



مشکلات و خسارات وارده به آکدوک در اثر عدم رعایت ضوابط و

معیارهای اجرایی

(مطالعه موردی: تخریب آکدوک سقزدره)

نوشته:

سید هاشم طباطبائی^۱، محمد کریم فرنوش^۲، حسن رحیمی^۳

چکیده

آکدوک سقزدره در مسیر کانال انتقال آب شیرین از سیمین دشت به گرمسار با هدف عبور آب از روی مسیل سقزدره اجرا گردیده بود. این آکدوک به موازات پل راه آهن با قدمت حدود ۷۰ سال، در سال ۱۳۸۳ اجرا گردید. طراحی این آکدوک به گونه ای صورت گرفته بود که بر اساس مدل ریاضی تهیه شده به کمک نرم افزار HEC RAS قادر به عبور سیلابی با دبی ۸۰۰ متر مکعب در ثانیه از فضای بین پایه های خود بود. لیکن به علت آنکه پیمانکار در زمان اجرا از اجرای کامل آن غافل ماند و خاکریزهای جاده دسترسی پایین دست آکدوک را که خود انجام داده بود، خاکبرداری ننموده و به حال خود در پایین دست آکدوک رها نموده بود باعث گردید که سیلابی با دبی حداقل ۲۰۰ و حداکثر ۳۰۰ متر مکعب در ثانیه موجب تخریب و حمل عرشه آکدوک به پایین دست گردد. بر اساس مدل ریاضی تهیه شده به کمک نرم افزار فوق الذکر ظرفیت عبور سیلاب آکدوک ناقص اجرا شده توسط پیمانکار به کمتر از ۵۰ متر مکعب در ثانیه محدود می گردد. لذا با توجه به اینکه آکدوک بر روی مسیل سقزدره با شیب Steep اجرا شده بود، اکیداً توصیه می گردد که عوامل اجرایی در این گونه موارد حتماً اقدام به خاکبرداری و حمل خاکهای مازاد حاصله از پی کنی ها و جاده های دسترسی به محل های دیو نمایند تا به هیچ وجه شاهد اتفاقات مشابهی در پروژه های دیگر نباشیم.

۱- مقدمه و هدف

مقاله حاضر اختصاص به بررسی مشکلات بوجود آمده در رابطه با آکدوک سقزدره به لحاظ مسائل هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و اجرایی دارد. در این مقاله همچنین به روشهای اجتناب از بروز چنین مشکلی برای سازه های مشابه پرداخته شده است. آکدوک مورد نظر یکی از بیست آکدوک احداث شده در مسیر کانال انتقال آب از سیمین دشت به گرمسار می باشد. این آکدوک برای عبور

^۱ کارشناس ارشد هیدرولیک شرکت مهندسی مشاور لار
^۲ مدیر امور آبرسانی و تصفیه خانه های آب و فاضلاب، شرکت مهندسی مشاور لار
^۳ استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

آب از روی مسیل سقز دره طرح و اجرا گردیده است. در فاصله 35 متری بالادست آکدوک سقزدره و به موازات آن پل راه آهن با قدمتی در حدود 70 سال وجود دارد که از ابتدای اجرای آن تاکنون هیچگونه آسیب سازه ای به آن وارد نگردیده است.

از آنجائیکه مسیل سقزدره یک مسیل فصلی است و در آن جریان آب دائمی وجود ندارد و از طرفی شیب آبراهه اصلی آن بخصوص در قسمت خروجی از نوع تند (steep) می باشد، لذا در این مقاله سعی گردیده است تا مسائل مبتلا به این نوع مسیلهها در مراحل ساخت سازه های روگذر مورد بررسی قرار گیرد.

نکته مهمی که در رابطه با این آکدوک حائز اهمیت بوده این است که پیمانکار از اجرای کامل آن غافل مانده است. بدین ترتیب که پس از ایجاد بهم خوردگی قابل ملاحظه در کف مسیل در مرحله اجرای آکدوک (اعم از پی کنی ها، احداث جاده دسترسی وسهولت در نصب تیرهای آکدوک و ...) شرایط بستر مسیل نه تنها به حالت پیشنهاد شده و طرح نرسیده، بلکه به شرایط اولیه مسیل نیز بازگردانده نشده است.

بدین جهت در هنگام جاری شدن یک سیل استثنائی در تیرماه سال 1383 به علت ناکافی بودن فضای زیر آکدوک در اثر موارد فوق الذکر، سطح سیلاب بر اثر ایجاد جهش هیدرولیکی، بیش از حد بالا رفته و آکدوک را مستغرق نموده است. در نتیجه نیروی زیر فشار موجب سبک شدن سازه و حرکت آکدوک به سمت پایین دست (بر اثر فشار جریان آب) و نهایتاً تخریب کامل آن گردیده است. نکته حائز اهمیت این است که پایه های آکدوک در اثر سیل مزبور دچار هیچ مشکلی نشده و فقط عرشه آن جابجا گردیده است در این فرایند نگهدارنده های پایین دست سر ستونها که بصورت دستک اجرا شده بودند بر اثر نیروی بسیار زیاد حاصله، بریده شده اند.

2- مشخصات عمومی طرح

مطالعات مرحله دوم طرح جداسازی آب شور و شیرین و انتقال آب شیرین حبله رود از سیمین دشت به گرمسار در اوائل دهه 1370 به مهندسین مشاور لار واگذار شد.

