

低温および高温環境下に置かれる接着系あと施工アンカーの付着耐力について

日本ヒルティ(株) 正会員 ○宮崎 剛
 北海道大学大学院 正会員 佐藤 靖彦
 北海道大学大学院 学生会員 佐原 愛士
 日本ヒルティ(株) 正会員 高橋 宗臣

1. 目的

亜寒帯から亜熱帯まで国土が広く分布する我が国では、施工時や施工後の環境温度が、接着系あと施工アンカー（以降、アンカーと略称）の付着性能に与える影響を検証する必要がある。本研究では、北海道と沖縄県に於いて、アンカーを施工したコンクリート試験体を3年間の予定で屋外に暴露し、アンカーの付着耐力が受ける影響の検証を進めている。本報告は、最初の約1年間の暴露を経たアンカーの引張試験（破壊試験）を行い、付着耐力の変化について考察したものである。

2. 試験体

図-1 に示すように外径 190.7mm ($t=5.3\text{mm}$)、高さ 100mm の鋼管にコンクリートを打設し、その中央に M12 のアンカーを打設した。環境温度と付着強度変化の関係を検証するため、表-1 に示す4種類の樹脂を使用した。有効埋込み長は全てアンカー筋径 d_a の5倍の60mmとし、材質 SNB7 のボルトを用いるとともに、厚さ 20mm、母材穿孔径の1.5倍の孔径の支圧盤で試験体表面を拘束して、破壊形態が付着破壊となるよう単調引張試験とした。なお、試験体打設、養生、アンカー施工および硬化養生は、約 20℃に温度管理された室内で行った。

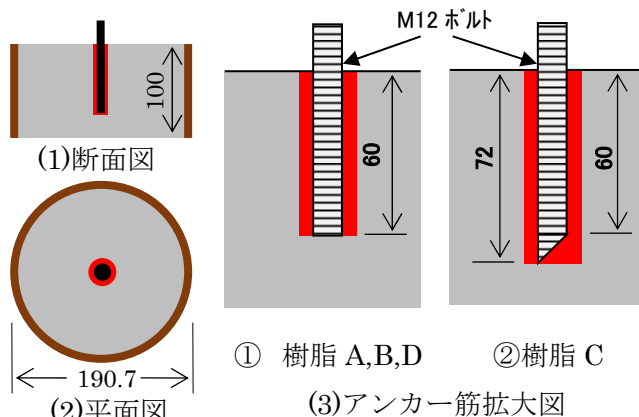


図-1 試験体の寸法

表-1 試験体の種類と数量

樹脂	方式	分類	暴露なし	約1年間の屋外暴露後	
				北方試験場	南方試験場
A	注入方式 カートリッジ型	ビニルエタン系	3	3	3
B	注入方式 カートリッジ型	エポキシ系	3	3	3
C	カプセル方式	エポキシ アクリレート系	3	3	3
D	注入方式 現場調合型	エポキシ系	3	3	3

3. 屋外暴露およびアンカー引張試験内容

試験体は圧縮試験用供試体とともに、北方試験場（北海道旭川市）、南方試験場（沖縄県那覇市）に運搬し、3年間の予定で地上に暴露させている。今回はその中から、約1年間経過した表-1の数量を回収して引張試験に供した。それぞれの試験場の地上暴露試験体で記録された最高温度、最低温度は下記の通りである。

北方試験場：最高温度+51.5℃，最低温度-10.0℃

南方試験場：最高温度+54.5℃，最低温度+4.5℃

また比較のため、屋外暴露させていない試験体の引張試験も行った。表-2 に試験体打設、アンカー施工、屋外暴露、引張試験の年月日と、引張試験日における3個の供試体の圧縮強度 f'_c の平均値を示す。圧縮強度は、約1年間の屋外暴露や、暴露試験場の気象条件の影響を殆ど受けなかった。アンカー引張試験は、図-2 に示す装置で、約 1kN/秒の载荷速度で、付着破壊に至るまで行った。

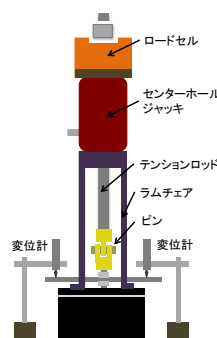


図-2 試験装置図



図-3 引張試験状況

キーワード 接着系あと施工アンカー，付着耐力，環境温度，引張試験，低温，高温

連絡先 〒224-8550 横浜市都筑区茅ヶ崎南 2-6-20 日本ヒルティ(株) 技術本部 TEL 0120-66-1159

4. アンカー引張試験結果

アンカーの引張試験結果を表-3 にまとめるとともに、荷重～変位曲線を図-4 に示した。

樹脂 A では、屋外暴露した試験体の破壊荷重の方が高く、その中では北方が南方より高い。これまでの研究では、アンカー樹脂硬化後に試験体を-20℃に冷却すると引張耐力が上昇する現象が報告されている¹⁾が、今回の現象がそれと同一かどうかは判断できない。荷重～変位曲線の形状に明確な違いは見られない。

