

보강토 옹벽의 배수 및 차수



김 경 모

보강기술(주) 연구소장
kgmong@hotmail.com

이번 여름에도 어김없이 강우시 보강토 옹벽의 붕괴소식이 들려왔습니다. 강우시 배수 및 차수시설의 불량으로 인해 피해를 입는 사례가 해마다 반복되고 있어 이번 호에서는 보강토 옹벽의 배수시설 및 차수시설에 대해서 살펴보고자 합니다.

1. 서론

얼마 전 태풍 산바가 지나갈 때 보강토 옹벽이 붕괴되었다는 뉴스가 나왔습니다. 해마다 장마철에 들려오는 보강토 옹벽 붕괴 소식이 이번 여름에도 여러 차례 들려왔습니다. 이러한 강우에 따른 보강토 옹벽의 피해는 자연재해에 따른 불가항력적인 경우도 있겠지만, 배수 및 차수에 좀 더 신경을 썼더라면 이러한 피해를 입지 않았을 경우도 있을 것이라 생각합니다.

본 기술노트에서는 강우에 따른 피해발생 사례에 대하여 알아보고, 이러한 피해를 방지할 수 있는 보강토 옹벽

의 배수 및 차수시설에 대하여 알아보하고자 합니다.

2. 배수 및 차수 불량에 따른 피해사례

보강토 옹벽의 배수 및 차수시설 불량에 따른 대표적인 피해사례로는 누수 및 그에 따른 백화, 과도한 변형의 발생, 전면블록의 탈락, 보강토 옹벽의 붕괴 등을 들 수 있다.

가. 누수

누수현상은 보강토 옹벽에서 종종 볼 수 있으며, 그림 1에서는 강우시 지표에서 유입된 우수가 보강토 옹벽의 전면블록의 틈 사이로 뿔어져 나오는 것을 보여주며, 그림 2에서는 전면블록 사이로 물이 스며나오는 것을 보여준다.

이러한 누수현상 자체가 보강토 옹벽에 미치는 영향은 크지 않지만, 누수현상은 보강토 옹벽의 상단 또는 배면에서 보강토체 내부로 물이 유입된다는 것을 의미한다는 점



그림 1. 누수(I)



그림 2. 누수(II)



그림 3. 누수에 따른 백화



그림 4. 세굴

을 고려할 때 보강토체 내부로 유입된 물이 적절하게 배수되지 못한다면 보강토 옹벽의 안정성의 안정성에 영향을 미칠 수 있으므로 보강토체 내부로 물이 유입되지 않도록 조치하는 것이 좋다.

나. 백화

또한 누수가 지속적으로 진행되는 경우, 보강토 옹벽의 전면벽체에 그림 3에서와 같이 백화현상이 발생할 수 있으며, 이러한 백화현상은 시멘트의 가용성 성분인 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)이 표면으로 빠져나와 수분이 증발되면서 발생하거나, 공기 중 탄산가스(CO_2)와 반응하여 석회석성분인 탄산칼슘(CaCO_3)이나 황산칼슘(CaSO_4)으로 변하여 표면에 침착하여 발생한다.

이러한 백화현상이 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 알려져 있으나, 보강토 옹벽의 미관

을 해칠 수 있다.

다. 세굴

보강토 옹벽 상단부 및 전면부에 대한 배수대책이 미흡하여 지표수가 표면으로 침수되는 경우에는 그림 4에서와 같은 세굴이 발생할 수 있으며, 이러한 세굴이 지속적으로 진행될 경우 보강토 옹벽이 붕괴될 수도 있으므로 적절한 배수처리가 필요하다.

라. 변위의 발생

보강토 옹벽은 성토체 내부에 포설된 보강재가 그 주변 흙과의 상호작용에 의하여 일체로 거동하는 보강토체를 형성하여 배면토압에 저항하는 구조이지만, 보강토체 내부로 물이 유입되면 흙과 보강재 사이의 결합력이 저하되고 그에 따라 보강토 옹벽에 과도한 변형이 발생할 수 있



그림 5. 과도한 변위의 발생

다. 그림 5에서는 강우시 유입된 물에 의하여 보강토 옹벽에 변형이 발생한 사례를 보여준다.

