

歪ゲージ式アンカー荷重計の補修再生技術の開発と実用に向けた検討（継続）

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 正会員 ○有本 行秀
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 関口 将司
(株) 東 横 エ ル メ ス 樋川 健次

1. はじめに

山岳地を多く通過する日本の高速道路では、切土のり面における安定化対策としてグラウンドアンカーが多く施工されている。グラウンドアンカー工法は、アンカー荷重計を用いて緊張力を適切に管理することがのり面の安定性を評価する上で重要であるが、経年劣化や落雷による故障で計測不能となる場合が多々あることが課題である。そこでより安価で容易にアンカー荷重計を再生することを目的にアンカー荷重計の補修再生技術（以下、「本技術」という）に着目し、アンカー荷重計内部の歪ゲージのみを新規に取り換えることにより、継続的な観測を目指し、実用に向けての検討を行った。令和2年度発表した内容と課題は表-1に示す。今年度は表-1に示す課題について、室内試験等を実施し、より実用性のある技術であることが判明したため、報告するものである。

2. 室内試験

高速道路で使用しているアンカー荷重計の主要メーカーは3社であり、本技術を用いて補修再生が可能であることは確認した。この主要メーカー3社の各型番による校正係数を補正するための補正係数について、載荷試験などを実施し、算出した。載荷試験は、圧縮試験機でアンカー荷重計が有する測定上限値まで載荷し、各歪ゲージのひずみ量を比較する。試験 Case は表-2に示す6つであり、補正係数算出の一例として、図-1に荷重-ひずみ量グラフを示す。測定範囲の上限値載荷時のひずみ量から無載荷時のひずみ量を差し引き、各歪ゲージの定格出力値を算出する。この定格出力値において、既設歪ゲージの定格出力値を新設歪ゲージの定格出力値で除して補正係数を算出する。補正係数は、既設歪ゲージの校正係数に乗じて運用する。次に既設歪ゲージと新設歪ゲージの荷重データの信頼性を判断する上で、直線性とヒステリシスを用いて検証した。直線性とは、負荷増加時における校正曲線の基点と定格負荷点を結ぶ直線からの最大の離れで、定格出力に対するパーセンテージで示すものである。ヒステリシスとは、負荷増加時と負荷減少時との差の最大値であり、定格出力に対するパーセンテージで示すものである。表-2に示す値はいずれの Case も測定範囲の1%未満（機器メーカーが製品出荷時の試験に用いる基準値）であることから、信頼性の高いデータと言える。

次に本技術で使用する接着剤の性能確認試験を表-3に示す Caseで行った。本技術では、アンカー荷重計の起歪体に新設の歪ゲージを貼り替える作業が主体であり、アンカー荷重計の耐用年数に影響を与える接着剤の密着性・耐久性・施工性は非常に重要である。

キーワード アンカー荷重計，動態観測，緊張力管理

連絡先 (住所：〒733-0037 広島市西区西観音町2-1 電話：082-532-1411 FAX：082-532-8058)

表-1 令和2年度発表内容と課題

令和2年度発表内容	課題
・アンカー荷重計の補修再生方法 ・現場での実証（1社） ⇒3基補修再生 ⇒リフトオフ試験	・高速道路における主要メーカー3社での補修再生の可否 ・各型番による校正係数（補正係数）の解明及び算出方法 ・使用する接着剤の性能確認 ・本技術における精度確認 ・長期間における安定した計測データ取得の確認

表-2 補正係数算出一覧

Case	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
タイプ	露出	露出	保護	保護	保護	保護
測定上限値 (kN)	1,000	500	1,000	500	1,000	1,500
補正係数	2.37	3.02	1.89	2.04	2.02	2.19
直線性 (%)	0.50	0.34	0.17	0.78	0.24	0.24
ヒステリシス (%)	0.31	0.49	0.86	0.25	0.16	0.16
メーカー	S社	T社		U社		

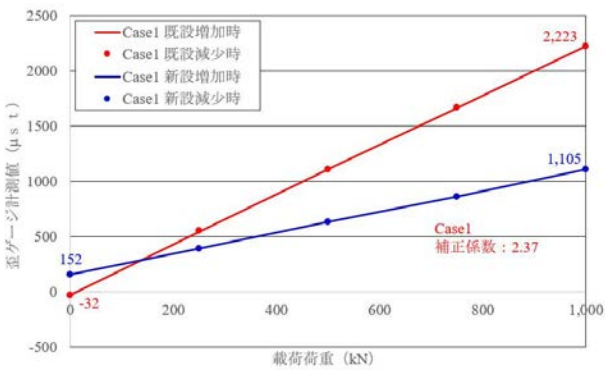


図-1 荷重-ひずみ量グラフ (Case1)

試験方法は、アンカー荷重計の試験体に、表-3 に示す 3 種類の接着剤にて歪ゲージを 4 枚ずつ貼り付け、接着剤の硬化後、加温状態で 5 年経過相当まで静置する。通常の使用環境下で測定すると数年の期間が必要となり現実的に不可能であることから、高温で加速劣化試験を行った。表-4 では圧縮試験機による載荷試験前と載荷試験後の値を比較した。長期間におけるデータ計測の中では、接着剤の劣化による起歪体と歪ゲージとの密着性が弱くなり、起歪体の微小なひずみ量を捉えられないことがある。これを確認する目的で各経過相当時点において、圧縮試験機による載荷試験を実施し、試験前後で発生するひずみ量の差を確認したものである。この結果、いずれの Case も載荷試験前 (0kN) から 1,600kN の載荷試験中、載荷試験後 (0kN) の各値に大きな差異はないことから、これら 3 種類の接着剤は、5 年程度の密着性と耐久性があると判断したが、作業性としては硬化時間が常温で 15 分程度である Case12 が優位であることから、本技術に使用する接着剤は Case12 のものを選定した。

