

國內의 洗掘에 의한 被害現況

呂 運 光*

우리나라의 自然災害중 물에 의한 것이 大部分을 차지하고 있음은 주지의 사실이다. 또한 年 강수량의 2/3가 夏節氣 集中豪雨의 형태로 發生할뿐더러 一年에 수차례 來襲하는 颶風으로 짧은시간에 局地的으로 많은 비가 내려 相對的으로 洗掘에 의한 위험성에 더 노출되어 있는 狀況이다. 더구나 최근들어 91년 용인·안성지역에 내린 局地性 集中豪雨나 금년 8월말 忠淸南都 西海岸에 내린 유례를 찾아 보기 힘든 형태의 豪雨發生은 이들에 대한 관심의 고조와 대책수립의 시급함을 認識시키고 있다. 表 1은 최근 10年間 發生된 災害를 원인별로 分析한 것으로서 豪雨에 의한 被害가 평균 58.1%, 颶風에 의한 것이 31.2%로 물에 관련되어 있는 피해가 90% 이상임을 쉽게 알 수 있다.

洗掘을 “물의 흐름에 의하여 주변 土粒子나 構造物의 일부가 제거되어 이동되는 物理的 現狀”이라고 定義할 때 洗掘에 의한 피해를 파악하고 集計하기란 여간 어려운 일이 아니다. 이것은 洗掘이 피해를 일으키는 要因일뿐 피해의 대상이 아니기 때문이며, 더구나 被害의 대부분은 洗掘만에 의하여 나타나는 것이 아니라 다른 原因과 함께 複合的으로 발생되기 때문이다. 예로써 洗掘에 의하여 송전탑의 基礎가 유실되어 피해를 입었을 때 집계상으로는 電力施設의 被害로 취급되어질 뿐이다. 따라서 여기서는 洗掘이 직·간접적으로 被害原因이 되었다고 유추할 수 있는 項目을 살펴봄으로써 洗掘에 대한 국내의 被害現況을 알아보려고 한다.

현재 國內의 災害現況을 가장 잘 종합하고 집계한 자료로는 內務部 防災課에서 발간되는 災害年報이다. 물론 建設교통부, 농림수산부, 기상청, 정부투자기관 또는 각 지방자치 단체에서 나름대로의 각종 報告書가 發刊되고는 있으나, 이들은 해당부처의 關聯事項에 중점을 두고 또한 被害發生때마다 작성되어 자료의 連續性을 파악하는데 어려움이 많다. 表 2는 재해년보에 기록된 최근 15年間 發生한 自然災害에 의한 피해항목중 洗掘과 관계가 깊다고 생각되는 도로, 하천, 철도, 수리시설에 대한 被害狀況을 나타낸 것이다. 이에 따르면 우선 87년과 금년에 피해가 상당히 크게 나타난 반면 83년에는 별 피해없이 지나갔음을 알 수 있다. 이들 중 피해대상으로서 河川被害가 평균 21.8%, 수리시설 피해가 19.1%, 道路가 10.9%를 차지하고 있어 洗掘에 직접 영향받는 被害率이 50%를 상회하고 있고 今年의 피해액만도 2000억원이 넘고 있다. 또한 豪雨 및 颶風에 의한 소규모 施設의 피해를 더할 경우 洗掘에 직·간접적으로 영향받는 피해는 75% 이상으로 推定된다.

직접 교량에 대한 피해는 表 3과 같으며 역시 水害에 의한 총 피해액이 제일 컸던 87년에 손상된 橋梁도 255개로서 가장 많음을 나타내고 今年들어 10월까지 총 140여개의 橋梁이 피해를 입은 것으로 集計되었으며 每年 평균 100여개의 크고작은 橋梁이 水害에 의하여 損壞되었음을 알 수 있다. 이중 87년에 피해가 제일 컸던 理由는 7月 15~

* 明知大學校 土木工學科 教授

國內의 洗掘에 의한 被害現況

표 1. 自然災害의 原因別 被害狀況 (%)