حبله رود که در جهت شمال شرقی - جنوب غربی جریان دارد از طریق دره های تنگ شمال گرمسار وارد این دشت می شود. شوری زیاد آب رودخانه حبله رود و تداوم حمل نمک باعث پیشروی تدریجی کویر بسوی دشت گرمسار گردیده است. طرح مورد بحث با هدف انتقال آب سر شاخه های حبله رود نظیر رودخانه های نیمرود، فیروزکوه و دلیچای که از کیفیت بهتری برخوردار است به دشت گرمسار تعریف گردید. بر اساس نتایج مطالعات مرحله اول طرح مذکور بهترین محل جداسازی آب شور و شیرین ایستگاه سیمین دشت تعیین شد.

از ابتدای مطالعات مرحله دوم، بررسیهای ژئوتکنیکی از طریق حفر گمانه های اکتشافی در طول مسیر و پیمایش های مختلف توسط اکیپهای تخصصی کارشناسان این مهندسین مشاور بطور همزمان آغاز گردید که در نتیجه پلان و پروفیل مسیر خط انتقال آب بر روی نقشه های با مقیاس 1:2000 تهیه و مراحل بعدی طراحی آغاز گردید. در این مرحله از مطالعات کلیه سازه های طول مسیر کانال در برخورد با محدودیتهای مسیر و وضعیتهای مختلف ژئوتکنیکی تعیین و طراحی گردید. رودخانه سقزدره در فاصله حدود شش کیلومتری از محل سد انحرافی در محل، مسیر کانال انتقال آب را قطع می نماید. این رودخانه در واقع یک مسیل فصلی است که در هنگام وقوع بارندگی های موضعی برای مدت چند ساعت فعال می گردد. از آنجائیکه این رودخانه در هیچ زمانی آب جاری

دائمی نداشته، لذا فاقد ایستگاه هیدرومتری می باشد. همچنین این حوضه به دلایل نا معلوم فاقد ایستگاه بارانسنجی و یا هواشناسی نیز می باشد. لذا جهت دستیابی به داده های هیدرولوژیکی نسبتاً دقیق، آخرین اطلاعات موجود هواشناسی سازمان هواشناسی کشور و گزارشهای هواشناسی طرحهای موجود در مناطق اطراف حوضه سقزدره، منجمله سد نیمرود مورد استفاده قرار گرفت. این اطلاعات شامل داده های مربوط به ایستگاههای سینوپتیک، کلیماتولوژی و همچنین منحنیهای IDF ارائه شده در آن منابع می باشد.

3- سابقه مسئله

بدنبال وقوع باران شدید از ساعت 30:22 روز 21 تیرماه 1383 تا حدود ساعت 00:11 بامدادهمان روز در حوضه آبریز مسیل سقزدره، یک سیلاب استثنایی در این مسیل جاری گردید که موجب ایجاد خساراتی به راه آهن شمال، خط انتقال آب سیمین دشت به گرمسار و اراضی و باغات موجود در حاشیه رودخانه حبله رود گردید.

حوضه مسیل سقزدره با 144/6 کیلومتر مربع حوضه ای دارای مسیلهای فصلی موقت می باشد. بطوریکه در بسیاری از روزهای سال در خروجی این حوضه آب جاری وجود ندارد. بهره برداری از پل راه آهن موید این نکته است چراکه بدلیل عدم جاری شدن سیلابهای قابل ملاحظه از زیر این پل به بهره برداری فنی و صحیح آن اهمیت داده نشده است. بعنوان مثال تا قبل از سیل مورخ 83/4/21 در بیشتر مواقع سال دو دهانه اول و آخر این پل بصورت پر از رسوبات بوده و چهار دهانه میانی نیز در حدود 45% از کل ارتفاع را رسوبات پر نموده بوده است. در زمان اجرایی کانال انتقال آب بدلیل لزوم عبور و مرور ماشین آلات سنگین پیمانکار از زیر این پل، نیاز بود که کف مسیل در زیر پل تا عمق حدود 4 متر خاکبرداری شود. اما بدلیل نمایان شدن فونداسیون پایه ها، مسئولین راه آهن مجوز این کار را صادر نکرده و در نهایت با توجه به حیاتی بودن طرح انتقال آب، با اعمال شرایطی مجوز لازم برای خاکبرداری در وسط یکی از دهانه ها صادر گردید.

این پل که روی پایه های سنگی بنا گردیده، به طول تقریبی 50 متر و دارای 6 دهانه می باشد. فاصله محور تا محور پایه های مجاور این پل معادل 8 متر و عرض پایه ها در جهت عمود بر جهت جریان معادل 2 متر می باشد. بدین ترتیب فاصله موجود بین دو پایه مجاور معادل 6 متر است. پی پایه های این پل بصورت بتنی و پایه ها از سنگ و ملات ماسه و سیمان و دالهای آن نیز بصورت بتنی مسلح اجرا گردیده است. ارتفاع پل از زیر دال تا روی فونداسیون پایه ها در حدود 3 متر می باشد. بنابراین کل مقطع مفید برای عبور آب بدون در نظر گرفتن عمق آزاد و فشردگی ناشی از ضخامت بیش از حد پایه ها، حداکثر معادل 108 متر مربع بوده است.