마. 전면블록의 탈락

그림 6에서는 보강토 옹벽의 전면블록이 탈락한 사례를 보여주며, 이러한 전면블록 탈락의 원인은 대부분 전면블록 배면의 뒤채움 골재층 속으로 지표수가 과다하게 유입되어 전면블록에 작용하는 수압에 기인되는 경우가 많다.

바. 붕괴

보강토체 배면의 지하용출수를 적절히 배수하지 못할 경우, 보강토 옹벽에 수압이 작용하고 보강토체 내부로 유입된 물은 흙과 보강재 사이의 상호 결속력을 약화시켜 과도한 변형이 발생할 수 있으며, 결과적으로 보강토 옹벽의



그림 6. 전면블록의 탈락



그림 7. 보강토 옹벽 붕괴

붕괴에까지 이를 수 있다. 그림 7에서는 강우시 지하수의 유입에 의하여 보강토 옹벽이 붕괴된 사례를 보여준다.

3. 보강토 옹벽의 배수 및 차수대책

가. 개요

앞에서 설명한 바와 같은 강우 또는 지하수에 의한 보강토 옹벽의 피해를 최소화하기 위해서는 현장여건에 맞는 적절한 배수시설 또는 차수시설이 필요하다.

『국토해양부 제정 건설공사 비탈면 설계기준(국토해양부, 2011)』에 따르면 보강토 옹벽에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다.

1) 보강토체 내부 배수시설

(1) 전면벽체 배면의 자갈, 쇠석 등 배수층 및 압거

전면벽 부근의 배수처리 및 뒤채움 재료의 유실을 방지하기 위하여 전면벽 배면에 자갈필터층을 두께 0.3m 이상 설치하여야 한다. 또한 뒤채움재료의 유출을 억제하기 위하여 부직포를 추가 적용할 수 있으며, 이 경우 자갈필터층의 두께를 0.15m로 감소시킬 수 있다.

(2) 전면벽체 배면의 토목섬유 배수재

패널식의 경우에는 자갈필터층 없이 필터용 부직포만 적용한다.

(3) 보강토체 내부의 수평배수층

원지반을 절취한 후 보강토 옹벽을 설치하는 경우에는 굴착면에 지하배수공을 설치하고, 원지반 비탈면에 용수 등이 있는 경우에는 지하배수구나 수평배수층을 설치한다.

또한 지하수위 상승의 우려가 있는 경우에는 보강토체 내의 간극수압의 상승을 방지하기 위하여 배수층을 설치한다.

2) 보강토체 외부 배수시설

(1) 벽체상부 지표수 유입을 방지하기 위한 지표면 배 및 차수시설

보강토체 상부표면과 상부 쌓기 비탈면은 적절한 차수공 및 배수구를 설치하여 지표수가 보강토체 내부로 유입

되는 것을 차단해야 한다.

(2) 보강토 옹벽 배면의 배수층

보강토 옹벽 근처로부터의 유입수 및 침투수 등의 유입을 방지하기 위하여 보강토체 경계부에 유입수 방지공(배수층)을 설치한다.

나. 보강토 옹벽의 배수 및 차수시설

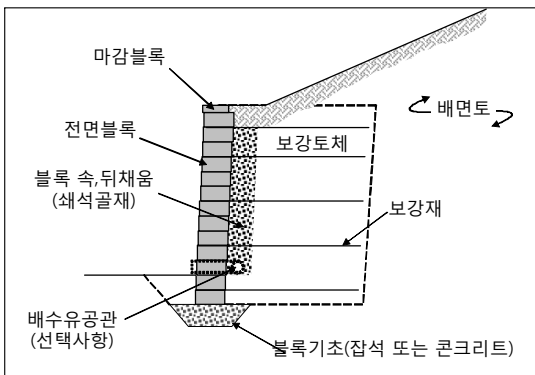
보강토 옹벽의 배수 및 차수시설에 대하여 좀 더 상세히 설명하면 다음과 같다.

