

あと施工アンカーの設計・施工・維持管理

阪神高速道路(株)大阪管理部 正会員 甲元 克明
 阪神高速道路(株)大阪管理部 正会員 足立 幸郎
 阪神高速道路(株)大阪管理部 吉原 聡

1. 目的

阪神高速道路のトンネルにおいて天井板の臨時点検を行ったところ、トンネル覆工から天井板を吊るあと施工アンカーボルトの脱落が生じたため、原因の究明を行った。本稿はそこで得た知見を報告するものである。

2. あと施工アンカーの設計

あと施工アンカーは 16 の接着系(無機系)アンカーを使っており、開削部の鉄筋をかわすために通常 7D に対し有効埋め込み長さの短い 5D=74mm のアンカーを使用していた。表-1 に示すとおり、設計強度の許容値はコーン破壊先行のため 7.8kN であった。なお、2010 年日本建築学会の計算式によると、付着定着長が 2D 控除、無機系アンカーの強度が有機系に対し 1/2 に設定されるなどにより許容値は 3.9kN となり、設計荷重の最大値 7.6kN に対し逆転する。しかし、後述の通りの実験で実質の強度を確認しているため問題ないとする。

表-1 アンカー設計強度 (kN)

		コーン破壊	鋼材降伏	付着破壊
引抜強度		19.6	26.9	40.1
許容値	長期	7.8	18.0	16.0
	短期	11.8	26.9	24.0

3. あと施工アンカーの脱落原因調査

1) 臨時点検結果とヒヤリング調査

たたき点検による臨時点検の結果、全数約 20,000 本中 4 本に脱落が生じた。うち 2 本が曲がっていた。施工時は全数のトルク試験と引張試験を行っており、それぞれの試験値はトルクが 68.6Nm で、荷重換算すると 26.8kN、引張試験が 25kN だった。これらは設計の許容値を上回っている。なお、試験においてはコンクリート面から反力をとるのでコーン破壊は起こらない。

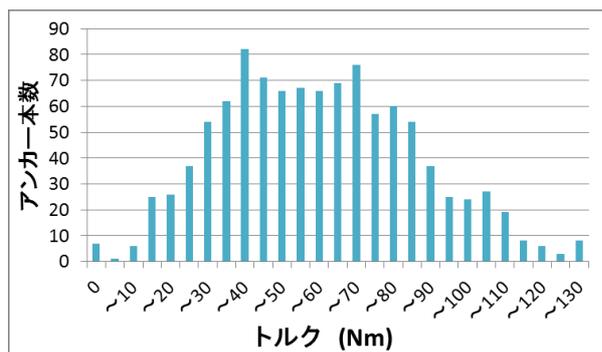


図-1 トルク分布図

2) 現地アンカーボルト引張試験・トルク試験

現地アンカーボルトの 1/200 抜き取り引張試験を行い異常はなかった。全数トルク試験を行い 6 本が脱落が生じた他、図-1 に示すとおり、導入トルク 68.6Nm に対し、それが正しければ半数以上でトルクが小さくなっている。

表-2 模擬施工不良による引抜耐力

打ち込み不良状態	供試体数	最大荷重 (kN)			変位 (mm)	最終荷重 (kN)	
		平均値	最大値	最小値			
通常施工(不良なし)	35	62.0	84.7	45.1	0.3	22.7	
導入トルク	70Nm	4	71.7	90.0	62.4	0.3	24.8
	85Nm	3	59.9	66.2	56.1	0.2	21.9
	100Nm	3	47.8	70.7	19.8	0.3	17.5
	130Nm	1	62.4			0.3	17.9
清掃状態	ブロワーと吸引のみ	3	71.7	77.0	68.8	0.3	24.8
	ブラシ洗浄不十分	3	64.1	66.8	59.3	0.1	20.4
湿潤状態	乾燥状態	3	61.5	66.4	54.5	0.2	26.9
	水分過多	3	63.7	73.9	56.2	0.5	27.1
攪拌過剰	通常+5秒	3	18.5	22.3	15.8	0.4	2.5
	通常+10秒	3	19.6	32.6	10.3	0.1	5.3
養生状態	養生時に加力	3	76.2	85.1	81.0	0.9	36.8
	台直し	3	61.5	74.1	36.9	1.4	44.2

3) 供試体による耐力試験

トンネル換気所の壁面において、清掃状態、湿潤状態、攪拌時間、養生時加力、台直しなど施工不良と通常施工のアンカー供試体を作成して、引抜耐力に対する感度を調べた。表-2 に示すとおり、攪拌時間の影響が大きいことが分かり、その他の施工不良要因は耐力に

キーワード あと施工アンカー, 施工時荷重, 引抜耐力試験, たたき試験, トルク, 要領

連絡先 〒552-0006 大阪市港区石田 3-1-25 阪神高速道路(株)大阪管理部 TEL 06-6576-3881

大きな影響を与えない結果となった。また、上向き・横向き・下向きと施工状態による比較を行ったが有意な差はなかった。この無機系接着アンカーの特徴は、図-2 のとおり最大強度が出たあと、緩やかに強度が減少し変位が増大するが、20kN 程度の残存耐力があることである。