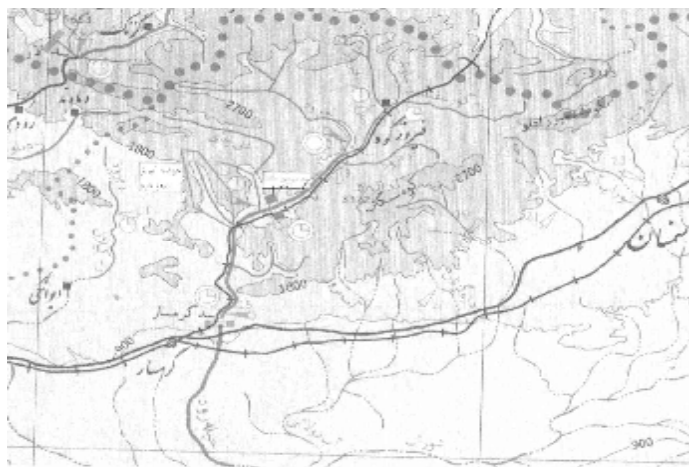
در پایین دست پل راه آهن آکدوک پروژه انتقال آب شیرین سیمین دشت به گرمسار اجرا گردید. این آکدوک بر روی هفت پایه بنا گردیده که فاصله محور تا محور دو پایه مجاور آن معادل 12/15 متر بوده است. با توجه به اینکه هر پایه این پل بصورت دو ستون استوانه ای به قطر 0/7 متر طراحی گردیده، فاصله بین دو پایه مجاور این پل معادل 11/45 متر می باشد. کل سازه آکدوک از نوع بتن مسلح با پایه های مستقر روی پی های منفرد و بصورت یکپارچه با پی اجرا گردیده بود. عرشه آکدوک در هر دهانه بصورت یک ناو بتنی مسلح بر روی سه تیر بتنی مسلح قرار گرفته و تیرها بر روی پایه ها دو طرف آزاد متکی بر نئوپرنهای طرفین طراحی و اجرا شد به گونه ای که عرشه جدا از پایه ها و بر روی آنها نصب شده بود. از طرف دیگر ارتفاع پایه های میانی آکدوک از روی

فونداسیون تا زیر تیرها معادل 5/05 متر طراحی و اجرا شده بود (با استثناء یک پایه در ساحل چپ رودخانه که ارتفاع خالص آن 4/05 بوده است). با در نظر گرفتن عمق آبشستگی، در صورتی که آکدوک بطور کامل اجرا می شد، ارتفاع مفید پایه های آکدوک معادل 4/55 متر و برای پایه ساحل چپ معادل 3/55 متر می بود. بدین ترتیب فضای مفید زیر آکدوک در شرایط طراحی شده برای عبور سیل، فقط برای 50 متر میانی از 72/9 متر طول آکدوک، بالغ بر 200 متر مربع بوده است.

با توجه به توضیحات فوق بدیهی است که آکدوک طراحی شده نسبت به پل راه آهن دارای ظرفیت بسیار بالاتری از لحاظ عبور سیل بوده است. بر اساس نتایج محاسبات هیدرولیکی انجام شده به کمک نرم افزار HEC-RAS، حداکثر سیلابی که می توانسته است از زیر آکدوک در شرایط طراحی عبور نماید در حدود 800 متر مکعب می باشد و حال آنکه حداکثر ظرفیت سیلاب قابل عبور از پل راه آهن بدون سرریز از روی آن به کمتر از 350 متر مکعب در ثانیه محدود می گردد. در ادامه بحث خلاصه مطالعات انجام شده در رابطه با بررسی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی آکدوک مورد نظر و عملکرد آن در تلفیق با پل راه آهن ارائه شده است.

4- هیدرولوژی و هواشناسی حوضه آبریز سقزدره

حوضه آبریز رودخانه سقز دره که نام دیگر آن رودخانه شاه بلاغی می باشد، در فاصله تقریبی 30 کیلومتری شمال گرمسار قرار دارد. رودخانه سقزدره جزو زیر حوضه آبریز حبله رود بوده و از شمال و شرق به حوضه آبریز رودخانه دلی چای و از غرب به رودخانه نمارک (زم رود) محدود می شود. موقعیت حوضه آبریز رودخانه بر اساس نقشه های افست 1:50000؛ 1 منطقه در شکل شماره 1 نشان داده شده است.



شکل شماره 1: موقعیت حوضه آبریز رودخانه سقزدره نسبت به حوضه آبریز حبله رود

بر اساس آمارهای موجود هواشناسی، مقادیر حداکثر سیلاب برآورد شده مسیل سقزدره با ضرایب اطمینان کافی برای دوره های بازگشت پنجاه، یکصد و پانصد ساله به ترتیب برابر 63، 88 و 183 متر مکعب در ثانیه برآورد شده است.

علیهذا مطالعات هیدرولوژیکی سیل به وقوع پیوسته در تیر ماه مجدداً و بر اساس نقشه های 50000: 1 منطقه، به کمک نرم افزارهای کامپیوتری انجام شد. در این مطالعات، کل حوضه آبریز

سقزدره تعیین و استخراج گردید (شکل شماره 2). سپس این حوضه بعلت کشیدگی نسبتاً زیاد به 16 زیر حوضه تقسیم (شکل شماره 3) و آنگاه آبراهه های اصلی حوضه های اصلی و فرعی تعیین و ترسیم گردیدند و در نهایت پارامترهای مختلف هیدرولوژیکی حوضه ها به کمک نرم افزارهای AUTOCAD و EXCELL تعیین و نمودارهای هیدرولوژیکی مربوطه ترسیم گردیدند (جدول شماره 1 و شکل شماره 4).

