

羽根倉橋橋梁部対策工事における 地盤改良強度不足について

三谷 純平¹・〇村瀬 公崇²

¹元 関東地方整備局 荒川上流河川事務所 工務課 (〒350-1124 埼玉県川越市新宿町3-12)

現 国土交通省 港湾局 海岸・防災課 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

² 関東地方整備局 荒川上流河川事務所 工務課 (〒350-1124 埼玉県川越市新宿町3-12)

荒川本川の堤防は、埼玉県志木市及び富士見市とさいたま市を結ぶ羽根倉橋付近より下流は完成堤になっているが、羽根倉橋の右岸側が荒川の計画高水位（HWL）よりも低いため、堤防の高さ・幅が不足している状態である。

羽根倉橋は横堤に接続されており、工事箇所が破堤した場合、さいたま市等の主要都市において、甚大な被害をもたらす恐れがあるため、右岸側の横堤上下流部に暫定的に大型ブロック積とパラペットを整備し計画堤防高を確保することが本工事の目的である。

本論文では、下流部で発生した地盤改良に強度不足が発覚した経緯から事務所としての対応を説明するものである。

キーワード 土質、地盤改良工、強度不足、さいたま築堤

1. はじめに

荒川が流れる首都圏は、戦後の経済成長に伴い、政治、経済等の諸機能が極めて高度に集積するとともに、人口や建物が密集し、地下空間も大規模かつ複雑に利用されているため、カスリーン台風規模の洪水が発生した場合、堤防が決壊し、戦後のカスリーン台風時の被害をはるかに上回る甚大な人的・物的被害が発生するとともに、自然排水が困難なゼロメートル地帯では、被害の規模はもちろんのこと、浸水の長期化が懸念され、被災した地域の復旧・復興には多大の費用と時間を要することが想定されている。

そのため、堤防整備は、特に氾濫した場合の被害が広域に及ぶ恐れがある区間や、浸透に対して安全度の低い区間等から進めており、現在荒川上流河川事務所では「さいたま築堤」に重点的に取り組んでいる。下流側から堤防整備が行われ、志木市及び富士見市とさいたま市を結ぶ羽根倉橋付近より下流はおおむね完成しており、さいたま築堤事業区間は概成し、本工事範囲を含む橋梁部のみとなっている。

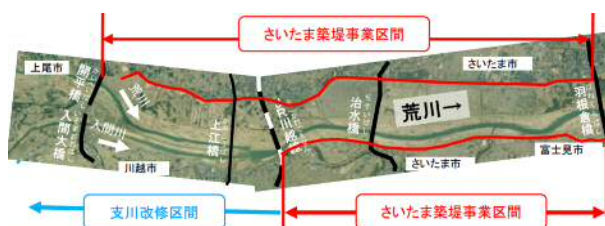


図-1 さいたま築堤事業区間

羽根倉橋橋梁部対策工事は、堤防法線上の嵩上げにより堤防の高さを確保し、現道へ擦り付ける案で関係者と協議調整を行ってきたが、コスト面や工期がかかることから見直しを行い、堤防嵩上げではなく、早期発現やコスト縮減等も含めて、暫定的な対策として、横堤に盛土とパラペットで高さを確保し、越水を防止する対策を行っている。

本工事は、令和1年度発注工事（以降、R1工事）と令和2年度発注工事（以降、R2工事）に分かれており、R1工事で横堤上流部のパラペットの整備と横堤下流部が軟弱地盤となっているため地盤改良を行った。R2工事ではR1工事で行った下流部の地盤改良部の上に大型ブロック積及びパラペットを施工するという流れになっている。

本論文では、R1工事で施工した下流部で発生した地盤改良に強度不足が発覚した経緯から事務所としての対応を説明するものである。



図-2 羽根倉橋周辺の航空写真

2. 地盤改良強度不足の発覚までの経緯

令和3年12月20日にR2工事の施工会社が施工基面の掘削を行うが、地盤改良体が確認出来ない旨、西浦和出張所に連絡があり、総数590本の頭出しを行った。その約1週間後に2箇所一軸圧縮試験を行ったところ、両方とも強度不足が確認された。この結果を踏まえて、TYPE毎に約50箇所の強度試験を行った結果、ほぼ全数で強度不足が確認された。図-3が地盤改良平面図であり、紫が最初の調査ボーリング、青が次に行った50箇所の調査ボーリングとなっている。

これらのボーリング結果から、地盤面から-2mから-3mが強度不足で、その下は5000kN/m²以上の強度が確保できていることを確認できた。

3. 強度不足の原因究明

(1) コアの確認

強度不足が確認された地盤改良体のコアにフェノールフタレインを噴霧(図-4)したところ、反応がある部分とない部分に分かれることが分かった。このことから、セメントがうまく混ざっていないことが考えられる。

セメントがうまく混ざらなかった原因として、1. 設計に不備は無かったか、2. 監督業務に問題は無かったか、3. 施工に問題は無かったか、4. 材料に不足は無かったかという観点から確認する。