年度	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	平均
颱風	27.8	72.4	47.4	0.0	21.7	0.2	63.2	21.8	44.6	13.3	31.2
豪雨	69.3	20.3	50.5	91.5	63.4	91.5	32.7	62.5	40.0	58.9	58.1
暴風	2.5	2.4	2.0	6.0	9.8	4.4	1.6	14.0	12.1	3.1	5.8
기타	0.4	4.9	0.1	2.5	5.1	3.9	2.5	1.7	3.3	24.7	4.9

표 2. 主要項目別 被害現況 (금액단위 천원, ()는 %)

年度	도로	하천	수리 시설	철도
81年	5,487,419 (6.9)	17,564,980 (22.1)	19,859,891 (24.9)	207,598 (0.3)
82年	4,598,324 (11.5)	11,701,898 (29.2)	7,846,746 (19.6)	55,927 (0.1)
83年	157,617 (3.7)	245,927 (5.8)	326,345 (7.7)	- (0.0)
84年	18,334,716 (15.2)	37,285,319 (31.0)	29,111,521 (24.2)	305,670 (0.3)
85年	3,910,457 (8.9)	8,763,873 (19.9)	9,778,557 (22.3)	12,270 (0.0)
86年	3,373,324 (8.6)	5,803,073 (14.9)	6,255,070 (16.0)	524 (0.0)
87年	50,064,816 (9.3)	126,168,504 (23.4)	105,574,209 (19.6)	1,058,597 (0.2)
88年	10,905,430 (13.2)	23,693,886 (28.6)	11,091,214 (13.4)	279,998 (0.3)
89年	18,065,608 (8.8)	52,960,211 (25.9)	57,663,302 (28.2)	1,238,377 (0.6)
90年	33,889,162 (12.3)	59,623,710 (21.6)	36,707,236 (13.3)	2,935,594 (1.1)
91年	29,558,663 (9.9)	73,441,668 (24.7)	56,198,173 (18.9)	135 (0.4)
92年	33,889,162 (16.5)	59,623,710 (16.1)	36,707,236 (21.9)	53,527 (0.4)
93年	26,066,842 (17.0)	31,452,926 (20.5)	28,118,536 (18.3)	927,897 (0.6)
94年	18,320,359 (10.9)	13,825,143 (21.8)	11,081,300 (19.1)	291,812 (0.3)
95年*	74,572,169 (17.5)	68,948,932 (16.2)	64,861,534 (15.2)	1,700,538 (0.4)

(* 는 95년 10월 현재)

..... 특징 : 하천세굴과 교량의 안전

16일에 걸친 颱風 셀마의 내습으로 南部地方 및 嶺東海岸地方에 集中豪雨가 내렸으며 7月 21~23日 및 7月 26~27日의 中部地方에 내린 集中豪雨, 8月 28~31日의 颱風 다이너등 이해에는 유난히 颱風 및 豪雨가 많았기 때문이다. 당시 建設技術研究院에서 제작된 화보를 중심으로 피해를 입은 국

도상의 橋梁을 살펴보면 表 4와 같다. 또한 이들 橋梁의 被害形態를 분석해보면 洗掘에 의한 橋脚崩壞가 대부분으로서 85% 이상이며 기타 교대 및 접속도로의 유실은 15% 미만으로 集計되고 있다. 이는 교량설계시 洗掘에 의한 安定性 검토가 얼마나 소홀히 다루어졌나를 잘 보여주고 있다.

표 3. 橋梁被害

(개소)

年 度	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	평균
被害橋梁	141	47	4	177	53	37	255	51	112	89	162	89	90	28	140	98.3