جدول شماره 1: مشخصات هیدرولوژیکی حوضه آبریز سقزدره و تفکیک زیر حوضه ها

Basin No.	Area (m ²)	Area (ha)	Perimeter (m)	L (m)	H1 (m)	H2 (m)	H (m)
1	15886141	1588.61	22170.6	9108.0	2240.0	1420.0	820.0
2	3913074.9	391.31	11533.8	2719.4	2220.0	1620.0	600.0
3	6234865.9	623.49	11356.8	2816.7	2120.0	1520.0	600.0
4	6208281.9	620.83	13235.6	5970.8	2220.0	1650.0	570.0
5	9860570.5	986.06	15928.1	4703.1	2220.0	1780.0	440.0
6	31438234	3143.82	25581.9	10326.6	2510.0	1750.0	760.0
7	6337392.7	633.74	11592.0	2447.0	2220.0	1950.0	270.0
8	8344899.7	834.49	17074.5	1919.8	2130.0	1785.0	345.0
9	6053780.1	605.38	13485.8	6494.8	2220.0	1950.0	270.0
10	1525831.6	152.58	5667.0	1329.6	2210.0	1950.0	260.0
11	4007175.8	400.72	8087.2	2531.0	2200.0	2050.0	150.0
12	15633328	1563.33	18788.5	8308.9	2510.0	1960.0	550.0
13	3230589	323.06	9752.0	2916.5	2190.0	2080.0	110.0
14	6736847.1	673.68	12962.3	3779.1	2180.0	2050.0	130.0
15	1482713.1	148.27	6846.6	1315.5	2200.0	2090.0	110.0
16	17712165	1771.22	17149.5	5733.9	2600.0	2095.0	505.0
Total	144605890	14460.6					

بر اساس گزارشهای واصله، ارتفاع بارندگی مورخه 83/4/21 در منطقه مورد مطالعه معادل 41/5 میلیمتر بوده است. پس از وقوع بارندگی و سیل ناشی از آن بازدید کارشناسی از منطقه بعمل آمده و آثار مخرب سیلابهای جاری شده در حوضه های فرعی و اصلی حوضه آبریز سقز دره مورد بررسی قرار گرفت. در این بازدیدها، ضمن بررسی میدانی ارتفاع داغ آب، ارتفاع رسوبگذاری پس از فروکشی سیلابها و سایر پارامترهای مربوطه مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس گزارش تیمهای تخصصی که طی بازدیدهای بعمل آمده از کل حوضه تهیه شده است، بارندگی فوق بصورت محلی بر روی بخشهای انتهایی حوضه یعنی روی زیر حوضه های 1 تا 6 سقز دره رخ داده است و بر اساس محاسبات بعمل آمده مقدار سیل جاری شده در این حوضه حداقل معادل 200 متر مکعب در ثانیه بوده است (جدول شماره 2). با توجه به اینکه دبی سیل 500 ساله سقزدره در حدود 183 متر مکعب در ثانیه گزارش گردیده، لذا دوره برگشت سیل فوق الذکر در حدود 620 سال برآورد گردیده است.

جدول شماره 2: برآورد سیلاب اخیر در 6 حوضه انتهایی

Basin No.	L (m)	H (m)	S (%)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	
					c=.6	c=.8
1	9108.0	820.0	9.0	2.737	43.952	58.6
2	2719.4	600.0	22.1	2.927	10.826	14.4
3	2816.7	600.0	21.3	2.911	17.25	23.0
4	5970.8	570.0	9.5	2.540	17.176	22.9
5	4703.1	440.0	9.4	2.386	27.281	36.4
6	10326.6	760.0	7.4	2.607	86.979	116.0
Total					203.4	271.3

از طرف دیگر با فرض اینکه چنین بارشی کل حوضه سقزدره را بطور یکنواخت در بر می گرفت، با توجه به اینکه زمان تمرکز کل حوضه در حدود 2/3 ساعت برآورد شده است، لذا می توانست سیلابی با دبی حداکثر 530 متر مکعب در ثانیه را تولید نماید (جدول شماره 3). اما از آنجائیکه چنین فرضی، دوره بازگشت سیلاب را بالاتر می برد، دوره بازگشت این سیل در حدود 5000 سال در نظر گرفته شده است.

جدول شماره 3: برآورد سیلاب با فرض بارش در کل حوضه

Basin No.	L (m)	H (m)	S (%)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	
					c=.6	c=.8
1	9108,0	820,0	9,0	2,737	43,952	58,6
2	2719,4	600,0	22,1	2,927	10,826	14,4
3	2816,7	600,0	21,3	2,911	17,25	23,0
4	5970,8	570,0	9,5	2,540	17,176	22,9
5	4703,1	440,0	9,4	2,386	27,281	36,4
6	10326,6	760,0	7,4	2,607	86,979	116,0
7	2447,0	270,0	11,0	2,188	17,533	23,4
8	1919,8	345,0	18,0	2,496	23,088	30,8
9	6494,8	270,0	4,2	1,880	16,749	22,3
10	1329,6	260,0	19,6	2,370	4,2215	5,6
11	2531,0	150,0	5,9	1,735	11,087	14,8
12	8308,9	550,0	6,6	2,380	43,252	57,7
13	2916,5	110,0	3,8	1,507	8,938	11,9
14	3779,1	130,0	3,4	1,543	18,639	24,9
15	1315,5	110,0	8,4	1,705	4,1022	5,5
16	5733.9	505.0	8.8	2.440	49.004	65.3
Total					400.08	533.4

