제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황
2.2 건설 관련자료 검토결과 요약
2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약
2.4 보수·보강 이력
2.5 시설물의 내진설계 여부
2.6 자료분석 결과요약

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 자료조사 및 현지답사를 선행하여 각각의 구조특성을 파악하고 점검방향과 세부수행 계획을 수립하였으며, 대상 시설물의 설계, 시공, 유지관리 등에 관련된 설계도서 및 관련서류 조사, 관계자의 청문 등에 의하여 자료를 수집하였다.

2.1.1 백운1교(부산)

【표 2.1】 백운1교(부산) 자료수집 현황

보존대상 목록		보관 유무	수집 자료 목록
설계관련 자료	• 공통 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	 - 있음 있음 있음	(1) 중앙고속도로(제천~원주간) 4차로 확장공사 구조 및 수리계산서(Ⅲ) (최종본) 제16공구(판부~원주) 2000. 9 (2) 중앙고속도로(제천~원주간) 4차로 확장공사 원주대교 전후구간 선형변경 실시설계 일반보고서 2000.9 (5) 중앙고속도로 제천~원주간 확장공사 실시설계도 제16공구(판부-원주) 2000.9 (6) 섬강교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2011.11, ㈜동우기술단)
	• 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종·횡), 상부·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침상세도	 있음 - -	
시설물 관리대장	• 기본현황 • 상세제원 • 유지관리 이력	있음 있음 있음	
시공관련 자료	• 시공관련자료 - 준공지 - 안전점검보고서 - 감리보고서 • 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 • 사고기록	 - - - - - - - -	
안전점검 및 정밀안전진단 자료		있음	
보수·보강 자료		-	
사고이력		-	

주) 자료수집 현황은 관리주체인 “한국도로공사 강원본부 제천지사”의 자료 및 “시설물정보관리 종합시스템(FMS)”에 실적을 참고하여 수록함.

2.1.2 백운1교(춘천)

【표 2.2】 백운1교(춘천) 자료수집 현황

보존대상 목록		보관 유무	수집 자료 목록
설계관련 자료	• 공통 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	 - - - -	(1) 대구~춘천간 고속도로 건설공사 구조도(준공도) 제7공구 (Ⅲ-1, Ⅱ) 1995. (2) 원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))
	• 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종・횡), 상부・하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침상세도	있음	
시설물 관리대장	• 기본현황 • 상세제원 • 유지관리 이력	있음 있음 있음	
시공관련 자료	• 시공관련자료 - 준공지 - 안전점검보고서 - 감리보고서 • 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 • 사고기록	 - - - - - - - -	
안전점검 및 정밀안전진단 자료		있음	
보수・보강 자료		있음	
사고이력		-	

주) 자료수집 현황은 관리주체인 “한국도로공사 강원본부 제천지사”의 자료 및 “시설물정보관리 종합시스템(FMS)”에 실적을 참고하여 수록함.

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.2.1 백운1교(부산)

가. 설계관련 자료

본 과업의 설계관련 자료는『중앙고속도로(제천～원주간) 4차로 확장공사 제16공구(판부～원주)』에 일반보고서, 구조 및 수리계산서(Ⅲ)에 내용을 인용하여 수록하였다.

1) 『중앙고속도로(제천～원주간) 4차로 확장공사 원주대교 전후구간 선형변경 실시설계 일반보고서 (2000.9)』

① 과업이 목적

본 과업은 중앙고속도로 제천～원주간 4차로 확장공사의 원주대교 전후구간에 행당되며 이 구간의 당초설계노선이·선형불량·국도5호선 및 중앙선 철도횡단 또는 근접병행·원주대교 고 교각발생(H=61m)·종단구배 6%(L=1170m) 구간발생 등으로 시공성이 불량하고 차량등판 능력저하 미치 안전성 확보에 문제점이 도출되어 기 완공된 고속도로의 단순확장 노선을 변경하게 된바 시공성향상, 교통안전, 교통안전 및 유지관리가 양호한 신설고속도로(2방향 2차로) 건설을 위한 공사시행에 필요한 실시설계를 시행하는데 그 목적이 있다.

② 과업의 범위

㉠ 과업명 : 중앙고속도도로 제천～원주간 4차로 확장공사 원주대교 전후구간 선형변경 실시설계

㉡ 설계구간

- 15공구(세제천～판부) : 연장 1,535.90m
- 16공구(판부～원주) : 연장 1,345.00m

계 2,880.90m

㉢ 설계기간

【표 2.3】 백운1교(부산) 실시설계 기간

구 분	기 간	비 고
실시설계용역	1996. 4 ～ 1996. 12	착수일로부터 270일간

㉣ 공구별 현황

【표 2.4】 백운1교(부산) 실시설계 공구별 현황

구간	공구	연장(m)	시・종점		시공회사
			시 점	종 점	
제천~원주	15	1,535.90	강원도 원주시 신림면 금창리	강원도 원주시 판부면 금대리	㈜대우 삼성물산(주), 삼호건설(주)
	16	1,345.00	강원도 원주시 판부면 금대리	강원도 원주시 판부면 금대리	극동건설(주) 두산건설(주), 유성종합건설(주)



【그림 2.1】 백운1교(부산) 실시설계 공구별 현황

③ 지형 및 지질

【표 2.5】 백운1교(부산) 지형 및 지질

구 분	내 용	비 고
지 형	• 본 조사노선은 행정구역상 강원도 원주시 판부면 금대리에 해당하며 원주에서 제천을 잇는 5번 국도변에 위치해 있는데 험준한 산맥에 연해 남동-북서방향으로 형성된 좁은 대상의 계곡부에 해당하며 계곡을 봉천이 북서측 원주방향으로 흘러가고 있음. • 주변의 산계를 보면 북측에 남시봉(EL 1181.5m)을 정점으로 능선이 셋방향으로 발달하여 있는데 그중 남쪽으로 뻗은 능선이 본 역 남쪽을 횡단하여 남서측 백운산까지 이어지고 있음. 본 역 남서측에는 백운산(EL 1087.1m)을 정점으로 남동 방향으로는 939.8m의 봉우리를 지나는 능선이 발달하여 있는데 전체적으로 급한 경사를 보이는 장년기 지형의 특성을 보이고 있음. • 주변부의 수계는 가리파 고개로부터 시작되는 봉천이 남동-북서방향으로 형성되어 있으며 각 능선으로부터 남북방향으로 형성된 소 계곡을 따라 흐르는 지류들이 봉천으로 유입되고 있음. • 본 역을 지나는 교통편으로는 원주~제천을 잇는 5번 국도가 본 역을 지나고 있으며 인접하여 중앙선 철도가 지나고 있어 교통은 매우 편리함.	
지 질	• 본 지역의 지질은 선캠브리아기의 퇴적기원 변성암류에 속하는 금대리 편암 및 흑운모 편마암과 이에 협재해 있는 석회암(Limestone) 및 석회규산염암(Limesilicate) 등이 기반암으로 분포하고 있으며, 이를 충적층 및 붕적층이 부정합으로 피복하고 있음. • 기반암인 금대리 편암은 주로 흑운모 편암으로 구성되어 있으며, 각섬석편암, 석영편암, 규암 등을 협재함. 주 구성광물은 장석, 석영, 흑운모 등이며 곳에 따라 백운모, 규산석, 흑영등이 포함되기도 함. • 흑운모 편마암은 편암과의 접촉부에서 발견되며 흑운모를 주로 한 유색광물과 석영 및 장석으로 된 무색광물이 호상구조(Banded Structure)를 이루고 있는 것이 특징임. • 석회암은 주로 방해석 결정으로 구성되어 있으며 소량의 불투명광물 및 유색과물을 포함하고 회백색을 띠고 있는데 부분적으로 형성된 소공동에 방해석이 자형으로 성장한 정동이 관찰되기도 함. • 석회규산염암은 석회질과 석영질로 구성되어 있어 염산에는 반응하지 않으나 부분적으로 석회질과 석영이 호층을 이루며 소습곡을 형성하기도 함. • 기반암의 상부에는 실트, 모래, 자갈, 전석으로 구성된 충적층 및 붕적층이 두텁게 피족하고 있음.	

④ 토질조사

【표 2.6】 백운1교(부산) 토질조사

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>조사위치</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">공 번</th><th rowspan="2">위치</th><th rowspan="2">표고</th><th colspan="2">좌 표</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>X</th><th>Y</th></tr>
<tr><td>BB-17</td><td>1+225</td><td>332.0</td><td>418679.0</td><td>112891.0</td><td></td></tr>
<tr><td>BB-19</td><td>1+285</td><td>316.2</td><td>418696.0</td><td>112839.0</td><td></td></tr>
<tr><td>BB-20</td><td>1+315</td><td>322.0</td><td>418705.0</td><td>112811.0</td><td></td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>조사결과</td><td>
• 지층분포
<table>
<tr><th>공번</th><th>실트</th><th>자갈</th><th>전석</th><th>풍화암</th><th>연암</th><th>경암</th><th>계</th><th>표준관입시험(회)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>BB-17</td><td>-</td><td>4.1</td><td>6.1</td><td>1.3</td><td>1.5</td><td>-</td><td>13.0</td><td>4</td><td>BX</td></tr>
<tr><td>BB-19</td><td>-</td><td>5.6</td><td>4.9</td><td>-</td><td>-</td><td>1.5</td><td>12.0</td><td>4</td><td>BX</td></tr>
<tr><td>BB-20</td><td>-</td><td>0.6</td><td>6.0</td><td>4.5</td><td>1.0</td><td>-</td><td>12.4</td><td>4</td><td>BX</td></tr>
</table>
• 지하수위 측정결과
<table>
<tr><th>공번</th><th>지하수위(지표하m)</th><th>지층</th><th>비고</th><th>공번</th><th>지하수위(지표하m)</th><th>지층</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>BB-17</td><td>-</td><td>시추심도이하</td><td></td><td>BB-19</td><td></td><td>붕적층</td><td></td></tr>
<tr><td>BB-20</td><td>6.7</td><td>붕적층</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>구조물 기초형식</td><td>
<table>
<tr><th>교량명</th><th>시추번호</th><th>지 지 층</th><th>기 초 형 식</th></tr>
<tr><td>백운1교</td><td>BB-17~BB-20</td><td>기반암층</td><td>직접기초</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

⑤ 구조물 설계기준

【표 2.7】 백운1교(부산) 구조물 설계기준

구 분	내 용	비 고
일반사항	• 본 과업을 수행함에 있어서 구조물 설계전반에 대한 가능한 한도 내에서의 통일성 및 동일한 구조물 내하수준 유지, 그리고 합리적이며 경제적인 설계를 도모하고자 적정기준을 설정하여 적용함.	
적용기준	• 본 설계에 적용한 표준시방서 및 설계기준 - 도로교 표준시방서---------- 건교부(1996. 5 개정) - 콘크리트 표준시방서---------- 건교부(1996. 5 개정) - 철근 콘크리트 설계편람----------건교부(1990. 12 개정) - 터널 표준시방서----------건교부 - 도로설계요령----------한국도로공사(1992. 12 개정) - 기타 건교부에 제정된 관련시방서----------건교부 • 본 설계기준에 규정하지 않은 사항은 상기의 시방서 혹은 지침에 의하되 그 인용근거를 명기함.	