3. 精度確認試験

本技術において精度を確認する目的で、精度確認試験を実施した。図-2 に示すアバット試験機に 750kN の緊張力で設置したアンカー荷重計に、本技術を用いて新設歪ゲージを取り付けた。本試験に使用するアンカー荷重計は表-2 の Case5 の製品とし、反対側 (ジャッキ側) に参考荷重計を設置し、計測したデータを参考値として比較した。計測データ比較において、目標性能は ±5% 以内¹⁾とした。試験結果を表-5 に示す。載荷荷重に対して、各荷重計で計測した値に大きな差は認められない。また、新設歪ゲージの計測データと参考荷重計の計測データをそれぞれ既設歪ゲージの計測データで除し、それぞれの差を算出した結果、いずれの計測データも目標性能である ±5% 以内¹⁾に収まっていることが確認できた。

4. 長期間における計測データ確認

本技術により実際の現場で故障したアンカー荷重計を補修した計測データを図-3 に示す。各荷重計で補修前の計測データが点線で示し、補修後を実線で示す。1 年間における計測データ状況や気温変動による相関についても補修前後で大きな差はなく、補修再生後も正常な値が取得できていることが確認できる。

5. まとめ

本報文で取り纏めたとおり、令和 2 年度で挙げた課題は今年度で達成できたものとする。これにより本技術の最大の目的である故障等により計測不能となったアンカー荷重計において、安価で簡易的かつ一時的とは言え除荷をせずに補修再生ができることがわかった。

参考文献

1) 独立行政法人土木研究所他 8 社：アンカーへの取付け・交換が容易な新型アンカー荷重計の開発に関する共同研究報告書、P.166, 2010

表-3 性能確認試験に用いた接着剤一覧

Case	主成分	硬化温度	硬化時間
Case11	フェノール1液	150～200℃	2時間
Case12	ポリエステル2液混合	常温	15分
Case13	エポキシ	常温	24時間

表-4 圧縮試験機による載荷前後のひずみ量の差

経過相当期間	載荷荷重 (kN)	載荷試験状況	圧縮試験による載荷前と載荷後との差 (μst)		
			Case11	Case12	Case13
1年	0	試験前	0	0	0
	1,600	試験中	-1,361	-1,275	-1,301
	0	試験後	-2	-1	-2
3年	0	試験前	0	0	0
	1,600	試験中	-1,360	-1,275	-1,284
	0	試験後	-4	-4	-3
5年	0	試験前	0	0	0
	1,600	試験中	-1,358	-1,303	-1,317
	0	試験後	-2	0	-1

※1ゲージ3ワイヤー測定：圧縮でマイナス出力

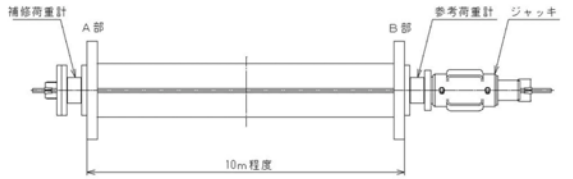


図-2 精度確認試験概要図

表-5 精度確認試験結果一覧

載荷荷重 (ジャッキ荷重) (kN)	補修荷重計	補修荷重計		参考荷重計(kN)	
	既設歪ゲージ(kN)	新設歪ゲージ(kN)			
	α	β	β/α	γ	γ/α
750.7	750.7	750.7	100.0%	750.7	100.0%
799.9	791.4	791.4	100.0%	789.5	99.8%
849.1	838.5	832.1	99.2%	835.1	99.6%
900.9	888.8	874.4	98.4%	885.0	99.6%
949.6	931.0	911.1	97.9%	928.1	99.7%
999.8	974.1	947.8	97.3%	972.5	99.8%
950.6	944.6	917.5	97.1%	945.2	100.1%
901.4	899.1	875.2	97.3%	900.0	100.1%
850.6	852.0	830.5	97.5%	853.7	100.2%
793.7	797.8	780.2	97.8%	800.6	100.4%
746.5	757.1	742.7	98.1%	761.0	100.5%
702.5	715.6	702.8	98.2%	719.8	100.6%
641.9	660.5	652.5	98.8%	666.0	100.8%
602.5	623.8	616.6	98.8%	628.8	100.8%
546.5	571.2	568.0	99.4%	577.7	101.1%
497.3	540.8	539.2	99.7%	549.2	101.5%
β/α は全て5%以内であることを確認		β/α 平均	98.5%	γ/α 平均	100.3%

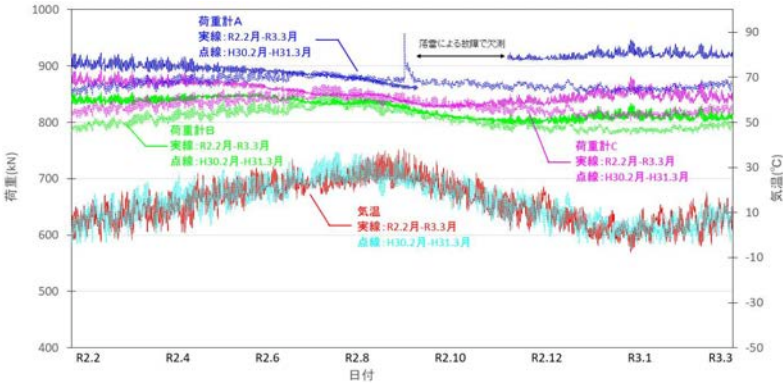


図-3 計測データグラフ(新旧歪ゲージ比較)