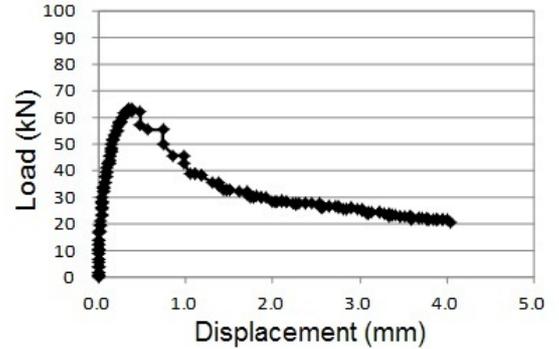


図-2 荷重変位曲線

4)クリープ試験・繰返し載荷試験

図-3 に示すとおり、破壊後のアンカー(緑線・残存耐力 15kN , 青線・同 20kN , 紫線・同 30kN)と、破壊していないアンカー(赤線)と比較した。破壊したアンカーは持続荷重により変位量がわずかずつ継続的に増加することが分かった。これは抜け出しが生じていると考えられる。

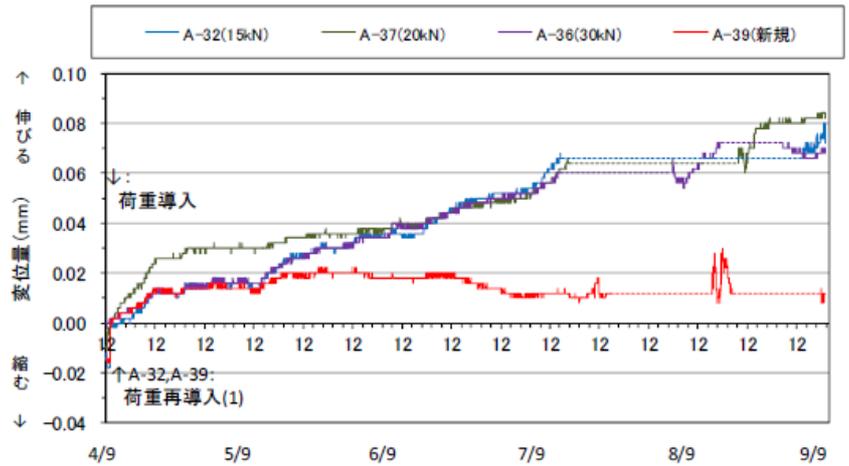


図-3 クリープ試験 (5 ヶ月)

5)アンカー定着部破面の調査

図-4 に示すとおり、共に荷重履歴のない過剰攪拌アンカーと正常なものの切断破面を観察したところ、前者には付着切れが生じていることを確認した。

6)アンカー脱落原因の推定

以上より、アンカーボルトの脱落原因の一例として以下のように推定した。過剰攪拌などの施工不良の存在 ト

トルクによる施工時荷重 死荷重・風荷重により破壊が徐々に進行 たたき点検で脱落発生。 はボルトの傷や曲がりなどでナットが回らなくなったところに無理矢理トルクをかけて回したことなどが考えられる他、持続荷重の影響もあると考えられる。

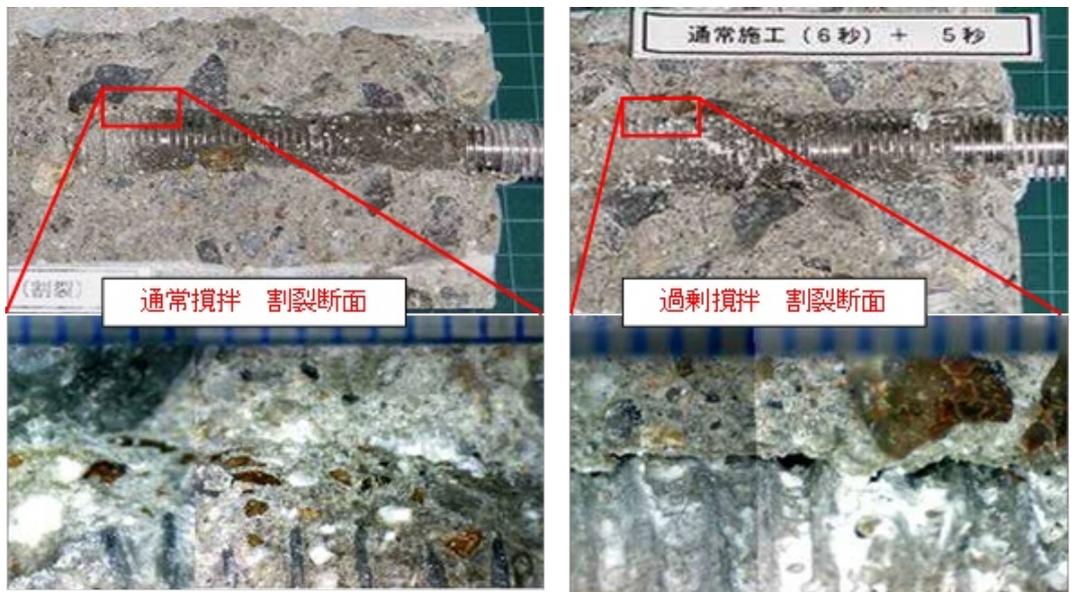


図-4 破面観察

7)損傷アンカーのたたき試験

残存引張耐力が 5kN 程度まで低下した場合は異常を確認できるが、15kN 程度の残存があれば、音、指触感覚とともに異常を確認できず、たたき検査では引張耐力が必要以上であるかまでは把握できないことがわかった。

4. あと施工アンカー設計・施工・維持管理要領

以上の知見から要領を制定した。重量構造物で常時引抜荷重作用する場合は、設計においては鋼材の降伏を先行させること・拡底アンカーの採用を標準とすること、施工においては全数引張試験およびトルク管理を行うこと、維持管理においては定期点検で全数トルク試験を行うこと、などを規定している。