【표 2.7】 백운1교(부산) 구조물 설계기준(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>교량설계
등급</td><td>「도로의 구조, 시설기준에 관한 규정」에 의거 다음과 같이 적용함.
• 1등교(DB-24) : 고속도로 및 자동차 전용도로상의 교량 다만, 교통량이 많고 중차량이 많으며 중차량의 통과가 불가피한 도로, 국방상 중요한 도로상에 가설되는 교량, 장대교량
• 2등교(DB-18) : 일반국도, 특별시도와 지방도 상의 교통량이 적은 교량 또한, 시도 및 군도 중에서 중요한 도로상에 가설하는 교량
• 3등교(DB-13.5) : 산간벽지에 있는 지방도, 시도 및 군도중에서 교통량이 적은 곳(1,000대/일) 그러나, 교통량이 그보다 적을지라도 대형차량의 통행이 많은 곳은 2등교로 설계하여야 함.</td><td></td></tr>
<tr><td>형하공간</td><td>• 본 교량의 횡단여건에 따른 소요형하공간은 다음을 기준으로 함.
- 도로(국도 및 지방도) : 4.8m 이상(가급적 5.0m이상)
- 철도 : 철도청과 협의 (7.5m 이상)
- 하천
계획홍수량과 여유고 및 경간장의 관계
<table>
<tr><th>계획홍수량(㎥/sec)</th><th>여유고(m)</th><th>경간장(m)</th></tr>
<tr><td>200 이상</td><td>0.7 이상</td><td></td></tr>
<tr><td>200 ~ 500</td><td>0.8 ~ 1.0</td><td>20(15) 이상</td></tr>
<tr><td>500 ~ 1,500</td><td>0.8 ~ 1.0</td><td>30(20) 이상</td></tr>
<tr><td>1,500 ~ 3,500</td><td>0.8 ~ 1.0</td><td>40(30) 이상</td></tr>
<tr><td>3,500 ~ 10,000</td><td>0.8 ~ 1.0</td><td>50(40) 이상</td></tr>
</table>
주) 여유고는 상한치 적용, ( )는 하천공사 표준시방서상의 기준</td><td></td></tr>
<tr><td>설계방법
및
적용기준</td><td>• W.S.D(허용응력 설계법) : 철근콘크리트를 탄성체로 보고 재료에 적합한 안저율을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 방법
• U.S.D(강도설계법) : 설계하중이 작용하여 부재가 파괴될 때에 콘크리트 압축응력분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 하중율(LOAD FACTOR)를 갖고 설계하는 방법
• 본 설계 적용기준
- 강도설계법 적용 : R.C 구조물(슬래브, 교각, 교대, 옹벽, BOX)
실하중에 의한 사용성(처짐, 균열, 피로----등) 검토
- 허용응력설계법 적용 : P.C 구조물(강도설계법으로 안정성 검토)
강합성 구조물(극한 안전도 검토)</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.7】 백운1교(부산) 구조물 설계기준(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>하 중</td><td>
• 강도설계법에 의할 때는 극한 하중을 적용하고 허용응력 설계법에 의할 경우 사용하중을 적용해야 하며 구조계산 하중조합은 사하중, 활하중, 풍하중, 충격, 건조수축, 크리프, 온도변화 그리고 지지점의 부등침하 등의 영향을 고려한 하중조합 중 가장 불리한 하중으로 설계하고 구조계산서에 상세히 기재함.
• 활하중
- 지상구조물
· 자동차 하중, 즉 표준트럭 하중(DB하중) 또는 차선하중(DL하중), 보도의 군집하중을 고려함.(도.시, P38)
- 지하 구조물의 노면 활하중의 정확한 값이 인정되는 경우외에는 지하철 기준값을 사용함.
지하구조물의 노면활하중
<table>
<tr><th>토 피</th><th>DB - 24</th><th>DB - 18</th></tr>
<tr><td>1.0</td><td>5.1</td><td>3.8</td></tr>
<tr><td>1.5</td><td>3.9</td><td>2.9</td></tr>
<tr><td>2.0</td><td>2.1</td><td>1.6</td></tr>
<tr><td>2.5</td><td>1.7</td><td>1.3</td></tr>
<tr><td>3.0 ~ 7.0</td><td>1.5</td><td>1.1</td></tr>
<tr><td>8.0</td><td>1.2</td><td>0.9</td></tr>
<tr><td>9.0</td><td>1.1</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>10.0 이상</td><td>0.9</td><td>0.7</td></tr>
</table>
주) 1. 중간 토피는 상위값을 취함.
2. 교대 및 옹벽에 작용하는 노면활하중 : 교량등급에 관계없이 1.0t/㎡으로 함.
• 사하중
- 사하중의 산출시 단위중량은 실하중이 명백한 것은 그 값을 사용함.
(단위 : kg/㎥)
<table>
<tr><th>재 료</th><th>단위중량</th><th>재 료</th><th>단위중량</th></tr>
<tr><td>강재, 주강, 단철</td><td>7,850</td><td>콘크리트</td><td>2,350</td></tr>
<tr><td>주 철</td><td>7,250</td><td>시멘트모르터</td><td>2,150</td></tr>
<tr><td>알루미늄</td><td>2,800</td><td>목 재</td><td>800</td></tr>
<tr><td>철근콘크리트</td><td>2,500</td><td>역청재(방수용)</td><td>1,100</td></tr>
<tr><td>프리스트레스콘크리트</td><td>2,500</td><td>아스팔트 포장</td><td>2,300</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>흙(지하수위 이상)</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>(지하수위 이하)</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>(뒷채움 φ = 35°)</td><td>2,000</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>(뒷채움 φ = 30°)</td><td>1,900</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.7】 백운1교(부산) 구조물 설계기준(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>주요재료
사용기준</td><td>• 콘크리트
<table>
<tr><th>종 류</th><th>설계기준
강도
(kg/㎠)</th><th>골재
최대치수
(mm)</th><th>적용구조물</th><th>슬럼프
기준
(cm)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>P.C</td><td>σ_{ck}=400</td><td>19</td><td>P.C 구조물
PREFLEX 아래 플랜지</td><td>15</td><td>BASE
=8cm</td></tr>
<tr><td>1종</td><td>σ_{ck}=270</td><td>25</td><td>SLAB, 라멘교(SLAB, 측벽, 기초, 날개벽), PREFLEX(복부, 가로보), 현장제작 철근콘크리트관, 콘크리트포장 접속 완충 SLAB</td><td>13,15</td><td>BASE
=8cm</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2종</td><td rowspan="3">σ_{ck}=240</td><td>25</td><td>필요시</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>32</td><td>터널라이닝 콘크리트 및 입출구 시설, 교량 하부구조(교각, 교대, 우물통 기초), 교량날개벽, 철근콘크리트 옹벽, 철근콘크리트 용배수로 개거, 암거(구체, 날개벽), 아스콘 포장용 접속슬래브</td></tr>
<tr><td>40</td><td>강관이음용 철근 콘크리트</td><td>15</td></tr>
<tr><td>2종수중</td><td>σ_{ck}=240
(육상300)</td><td>25</td><td>수중콘크리트</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">3종</td><td rowspan="2">σ_{ck}=210</td><td>25</td><td>절, 성토부 도수로, 도수로집수거, V형측구, L형측구(형식 3,4), U형측구(형식 1-4,7), U형측구 뚜껑, 중분대 집수정, 노견 집수정</td><td rowspan="2">8,15</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>40</td><td>중력식옹벽, MASS콘크리트, 부대시설기도, 수로 암거 및 배수관, APPROACH 바닥콘크리트, 배수관기초, 집수정, U형측구(형식5-6), 배수관 날개벽</td></tr>
<tr><td>5종</td><td>σ_{ck}=150</td><td>50</td><td>레벨링콘크리트, 속채움콘크리트(우물통)</td><td>-</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">L형
측구형</td><td rowspan="2">σ_{ck}=210</td><td>19</td><td>L형측구(형식1,2), 콘크리트 다이크</td><td>2-5</td><td></td></tr>
<tr><td>25</td><td>형식-3,4</td><td>8</td><td></td></tr>
<tr><td>중분대용</td><td>σ_{ck}=240</td><td>19</td><td>중분대 구체 콘크리트</td><td>2-5</td><td></td></tr>
<tr><td>중간층용
LEAN
CON'C</td><td>σ_{ck}=240
(7일양생
기준)</td><td>40</td><td>포장 LEAN 콘크리트</td><td>-</td><td>습윤포6일
수침양생
1일</td></tr>
<tr><td>포장용</td><td>σ_{ck}=45</td><td>32</td><td>포장슬래브, 중분대기초, 절,성경계보강, 슬래브(콘크리트 포장), 통로암검 APPROACH 바닥콘크리트</td><td>4-6</td><td></td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

【표 2.7】 백운1교(부산) 구조물 설계기준(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>주요재료
사용기준</td><td>
• 철근 : KSD 3504에 적합한 재료를 기준으로 함.
<table>
<tr><th>종 류</th><th>허용응력
(kg/㎠)</th><th>적용구조물</th></tr>
<tr><td rowspan="2">SD 40</td><td>σ_y=4,000
σ_{sa}=1,800</td><td>• 1종 콘크리트
- 일반적인 부재, 라멘의 구체(상부 및 하부)</td></tr>
<tr><td>σ_y=4,000
σ_{sa}=1,800</td><td>• 1종 콘크리트
- 바닥판 및 지간 10m이하의 슬래브교
- 수중 혹은 지하수위 이하에 설치</td></tr>
<tr><td>SD 30</td><td>σ_y=3,000
σ_{sa}=1,500</td><td>• 2종 콘크리트</td></tr>
</table>
• P.C 강재 : KSD 7002에 적합한 재료를 기준으로 함.
SWPC 7B(2종) : 항복점 강도 σ_{py} = 160kg/㎠
인장강도 σ_{pu} = 160kg/㎠
• 일반강재
- 주부재 : SWS 490(상·하 플랜지, 복부판, 종 RIB, 주부재, 연결판)
- 부부재 : SWS 400을 기준으로 함.(주부재를 제외한 모든 부재)
</td><td></td></tr>
<tr><td>구조물
설계법
기준</td><td>
• 허용응력 설계
(가) 콘크리트(도.시 P75, P404)
<table>
<tr><th>응력의 종류</th><th>구 분</th><th>적용공식</th></tr>
<tr><td>허용휨응력</td><td>• 허용휨 압축응력
• 허용 압축응력(무근의 확대기초와 벽체)
• 허용휨 인장응력(무근의 확대기초와 벽체)</td><td>$\sigma_{ca}=0.4\sigma_{ck}$
$\sigma_{ca}=0.25\sigma_{ck}$
$\sigma_{ca}=0.42\sqrt{\sigma_{ck}}$</td></tr>
<tr><td>허용전단응력</td><td>• 사인장 철근을 두지 않은 보
• 사인장 철근을 두는 보
• 1방향 배근의 슬래브와 확대기초</td><td>$\tau_{ca}=0.25\sqrt{\sigma_{ck}}$
$\tau_{ca}=1.15\sqrt{\sigma_{ck}}$
$\tau_{ca}=0.25\sqrt{\sigma_{ck}}$</td></tr>
<tr><td>허용부착응력</td><td>• 일반적인 이형 인장철근
• 상부 이형 인장철근
• 이형 압축철근</td><td>$\tau_{ca}=0.8\sqrt{\sigma_{ck}}$
$\tau_{ca}=0.56\sqrt{\sigma_{ck}}$
$\tau_{ca}=1.72\sqrt{\sigma_{ck}}$</td></tr>
<tr><td>허용지압응력</td><td>• 전면적의 재하
• 전면적의 1/3이하로 부분재하</td><td>$\sigma_{ca}=0.50\sigma_{ck}$
$\sigma_{ca}=0.37\sigma_{ck}$</td></tr>
</table>
(나) 철근(도.시 P77, P406)
<table>
<tr><th>응 력</th><th colspan="2">부재의 응력</th><th>SD30</th><th>SD35</th><th>SD40</th></tr>
<tr><td rowspan="3">인장응력</td><td rowspan="3">하중의 조합에 충돌하중 혹은 지진의 영향을 포함하지 않은 경우</td><td>일반적인 부재</td><td>1,500</td><td>1,750</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td>바닥판 및 지간 10m이하의 슬래브교</td><td>1,500</td><td>1,600</td><td>1,600</td></tr>
<tr><td>수중 혹은 지하수위 이하에 설치되는 부재</td><td>1,500</td><td>1,600</td><td>1,600</td></tr>
<tr><td>하중의 조합에 충돌하중 혹은 지진의 영향을 포함하는 경우의 허용응력의 기본값</td><td></td><td>1,500</td><td>1,750</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td>압축응력</td><td></td><td></td><td>1,500</td><td>1,750</td><td>1,800</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.7】 백운1교(부산) 구조물 설계기준(계속)

구 분	내 용	비 고
주요재료 사용기준	• 강도 설계법 (도.시 P101) (가) 설계하중조합 U=1.3D+2.15(L+i)+1.3CF+1.7H+1.3Q ① U=1.3D+1.7H+1.3Q+1.3W ② U=1.3D+1.3(L+i)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3(0.5W+WL+BK) ③ U=1.3D+1.3(L+i)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3G ④ U=1.25D+1.65H+1.25Q+1.25W+1.25G ⑤ U=1.25D+1.25(L+i)+1.25CF+1.65H+1.25Q+1.25(0.5W+WL+BK)+1.25G ⑥ U=1.3D+1.7H+1.3Q+1.3E ⑦ U=1.3D+1.3(L+i)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3CO ⑧ U=1.2D+1.55H+1.2Q+1.2W+1.2CO ⑨ 여기서, D = 사하중 또는 이에 따른 단면력 L = 활하중 또는 이에 따른 단면력 I = 충격 또는 이에 따른 단면력 H = 토압 또는 이에 따른 단면력 W = 풍화중 도는 이에 따른 단면력 WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력 BK = 제동하중 또는 이에 따른 단면력 E = 지진의 영향 또는 이에 따른 단면력 CF = 원심하중 또는 이에 따른 단면력 CO = 충돌하중 또는 이에 따른 단면력 G = 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수의 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축병형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력 Q = 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력 (나) 특수 하중 조합의 하중계수 · 도시 2.5절에 따른 2, 3등교의 설계에서 초과하중에 대하여 검토하는 경우 U = 1.3D+2.85(L+i) ⑩ · 특별과하중(탱크, 특수중차량 등)에 대하여 검토하는 경우 U = 1.3D+1.3(L+i)+1.3CF+1.7H+1.3Q ⑪ (다) 식 ①에서 충격을 고려한 차량활하중과 보도 등의 군중하중의 하중조합에 의해서 외측들보를 설계할 때는 활하중계수를 2.15대신 1.65로하여 설계함. 다만 이때의 설계강도는 활하중계수를 2.15FH 한 차량 활하중만에 의한 값보다 작아서는 않됨. 이 경우에 있어서 바닥판 슬래브를 설계할 때는 활하중계수를 2.15대신 1.3으로 함. (라) (가)항과 (나)항의 모든 하중조합에서 각 경우에 대한 사하중 계수와 토압하중계수는 각각 다음 표에 제시한 값을 사용함.	

【표 2.7】 백운1교(부산) 구조물 설계기준(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>주요재료
사용기준</td><td>
주요하중조합에서 사하중계수와 토압하중계수를 바꾸어 설계하는 경우
<table>
<tr><th>구 분</th><th>사하중계수</th><th colspan="2">토압하중계수</th></tr>
<tr><td>식</td><td>기둥설계시 최소 축하중 및 최대 모멘트 또는 최대 편심에 대하여 설계할 경우</td><td>라멘구조에서 반횡토압에 의해 정모멘트를 검토하는 경우</td><td>연직토압의 경우</td></tr>
<tr><td>①~④
⑦~⑧
⑩~⑪</td><td>1.0</td><td>0.65</td><td>1.3</td></tr>
<tr><td>⑤~⑥</td><td>0.95</td><td>0.65</td><td>1.25</td></tr>
<tr><td>⑨</td><td>0.9</td><td>0.6</td><td>1.2</td></tr>
</table>
(마) 기초를 설계할 경우 토압이나 말뚝하중 등에는 하중계수에 의한 하중 증가를 시키지 않음. 또한 전도, 활동 등에 대한 안전율을 사용하여 구조물 기초의 안정성을 검토하는 경우에도 하중계수를 사용하지 않음.
(바) 설계강도(도.시 P81)
설계강도는 단면의 공칭강도에다 다음 표의 강도 감소계수 Φ름 곱함.
<table>
<tr><th colspan="2">부 재</th><th>강도감소 계수</th></tr>
<tr><td rowspan="2">휨, 휨+축방향인장</td><td>보통 철근콘크리트</td><td>0.85</td></tr>
<tr><td>프리스트레스콘크리트</td><td>0.85</td></tr>
<tr><td colspan="2">축방향 인장</td><td>0.85</td></tr>
<tr><td rowspan="2">축방향인장
휨+축방향인장</td><td>나선철근으로 보강된 철근콘크리트</td><td>0.70</td></tr>
<tr><td>그 외의 철근콘크리트</td><td>0.65</td></tr>
<tr><td colspan="2">전단, 비틀림</td><td>0.70</td></tr>
<tr><td colspan="2">콘크리트 지압</td><td>0.60</td></tr>
<tr><td colspan="2">압축부배의 안정</td><td>0.65</td></tr>
<tr><td colspan="2">무근 콘크리트</td><td>0.55</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