لذا با توجه به مطالب فوق ، چنین نتیجه میشود که سیلاب جاری شده در 21 تیرماه سال 1383، یک سیلاب استثنایی و خارج از محدوده طراحی های استاندارد بوده است. علیهذا همانطوریکه در قسمت هیدرولیک تشریح گردیده آکدوک مورد نظر ظرفیت عبور سیلاب های بیشتر از 5000 ساله را تا دبی معادل 800 متر مکعب در ثانیه داشته است. اما بدلیل اینکه پیمانکار از

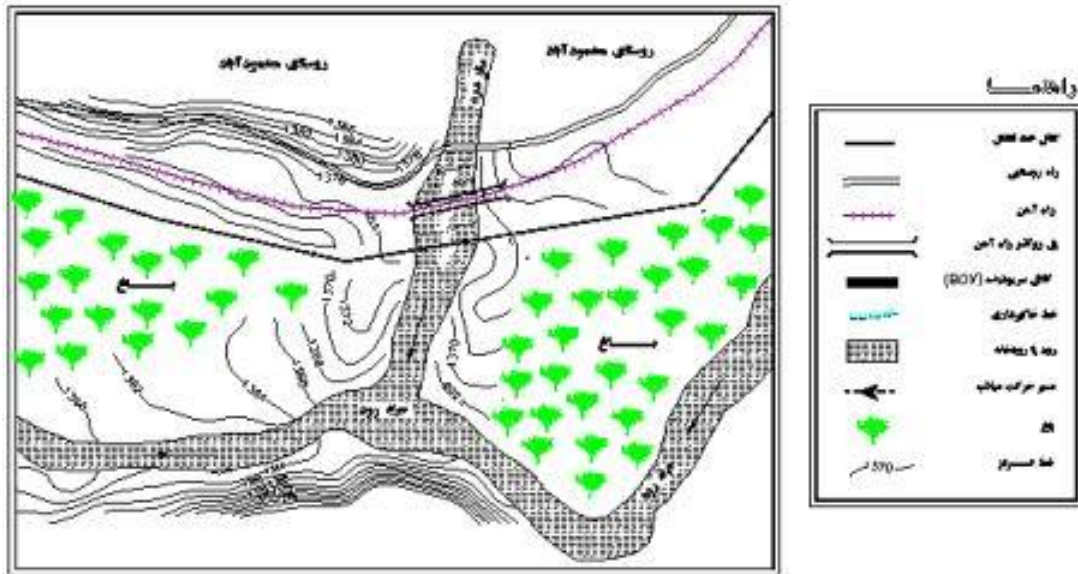
اجرای کامل محوطه سازی آکدوک یعنی تخلیه نمودن خاکها و نخاله های حاصله از خاکبرداری ها و پی کنی های مربوط به اجرای آکدوک و دراپ پائین دست آن غافل ماند، ظرفیت عبور سیل از زیر آکدوک به کمتر از 50 متر مکعب در ثانیه تقلیل پیدا نمود(عکس شماره 1).



عکس شماره 1: آکدوک در زمان اجرای دراپ پایین دست آن

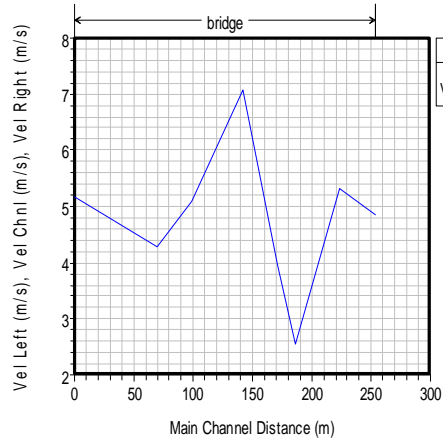
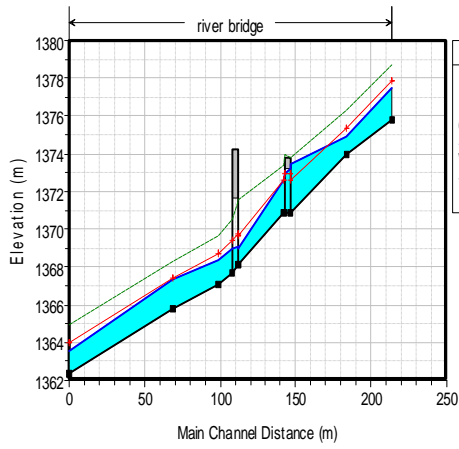
5- هیدرولیک جریان سیلاب از زیر پل راه آهن و آکدوک

در شکل شماره 5 پلان منطقه اجرای آکدوک و پل راه آهن تا رودخانه حبله رود نشان داده شده است. مسیل سقزدره در حد فاصل پل راه آهن تا محل تلاقی با رودخانه حبله رود بصورت یک آبراهه غیر یکنواخت و دارای مسیری تقریباً مستقیم است. عرض کف آبراهه در این محدوده بین 50 تا 75 متر بوده و شیب طولی آن بسته به وضعیت لایروبی بین 5 تا 8 درصد متغیر است. مقطع آبن آبراهه از نظر هیدرولیکی بصورت عریض ($b > 10H$) بوده و در طرفین آن دو دایک خاکی نامنظم وجود دارد. در بستر این آبراهه هیچگونه بوته و درختی وجود ندارد ولی بعلت فعالیت های کشاورزان و لایروبی های غیر فنی راه آهن معمولاً شکل مقطع آن دستخوش تغییرات مکرر بوده است.