1) 일반적인 경우

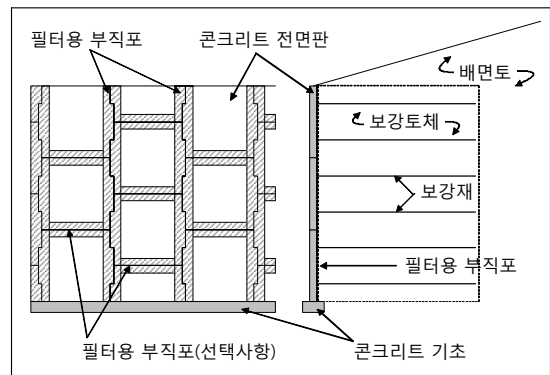
다음 그림 8에서는 블록식 및 패널식 보강토 옹벽의 일반적인 단면도를 보여준다.

블록식 보강토 옹벽의 경우에는 전면블록의 속과 배면 약 0.3m 정도까지는 골재를 포설하게 되며, 보강토체를 통과한 물은 이를 통해 배수될 수 있다. 골재층과 뒤채움토사 사이에는 추가로 토목섬유 필터재를 포설할 수도 있으며, 이 경우에는 뒤채움 골재의 포설폭을 0.15m까지 감소시킬 수 있다.

패널식 보강토 옹벽의 경우에는 인접한 콘크리트 패널 사이 줄눈의 배면에 토목섬유 필터재를 포설하여 뒤채움토사의 유실을 방지하게 되며, 보강토체를 통하여 유입된 물은 토목섬유 필터를 통하여 배수될 수 있다.



(a) 블록식 보강토 옹벽



(b) 패널식 보강토 옹벽

그림 8. 일반적인 경우 보강토 옹벽의 배수시설

2) 보강토 옹벽 상단부 배수 및 차수시설

보강토 옹벽의 일반적인 단면구성으로도 어느 정도의 배수능력을 가지고 있기는 하지만, 전면블록 배면의 골재층으로 과도한 양의 물이 유입되면 앞의 그림 6에서 보는 바와 같이 전면블록이 탈락하는 것과 같은 피해를 입을 수 있다.

따라서 지표수의 유입이 우려되는 경우에는 이러한 피해를 방지하기 위하여 보강토 옹벽 상단에 그림 9에서와 같은 차수시설을 설치하는 것이 좋다.

또한 철도 노반과 같이 보강토 옹벽 상단에 별도의 차수층이 없는 경우에는 강우시 우수가 직접 보강토체 내부로 유입되는 것을 방지하기 위하여 그림 10과 같이 토목섬유 차수층 및 배수시설을 설치하는 것이 좋다.

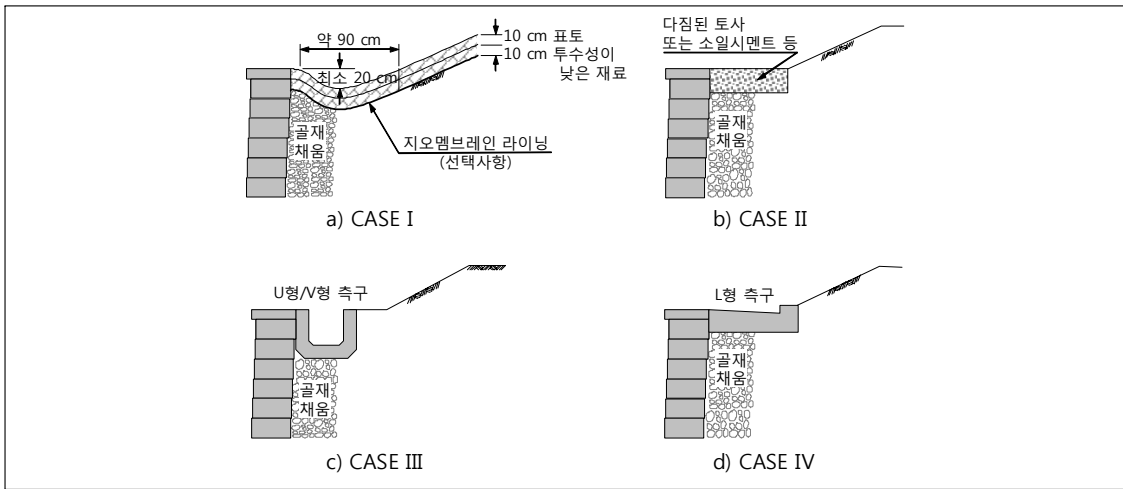


그림 9. 보강토 옹벽 상단부 배수시설 및 차수시설 적용예(철도설계편람, 2011)