2) 『중앙고속도로(제천～원주간) 4차로 확장공사 구조 및 수리계산서(Ⅲ) (최종본) 제16공구 (판부～원주) 2000.9』

① 설계조건

【표 2.8】 백운1교(부산) 설계조건

구 분	내 용	비 고
일반조건	• 구조형식 - 상부구조 : 3경간 STEEL ARCH교(상로식 LOHSE 교) - f/l 비 : 16/80 = 180m • 교 장 : 50 + 80 + 50 = 180m • 폭 원 : 12.6m • 사 각 : 90° • 설계하중 : DB-24, DL-24\ • 충격계수 : $i = \frac{15}{40+L} \leq 0.3$	
재료의 설계강도	• 콘크리트 - 상부구조(DECK SLAB) : 270kg/㎠ - 하부구조(교대, 교각) : 240kg/㎠ - MASS CON'C : 210kg/㎠ • 강 재 -SWS 520 허용인장응력 : σ_{sa} = 2100kg/㎠ -SWS 400 허용인장응력 : σ_{sa} = 1400kg/㎠ • 철 근 - 상부구조(DECK SLAB) : σ_y = 4000kg/㎠ - 하부구조(교대, 교각) : σ_y = 3000kg/㎠	
단위중량	• 콘크리트 : 2.5 ton/m^3 • 아스팔트 : 2.3 ton/m^3 • 흙 : 2.0 ton/m^3 • 강 재 : 7.85 ton/m^3	
기타조건	• 온도차 - 온도차 : 15℃ - 선팽창계수 : α = 12 × 10^{-6} • 설계방법 - 콘크리트 : 강도설계법 - 강 재 : 허용응력 설계법	
참고문헌	• 도로교 표준시방서 - 건설부 • 콘크리트 표준시방서 - 건설부 • 콘크리트 설계편람 - 건설부 • 강구조 보강설계 등 기타	

【표 2.8】 백운1교(부산) 설계조건(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>허용축방향 인장응력 및 허용휨인장 응력(kg/㎠)</td><td>
<table>
<tr><th>강 종</th><th>SS 41
SWS 400
SMA 41</th><th>SWS 490</th><th>SWS 490Y
SWS 520
SMA 50</th><th>SWS 570

SMA 58</th></tr>
<tr><td>축방향인장응력</td><td>1,400</td><td>1,900</td><td>2,100</td><td>2,600</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력 (kg/㎠)</td><td>
<table>
<tr><th>강 종</th><th>SS 41
SWS 400
SMA 41</th><th>SWS 490</th><th>SWS 490Y
SWS 520
SMA 50</th><th>SWS 570

SMA 58</th></tr>
<tr><td rowspan="3">축방향압축응력</td><td>$(a)\frac{l}{r} \le 20$
1,400</td><td>$(a)\frac{l}{r} \le 15$
1,900</td><td>$(a)\frac{l}{r} \le 14$
2,100</td><td>$(a)\frac{l}{r} \le 18$
2,600</td></tr>
<tr><td>$(b)20 < \frac{l}{r} \le 93$
$1,400 - 8.4(\frac{l}{r} - 20)$</td><td>$(b)15 < \frac{l}{r} \le 80$
$1,900 - 13(\frac{l}{r} - 15)$</td><td>$(b)14 < \frac{l}{r} \le 76$
$2,100 - 15(\frac{l}{r} - 20)$</td><td>$(b)18 < \frac{l}{r} \le 67$
$2,600 - 22(\frac{l}{r} - 18)$</td></tr>
<tr><td>$(c)93 < \frac{l}{r}$
$\frac{12,000,000}{6,700 + (l/r)^2}$</td><td>$(c)80 < \frac{l}{r}$
$\frac{12,000,000}{5,000 + (l/r)^2}$</td><td>$(c)76 < \frac{l}{r}$
$\frac{12,000,000}{4,500 + (l/r)^2}$</td><td>$(c)67 < \frac{l}{r}$
$\frac{12,000,000}{3,500 + (l/r)^2}$</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4">l : 부재의 유효좌굴길이 (cm)
r : 부재의 총단면의 단면2차반지름 (cm)</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>마찰이음용 고장력볼트의 허용력 (kg) (1볼트 1마찰면마다)</td><td>
<table>
<tr><th>볼트등급 / 나사호칭</th><th>F 8 T</th><th>F 10 T</th></tr>
<tr><td>M 20</td><td>3,100</td><td>3,900</td></tr>
<tr><td>M 22</td><td>3,900</td><td>4,800</td></tr>
<tr><td>M 24</td><td>4,500</td><td>5,600</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.8】 백운1교(부산) 설계조건(계속)

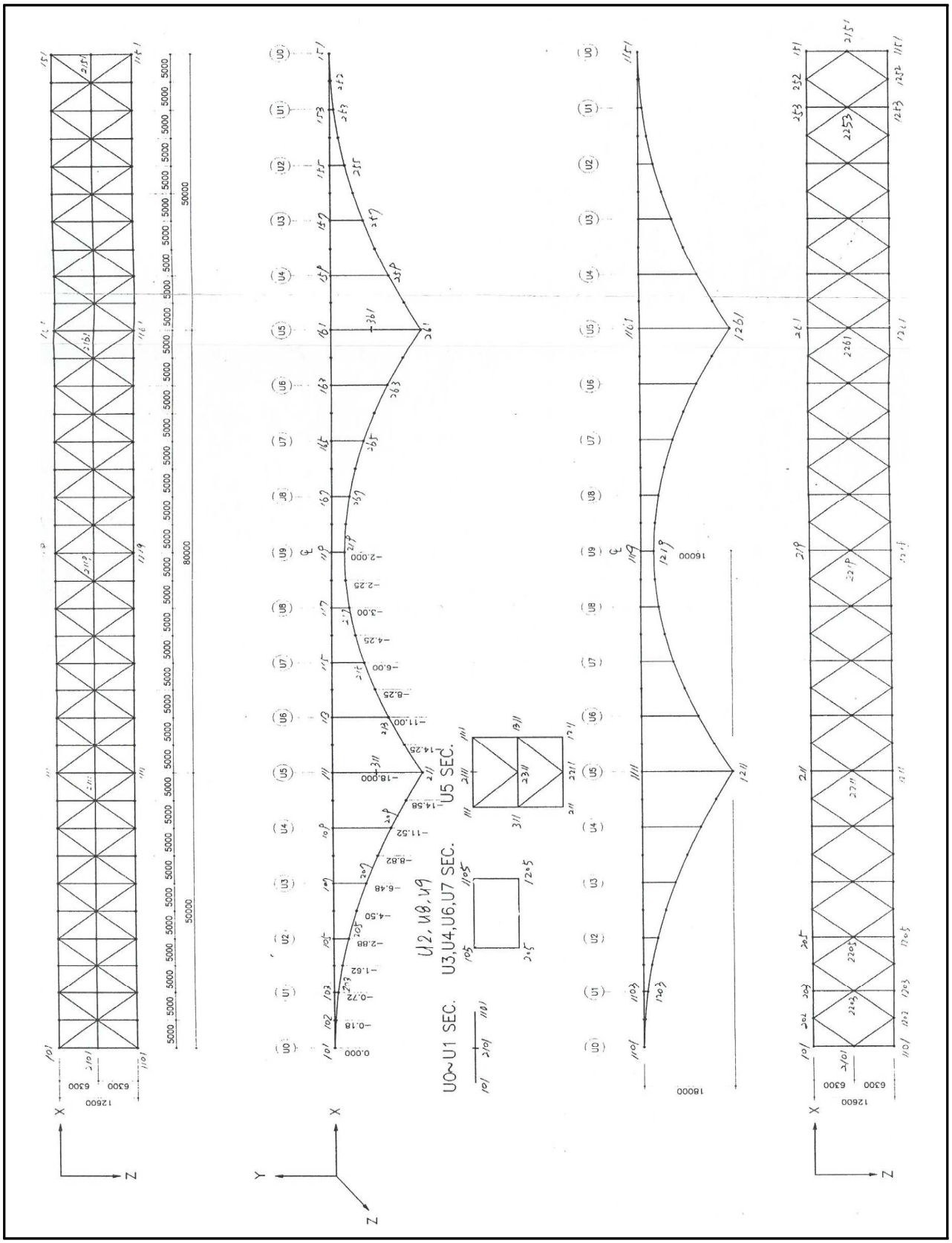
<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>허용휨압축응력(kg/㎠)</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">강 종</th><th>SS 41
SWS 400
SMA 41</th><th>SWS 490</th><th>SWS 490Y
SWS 520
SMA 50</th><th>SWS 570

SMA 58</th></tr>
<tr><td colspan="2">압축 플랜지가 직접콘크리트 바닥판에 고정되어 있는 경우 상자, ㅍ, 파이프 단면의 경우</td><td>1,400</td><td>1,900</td><td>2,100</td><td>2,600</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상기 이외의 경우</td><td>$\frac{Aw}{Ac} \le 2$</td><td>$(a)\frac{l}{b} \le 4.5$: 1,400
$(b) 4.5 < \frac{l}{b} \le 30$
1,400 $-24(\frac{l}{b}-4.5)$</td><td>$(a)\frac{l}{b} \le 4.0$: 1,900
$(b) 4.0 < \frac{l}{b} \le 30$
1,900 $-38(\frac{l}{b}-4.0)$</td><td>$(a)\frac{l}{b} \le 43.5$: 2,100
$(b) 3.5 < \frac{l}{b} \le 27$
2,100 $-44(\frac{l}{b}-3.5)$</td><td>$(a)\frac{l}{b} \le 5.0$: 2,600
$(b) 5.0 < \frac{l}{b} \le 25$
2,600 $-66(\frac{l}{b}-5.0)$</td></tr>
<tr><td>$\frac{Aw}{Ac} > 2$</td><td>$(a)\frac{l}{b} \le \frac{9}{k}$
1,400
$(b)\frac{9}{k} < \frac{l}{b} \le 30$
1,400 $-12(k\frac{l}{b}-9)$</td><td>$(a)\frac{l}{b} \le \frac{8}{k}$
1,900
$(b)\frac{8}{k} < \frac{l}{b} \le 30$
1,900 $-19(k\frac{l}{b}-8)$</td><td>$(a)\frac{l}{b} \le \frac{7}{k}$
2,100
$(b)\frac{7}{k} < \frac{l}{b} \le 27$
2,100 $-22(\frac{l}{b}-7)$</td><td>$(a)\frac{l}{b} \le \frac{10}{k}$
2,600
$(b)\frac{10}{k} < \frac{l}{b} \le 25$
2,600 $-33(\frac{l}{b}-10)$</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>허용전단응력 및 허용지압응력 (kg/㎠)</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">강종 / 응력</th><th>SS 41
SWS 400
SMA 41</th><th>SWS 490</th><th>SWS 490Y
SWS 520
SMA 50</th><th>SWS 570

SMA 58</th></tr>
<tr><td colspan="2">축방향인장응력</td><td>800</td><td>1,100</td><td>1,200</td><td>1,500</td></tr>
<tr><td rowspan="2">지압응력</td><td>헬츠공식</td><td>7,000</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>강판과 강판간의 지압응력</td><td>2,100</td><td>2,800</td><td>3,100</td><td>3,900</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