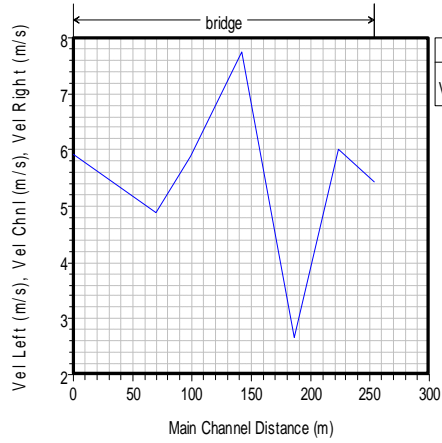
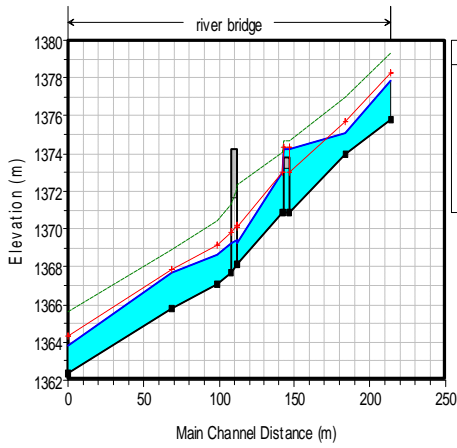


شکل شماره 4: پلان آبراهه خروجی سقزدره

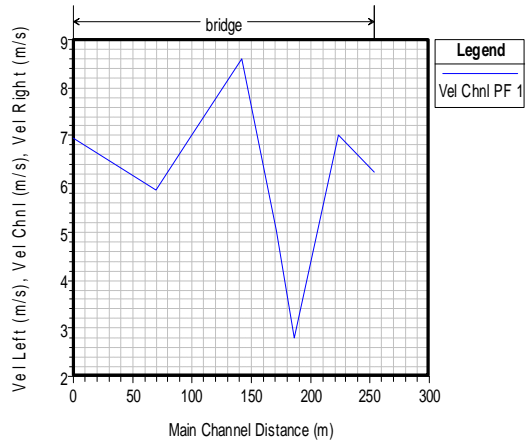
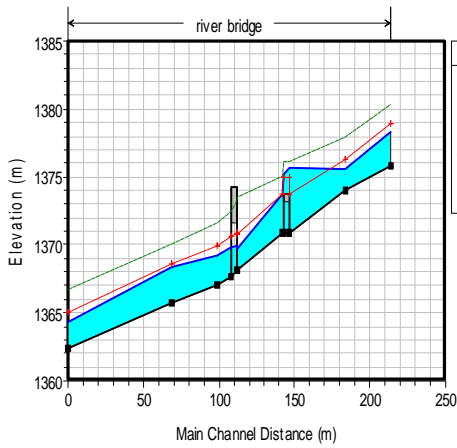
با توجه به توضیحات فوق و بر اساس محاسبات هیدرولیکی انجام شده، شیب این آبراهه از نوع تند (STEEP) ارزیابی شده و در صورت یکنواخت نگهداشتن این شیب و عدم ایجاد مانع در مسیر این آبراهه، جریان سیلاب در آن از نوع فوق بحرانی خواهد بود. لذا برای شرایط طرح، مدل هیدرولیکی جریان سیل با استفاده از آخرین نگارش نرم افزار HEC-RAS تهیه گردید. نتایج محاسبات هیدرولیکی این مدل برای دبی های 350، 500 و 800 متر مکعب در ثانیه در شکل شماره 6 ارائه شده است. در این شکلها نکات زیر مشهود است.



$Q=350 \text{ CMS}$



$Q=500 \text{ CMS}$



$Q=800 \text{ CMS}$

شکل شماره 6- نتایج محاسبات مدل طرح برای دبی های 350، 500 تا 800

الف- از دبی 350 متر مکعب به بالا، سیلاب از روی عرشه راه آهن عبور می کند. در این مدل، شرایط پل راه آهن برای کلیه دهانه‌ها به ارتفاع 4 متر (یک متر بیشتر از ارتفاع طرح پل) بصورت لایروبی شده فرض گردیده است. ظرفیت حداکثر عبور سیل از زیر پل راه آهن با شرایط فوق کمتر از 350 متر مکعب در ثانیه می‌باشد. لذا چنین بنظر می‌رسد که طراح پل، سیلاب طرح حوضه سقزدره را کمتر از 350 متر مکعب در ثانیه برآورد نموده است.

ب- سرعت جریان آب در محدوده 50 متر پائین‌تر از آکدوک تا حبله رود بیش از 2 متر بر ثانیه می باشد.