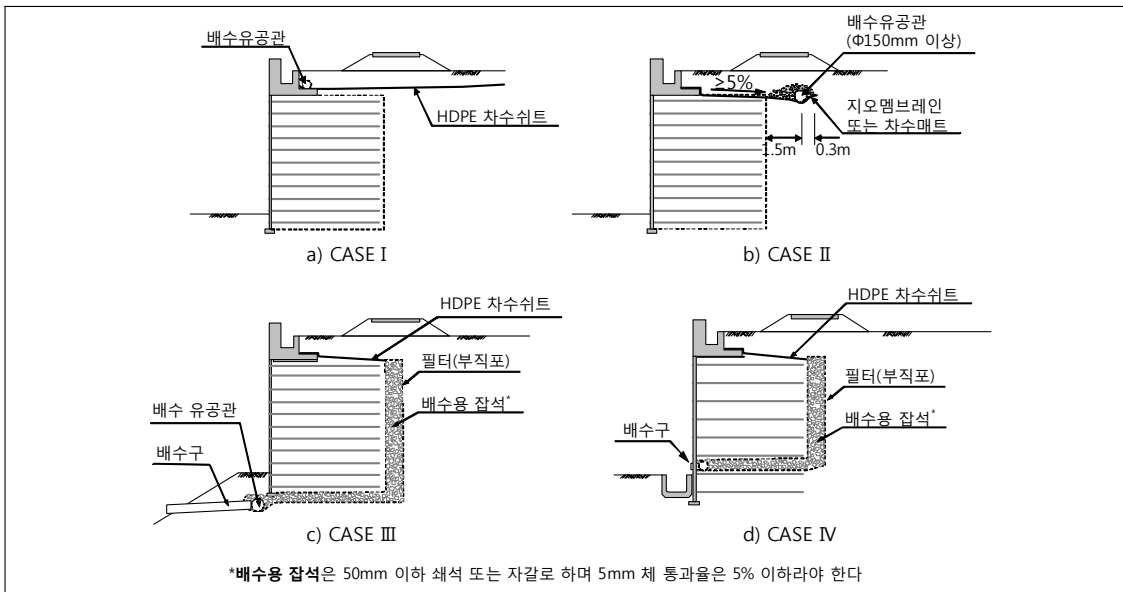


그림 10. 보강토 옹벽 상단부 차수시설 적용예(철도설계편람, 2011)

3) 지하수위 상승에 따른 대책

보강토 옹벽 하부의 지하수위가 깊은 곳이 위치하는 경우에는 보강토 옹벽에 미치는 영향이 없으나, 보강토 옹벽 기초 근처까지 지하수위가 상승하는 경우에는 모관현상에 의하여 지하수위가 보강토 옹벽에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 경우에는 다음 그림 11(a)에서와 같이 보강토 옹벽 하단부에 수평으로 자갈 배수층을 설치하여 지하수의 영향을 억제하는 것이 좋다.

지하수위가 보강토 옹벽 기초 보다 높은 곳까지 상승할 우려가 있는 경우에는 그림 11(b)에서와 같이 보강토 옹벽 하단부 뿐만 아니라 배면에도 배수층을 설치하여 지하수가 보강토체 내부로 유입되지 않도록 배수시키는 것이 좋다.

이 때 보강토 옹벽 하단의 수평배수층과 배면의 수직배수층은 지오폴리머트와 같은 토목섬유 배수재를 사용할 수도 있다.

4) 배면 용출수에 대한 대책

보강토 옹벽 배면에 용출수가 있는 경우, 적절하게 배수되지 못하면 그림 7과 같이 보강토 옹벽이 붕괴될 수 있다. 따라서 보강토 옹벽 배면에 용출수가 있는 경우에는 그림 11에서와 같이 배수시설을 설치하여 배면 용출수를 적절