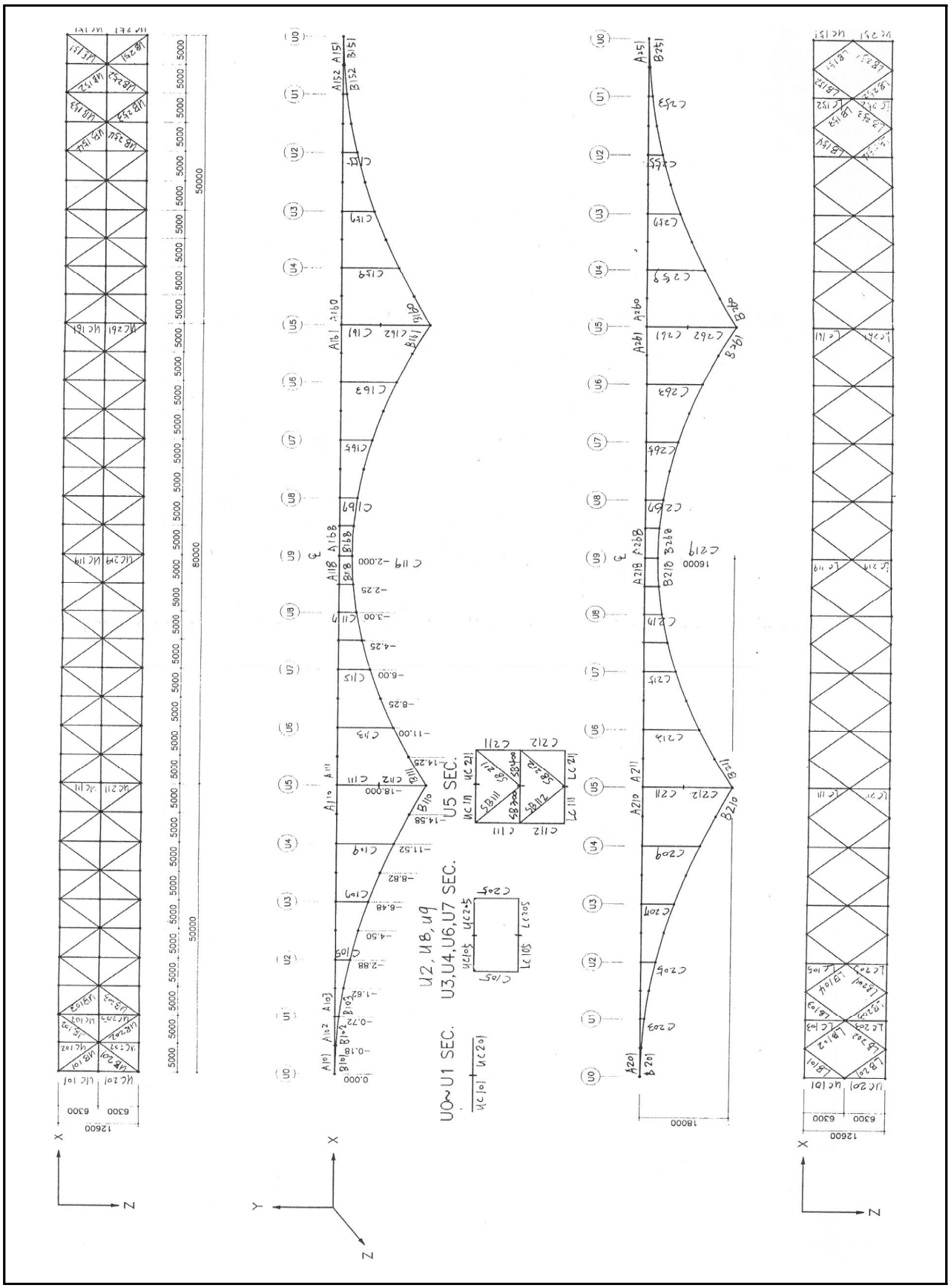
② 단면가정

㉠ JOINT & COORDNNATE



【그림 2.2】 백운1교(부산) 단면가정 JOINT & COORDNNATE

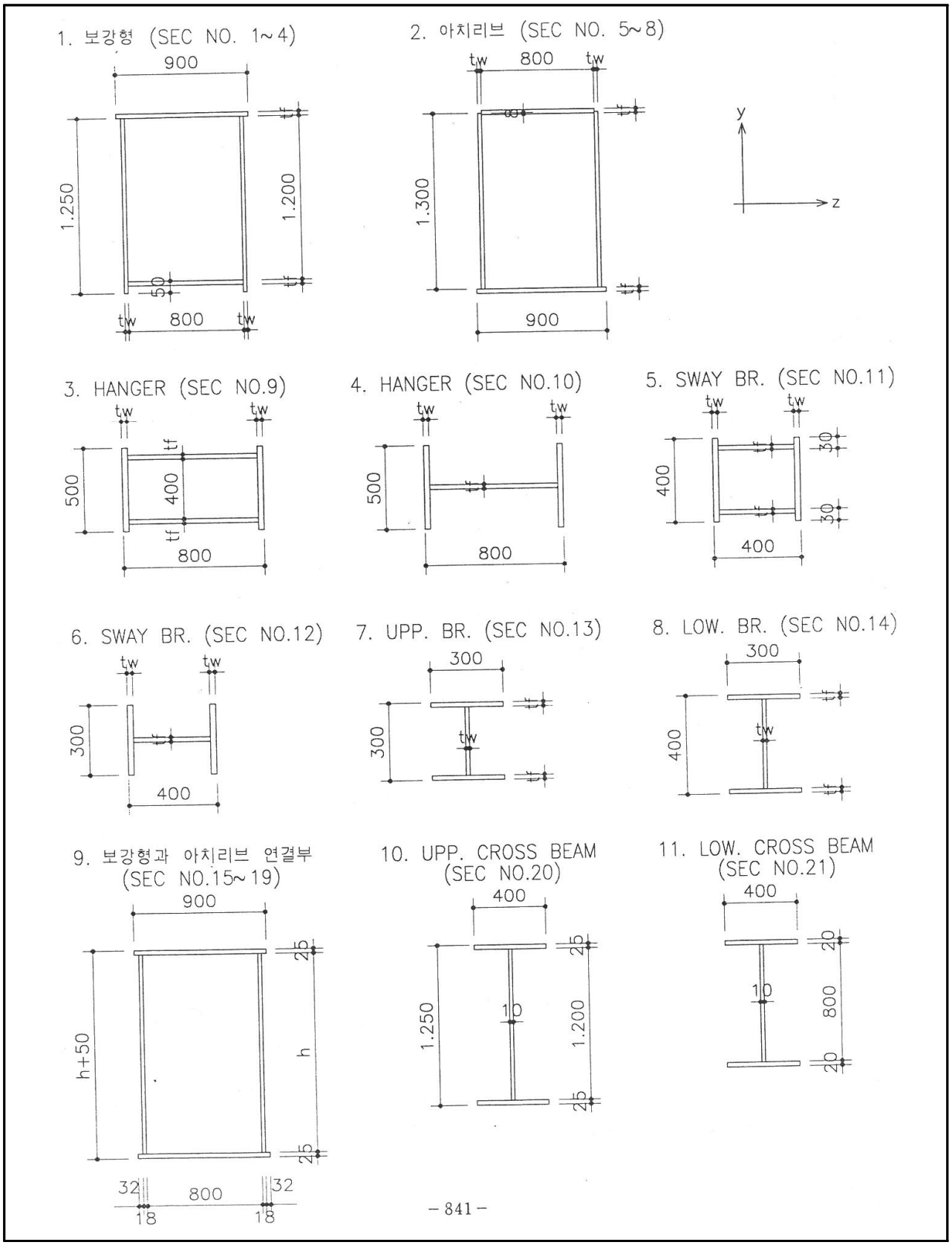
㉡ MEMBER



【그림 2.3】 백운1교(부산) 단면가정 MEMBER

③ 단면특성

㉠ 부재별 SECTION TYPE



【그림 2.4】 백운1교(부산) 단면특성 부재별 SECTION TYPE

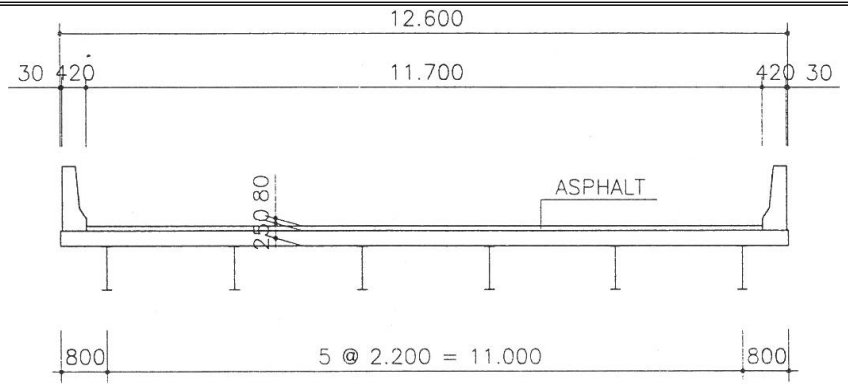
㉡ 단면상수

SEC NO	tf×tw (H)	A (cm^2)	Ix (cm^4)	Iy (cm^4)	Iz (cm^4)	Zu (cm^3)	Zl (cm^3)	ry	rz	비 고
1	25×24	1025.0	2425876.5	1277293.7	2379634.5	38092.7	36592.6	35.3	48.2	보강형
2	25×18	875.0	1992753.5	1011427.7	2183196.8	35192.6	33349.4	34.0	50.0	〃
3	25×20	925.0	2145710.3	1099208.3	2248716.6	36155.4	34434.6	34.5	49.3	〃
4	25×16	825.0	1829995.0	924483.0	2117626.7	34234.7	32259.3	33.5	50.7	〃
5	25×18	893.0	2192132.9	1041543.1	2499906.9	36370.8	38186.3	34.2	52.9	아치리브
6	25×24	1049.0	2681565.2	1318043.7	2720156.2	39750.1	41359.5	35.4	50.9	〃
7	20×18	808.0	2024437.7	989834.8	2120864.8	31192.8	32524.7	35.0	51.2	〃
8	18×16	722.0	1796541.9	878729.0	1897412.2	27984.4	29192.1	34.9	51.3	〃
9	12×20	382.4	241290.3	392061.9	119091.8	4763.7	4763.7	32.0	17.6	HANGER
10	12×20	291.2	166710.4.	348164.3	41677.6	1667.1	1667.1	34.6	12.0	〃
11	10×12	171.2	54266.7	45001.6	35836.3	1791.8	1791.8	16.2	14.5	SWAY BRACING
12	8×12	102.1	21606.4	30650.4	5401.6	360.1	360.1	17.3	7.3	〃
13	8×8	70.7	6118.6	3061.2	11761.3	784.1	784.1	7.1	12.9	상부BRACING
14	8×8	78.7	15109.7	3601.6	22217.1	1110.9	1110.9	6.8	16.8	하부BRACING
15	1250	900.0	2100840.0	1056636.0	2415000.0	37153.8	37153.8	34.3	51.8	보강형+아치리브
16	1430	964.8	2494955.0	1165052.0	3259150.0	44042.6	44042.6	34.8	58.1	〃
17	1970	1159.2	3710301.0	1490298.0	6771374.0	67043.3	67043.3	35.9	76.4	〃
18	2870	1483.2	6005485.0	2032376.0	16520858.0	113156.6	113156.6	37.0	105.5	〃
19	4130	1936.8	8766175.0	2791285.0	40555762.0	194046.7	194046.7	38.0	144.7	〃
20	25×20	320.0	577250.0	26677.0	894417.0	14310.7	14310.7	9.1	52.9	상부CROSS BEAM
21	20×10	240.0	170880.0	21340.0	311680.0	7421.0	7421.0	9.4	36.0	하부CROSS BEAM

【그림 2.5】 백운1교(부산) 단면특성 부재별 SECTION TYPE

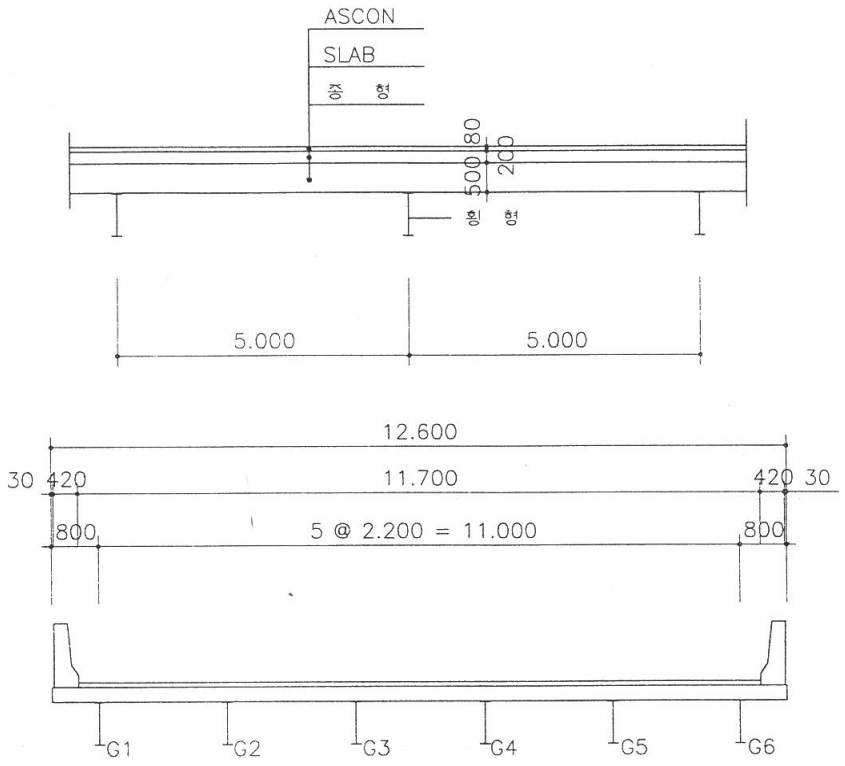
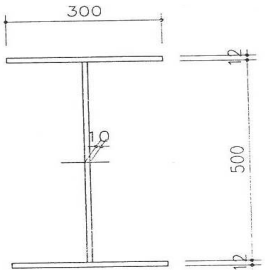
③ 슬래브 설계

【표 2.9】 백운1교(부산) 슬래브 설계

구 분	내 용	비 고
단면가정		
슬래브 최소두께 검토 (도시 p132)	• t_{min1} = 22.0cm • 연속판 - ℓ = 2.2m - $t_{min2} = 3l + 13 = 19.6cm$ • 켄틸레버판 - $l = 0.8 - 0.45 - 0.3 = 0.05m < 0.25$ - $t_{min2} = 28l + 18 = 19.4cm$ ∴ 슬래브 두께는 25cm를 사용	
응력검토	$M = 1.3Md + 2.15M_{l+i}$ = 1.3 × 0.392 + 2.15 × 2.912 = 6.770 t.m b = 100cm d = 25 - 4 = 21cm σ_{ck} = 270kg/㎠ σ_y = 4000kg/㎠ Mu = ΦMn = Φ · 0.85σck · a · b(d-a/2) $6.770 \times 10^5 = 0.85 \times 0.85 \times 270 \times a \times 100 \times (21-a/2)$ a = 1.723cm $Req'As = \frac{6.770 \times 10^5}{0.85 \times 4000 \times (21-1.723/2)} = 9.887cm^2$ ∴ USE As H16@125 = 15.89㎠	
철근비 검토	$P = \frac{As}{bd} = \frac{15.89}{100 \times 16} = 0.0076$ $Pmin = \frac{14}{\alpha_y} = 0.0035$ $Pmax = 0.75 \cdot Pb = 0.75(\frac{0.85 \times \sigma_{ck} \times k_1}{\sigma_y} + \frac{6120}{6120+\sigma_y})$ $= 0.75(\frac{0.85 \times 270 \times 0.85}{4000} + \frac{6120}{6120+4000})$ = 0.0295 $Pmin < P < Pmax$ ∴ O,K $\alpha = \frac{As \cdot \sigma_y}{0.85 \times \sigma_{ck} \times b} = \frac{15.89 \times 4000}{0.85 \times 270 \times 100} = 2.770m$ $\Phi \cdot Mn = 0.85 \times 0.85 \times 270 \times 2.77 \times 100 \times (21 - \frac{2.77}{2}) \div 10^5$ $= 10.599t.m > M = 6.770t.m$ ∴ O.K	

④ 종형설계

【표 2.10】 백운1교(부산) 종형설계

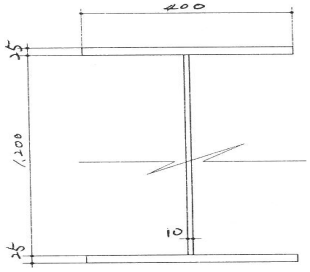
구 분	내 용	비 고
단면가정		
단면계산	• 단지간 - 사용강종 : SWS 400 - 단 면 력 : M=2,375,100 kg·m, S=27,109 kg  $A = 30\times1.2\times2+50\times1.0 = 122\ \text{㎠}$ $I = \dfrac{30\times52.4^3-29.0\times50^3}{12} = 57,611\ \text{cm}^4$ $Z = \dfrac{I}{y} = \dfrac{57611}{26.2} = 2,199\ \text{㎤}$ $\sigma_s = \dfrac{M}{Z} = \dfrac{2,375,100}{2,199} = 1080\ \text{kg/㎠} < \sigma_{sa} = 1,400\text{kg/㎠}$ ∴ O.K $\tau = \dfrac{S}{Aw} = \dfrac{27,109}{50\times1.0} = 542\ \text{kg/㎠} < \sigma_{sa} = 800\text{kg/㎠}$ ∴ O.K	