(2) 強度不足の確認項目

上節の観点から以下の6項目で強度不足の原因究明を行った。

- 特記仕様書・図面
- 土木工事施工管理基準及び規格値(案)
- 協議・立会(監督)
- 柱状図とオシログラフの重ね
- セメント購入量と使用量
- 成分分析調査

a) 特記仕様書・図面

R1工事の特記仕様書及び図面では、地盤改良工の指定はされておらず、受注者からの協議により本工事ではGIコラム工法を使用した。

GIコラム工法は、狭隘な本工事範囲でも施工可能なコンパクトな施工機械を使用し、施工深度20mを実現でき、かつ分解せずにトレーラーを運搬できることが特徴である。

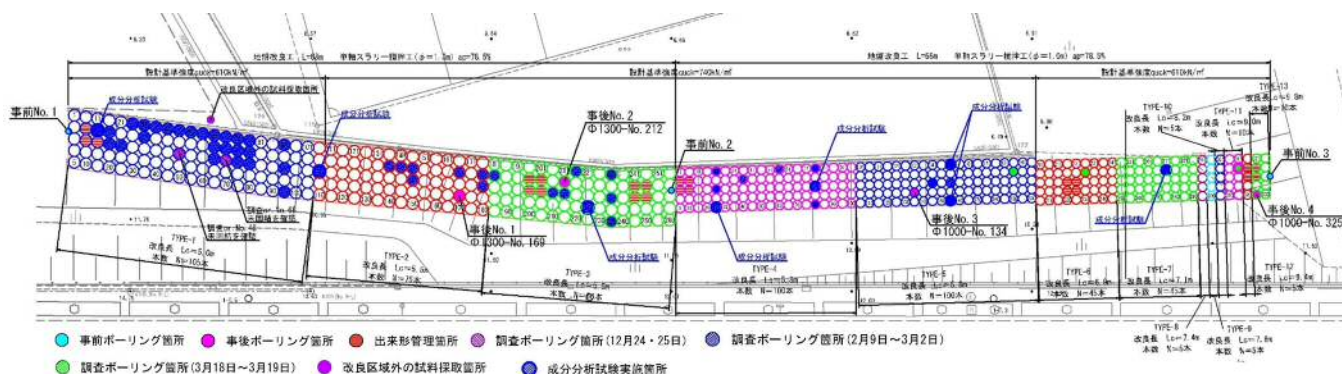


図-3 地盤改良平面図と強度確認ボーリング箇所



図-4 強度不足改良体コアのフェノールフタレインの反応



図-5 地盤改良工の施工時

b) 土木工事施工管理基準及び規格値（案）

特記仕様書に基づき、事前ボーリング3箇所、事後ボーリング4箇所を受注者が選定し、図-3で示す箇所です事前・事後ボーリングを行った。

事前・事後ボーリングの全箇所を監督職員が立会し、事前ボーリングは室内配合試験の試料採取を確認、事後ボーリングは設計強度確認の試料採取を確認した。事後ボーリング全箇所設計強度を満たしていることを確認した。

c) 協議・立会（監督）

土木工事施工管理基準及び規格値（案）に則り、100本につき1箇所、1箇所につき4本測定し、地盤改良後の出来形確認の方法及び場所を図-3の通りに決定した。出来高確認も全箇所監督職員が立会し、全箇所基準値を満たしていることを確認した。

d) 柱状図とオシログラフの重ね

図-6の左のグラフが事前ボーリングを行った箇所の土質データであり、右のグラフが事前ボーリング箇所付近で調査ボーリングを行った箇所の柱状図である。

図-6を確認すると、強度不足が発生している箇所は土質が粘性土であることが示されている。

次にセメントスラリーの流量について、セメントスラリーの流量とは、図-6の緑色の棒グラフで表示されており、深度1m毎のセメントの添加量を表している。結果より、設計値である306L/mを全て満たしていることが分かる。

次に、地盤改良羽切回数について、地盤改良羽切回数とは、図-6の桃色の棒グラフで表示されており、深度1m毎の地盤改良の攪拌翼が回転した回数を表している。GIコラム工法では1m辺り400回と基準値が設定されており、基準値を満たしていることが分かる。(セメントスラリー流量・地盤改良羽切回数のグラフ内の改良上端部・下端部は改良長が1m未満のため設計値を下回っている。)

強度不足箇所についても設計通りのセメントスラリーを計測しており、攪拌翼は規定通りに回転していたことが分かった。

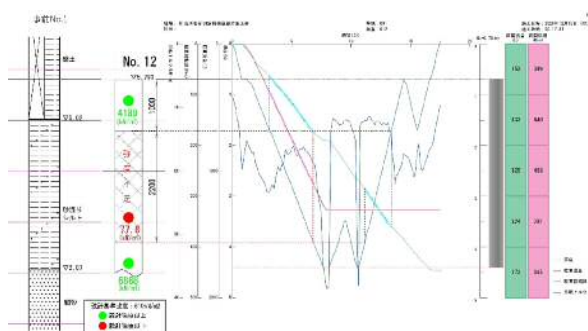


図-6 地盤改良平面図と強度確認ボーリング箇所

e) セメント購入量と使用量

表-Iはセメントの使用量と購入量を抜粋したものである。実施数量の積算流量が実際の施工データから確認したセメントの使用量を表しており、計画スラリー量より多いため、実際に使用していた流量が、計画流量よりも多いことが確認できる。