ج- سرعت جریان سیلاب از فاصله حدود 25 متر بالاتر از آکدوک تا فاصله ای در حدود 50 متر پائین‌تر از آکدوک (در جهت جریان سیلاب) بیش از 6 متر بر ثانیه می باشد. بنابراین در شرایط طرح (در صورتیکه آکدوک بطور کامل اجرا می شد) بدلیل سرعت زیاد آب امکان تله اندازی رسوبات حمل شده در محدوده آکدوک وجود نداشته و بنابراین تا هنگام فروکشی کامل سیل هیچ مشکلی پیش نمی آمد.¹

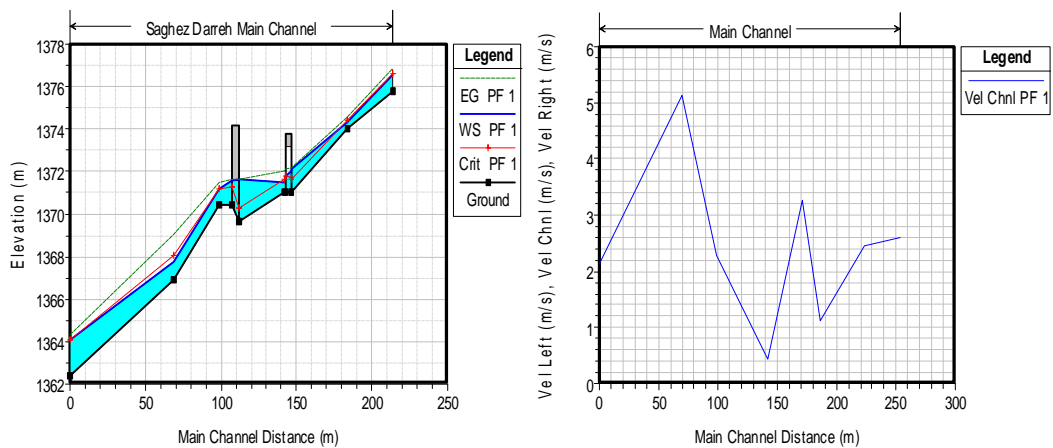
د- سطح آب رودخانه حبله رود در شرایط سیلابی هیچ تاثیری بر سطح آب سیلاب در زیر آکدوک ندارد.

ه- سرریز جریان آب از روی راه آهن بطور مستقیم تاثیری بر سطح سیلاب زیر آکدوک ندارد.

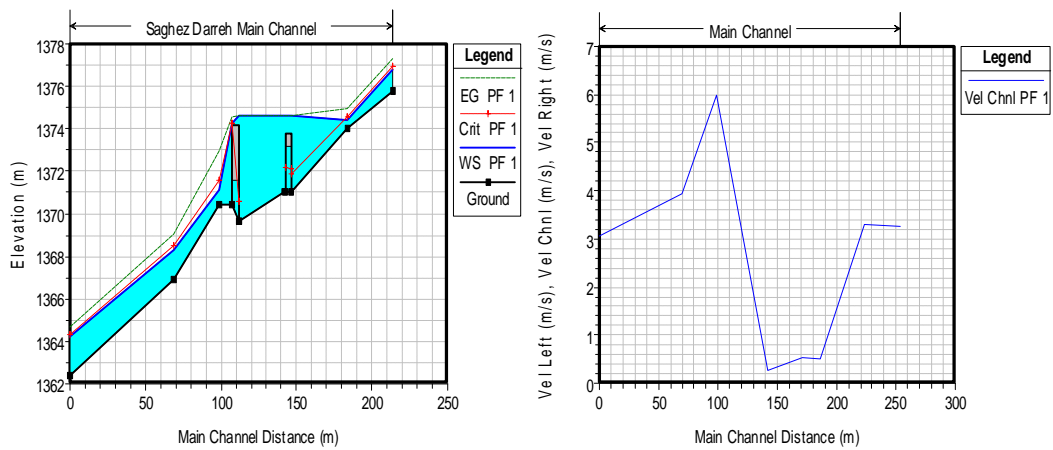
و- با توجه به اینکه در مدل تهیه شده فقط چهار دهانه از آکدوک بصورت خالی و مابقی به صورت پر از رسوب فرض گردید، و از طرف دیگر علیرغم محدودیت ایجاد شده، سیلاب با دبی تا 800 متر مکعب در ثانیه نیز بدون هیچ مشکلی می توانست از زیر آکدوک عبور می نماید، لذا ظرفیت واقعی آکدوک می توانسته بیش از این مقدار نیز باشد.

همچنین بر اساس نقشه‌های مقاطع عرضی کارگاهی در شرایط موجود مدل ریاضی جریان سیلاب در شرایط موجود (آکدوک ناقص اجرا شده) برای دبی‌های 50، 100 و 200 متر مکعب بر ثانیه تهیه و به کمک کامپیوتر تحلیل گردید. نتایج این محاسبات در شکل شماره 7 ارائه شده اند.

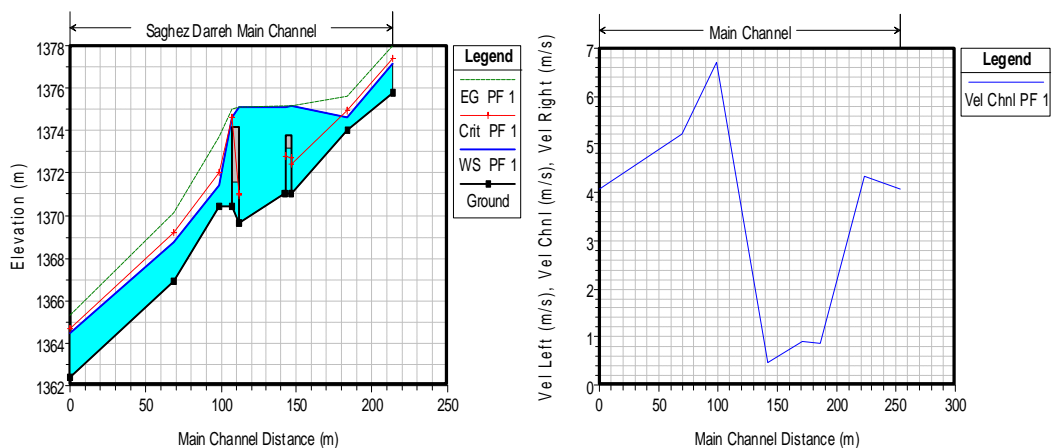
¹ - با توجه به اینکه آخرین نسخه *Hec - Ras* که در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته است، رسوب سیلاب را نمی تواند مدل نماید، لذا مساله رسوب بر اساس نتایج حاصله از مدل با توجه به پارامترهای هیدرولیکی آن مورد بررسی قرار گرفته است.



