格品でも、圧延方法やミルメーカーにより異なる)

また、部材に残留応力がある場合、残留応力も含んだ応力を測定し、緊張力検出上の誤差要因となる。

そこで、既設アンカーの緊張力検出に当たっては、現地の既設アンカーの一部をサンプルとして、リフトオフ試験で荷重段階毎に磁歪測定を行ない、この測定値から「磁歪値～アンカー緊張力換算式」を近似的に求め、これを当該地点の換算式とする方法を採用した。このことによって大半のアンカーはリフトオフ試験によらず、磁歪測定のみで緊張力を推定でき、効率的な緊張力検出が可能となった。

本手法を用いて、高知県内の切土法面に設置されたグラウンドアンカー54本の緊張力検出を行った。本地点では、サンプルアンカーとして約10本を用いて緊張力換算式を求め、残る調査対象アンカーの緊張力を推定した。

緊張力推定結果を、図-4に示す。

参考文献：飯村正一、境禎明：磁気応力測定法の曲管偏平応力評価への適用検討 土木学会第57回年次学術講演会(平成14年9月)

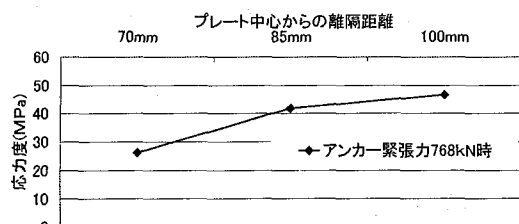


図-1 アンカープレート表面応力分布(4測点平均値)

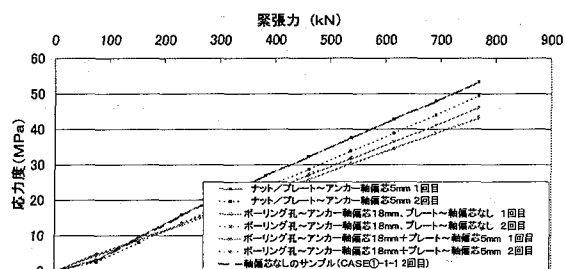


図-2 アンカープレート表面応力分布(4方向平均値) 85mm位置 (アンカー軸～ボアリング孔、プレートが偏芯した場合の対比)

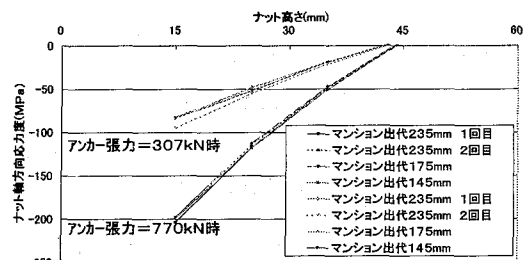


図-3 ナット測定高さによる応力分布 (マンションとナットの噛合せ位置変更による影響)

	斜面向って左												斜面向って右	
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫		
最上段														
5	463	336	421	-	381	372	未測定	411	439	322	314	269		
4	175	495	152	356	482	201	270	387	203	305	256	239		
3	228	318	412	203	423	323	446	245	202	259	308	265		
2	166	242	606	479	539	527	559	539	525	501	498	436		
最下段	1	339	248	-	破断	-	496	-	破断	-	12	-	539	

凡例
 500kN 以上 (破断含む) 太ゴジラは、サンプルアンカーでジャッキにより緊張力確認
 400kN 台
 300kN 台
 200kN 台
 100kN 台
 100kN 未満
 上記以外は、サンプルから求めた換算式より推定した緊張力
 「-」は、アンカー未設置箇所
 「破断」は、サンプル試験の途中で破断したアンカー

図-4 アンカー緊張力展開図 (kN)