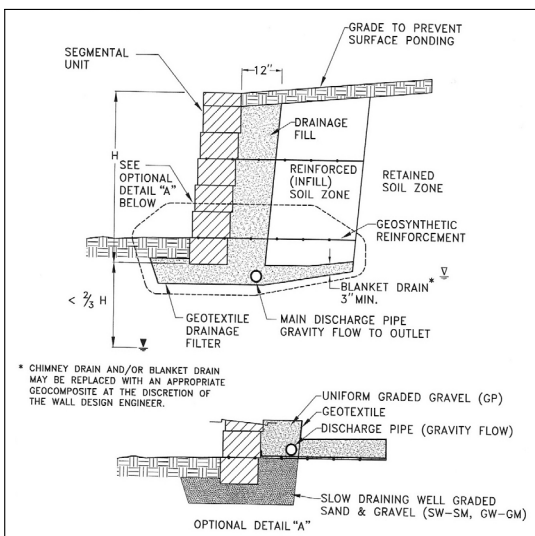
하게 배수시켜야 한다. 또한 원지반을 굴착한 후 보강토 옹벽을 시공하는 경우나 계곡부에 보강토 옹벽을 시공하는 경우에는 이러한 형태의 배수시설의 필요성을 고려해 보는 것이 좋다.

이러한 배수시설은 그림 12(a)에서와 같이 보강토 옹벽 배면에 자갈 배수층을 두어 배면 용출수가 보강토체 내부로 유입되지 못하도록 하는 것이 일반적이지만, 그림 12(b)~(d)에서와 같이 배수용 지오폴리머트를 사용할 수도 있다.

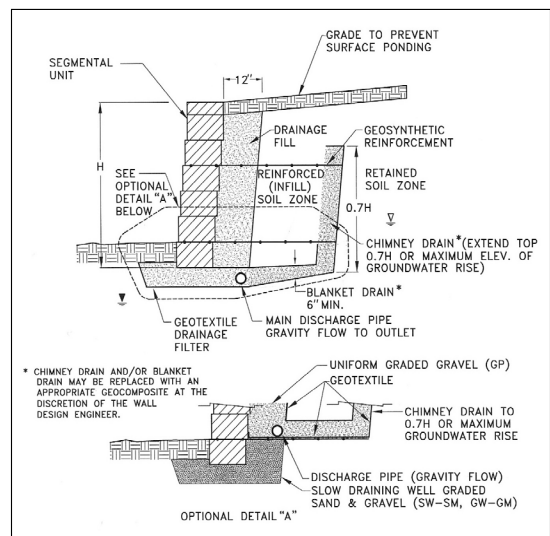
5) 침수시의 대책

하천변이나 호수가에 설치되는 보강토 옹벽은 수위의 변화에 따라 보강토체 내부로 물이 유입 유출될 수 있으며, 보강토 옹벽의 전면과 배면의 수위가 동일하다면 보강토 옹벽의 안정성에는 문제가 되지는 않는다. 그러나 수위가 급강하하는 경우 보강토체의 배수성이 좋지 못하다면 보강토 옹벽 전면의 수위는 떨어지지만 보강토체 내부의 수위는 아직 떨어지지 않은 상태가 될 것이고, 이러한 경우 보강토 옹벽에 수압이 작용하여 그 안정성이 저하될 수 있다.

따라서 하천변이나 저수지 주변에 보강토 옹벽을 설치하는 경우에는 그림 13에서와 같이 보강토 옹벽 내부에 투수성이 좋은 골재를 채움하여 보강토 옹벽 내,외의 수위차

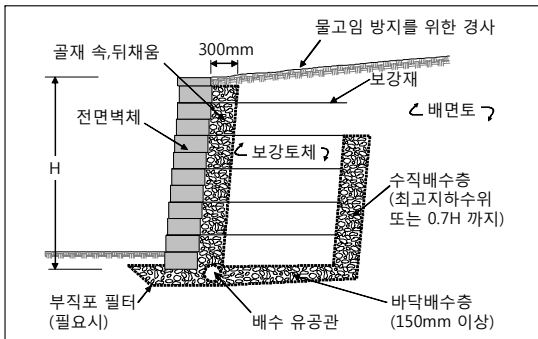


(a) 지하수위가 기초 근처에 있는 경우

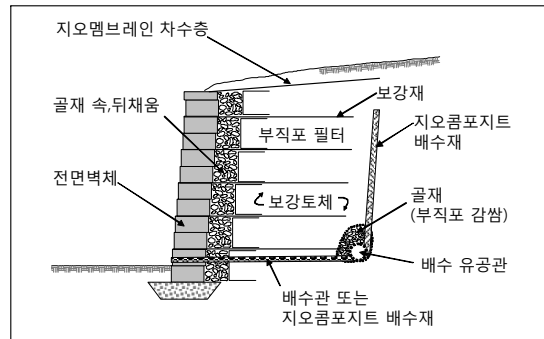


(b) 지하수위가 기초 보다 위에 있는 경우

그림 11. 지하수위 상승에 따른 대책 적용예(NCMA, 1997)