표 4. 87年 7~8월에 발생한 被害橋梁

원 인	피 해 교 량		피 해 구 분
	이 름	위 치	
태풍 셀마 7.15~7.16	고읍교	경남 산청군 생초면 방서리	200m 붕괴유실
	황천교	경남 하동군 황천면 황천리	20m 교량상판 유실
	반천교	경남 산청군 시천면 반천리	70m 붕괴유실
	국도 321호선	경북 지례면 도곡리	140m 붕괴유실
	대초교	경남 거창군 가로면 대초리	붕괴유실
	단성교	경남 산청군 단성면 강누리	81.4m 붕괴유실
	신기교	경남 거창군 산원면 구사리	8m 붕괴유실
	동강교	경남 함양군 휴천면 동강리	135m 붕괴유실
	월평교	경남 하동군 황천면 월평리	상판유실
	황천교	경남 하동군 황천면 황천리	20m 붕괴유실
	내현교	강원도 양양군 현남면	11m 붕괴유실
	성심교	경남 산청군 산청읍 연학리	166m 교각붕괴유실
	금강교	강원도 고성군 간성면 장선1리	30m 붕괴유실
	해운교	전남 화순군 동북면 천변리	80m 교각붕괴유실
	합진교	경남 하동군 고전면 대덕리	20m 교각붕괴유실
	덕산교	강원도 삼척군 근덕면 덕산리	90m 교각붕괴유실
	와룡교	강원도 영월군 하동면	98m 교각붕괴유실
	병천교	경남 하동군 옥종면 병천리	32m 교각붕괴유실
지방도 901호선	경북 조마면 장암리	48m 교각붕괴유실	
죽청교	전남 화순군 도곡면 죽청리	28m 교각붕괴유실	
		경남 하동군 황천면 월평리	4m 교각붕괴침하
중부호우 7.21~7.23	교량피해		
	원당교	전북 완주군 구이면 원당리	교각2기 붕괴침하 슬라브3경간 균열
	신봉교	충남 서천군 마산면 신봉리	16m 붕괴
	장수교	충북 청주시 강서1동	60m 붕괴
		충남 논산군 양촌면 모촌2리	30m 붕괴

國內의 洗掘에 의한 被害現況

	덕해교	충남 보령군 미산면 평리	30m 붕괴
		충북 증원군 산척면 영덕리	22m 붕괴
	석종교	충남 보령군 주산면 화평리	110m 붕괴
	충중교	충남 논산군 상월면 석종리	33m 붕괴
	대창교	충남 대전시 동구 대동	16m 파손
	향노교	충남 보령군 웅천면 대창리	파손
	봉남교	경기도 양평군 단월면 향도2리	40m 파손
	예곡교	경기도 평택군 진부면 봉남리	180m 파손
	봉황교	충북 옥천군 청산면 예곡리	20m 파손
	하리교	충북 증원군 가금면 봉황리	45m 파손
	북부교	전남 완주군 삼례면 하리읍	220m 파손
	신구교	충남 대전시 동구 삼성동	60m 파손
		충남 대덕군 구죽면 송강리	315m 파손, 교각8기침하
	<u>철도피해</u>	충북 청원군 강내면 월곡리	침수
		경부선 부강-매포	독 붕괴
		경부선 매표-신탄진	독 붕괴
		장항선 판교-서천	독 유실, 2곳
		장항선 간치-판교	독 유실
		경부선 대전조차장-대전대중천	교량손괴
		장항선 간치-판교	궤도매물
		호남선 서대전-기수원	궤도매물
집중호우 8.15~8.16	신서교	경기도 포천군 신북면 신평1리	64m 파손
	도대1교	경기도 가평군 북면 도대리	40m 상판유실
	후평교	경기도 포천군 가산면 마산2리	20m 상판파손
태풍 다이나 8.28~8.31	<u>철도피해</u>	동해선 나원-사방	철도유실
		동해선 안강-부조	철도유실
		충남 홍성군 광천읍	독유실
		충남 보령군 남포읍	궤도매물
		충남 홍성군 광천읍	궤도매물

이와같이 每年 수많은 橋梁이 피해를 당하고 그 피해액 또한 엄청남에도 불구하고 現在까지 이들 피해에 대한 原因分析이나 대책마련에는 매우 소극적이었다. 集中豪雨나 颱風에 의하여 橋梁이나 堤防이 손괴·유실되었을 때 事後分析을 위한 資料收集보다는 천재지변으로 취급하여 빨리 책임에서 벗어나려는 경향이 지배적이었으며 이러한 近視眼의 인 사고는 根源의이고 恒久的인 대책수립에 큰 어려움을 주고 있다. 이와같이 현재 基礎資料의 수집 미비로 洗掘에 의한 피해를 體系의으로 분석하는

것은 限界가 있으나 여기서는 여러곳에 흩어져 있는 短篇的인 피해기록을 종합·정리하여 기존의 橋梁에서 洗掘에 의한 안정성에 문제가 있는 경우를 몇가지 事例를 중심으로 열거하면 다음과 같다.