【표 2.10】 백운1교(부산) 종형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
단면계산	• 중간지점 - 사용강종 : SWS 400 - 단 면 력 : M=-1,847,300 kg・m, S=23,701 kg - 단면은 단지간의 단면과 같음. - 압축부 $\sigma_s = \frac{M}{Z} = \frac{1,847,300}{2,199} = 840\,\mathrm{kg/cm^2} < \sigma_{sa} = 1,308\mathrm{kg/cm^2}$ ∴ O.K 허용압축응력 (도시 강교편 2.2.1 참조) $\frac{l}{b} = \frac{250}{30} = 8.3 > 4.5$ $\sigma_{ca} = 1,400 - 24(\frac{l}{b} - 4.5) = 1,308\,\mathrm{kg/cm^2}$ - 인장부 순단면적으로 계산함. $\sigma_s = \frac{M}{Z} \cdot \frac{Ag}{An} = \frac{1,847,300}{2,199} \times \frac{30 \times 12}{(30 \times 1.2 - 2 \times 2.3 \times 1.2)}$ $= 992\,\mathrm{kg/cm^2} < \sigma_{ta} = 1,400\mathrm{kg/cm^2}$ ∴ O.K	
이음설계	• 부재력 - 이음위치는 5.0m 중앙에 둠. - 단 면 력 : M=21.112 t・m, S=23,701 TON - 고장력 BOLT F10T-M20 양면 이음사용 - 인장부 FLANGE BOLT 단면만 공제 $Pa - 7.800\ T/EA$ • 응력검토 $\sigma_u = \frac{M}{Zu} = \frac{21.112/10^5}{2,199} = 960\,\mathrm{kg/cm^2} < \sigma_{sa} = 1,400\mathrm{kg/cm^2}$ ∴ O.K 이음단면 : M20-2줄 사용 $Af = B - d.n - 30.0 - 2.3 \times 2 - 25.4\mathrm{cm}$ $\sigma_L = \frac{M}{Z_L} \cdot \frac{A}{A_F} = \frac{21.112/10^5}{2,199} \times \frac{30.0}{25.4}$ $= 1,134\,\mathrm{kg/cm^2} < \sigma_{ta} = 1,400\mathrm{kg/cm^2}$ ∴ O.K	

⑤ 횡형설계(지간 12.6m)

【표 2.11】 백운1교(부산) 횡형설계(지간 12.6m)

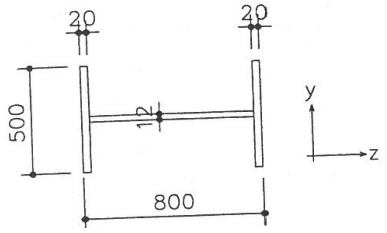
구 분	내 용	비 고
단면계산	• 사용강종 : SWS 520 • 부 재 력 : M = 260.054 t.m, S = 86.542 ton 	

【표 2.11】 백운1교(부산) 횡형설계(지간 12.6m)(계속)

구 분	내 용	비 고
	$A = 40\times2.5\times2+120\times1.0 = 320\ \text{㎠}$ $I = \dfrac{40\times125^3-39\times120^3}{12} = 894,417\ \text{cm}^4$ $Z = \dfrac{I}{y} = \dfrac{894,417}{62.5} = 14,310\ \text{㎤}$ $\sigma_s = \dfrac{M}{Z} = \dfrac{260.054\times10^5}{14,310} = 1,817\ \text{kg/㎠} < \sigma_{sa} = 2,100\ \text{kg/㎠}$ ∴ O.K $\tau = \dfrac{S}{Aw} = \dfrac{86,542\times10^3}{120\times1.0} = 721\ \text{kg/㎠} < \tau_a = 1,200\ \text{kg/㎠}$ ∴ O.K	

⑥ 주형설계

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	1) Hanger (SWS 400) : 일반부  A = 291.2 ㎠ Iy = 348,164.3 cm^4 Iz = 41,677.6 cm^4 yy = 34.58 cm yz = 11.96 cm (1) 부재력(사하중+활하중)	

부 재	Fx(ton)	My (t.m)	비 고
C113	-121.167	-35.7488	압축력 최대

(2) 응력검토

- Z방향

$\sigma_n = \dfrac{F_x}{A} = \dfrac{-121.167\times10^3}{291.2} = -416.1\ \text{kg/㎠}$

▸허용압축응력

i) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.2)

$\dfrac{by}{13.1} = \dfrac{24.4}{13.1} = 1.86 < tf = 2.0$ 이므로

σcal = 1,400 kg/㎠

ii) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1)

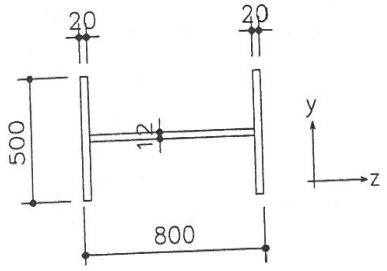
$20 < \dfrac{l2}{\gamma_Z} = 975/11.96 = 81.5 < 93$

$\sigma_{cag} = 1,400 - 8.4(\dfrac{l2}{\gamma_z} - 20) = 883.2\ \text{kg/㎠}$

$\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag,}\ \sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 883.2\ \text{kg/㎠}$

$\dfrac{\sigma_n}{\sigma_{ca}} = \dfrac{416.1}{883.2} = 0.47 < 1.0$ **O.K !!**

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	- Y방향 $\sigma_n = \frac{F_x}{A} = \frac{-121.167\times10^3}{291.2} = -416.1\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\sigma_n = \frac{M_x}{Iy} \cdot Zl = \frac{-35.488\times10^5}{348164.3}\times40.0 = -407.7\,\mathrm{kg/cm^2}$ ▸허용압축응력 i) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.1) $\Phi = \frac{\sigma_1-\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{823.8-8.40}{823.8} = 0.990$ $f = 0.65\Phi^2 + 0.13\Phi + 1.0 = 1.766$ $\frac{bz}{39.6\times f} = \frac{76.0}{39.6\times1.766} = 1.087 < tw = 1.2\,\mathrm{cm}$ 이므로 σcal = 1,400 kg/㎠ ii) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1) $20 < \frac{l2}{\gamma_Z} = 975/34.58 = 28.2 < 93$ 이므로 $\sigma_{cag} = 1{,}400 - 8.4(\frac{l2}{\gamma_z} - 20) = 1331.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 1331.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ - 허용휨 압축응력 $\frac{Aw}{Ac} = \frac{91.2}{100} = 0.912 \le 2.0$ $4.5 < \frac{ly}{b} = 975/50 = 19.5 < 30$ 이므로 $\sigma_{ma} = 1400 - 24(\frac{ly}{b} - 4.5) = 1040\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\frac{\sigma_n}{\sigma_{ca}} + \frac{\sigma_m}{\sigma_{ma}} = \frac{416.1}{1331.2} + \frac{407.7}{1040.0} = 0.71 < 1.0$ **O.K !!** 2) Hanger (SWS 400) : 일반부  A = 291.2 ㎠ Iy = 348,164.3 cm^4 Iz = 41,677.6 cm^4 ɣy = 11.96 cm ɣz = 34.58 cm (1) 부재력(사하중+활하중)	

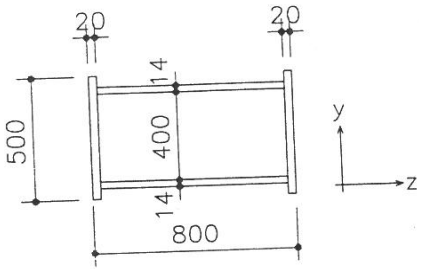
부 재	Fx(ton)	My (t.m)	비 고
C113	-88.986	-53.869	모멘트 최대

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	(2) 응력검토 - Z방향 $\sigma_n = \frac{F_x}{A} = \frac{-88.986\times10^3}{291.2} = -305.6\,\mathrm{kg/cm^2}$ ▸허용압축응력 ⅰ) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.2) $\frac{by}{13.1} = \frac{24.4}{13.1} = 1.86 < tf = 2.0$ 이므로 σcal = 1,400 kg/㎠ ⅱ) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1) $20 < \frac{l2}{\gamma_Z} = 975/11.96 = 81.5 < 93$ $\sigma_{cag} = 1{,}400 - 8.4(\frac{l2}{\gamma_z} - 20) = 883.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag}, \sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 883.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\frac{\sigma_n}{\sigma_{ca}} = \frac{305.6}{883.2} = 0.35 < 1.0$ **O.K !!** - Y방향 $\sigma_n = \frac{F_x}{A} = -305.6\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\sigma_n = \frac{M_y}{I_y} \cdot Z = \frac{-53.869\times10^5}{348164.3}\times40.0 = -618.9\,\mathrm{kg/cm^2}$ ▸허용압축응력 ⅰ) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.1) $\Phi = \frac{924.5-313.3}{924.5} = 1.339$ $f = 0.65\Phi^2 + 0.13\Phi + 1.0 = 2.339$ $\frac{bz}{39.6\times f} = \frac{76.0}{39.6\times2.339} = 0.082 < tw = 1.2\,\mathrm{cm}$ 이므로 σcal = 1,400 kg/㎠ ⅱ) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1) $20 < \frac{l2}{\gamma_Z} = 28.2 < 93$ 이므로 $\sigma_{cag} = 1{,}400 - 8.4(\frac{l2}{\gamma_z} - 20) = 1331.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag}, \sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 1331.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ - 허용휨 압축응력 $\frac{Aw}{Ac} = \frac{91.2}{100} = 0.912 \le 2.0$ $4.5 < \frac{ly}{b} = 975/50 = 19.5 < 30$ 이므로 $\sigma_{ma} = 1400 - 24(\frac{ly}{b} - 4.5) = 1040\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\frac{\sigma_n}{\sigma_{ca}} + \frac{\sigma_m}{\sigma_{ma}} = \frac{305.6}{1331.2} + \frac{618.9}{1040.0} = 0.83 < 1.25$ **O.K !!**	

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	3) Hanger (SWS 400) : 지점부	



A = 412.8 ㎠
Iy = 406,694.4 cm^4
Iz = 132,884.1 cm^4
ɣy = 31.4 cm
ɣz = 17.9 cm

(1) 부재력(사하중+활하중)

부 재	Fx(ton)	My (t.m)	비 고
C112	-209.188	-46.194	모멘트 최대

(2) 응력검토

- Z방향

$$\sigma_n = \frac{F_x}{A} = \frac{-209.188 \times 10^3}{418.8} = -506.8\,\mathrm{kg/cm^2}$$

▸허용압축응력

ⅰ) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.2)

$$\frac{by}{39.6 \times f} = \frac{40.0}{39.6 \times 1.0} = 1.01 < tf = 2.0 \quad \text{이므로}$$

σcal = 1,400 kg/㎠

ⅱ) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1)

$$93 < \frac{l_Z}{\gamma_Z} = 1675/17.9 = 93.575$$

$$\sigma_{cag} = \frac{12{,}000{,}000}{6700 + (\frac{l_Z}{\gamma_Z})^2} = 776.4\,\mathrm{kg/cm^2}$$

$$\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag}, \sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 776.4\,\mathrm{kg/cm^2}$$

$$\frac{\sigma_n}{\sigma_{ca}} = \frac{506.8}{776.4} = 0.65 < 1.0 \qquad \textbf{O.K !!}$$

- Y방향

$$\sigma_n = \frac{F_x}{A} = -506.8\,\mathrm{kg/cm^2}$$

$$\sigma_n = \frac{M_y}{I_y} \cdot Z = \frac{-46.194 \times 10^5}{406694.3} \times 40.0 = -454.3\,\mathrm{kg/cm^2}$$

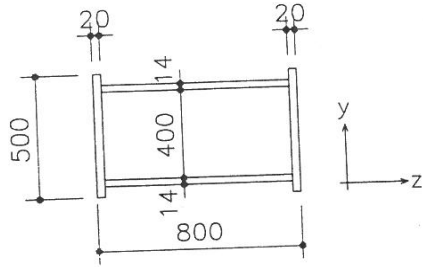
▸허용압축응력

ⅰ) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.1)

$$\Phi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} = \frac{961.1 - 52.5}{961.1} = 0.945$$

$$f = 0.65\Phi^2 + 0.13\Phi + 1.0 = 1.703$$

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	$\frac{bz}{39.6\times f}=\frac{76.0}{39.6\times 1.703}=1.127 < tw=1.4$㎝ 이므로 σcal = 1,400 kg/㎠ ii) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1) $20 < \frac{l2}{\gamma_Z}=840/31.4=26.8<93$ 이므로 $\sigma_{cag}=1,400-24(\frac{l}{\gamma}-20)=1238.0\,\mathrm{kg/㎠}$ $\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=1238.0\,\mathrm{kg/㎠}$ ▸허용휨 압축응력 $\sigma_{ma}=1400\,\mathrm{kg/㎠}$ $\frac{\sigma_n}{\sigma_{ca}}+\frac{\sigma_m}{\sigma_{ma}}=\frac{506.8}{1238.0}+\frac{454.3}{1400.0}=0.73<1.0$ O.K !! 4) Hanger (SWS 400) : 지점부  A = 412.8 ㎠ Iy = 406,694.4 cm^4 Iz = 132,884.1 cm^4 ɣy = 31.4 cm ɣz = 17.9 cm (1) 부재력(사하중+활하중)	

부 재	Fx(ton)	My (t.m)	비 고
C112	-246.112	6.662	압축력 최대

(2) 응력검토

- Z방향

$\sigma_n=\frac{F_x}{A}=\frac{-209.188\times 10^3}{412.8}=-596.2\,\mathrm{kg/㎠}$

▸허용압축응력

i) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.2)

$\frac{by}{39.6\times f}=\frac{40.0}{39.6\times 1.0}=1.01 < tf=2.0$ 이므로

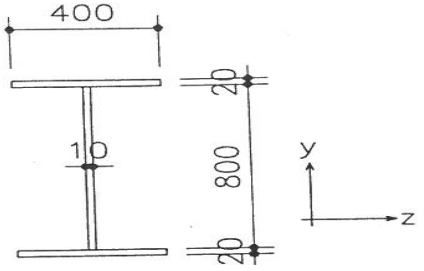
σcal = 1,400 kg/㎠

ii) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1)

$93 < \frac{l_Z}{\gamma_Z}=1675/17.9=93.575$

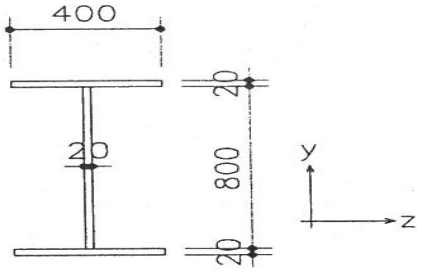
$\sigma_{cag}=\frac{12,000,000}{6700+(\frac{l_Z}{\gamma_Z})^2}=776.4\,\mathrm{kg/㎠}$