(a) 배수 골재 층 적용



(b) 배수용 지오컴포지트 적용

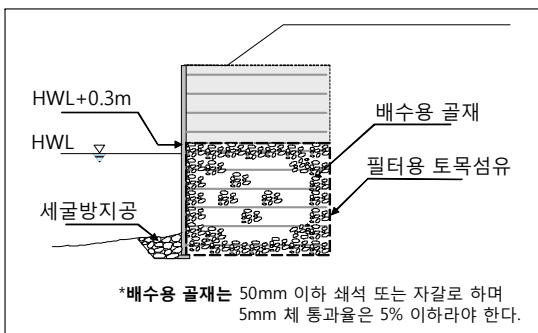


(c) 배수용 지오컴포지트 적용예

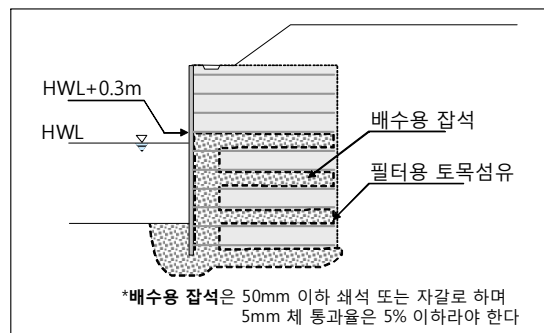


(d) 배수용 지오컴포지트 적용예

그림 12. 배면 용출수에 대한 대책 적용예



(a) 침수시 대책 적용예(I)



(b) 침수시 대책 적용예(II)

그림 13. 침수시의 대책

가 발생하지 않도록 해야 한다. 이 때 골재층과 일반 토사층 사이에는 토목섬유 필터재를 설치하여 골재층 속으로 토사가 섞이는 것을 방지해야 한다.

4. 결론

보강토 옹벽의 피해 사례는 대부분 물과 관련이 있으며, 함수비가 높은 뒤채움 재료를 성토하는 경우에는 보강토

옹벽의 변형이 커질 수 있으며, 보강토 옹벽 상단부로부터 지표수가 유입되는 경우에는 전면블록이 탈락하는 피해를 입을 수 있고, 보강토 옹벽 배면으로부터 유입되는 물을 적절히 배수시키지 못하면 과도한 변형이 발생하거나 붕괴될 수 있습니다.

이렇듯 보강토 옹벽의 가장 무서운 적은 바로 물이라는 것을 다시 한 번 상기하면서, 더 이상은 물 때문에 피해를 보는 일이 없기를 바라는 마음에서 보강토 옹벽의 배수 및 차수시설에 대하여 살펴보았습니다.

보강토 옹벽을 설계, 시공 또는 관리 감독하시는 모든 분들에게서 현장여건을 고려한 적절한 배수/차수시설을 설치하여 피해를 방지하는데 조금이나마 도움이 되기를 바랍니다.

참고문헌

1. 국토해양부 (2012), 국토해양부 제정 건설공사 비탈면 설계기준
2. 한국철도시설공단 (2011), 한국철도시설공단 제정 철도설계편람(노반편)
3. NCMA (1997), Design Manual for Segmental Retaining Walls 2nd Ed. edited by J. G. Collin, National Concrete Masonry Association.
4. <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=001&aid=0002106121>
5. http://newsimg.kbs.co.kr/news_album/image/original/000100090013/842/13696.jpg
6. <http://photo.hbsi.kr/20101012/NpContent.1286854659249.1319934545.8.jpg>
7. http://cafeptthumb2.phinf.naver.net/20110905_94/twinsdaddy44_1315186086791Q1q1R.jpg/2011-07-11_14_19_28_twinsdaddy44.jpg?type=w740
8. <http://cafefiles.naver.net/data22/2007/5/29/13/s3600014.jpg>