첫째 橋梁의 位置選定이 잘못된 경우이다. 洗掘에 좀 더 안정적이기 위하여는 흐름이 전체 단면에 걸쳐 고르게 分布되어야 한다. 이는 통수단면이 넓을수록 流速이 작아지기 때문이며 이렇게 되기 위하여는 橋梁 位置部分의 상·하류가 비교적 直線을 이루는 곳이 적당하다. 그러나 橋梁의 길이는 짧게

하면 할수록 이익이라는 단순 構造力學論理에 맹종하는 橋梁設計者들에 의하여 많은 경우 만곡부에 위치시키기 일쭉이며 洗掘에 대한 안정성 검토없이 이런곳에 위치한 橋梁은 대부분 심각한 洗掘危險에 直面하고 있다. 이 경우 다행히 數年內는 별 문제 없다 하더라도 우리나라의 강우특성상 시간이 경과함에 따라 이러한 橋梁은 洗掘에 취약할 수 밖에 없다. 이에 해당되는 橋梁은 일일이 열거할 수 없을 만큼 많으며 이러한 상식이하의 오류를 막기 위하여는 도로 계획단계부터 水理·水文專門家가 橋梁設計에 관여하는 것이 필요하다.

둘째로 河川環境이 바뀌는 경우이다. 周邊의 토지이용 변화, 대단위 아파트·주택단지 조성 등 하천 유역의 變化로 인하여 흐름이 바뀌고 평형이 깨져 洗掘이 발생하고 橋梁에 위협을 초래할 수 있다. 대표적인 사례로는 南海高速道路上에 있는 加花川 橋를 꼽을 수 있다. 원래 加花川은 자체유역이 매우 작아 홍수시 流量도 미미한 조그만 河川이었으나 上流에 남강댐을 막아 放水路 역할을 담당하게 된 이후 4000~5000m³/s의 많은 流量이 流下됨으로서 중규모의 河川으로 바뀌었다. 그 결과 河床의 평형이 깨어졌으며 河川幅도 넓어지고 하상도 깊게 패이게 되었다. 橋梁이 위치한 지점에서는 홍수시 流速이 5m/s 이상되고 放水路 전보다 하상은 4~5m 洗掘되었으며 최심부는 암반까지 도달한 것으로 實測되었다.

셋째로 교각 및 교대의 方向을 흐름과 평행하게 하지 않음으로서 橫壓力과 세굴심을 增加시키는 경우이다. 대부분의 종래 橋梁은 흐름과 직각 방향으로 設置되어 교각의 방향은 자연히 흐름과 평행하게 되었으나 요즘은 도로의 效率性 제고 측면에서 비스듬히 河川을 건너는 構造를 갖는 경우가 흔해졌다. 이때 橋脚의 방향은 흐름방향을 우선적으로 고려하여 設置해야하나 종종 도로에 直角으로 하는 잘못을 범하고 있다. 특히 鐵道橋梁중 많은 수의 橋梁이 이러한 취약한 構造로 되어 있다. 사진(1)에 나타난바와 같이 지난 8月末 集中豪雨로 붕괴된 忠北線 교각도 주흐름 방향과 30~40° 비스듬한 方向으로 位置되었음에 유념해야 한다. 또한 평

상시 流量이 적을때의 흐름과, 홍수시 많은 流量이 흐를때의 주흐름방향이 일치하지 않는 경우도 많이 있어 設計時 이들의 세밀한 검토가 要求된다.