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	$\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=776.4\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\frac{\sigma_n}{\sigma_{ca}}=\frac{596.2}{776.4}=0.77<1.25$ **O.K !!** - Y방향 $\sigma_n=\frac{F_x}{A}=-596.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\sigma_n=\frac{M_y}{I_y}\cdot Z=\frac{-6.662\times10^5}{406694.3}\times65.5=-81.3\,\mathrm{kg/cm^2}$ ▸허용압축응력 ⅰ) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.1) $\Phi=\frac{\sigma_1-\sigma_2}{\sigma_1}=\frac{661.7-530.7}{661.1}=0.198$ $f=0.65\Phi^2+0.13\Phi+1.0=1.051$ $\frac{b}{39.6\times f}=1.826>t=1.4>\frac{b}{56\times f}=1.291$ 이므로 $\sigma_{cal}=2200000(\frac{t\cdot f}{b})^2=824.6\,\mathrm{kg/cm^2}$ ⅱ) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1) $20<\frac{l2}{\gamma_Z}=840/31.4=26.8<93$ 이므로 $\sigma_{cag}=1{,}400-24(\frac{l}{\gamma}-20)=1238.0\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=729.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ ▸허용휨 압축응력 $\sigma_{ma}=824.6\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\frac{\sigma_n}{\sigma_{ca}}+\frac{\sigma_m}{\sigma_{ma}}=\frac{596.2}{729.2}+\frac{65.5}{824.6}=0.90<1.25$ **O.K !!** 5) 하부 CROSS BEAM (SWS 520) : 일반부  A = 240.0 ㎠ Iy = 21,340.0 cm^4 Iz = 311,680.0 cm^4 ɣy = 9.4 cm ɣz = 36.0 cm (1) 부재력(사하중+활하중)	

부 재	Fx(ton)	My (t.m)	비 고
LC105	54.337	6.567	인장력 최대

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	(2) 응력검토 - 허용압축응력 $\sigma_{ta} = 2100\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\sigma_t = \frac{F_x}{A} + \frac{M_Z}{I} y = \frac{54.337\times10^3}{240.0} + \frac{6.567\times10^3}{311680} = 314.9\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\sigma_t = 314.9\,\mathrm{kg/cm^2} < 1.25\sigma_{ta} = 2100\,\mathrm{kg/cm^2}$ O.K !! ▸허용압축응력 ⅰ) 국부좌굴에 대한 허용응력(도시. 3.2.2) $\frac{by}{39.6\times f} = \frac{40.0}{39.6\times1.0} = 1.01 < tf = 2.0$ 이므로 σcal = 1,400 kg/㎠ ⅱ) 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력 (도시 2.2.1) $93 < \frac{l_Z}{\gamma_Z} = 1675/17.9 = 93.575$ $\sigma_{cag} = \frac{12{,}000{,}000}{6700 + (\frac{l_Z}{\gamma_Z})^2} = 776.4\,\mathrm{kg/cm^2}$ 6) 하부 CROSS BEAM (SWS 520) : 지점부  A = 320.0 ㎠ Iy = 21,386.7 cm^4 Iz = 354,346.7 cm^4 ɣy = 8.2 cm ɣz = 33.3 cm (1) 부재력(사하중+활하중)	

부 재	Fx(ton)	My (t.m)	비 고
LC111	-90.720	17.707	압축력 최대

(2) 허용압축응력
- Z축

$\frac{bz}{10.7} = \frac{19.0}{10.7} = 1.78 < tf = 2.0$

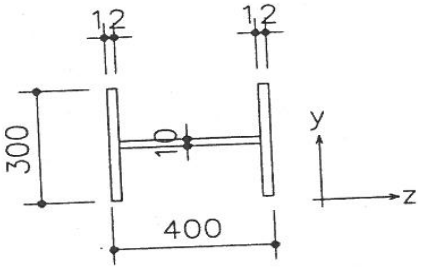
$\sigma_{cal} = 2100\,\mathrm{kg/cm^2}$

$14 < \frac{l_z}{\gamma_z} = \frac{1180}{32.3} = 35.4 < 76$

$\sigma_{cag} = 2100 - 15(\frac{l}{\gamma} - 14) = 1778\,\mathrm{kg/cm^2}$

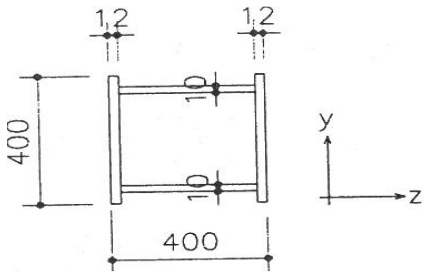
$\therefore\ \sigma_{ma} = 2100 - 44(\frac{l}{b} - 3.5) = 1561\,\mathrm{kg/cm^2}$

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	$\frac{A_w}{A_c}=\frac{160.0}{80.0}=2<2$ $3.5<\frac{l_z}{b}=\frac{630}{40}=15.75<27$ $\therefore\ \sigma_{ma}=2100-44(\frac{l}{b}-3.5)=1561\,\mathrm{kg/cm^2}$ - Y방향 $\Phi=\frac{\sigma_1-\sigma_2}{\sigma_1}=\frac{489.8-77.2}{489.8}=0.845$ $f=0.65\Phi^2+0.13\Phi+1.0=1.570$ $\frac{b}{32.4\times f}=\frac{80.0}{32.4\times 1.57}=1.573<t_w=2.0$ 이므로 $\sigma_{cal}=2100\,\mathrm{kg/cm^2}$ $14<\frac{l_y}{\gamma_y}=\frac{590}{8.2}=71.95<76$ 이므로 $\sigma_{cag}=2{,}100-15(\frac{l}{\gamma}-14)=1231.0\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=1231.0\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ma}=1561.0\,\mathrm{kg/cm^2}$ (3) 응력검토 $\sigma_n=\frac{F_x}{A}=\frac{-90.720\times10^3}{320.0}=289.8\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\sigma_n=\frac{M_y}{I_y}\cdot y=\frac{17.707\times10^5}{354346.7}\times42.0=209.9\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\frac{\sigma_n}{\sigma_{ca}}+\frac{\sigma_m}{\sigma_{ma}}=\frac{289.3}{1231.0}+\frac{209.9}{1561.0}=0.37<1.15$ **O.K !!** 7) SWAY BRACING (H-TYPE, SWS 400)  A = 109.6 ㎠ Iy = 31,536.3 cm^4 Iz = 5,403.1 cm^4 yy = 17.0 cm yz = 7.0 cm (1) 부재력(사하중+활하중)	

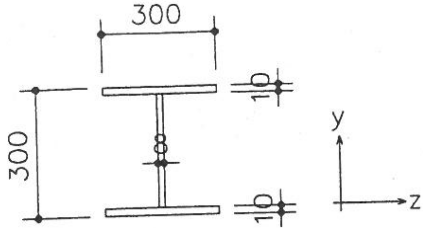
부 재	Fx(ton)	비 고
SB112	47.354	인장력 최대
SB211	-46.260	압축력 최대

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	(2) 허용압축응력 - 허용인장응력 $\sigma_{ta} = 1400\,\mathrm{kg/cm^2}$ - 허용압축응력 ▸Z축 $\frac{bz}{39.6\times f} = \frac{37.6}{39.6\times 1.0} = 0.95 < tw = 1.0$ $\sigma_{cal} = 1400\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\frac{l_z}{\gamma_z} = \frac{817.9}{7.0} = 116.8 < 93$ $\sigma_{cag} = \frac{12{,}000{,}000}{6700 + (\frac{l}{\gamma})^2} = 589.6\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag}, \sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 589.6\,\mathrm{kg/cm^2}$ ▸Y방향 $\frac{by}{13.1} = \frac{14.6}{13.1} = 1.15 < tf = 1.2$ $\sigma_{cal} = 1400\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag}, \sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 589.6\,\mathrm{kg/cm^2}$ $20 < \frac{l_y}{\gamma_y} = \frac{817.9}{17.0} = 48.1 < 93$ $\sigma_{cag} = 1{,}400 - 8.4(\frac{l}{\gamma} - 20) = 1163.9\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag}, \sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 1163.9\,\mathrm{kg/cm^2}$ (3) 응력검토 - 인장력 최대일 경우 $\sigma_n = \frac{F_x}{A} = \frac{47.354\times 10^3}{109.6} = 432.1\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore \sigma_t = 432.1\,\mathrm{kg/cm^2} < 1.25\sigma_{ta} = 1750\,\mathrm{kg/cm^2}$ **O.K !!** - 압축력 최대일 경우 $\sigma_n = \frac{F_x}{A} = \frac{-46.260\times 10^3}{109.6} = 422.1\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore \sigma_t = 422.1\,\mathrm{kg/cm^2} < 1.25\sigma_{ta} = 737\,\mathrm{kg/cm^2}$ **O.K !!** 8) SWAY BRACING (H-TYPE, SWS 400)  A = 171.2 ㎠ Iy = 45,001.6 cm^4 Iz = 35,836.3 cm^4 ɣy = 16.2 cm ɣz = 14.5 cm	

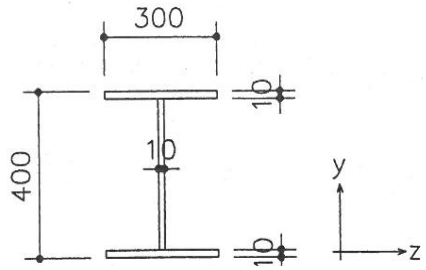
【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>해석 및
응력검토</td><td>
(1) 부재력(사하중+활하중)
<table>
<tr><th>부 재</th><th>Fx(ton)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>SB300</td><td>-19.021</td><td>압축력 최대</td></tr>
</table>
(2) 허용압축응력
- Z축
$\frac{bz}{39.6\times f}=\frac{37.6}{39.6\times 1.0}=0.949<tw=1.0$
$\sigma_{cal}=1400\,\mathrm{kg/cm^2}$
$20<\frac{l_z}{\gamma_z}=\frac{590.0}{14.5}=40.69<93$
$\sigma_{cag}=1{,}400-8.4(\frac{l}{\gamma}-20)=1226.2\,\mathrm{kg/cm^2}$
$\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=1226.2\,\mathrm{kg/cm^2}$
- Y방향
$\frac{by}{39.6\times f}=\frac{34.0}{39.6\times 1.0}=0.859<tf=1.2$
$\sigma_{cal}=1400\,\mathrm{kg/cm^2}$
$20<\frac{l_y}{\gamma_y}=\frac{1180.0}{16.2}=72.84<93$
$\sigma_{cag}=1{,}400-8.4(\frac{l}{\gamma}-20)=956.1\,\mathrm{kg/cm^2}$
$\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=956.1\,\mathrm{kg/cm^2}$
(3) 응력검토
$\sigma_n=\frac{F_x}{A}=\frac{-19.021\times 10^3}{171.2}=111.1\,\mathrm{kg/cm^2}$
$\therefore\sigma_t=111.1\,\mathrm{kg/cm^2}<1.25\sigma_{ca}=1195\,\mathrm{kg/cm^2}$ O.K !!

9) 상부 BRACING (SWS 400)


A = 82.4 ㎠
Iy = 4,501.2 cm^4
Iz = 14,083.5 cm^4
yy = 7.4 cm
yz = 13.2 cm
(1) 부재력(사하중+활하중)
<table>
<tr><th>부 재</th><th>Fx(ton)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>UB112</td><td>24.324</td><td>인장력 최대</td></tr>
<tr><td>UB202</td><td>-17.038</td><td>압축력 최대</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

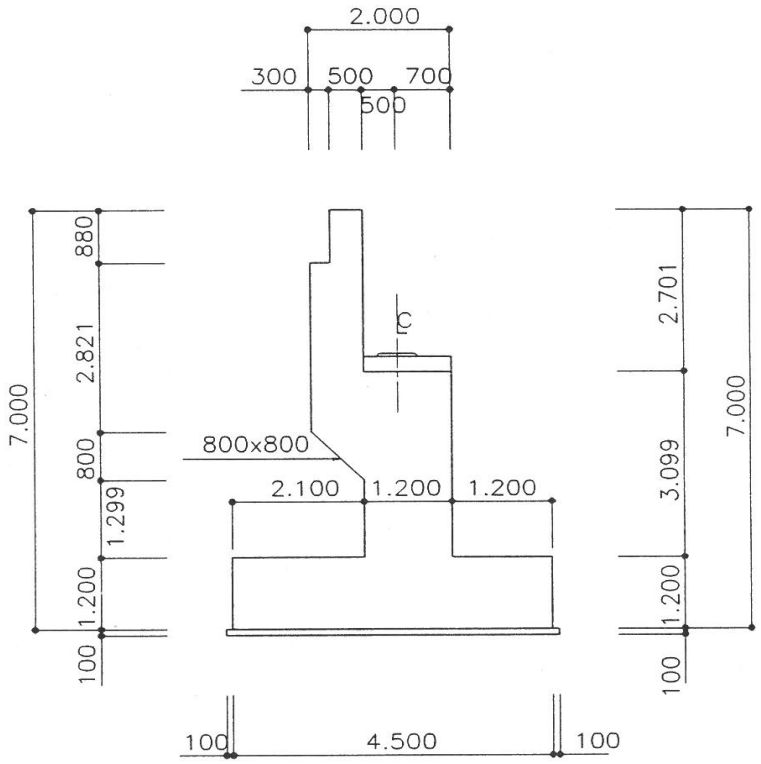
구 분	내 용	비 고
해석 및 응력검토	(2) 허용압축응력 - 허용인장응력 $\sigma_{ta} = 1400\,\mathrm{kg/cm^2}$ - 허용압축응력 ▸Z축 $\frac{bz}{16} = \frac{14.6}{16} = 0.913 < tf = 1.0 < \frac{bz}{13.1} = 1.115$ $\sigma_{cal} = 240000(\frac{t}{b})^2 = 1125.9\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\frac{l_z}{\gamma_z} = \frac{1237.4}{13.1} = 94.458 < 93$ $\sigma_{cag} = \frac{12{,}000{,}000}{6700 + (\frac{l}{\gamma})^2} = 768.0\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 618.0\,\mathrm{kg/cm^2}$ ▸Y방향 $\frac{by}{39.6\times f} = \frac{28.0}{39.6\times 1.0} = 0.707 < tw = 0.8$ $\sigma_{cal} = 1400\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 589.6\,\mathrm{kg/cm^2}$ $20 < \frac{l_y}{\gamma_y} = \frac{687.7}{7.4} = 83.6 < 93$ $\sigma_{cag} = 1{,}400 - 8.4(\frac{l}{\gamma} - 20) = 865.7\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore\ \sigma_{ca} = \sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao} = 865.7\,\mathrm{kg/cm^2}$ (3) 응력검토 $\sigma_c = \frac{F_x}{A} = \frac{-24.326\times 10^3}{82.4} = 295.2\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore \sigma_c = 295.2\,\mathrm{kg/cm^2} < 1.25\sigma_{ta} = 1750\,\mathrm{kg/cm^2}$ **O.K !!** $\sigma_c = \frac{F_x}{A} = \frac{-17.038\times 10^3}{82.4} = -206.8\,\mathrm{kg/cm^2}$ $\therefore \sigma_c = 206.8\,\mathrm{kg/cm^2} < 1.25\sigma_{ta} = 773\,\mathrm{kg/cm^2}$ **O.K !!** 10) 하부 BRACING (SWS 400)  A = 98.0 ㎠ Iy = 4,503.2 cm^4 Iz = 27,392.7 cm^4 ɣy = 6.8 cm ɣz = 16.7 cm	