$Q=50 \text{ CMS}$



$Q=100 \text{ CMS}$



$Q=200 \text{ CMS}$

شکل شماره 7: نتایج محاسبات مدل وضع موجود برای دبی های 50، 100 و 200 متر مکعب در ثانیه

از این شکلها نکات زیر مشهودند:

الف- در شرایط موجود سرعت جریان آب برای کلیه دبی ها در زیر آکدوک به کمتر از 1 متر در ثانیه محدود می گردد.

در این شرایط در پایین دست آکدوک یک جاده دسترسی بصورت خاکریز با تراکم ترافیکی موجود بوده که پس از اجرای آکدوک نیز به همان صورت باقی مانده و بعنوان یک مانع در برابر جریان آب عمل می نموده است. در این وضعیت با توجه به سرعت زیاد جریان سیلاب در بالادست راه آهن (بالتر از 1/5 متر بر ثانیه) رسوبات حمل شده در زیر آکدوک تله اندازی گردیده و موجب بالارفتن کف مجرا در این مقطع شده است. که این امر نیز به نوبه خود موجب افزایش گرفتگی مقطع و ایجاد جهش هیدرولیکی شده است. لذا با بروز سلسله عوامل مذکور، سرعت جریان آب باز هم کمتر شده و نتیجه نهایی، مستغرق شدن کامل آکدوک و تخریب عرشه آن گردیده است.

ب- از دبی 100 متر مکعب در ثانیه به بالا علاوه بر وجود مشکل بند الف، شرایط موجود موجب می شود که حتی در صورت صاف و عاری از رسوب بودن آب نیز بلافاصله جهش هیدرولیکی تشکیل و در نتیجه در همان ابتدای جریان سیل آکدوک مستغرق گردد.

ج- در شرایط موجود، در دبی های 100 و 200 متر مکعب بر ثانیه و بیشتر جهش هیدرولیکی جریان، پل راه آهن را نیز مستغرق می نماید و سرعت آب در حد فاصل پل راه آهن تا بعد از آکدوک به کمتر از یک متر در ثانیه محدود می رسد. در چنین شرایطی تمامی رسوبات درشت دانه سیل در زیر آکدوک و حد فاصل راه آهن تا آکدوک تله اندازی می شود و علاوه بر تخریب عرشه آکدوک مقطع جریان را نیز دچار تغییرات بسیار زیادی می نماید.

د- در این شرایط نیز سطح آب حبله رود بر سطح سیلاب در محدوده آکدوک هیچ تاثیری ندارد ولی وجود جاده سرویس موجب افزایش مخاطرات در رابطه با ایمنی آکدوک گردیده است.

6- فهرست منابع:

- 1- صدقی، حسین، (1363)، « اصول مهندسی هیدرولوژی»، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران
- 2- افشار، عباس، (1369)، «هیدرولوژی مهندسی»، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ایران
- 3- مهندسین مشاور لار، (1383)، « گزارش فنی دلایل توجیهی انتخاب سازه آکدوک در محل تلاقی کانال انتقال آب سیمین دشت با مسیل سقزدره و گزارش توجیهی تکمیلی وقوع سیل سقزدره و بررسی علل حادثه و خسارات وارده به تاسیسات انتقال آب»، مهندسین مشاور لار، تهران، ایران
- 4- مهندسین مشاور لار، (1383)، « گزارش توجیهی وقوع سیل سقزدره و بررسی علل حادثه و خسارات وارده بر تاسیسات انتقال آب»، مهندسین مشاور لار، تهران، ایران
- 5- مهندسین مشاور لار، (1383)، « گزارش هیدرولوژی سیلاب 83/4/21 سقزدره»، مهندسین مشاور لار، تهران، ایران
- 6- مهندسین مشاور لار، (1372)، « گزارش مطالعات هواشناسی پروژه سد مخزنی نیمرود»، مهندسین مشاور لار، تهران، ایران

- 7- وزیر، فریبرز، (1370) ، « تجزیه و تحلیل رگبارها (تعیین منحنیهای شدت - مدت) در نقاط مختلف ایران»، جهاد دانشگاهی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
- 8- مهندسین مشاور لار، (1376) ، « گزارش فنی و مطالعات مرحله دوم کانال انتقال آب از سیمین دشت به گرمسار»، مهندسین مشاور لار، تهران، ایران

9. French, Richard H., (1985), « Open Channel hydraulics», Mc Graw – Hill Civil Engineering Series, New York, U.S.A
10. Hydrology Engineering Center, (2004), « HEC RAS Manual» , U.S.Army Corps of Engineering, WWW. Hec.usace. army.mil