네째로 橋梁周圍에 인위적인 構造物의 설치로 인하여 被害를 입는 경우이다. 河川은 어느 한 지역의 變化가 다른곳에 영향을 미치게 되고 이는 또 다른 變化를 초래하게 되어 마치 살아있는 생명체처럼 끊임없이 움직인다. 따라서 橋梁 上·下流에 일어나는 급격한 환경변화는 예기치 못한 被害를 입히게 된다. 사진(2)는 지난 7월 경안천 지류에 發生한 장지교의 崩壞 현장을 보여준것으로서 崩壞原因은 교량 바로 上流地域에 농업용수공급을 위한 보를 만들었는데 홍수시 이 보를 越流하며 교량주위에 강한 渦流가 생기면서 洗掘을 일으켜 순식간에 붕괴되었다. 이러한 경우는 中·小河川에서 많이 보이며 大河川에서도 수중보 주위, 하구언 주위, 댐방류구 주위등에서 흔히 목격된다.

위와 같은 오류를 범하지 않기 위하여는 洗掘에 대한 認識을 새롭게할 필요가 있다. 우선 흔히 橋梁洗掘問題는 기초가 암반까지 충분한 깊이로 근입되지 않아서 생긴다고 생각하기 쉬우나 이것은 크게 잘못된 認識이다. 아무리 암반 깊숙하게 設置되었다 하여도 最初設計에서 施工에 이르기까지 洗掘에 대한 고려가 없었다면 시간의 長·短期的 문제일뿐 根源的인 문제해결은 아니다. 漢江의 광진교 우물통기초는 암반에 근입되었지만 세월이 흐르는 동안 암반에 걸친 부분이 절반밖에 남지 않았다는 것은 시사하는바 크다. 물론 局部的으로 이상집중호우의 發生으로 設計洪水量을 초과하여 橋梁이 손괴되는 불가피한 경우도 있으나 과거 洗掘에 대한 인식없이 設計·施工되어 홍수때마다 심각한 危險에 노출되어 있는 橋梁이 우리주위에는 수없이 산재되어있다. 양화대교, 한남대교와 같은 單純橋梁에서의 洗掘뿐 아니라 올림픽대교, 행주대교와 같은 높은 精確性을 요구하는 橋梁에서의 洗掘問題는 더욱 심각하다. 橋梁 下部構造의 안전성을 말할 때 잠수부의 육안에 의한 콘크리트 부식상태나 홍수가 다 지나간후의 세굴정도를 조사한 單純하고 피상적인 狀態를 가지고 結論을 내리는 것은 스스로 危險

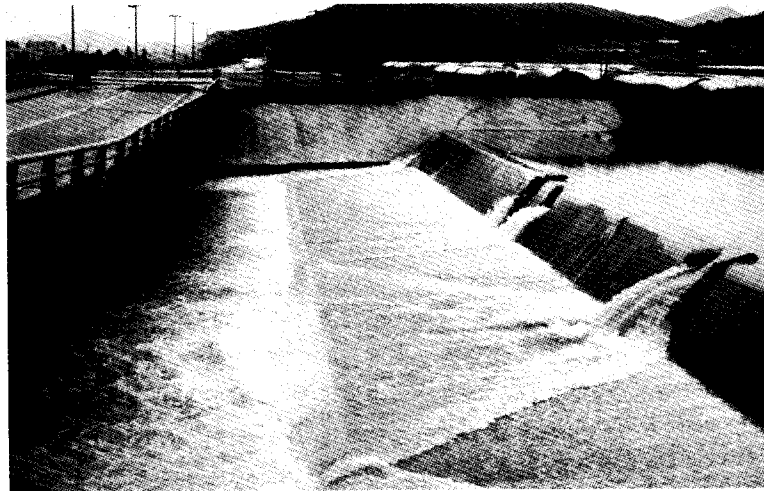
國內의 洗掘에 의한 被害現況

을 자초할 수 있음을 알아야한다. 이제라도 洗掘에 대한 심각성을 認識하고 처음부터 다시 시작한다는

각오로 資料의 收集, 分析, 對策마련에 體系的이고 根源的인 接近이 필요한 때이다.



〈사진 1〉 1995년 8월 25일 발생한 충북선 교량붕괴



〈사진 2〉 경안천 장지교 붕괴현장