【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>해석 및
응력검토</td><td>
(1) 부재력(사하중+활하중)
<table>
<tr><th>부 재</th><th>Fx(ton)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>LB112</td><td>-58.073</td><td>압축력 최대</td></tr>
</table>
(2) 허용압축응력
- Z축
$\frac{bz}{16}=\frac{14.5}{15}=0.906<tf=1.0<\frac{bz}{13.1}=1.107$
$\sigma_{cal}=240000(\frac{t}{b})^2=1141.5\,\mathrm{kg/cm^2}$
$20<\frac{l_z}{\gamma_z}=\frac{1327.6}{16.7}=79.5<93$
$\sigma_{cag}=1400-8.4(\frac{l}{\gamma}-20)=900.2\,\mathrm{kg/cm^2}$
$\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=734.0\,\mathrm{kg/cm^2}$
- Y방향
$\frac{by}{39.6\times f}=\frac{38.0}{39.6\times 1.0}=0.960<tw=1.0$
$\sigma_{cal}=1400\,\mathrm{kg/cm^2}$
$\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=589.6\,\mathrm{kg/cm^2}$
$20<\frac{l_y}{\gamma_y}=\frac{671.1}{6.8}=98.69<93$
$\sigma_{cag}=\frac{12{,}000{,}000}{6700+(\frac{l}{\gamma})^2}=730.0\,\mathrm{kg/cm^2}$
$\therefore\ \sigma_{ca}=\sigma_{cag,}\sigma_{cal}/\sigma_{cao}=730.0\,\mathrm{kg/cm^2}$
(3) 응력검토
$\sigma_c=\frac{F_x}{A}=\frac{-58.073\times 10^3}{98.0}=592.6\,\mathrm{kg/cm^2}$
$\therefore \sigma_c=592.6\,\mathrm{kg/cm^2}<1.25\sigma_{ta}=912\,\mathrm{kg/cm^2}$ O.K !!
</td><td></td></tr>
</table>

⑦ 교대

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계

구 분	내 용	비 고
단면가정	 Rd = (39.912+1.179)×2EA/14.200 = 5.689 t/m Rl = 56.754×2EA/14.200 = 7.994 t/m	
일반사항	• 교대높이 : 7.000 m • 저 판 폭 : 4.500 m • 저판길이 : 14.200 m	
설계조건	• 흙의 단위중량(γt) : 2.000 t/㎥ CON'C의 단위중량(γc) : 2.500 t/㎥ 흙의 내부마찰각(Φ) : 35.000 deg 흙의 점착력(c) : 0.000 t/㎡ 배면 연직 경사각 : 0.000 deg 노면 수평 경사각 : 0.000 deg • 기초바닥 N치 : 50.000 • 흙과 콘크리트의 마찰각 - 상시 안정검토시(RANKINE 토압사용) : 0.000 deg 단면검토시(COULOMB 토압사용, Φ/3) : 11.667 deg - 지진시 Mononobe Okabe 공식사용 : 0.000 deg 직접기초 - Kh = 0.5A 말뚝기초 - Kh = 1.0A 경사기초 - Kh = 1.5A	

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>설계조건</td><td>• CON'C의 설계강도 : 240.000 kg/㎠
철근의 설계강도 : 3,000.000 kg/㎠
• 과재하중 : 1.000 t/㎡
• 상부전달반력
사하중 반력 : 40.391 t/M
활하중 반력 : 596.784 t/M
• 지진시 수평력 : 2.827 t/M
• 설계 가속도계수 : 0.070
• SHOE 마찰계수 : 0.100
• 지하수위(저판 바닥에서) : -15.000m
• 저판 마찰계수
$\Phi = \sqrt{(15\times N)}+15 = 42.386$ deg
$\mu = \tan(2/3) = 0.537$</td><td></td></tr>
<tr><td>작용하중 계산 및 안정검토</td><td>RANKINE 토압계수 Ka = 0.271
지진시 토압계수 Ke = 0.290

(1) CASE-1 (상부공가설전, 수위고려, 활하중 비재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>0.000</td><td>70.544</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>0.000</td><td>65.294</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>15.175</td><td>0.000</td><td>37.622</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>부력</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>48.826</td><td>15.175</td><td>135.838</td><td>37.622</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 135.839 / 37.622 = 3.61
활동에 대한 안전율 = 26.244 / 15.175 = 1.73 > 1.5 O.K !!

(2) CASE-2 (상시, 수위무시, 활하중 재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>0.000</td><td>70.544</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>0.000</td><td>65.294</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>97.145</td><td>4.039</td><td>184.575</td><td>18.979</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>15.175</td><td>0.000</td><td>37.622</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>1.600</td><td>0.000</td><td>5.929</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>147.571</td><td>19.214</td><td>326.334</td><td>56.602</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 326.334 / 56.602 = 5.77
활동에 대한 안전율 = 79.318 / 19.215 = 4.13 > 1.5 O.K !!</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>작용하중
계산 및
안정검토</td><td>
(3) CASE-1 (상시, 수위무시, 활하중 비재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>0.000</td><td>70.544</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>0.000</td><td>65.294</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>40.390</td><td>4.039</td><td>76.742</td><td>18.979</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>15.175</td><td>0.000</td><td>37.622</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>89.217</td><td>19.214</td><td>212.581</td><td>56.602</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 212.581 / 56.602 = 3.76
활동에 대한 안전율 = 47.953 / 19.215 = 2.50 > 1.5 O.K !!

(4) CASE-2 (상시, 수위무시, 활하중 재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>2.180</td><td>70.544</td><td>5.144</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>1.237</td><td>65.294</td><td>4.760</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>40.390</td><td>2.827</td><td>76.742</td><td>13.284</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>14.198</td><td>0.000</td><td>33.128</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>89.217</td><td>20.442</td><td>212.581</td><td>56.318</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 212.581 / 56.318 = 3.77
활동에 대한 안전율 = 47.953 / 20.443 = 2.35 > 1.2 O.K !!

(5) CASE-2 (상시, 수위고려, 활하중 재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>0.000</td><td>70.544</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>0.000</td><td>65.294</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>97.145</td><td>4.039</td><td>184.575</td><td>18.979</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>15.175</td><td>0.000</td><td>37.622</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>1.600</td><td>0.000</td><td>5.919</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>부력</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>147.571</td><td>19.214</td><td>326.334</td><td>56.602</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 326.334 / 56.602 = 5.77
활동에 대한 안전율 = 79.318 / 19.215 = 4.13 > 1.5 O.K !!
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>작용하중
계산 및
안정검토</td><td>
(3) CASE-3 (상시, 수위무시, 활하중 비재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>0.000</td><td>70.544</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>0.000</td><td>65.294</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>40.390</td><td>4.039</td><td>76.742</td><td>18.979</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>15.175</td><td>0.000</td><td>37.622</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>89.217</td><td>19.214</td><td>212.581</td><td>56.602</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 212.581 / 56.602 = 3.76
활동에 대한 안전율 = 47.953 / 19.215 = 2.50 > 1.5 O.K !!

(4) CASE-4 (상시, 수위무시, 활하중 재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>2.180</td><td>70.544</td><td>5.144</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>1.237</td><td>65.294</td><td>4.760</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>40.390</td><td>2.827</td><td>76.742</td><td>13.284</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>14.198</td><td>0.000</td><td>33.128</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>89.217</td><td>20.442</td><td>212.581</td><td>56.318</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 212.581 / 56.318 = 3.77
활동에 대한 안전율 = 47.953 / 20.443 = 2.35 > 1.2 O.K !!

(5) CASE-5 (상시, 수위고려, 활하중 재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>0.000</td><td>70.544</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>0.000</td><td>65.294</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>97.145</td><td>4.039</td><td>184.575</td><td>18.979</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>15.175</td><td>0.000</td><td>37.622</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>1.600</td><td>0.000</td><td>5.919</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>부력</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>147.571</td><td>19.214</td><td>326.334</td><td>56.602</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 326.334 / 56.602 = 5.77
활동에 대한 안전율 = 79.318 / 19.215 = 4.13 > 1.5 O.K !!
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>작용하중
계산 및
안정검토</td><td>
(6) CASE-6 (상시, 수위무시, 활하중 비재하시)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>0.000</td><td>70.544</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>0.000</td><td>65.294</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>97.145</td><td>4.039</td><td>184.575</td><td>18.979</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>15.175</td><td>0.000</td><td>37.622</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>1.600</td><td>0.000</td><td>5.919</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>부력</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>147.571</td><td>19.214</td><td>326.334</td><td>56.602</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 212.581 / 56.602 = 3.76
활동에 대한 안전율 = 47.953 / 19.215 = 2.50 > 1.5 O.K !!

(7) CASE-7 (지진시, 수위고려)
<table>
<tr><th>항목</th><th>연직력
N(t)</th><th>수평력
H(t)</th><th>저항모멘트
Mx(t.m)</th><th>전도모멘트</th></tr>
<tr><td>교대 자중</td><td>31.144</td><td>2.180</td><td>70.544</td><td>5.144</td></tr>
<tr><td>흙자중</td><td>17.682</td><td>1.237</td><td>65.294</td><td>4.760</td></tr>
<tr><td>상부공하중</td><td>40.390</td><td>2.827</td><td>76.742</td><td>13.284</td></tr>
<tr><td>토압</td><td>0.000</td><td>14.198</td><td>0.000</td><td>33.128</td></tr>
<tr><td>지표재하</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>부력</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>89.217</td><td>20.442</td><td>212.581</td><td>56.318</td></tr>
</table>
전도에 대한 안전율 = 212.581 / 56.318 = 3.77
활동에 대한 안전율 = 47.953 / 20.443 = 2.35 > 1.2 O.K !!

(8) 지지력 계산 (실하중에 의한 값)
기초바닥 N치 : 50.000
흙의 단위중량 γt : 2.000 t/㎥
흙의 점착력 c : 0.000 t/㎡
기초의 저판폭 B : 4.500 m
기초의 유효근입깊이 Df : 1.200 m
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>작용하중
계산 및
안정검토</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th>상부공
시공전</th><th colspan="3">지하수위 무시</th><th colspan="3">지하수위 고려</th></tr>
<tr><th>CASE-1
비재하시</th><th>CASE-2
재하시</th><th>CASE-3
비재하시</th><th>CASE-4
지진시</th><th>CASE-5
재하시</th><th>CASE-6
비재하시</th><th>CASE-7
지진시</th></tr>
<tr><td>연직력</td><td>48.826</td><td>147.571</td><td>89.217</td><td>89.217</td><td>147.571</td><td>89.217</td><td>89.217</td></tr>
<tr><td>수령력</td><td>15.175</td><td>19.214</td><td>19.214</td><td>20.442</td><td>19.214</td><td>19.214</td><td>20.442</td></tr>
<tr><td>편심량(e)</td><td>0.238</td><td>0.422</td><td>0.501</td><td>0.498</td><td>0.422</td><td>0.501</td><td>0.498</td></tr>
<tr><td>유효재하폭</td><td>4.023</td><td>3.655</td><td>3.496</td><td>3.502</td><td>3.655</td><td>3.496</td><td>3.502</td></tr>
<tr><td>유효
재하면적</td><td>57.127</td><td>51.909</td><td>49.651</td><td>49.742</td><td>51.909</td><td>49.651</td><td>49.742</td></tr>
<tr><td>변형계수(α)</td><td>1.084</td><td>1.077</td><td>1.073</td><td>1.074</td><td>1.077</td><td>1.073</td><td>1.074</td></tr>
<tr><td>변형계수(β)</td><td>0.471</td><td>0.474</td><td>0.475</td><td>0.475</td><td>0.474</td><td>0.475</td><td>0.475</td></tr>
<tr><td>Nc</td><td>132.255</td><td>132.255</td><td>132.255</td><td>132.255</td><td>132.255</td><td>132.255</td><td>132.255</td></tr>
<tr><td>Nq</td><td>125.204</td><td>125.204</td><td>125.204</td><td>125.204</td><td>125.204</td><td>125.204</td><td>125.204</td></tr>
<tr><td>Nr</td><td>194.461</td><td>194.461</td><td>194.461</td><td>194.461</td><td>194.461</td><td>194.461</td><td>194.461</td></tr>
<tr><td>극한지지력
Qu(t)</td><td>59,326.65</td><td>50,599.71</td><td>47,018.32</td><td>47,159.28</td><td>50,599.71</td><td>47,018.32</td><td>47,159.28</td></tr>
<tr><td>허용지지력
Qa(t)</td><td>19,775.55</td><td>16,866.57</td><td>15,672.77</td><td>23,579.64</td><td>16,866.57</td><td>15,672.77</td><td>23,579.64</td></tr>
</table>
(9) 외력의 계산 (실하중에 의한 값)
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th>상부공
시공전</th><th colspan="3">지하수위 무시</th><th colspan="3">지하수위 고려</th></tr>
<tr><th>CASE-1
비재하시</th><th>CASE-2
재하시</th><th>CASE-3
비재하시</th><th>CASE-4
지진시</th><th>CASE-5
재하시</th><th>CASE-6
비재하시</th><th>CASE-7
지진시</th></tr>
<tr><td>기초폭</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td></tr>
<tr><td>교대길이</td><td>14.199</td><td>14.199</td><td>14.199</td><td>14.199</td><td>14.199</td><td>14.199</td><td>14.199</td></tr>
<tr><td>연직력</td><td>48.826</td><td>147.571</td><td>89.217</td><td>89.217</td><td>147.571</td><td>89.217</td><td>89.217</td></tr>
<tr><td>수평력</td><td>15.175</td><td>19.214</td><td>19.214</td><td>20.442</td><td>19.214</td><td>19.214</td><td>20.442</td></tr>
<tr><td>저항모멘트</td><td>135.838</td><td>326.334</td><td>212.581</td><td>212.581</td><td>326.334</td><td>212.581</td><td>212.581</td></tr>
<tr><td>전도모멘트</td><td>37.622</td><td>56.602</td><td>56.602</td><td>56.318</td><td>56.602</td><td>56.602</td><td>56.318</td></tr>
<tr><td>편심량</td><td>0.238</td><td>0.422</td><td>0.501</td><td>0.498</td><td>0.422</td><td>0.501</td><td>0.498</td></tr>
<tr><td>허용편심량</td><td>0.750</td><td>0.750</td><td>0.750</td><td>1.500</td><td>0.750</td><td>0.750</td><td>1.500</td></tr>
<tr><td>지반반력
작용폭</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td></tr>
<tr><td>최대지반
반력도</td><td>14.300</td><td>51.254</td><td>33.088</td><td>33.004</td><td>51.254</td><td>33.088</td><td>33.004</td></tr>
<tr><td>최소지반
반력도</td><td>7.400</td><td>14.333</td><td>6.563</td><td>6.647</td><td>14.333</td><td>6.563</td><td>6.647</td></tr>
<tr><td>허용지반
반력도</td><td>346.164
(60.0)</td><td>324.921
(60.0)</td><td>315.653
(60.0)</td><td>474.037
(90.0)</td><td>324.921
(60.0)</td><td>315.653
(60.0)</td><td>474.037
(90.0)</td></tr>
<tr><td>극한지지력
Qu(t)</td><td>1.729</td><td>4.128</td><td>2.495</td><td>2.345</td><td>4.128</td><td>2.495</td><td>2.345</td></tr>
<tr><td>허용지지력
Qa(t)</td><td>1.500</td><td>1.500</td><td>1.500</td><td>1.200</td><td>1.500</td><td>1.500</td><td>1.200</td></tr>
</table>
주) ( )는 최대지반반력 상한값 (도.교.시 4.7.3.1 참조)
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>연직벽의
단면검토</td><td>
(1) 단면력 산정 (하중계수를 적용 : 극한하중)
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>상 시</th><th>지 진 시</th></tr>
<tr><td colspan="2">토압계수</td><td>0.246</td><td>0.290</td></tr>
<tr><td rowspan="2">토 압</td><td>q_1 (h=0.000 m)</td><td>0.418</td><td>0.000</td></tr>
<tr><td>q_2 (h=5.800 m)</td><td>5.262</td><td>5.714</td></tr>
<tr><td rowspan="2">토압에 의한
단면력</td><td>Mu (t.m)</td><td>34.186</td><td>32.037</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>16.471</td><td>16.571</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SHOE 마찰에
의한 단면력</td><td>Mu (t.m)</td><td>18.373</td><td></td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>5.251</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">벽체 자중에
의한 관성력</td><td>Mu (t.m)</td><td></td><td>3.288</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td></td><td>2.834</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상부하중에
의한 관성력</td><td>Mu (t.m)</td><td></td><td>12.861</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td></td><td>3.676</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>Mu (t.m)</td><td>52.559</td><td>48.185</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>21.722</td><td>23.080</td></tr>
</table>
그러므로 설계모멘트 (Mu) = 52.559 t.m
설계전단력 (Su) = 23.080 t