次に、納入伝票から確認した購入した固化材の累計値と施工データから確認した必要固化材量を比較すると、購入したセメント量の方が多く、プラント内に常にセメントが残っていたことが確認できる。

表-1 スラリー量の比較と固化材納入時期の検証

日	月	年	地区	贸易数据										计算		
				出口					进口					增长率	平均成本	利润率
				数量 (吨)	价值 (百万)	数量 (吨)	价值 (百万)	数量 (吨)	价值 (百万)	数量 (吨)	价值 (百万)	数量 (吨)	价值 (百万)			
12	3															
1	2	2015	201	2,100	9.1	1,875	1,575									
			201	2,100	9.1	1,875	1,575									
			22	240	1.0	210	180									
			12,760	129	2,100	9.1	1,880	1,575								
			16,670	220	2,100	17,997	9.1	1,881	1,575							
1	3	2015	201	2,100	9.1	1,875	1,575									
			201	2,100	9.1	1,875	1,575									
			22	240	1.0	210	180									
			12,760	129	2,100	9.1	1,880	1,575								
			16,670	220	2,100	17,997	9.1	1,881	1,575							
1	3	2015	201	2,100	9.1	1,875	1,575									
			201	2,100	9.1	1,875	1,575									
			22	240	1.0	210	180									
			12,760	129	2,100	9.1	1,880	1,575								
			16,670	220	2,100	17,997	9.1	1,881	1,575							
1	3	2015	201	2,100	9.1	1,875	1,575									
			201	2,100	9.1	1,875	1,575									
			22	240	1.0	210	180									
			12,760	129	2,100	9.1	1,880	1,575								
			16,670	220	2,100	17,997	9.1	1,881	1,575							

f) 成分分析調査

成分分析調査とは、地盤改良が行われた後のコアから、実際にどれだけのスラリーが計測されたかを計測する調査である。この調査を調査ボーリングで行った50箇所の内8箇所で行った。図-7に成分分析調査を行ったコアを4本抜粋した。

調査結果としては8本中7本が規定の添加量が発見されていないことが分かった。



図-7 成分分析調査に使用したコア(4本抜粋)

(3) 本事務所としての見解

a)～f)の6項目を確認し、設計図書、監督業務、施工に関して問題は無く、材料不足も無かったが、セメントの設計添加量を下回った。

この結果を「本局河川工事課」、「本局技術調査課」「土木研究所」に意見を伺うと、施工に関しては、3件とも問題が無い事を確認された。強度不足に関して土木研究所より、粘性土層以外は所定の強度が発掘しており、粘性土層でのみ強度不足が発現したことから、供回りが

原因ではないかと意見を頂いた。供回りとは、粘性土は粘性土で、セメントはセメントで攪拌翼と共に回転してしまう現象で、粘性土特有の要因である。

これらの意見を踏まえて、荒川上流河川事務所としての見解は、設計・施工には問題が無く、かつ、材料不足も無かったことから、強い粘性土層の影響により施工時に供回りが生じ、強度不足が発生したものとする。

4. 今後の対応

(1) 再発防止対策

今後こういった事例を起こさないように、河川工事課から下記の通り事務連絡が通達された。

1. GIコラム工法(NETIS : QS-100022-VG)の適用に当たっては、改良対象層に「粘性土」があり、攪拌翼と地盤の供回りにより施工不良となる懸念がある場合については、原則適用しないこととする。
2. 深層混合処理工法の設計に当たっては、土質条件等改良効果に影響を及ぼす条件について十分留意すること。
3. 目的物となる地盤改良体の構築において空打ちがある場合等、常に改良体が不可視となる場合については、地盤改良体の出来形及び品質管理に留意すること。特に、出来形及び品質管理を行う位置について、監督職員が自ら指定すること。
4. 同一構造体の基礎処理(地盤改良工法)と目的物構造体(擁壁、樋門等)は、一体発注とすることを原則とする。

(2) 本工事についての対応

本工事についての今後の対応として、令和5年3月現在施工中のR2工事と新規で発注する工事でエポコラムTaf工法で地盤改良を行う。エポコラムTaf工法は、地中に残存物(地盤改良体)があっても破碎施工ができる、再地盤改良が可能な唯一の工法である。

特徴として、単軸施工は機械の方向が限定されないため、各部や狭隘部分での施行が可能であり、外翼と芯翼・中翼と掘削ヘッドがそれぞれ異なる方向に回転するため、供回りが発生しづらいとされている。

現時点では、R2工事で行った再地盤改良の事後調査では、設計強度を発現していることを確認しており、今後も安全に施工していきたい。



図-8 エポコラム Taf工法