樹脂 B では、屋外暴露した試験体の破壊荷重の方が高く、その中では南方が北方より高い。また、荷重～変位曲線の形状は、暴露しない試験体の勾配が4種類の樹脂で最も緩いのにに対し、暴露後は北方・南方とも最も急に变化している。これは、アンカー打設日から引張試験日までの期間の長期化に伴い、硬化したエポキシ樹脂の力学特性が向上したものか、屋外暴露による影響かは、本データからは判別できない。

樹脂 C では、破壊荷重や荷重～変位曲線の形状の変化は明確には認められないが、南方のデータ2個は破壊荷重が上昇している。また、付着破壊箇所は、図-5、図-6 に示すように、南方の試験体が3つとも、ボルトと樹脂の界面の破壊に変化している。これは他3種の樹脂では見られない傾向である。

樹脂 D では、破壊荷重と荷重～変位曲線に明確な差異は認められない。

5. 結論

本研究で得られた主な知見を以下に示す。

- ・約1年間の屋外暴露前後の試験体の圧縮強度 f'_c は、北方試験場、南方試験場とも変化は認められない。
- ・屋外暴露前後の引張試験結果を比較すると、樹脂 B では破壊荷重の上昇と、荷重～変位曲線の勾配が急になる現象が明確に認められた。一方、樹脂 A, C では、これらが若干は認められるものの、明確ではない。樹脂 D では変化が殆ど認められない。
- ・暴露場所の影響では、南方の方が破壊荷重の向上がやや大きい傾向が認められる。

引き続き屋外暴露2年目、3年目の温度測定データ、引張試験結果の解析を行って検証する予定である。

参考文献

- 1) 佐原愛土, 佐藤靖彦, 高橋宗臣, 櫻井和人: 寒冷条件に置かれる接着系あと施工アンカーの引張耐力の評価, 土木学会年次学術講演会, V-180, pp. 359-360, 2015.9

表-2 各工程と圧縮強度

暴露場所	試験体 打設日	アンカー 施工日	屋外暴露期間	引張り 試験日	平均 f'_c (N/mm ²)
暴露なし	'14/11/17	'14/12/11	—	'14/12/18	38.2
北方試験場	'14/09/03	'14/10/07	'14/10/10 ~ '15/07/03	'15/08/25	38.4
南方試験場	'14/09/10	'14/10/08	'14/10/24 ~ '15/08/12	'15/08/25	40.3

表-3 引張試験結果と付着破壊箇所 (単位: kN)

樹脂	暴露なし		約1年間の屋外暴露後			
			北方試験場		南方試験場	
A	37.5	①	47.5	①	47.7	①
	43.2	③	53.8	①	48.5	③
	41.7	①	52.2	③	48.9	①
B	64.0	③	63.5	①	73.1	③
	58.1	③	69.6	①	75.8	①
	58.2	①	66.2	①	77.4	③
C	62.4	②	54.2	①	63.1	②
	46.9	①	49.6	③	73.7	②
	63.0	③	57.2	①	79.2	②
D	※	③	32.1	①	30.8	①
	43.2	③	32.0	③	36.3	③
	34.3	③	31.2	①	39.3	①

※は支圧盤の孔径が小さかったため除外

付着破壊箇所

- ①: 樹脂と母材 ②: ボルトと樹脂
③: ①と②の複合

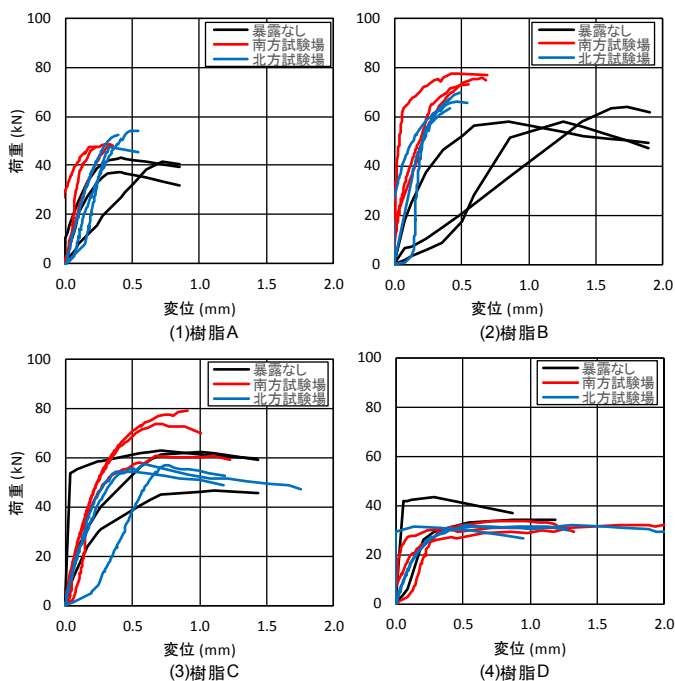


図-4 荷重～変位曲線一覧図



図-5 樹脂と母材が剥離



図-6 ボルトと樹脂が剥離