(2) 단면검토
설계모멘트(Mu) = 5,255,897.500 kg.m
설계전단력(Su) = 23,080.371 kg
단위폭(B) = 100.0 cm
유효높이(D) = 110.0 cm
피복두께(D') = 10.0 cm
*** 소요철근량 계산 ***
설계모멘트(Mu) = 5,255,897.500 kg.m
평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times 0.85$
= 85,545,312.000 kg.m
여기서, $A=K\times X=62.743$
$\sigma_{ck}<280$
K = 0.85
$\sigma_{ck}>280$
K = 0.85-(σck-280)×0.007/10
$X=6120\times D/(6120+\sigma y)=73.816$ ㎝
--- Mu < MB ---
인장철근량(As) = $M/(\sigma y\times(D-Ac/2)\times 0.85)=18.978$ ㎠
여기서, $A=(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D-\sqrt{(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D)^2}$
$-2\times\sigma_{ck}\times B\times M)/(0.85\times\sigma_{ck}\times B)=2.791$ ㎝
단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.002
최대철근비(Pmax) = $0.75\times 0.85\times\sigma_{ck}\times A/(\sigma y\times D)=0.029$
최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>연직벽의
단면검토</td><td>--- P < PMIN 인 경우 ---
최소철근량 : (1) 4/3 × As = 25.304 ㎠
(2) 14/SSY × B × D = 51.333 ㎠
최소철근량 Asmin = 25.304 ㎠
그러므로 As = D22 @12.5 = 31.00 ㎠
공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2)
= 8,515,313.000 kg.cm
*** 전단력 검토 ***
설계전단력 Su = 23,080.371 kg
콘크리트 공칭전단력 Sc = 63,222.578 kg
Sc = 63,222.578 kg > Su = 23,080.371 kg
그러므로 STIRRUP이 필요없음.</td><td></td></tr>
<tr><td>기초
단면검토</td><td>(1) 지반반력산정 (하중계수를 적용 : 극한하중)
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th>상부공
시공전</th><th colspan="3">지하수위 무시</th><th colspan="3">지하수위 고려</th></tr>
<tr><th>CASE-1
비재하시</th><th>CASE-2
재하시</th><th>CASE-3
비재하시</th><th>CASE-4
지진시</th><th>CASE-5
재하시</th><th>CASE-6
비재하시</th><th>CASE-7
지진시</th></tr>
<tr><td>기초폭</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td></tr>
<tr><td>교대길이</td><td>14.200</td><td>14.200</td><td>14.200</td><td>14.200</td><td>14.200</td><td>14.200</td><td>14.200</td></tr>
<tr><td>연직력</td><td>63.474</td><td>241.444</td><td>115.983</td><td>115.983</td><td>241.444</td><td>115.983</td><td>115.983</td></tr>
<tr><td>수평력</td><td>25.798</td><td>31.049</td><td>31.049</td><td>32.255</td><td>31.049</td><td>31.049</td><td>32.255</td></tr>
<tr><td>편심량</td><td>0.476</td><td>0.460</td><td>0.631</td><td>0.613</td><td>0.460</td><td>0.631</td><td>0.613</td></tr>
<tr><td>지반반력
작용폭</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td><td>4.500</td></tr>
<tr><td>최대지반
반력도</td><td>23.049</td><td>86.530</td><td>47.474</td><td>56.832</td><td>86.530</td><td>47.474</td><td>46.832</td></tr>
<tr><td>최소지반
반력도</td><td>5.162</td><td>20.778</td><td>4.074</td><td>4.716</td><td>20.778</td><td>4.074</td><td>4.716</td></tr>
</table>
(2) 기초의 단면력 산정(하중계수를 적용 : 극한하중)
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구분</th><th>상부공
시공전</th><th colspan="3">지하수위 무시</th><th colspan="3">지하수위 고려</th></tr>
<tr><th>CASE-1
비재하시</th><th>CASE-2
재하시</th><th>CASE-3
비재하시</th><th>CASE-4
지진시</th><th>CASE-5
재하시</th><th>CASE-6
비재하시</th><th>CASE-7
지진시</th></tr>
<tr><td rowspan="2">앞
FOOTING
단면력</td><td>Mu</td><td>15.451</td><td>58.094</td><td>31.404</td><td>31.024</td><td>58.094</td><td>31.404</td><td>31.024</td></tr>
<tr><td>Su</td><td>13.114</td><td>49.288</td><td>26.748</td><td>26.415</td><td>49.288</td><td>26.748</td><td>26.415</td></tr>
<tr><td rowspan="2">뒷
FOOTING
단면력</td><td>Mu</td><td>24.334</td><td>-26.518</td><td>17.981</td><td>17.006</td><td>-26.518</td><td>17.981</td><td>17.006</td></tr>
<tr><td>Su</td><td>27.644</td><td>-7.747</td><td>22.897</td><td>22.255</td><td>-7.747</td><td>22.897</td><td>22.255</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
기초 단면검토	(3) 뒷굽판(HEEL)의 단면검토 설계모멘트(Mu) = 2,433,408.250 kg.m 설계전단력(Su) = 27,643.674 kg 단위폭(B) = 100.0 cm 유효높이(D) = 110.0 cm 피복두께(D') = 10.0 cm *** 소요철근량 계산 *** 설계모멘트(Mu) = 2,433,408.250 kg.m 평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times0.85$ = 85,545,312.000 kg.m 여기서, $A=K\times X=62.743$ $\sigma_{ck}<280$ K = 0.85 $\sigma_{ck}>280$ K = 0.85-(σck-280)×0.007/10 $X=6120\times D/(6120+\sigma y)=73.816$ ㎝ --- Mu < MB --- 인장철근량(As) = $M/(\sigma y\times(D-Ac/2)\times0.85)=8.726$ ㎠ 여기서, $A=(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D-\sqrt{(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D)^2}$ $-2\times\sigma_{ck}\times B\times M)/(0.85\times\sigma_{ck}\times B)=1.283$ ㎝ 단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.001 최대철근비(Pmax) = $0.75\times0.85\times\sigma_{ck}\times A/(\sigma y\times D)=0.029$ 최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005 --- P < PMIN 인 경우 --- 최소철근량 : (1) 4/3 × As = 11.635 ㎠ (2) 14/SSY × B × D = 51.333 ㎠ 최소철근량 Asmin = 11.635 ㎠ 그러므로 As = D16 @12.5 = 15.90 ㎠ 공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2) = 4,412,548.500 kg.cm *** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 27,643.674 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 63,222.578 kg Sc = 63,222.578 kg > Su = 27,643.674 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음.	

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
기초 단면검토	(4) 압굽판(TOE)의 단면검토 설계모멘트(Mu) = 5,809,356.500 kg.cm 설계전단력(Su) = 49,287.992 kg 단위폭(B) = 100.0 cm 유효높이(D) = 110.0 cm 피복두께(D') = 10.0 cm *** 소요철근량 계산 *** 설계모멘트(Mu) = 5,809,356.500 kg.m 평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times0.85$ = 85,545,312.000 kg.m 여기서, $A=K\times X=62.743$ $\sigma_{ck}<280$ K = 0.85 $\sigma_{ck}>280$ K = 0.85-(σck-280)×0.007/10 $X=6120\times D/(6120+\sigma y)=73.816$ ㎝ --- Mu < MB --- 인장철근량(As) = $M/(\sigma y\times(D-Ac/2)\times0.85)=21.006$ ㎠ 여기서, $A=(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D-\sqrt{(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D)^2}$ $-2\times\sigma_{ck}\times B\times M)/(0.85\times\sigma_{ck}\times B)=3.059$ ㎝ 단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.002 최대철근비(Pmax) = $0.75\times0.85\times\sigma_{ck}\times A/(\sigma y\times D)=0.029$ 최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005 --- P < PMIN 인 경우 --- 최소철근량 : (1) 4/3 × As = 28.008 ㎠ (2) 14/SSY × B × D = 51.333 ㎠ 최소철근량 Asmin = 28.008 ㎠ 그러므로 As = D22 @12.5 = 31.00 ㎠ 공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2) = 8,515,313.000 kg.cm *** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 49,287.992 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 63,222.578 kg Sc = 63,222.578 kg > Su = 49,287.992 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음.	

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>흉벽설계</td><td>
(1) 상부단면 설계
1-1) 단면력 계산 (극한하중)
a) 흉벽배면의 단면력 (상시)
* 차륜하중
모멘트 = 3.148 t.m
전단력 = 6.053 t
* 토 압
모멘트 = 0.093 t.m
전단력 = 0.317 t
b) 흉벽배면의 단면력 (지진시)
* 차륜하중
모멘트 = 0.044 t.m
전단력 = 0.100 t
* 토 압
모멘트 = 0.120 t.m
전단력 = 0.480 t
* 단면력 집계표
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구 분</th><th colspan="2">흉벽 배면</th></tr>
<tr><th>상 시</th><th>지진시</th></tr>
<tr><td rowspan="2">관성력</td><td>Mu (t.m)</td><td></td><td>0.044</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td></td><td>0.100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">차량 활하중</td><td>Mu (t.m)</td><td>3.148</td><td></td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>6.053</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">토 압</td><td>Mu (t.m)</td><td>0.093</td><td>0.120</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>0.317</td><td>0.480</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>Mu (t.m)</td><td>3.240</td><td>0.164</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>6.370</td><td>0.508</td></tr>
</table>
최대모멘트 = 3.240 t.m
최대전단력 = 6.370 t

1-2) 철근량 계산
설계모멘트(Mu) = 324,045.500 kg.cm
설계전단력(Su) = 6,369.708 kg
단위폭(B) = 100.0 cm
유효높이(D) = 42.0 cm
피복두께(D') = 8.0 cm
*** 소요철근량 계산 ***
설계모멘트(Mu) = 324,045.500 kg.m
평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times 0.85$
= 12,471,232.000 kg.m
여기서, $A=K\times X=23.957$
$\sigma_{ck}<280$
K = 0.85
$\sigma_{ck}>280$
K = 0.85-(σck-280)×0.007/10
$X=6120\times D/(6120+\sigma y)=28.184$㎝
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
흉벽설계	--- Mu < MB --- 인장철근량(As) = $M/(\sigma y \times (D - Ac/2) \times 0.85) = 3.042$ ㎠ 여기서, $A = (0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D - \sqrt{(0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D)^2}$ $-2 \times \sigma_{ck} \times B \times M)/(0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 0.447$ ㎝ 단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.001 최대철근비(Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times \sigma_{ck} \times A/(\sigma y \times D) = 0.029$ 최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005 --- P < PMIN 인 경우 --- 최소철근량 : (1) 4/3 × As = 4.056 ㎠ (2) 14/SSY × B × D = 19.600 ㎠ 최소철근량 Asmin = 4.056 ㎠ 그러므로 As = D16 @12.5 = 15.90 ㎠ 공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2) = 1,655,488.125 kg.cm *** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 6,369.708 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 24,139.527 kg Sc = 24,139.527 kg > Su = 6,369.708 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음. (2) 하부단면 설계 2-1) 단면력 계산 (극한하중) a) 흉벽배면의 단면력 (상시) * 차륜하중 모멘트 = 14.170 t.m 전단력 = 6.053 t * 토 압 모멘트 = 2.686 t.m 전단력 = 2.984 t b) 흉벽배면의 단면력 (지진시) * 차륜하중 모멘트 = 0.548 t.m 전단력 = 0.967 t * 토 압 모멘트 = 3.458 t.m 전단력 = 3.841 t	

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>흉벽설계</td><td>
* 단면력 집계표
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구 분</th><th colspan="2">흉벽 배면</th></tr>
<tr><th>상 시</th><th>지진시</th></tr>
<tr><td rowspan="2">흉벽자중에 의한 관성력</td><td>Mu (t.m)</td><td></td><td>0.548</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td></td><td>0.967</td></tr>
<tr><td rowspan="2">차량 활하중</td><td>Mu (t.m)</td><td>14.170</td><td></td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>6.053</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">토 압</td><td>Mu (t.m)</td><td>6.686</td><td>3.458</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>2.984</td><td>3.841</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>Mu (t.m)</td><td>16.856</td><td>4.006</td></tr>
<tr><td>Su (t)</td><td>9.037</td><td>4.807</td></tr>
</table>
최대모멘트 = 16.856 t.m
최대전단력 = 9.037 t

2-2) 철근량 계산
설계모멘트(Mu) = 1,685,647.750 kg.cm
설계전단력(Su) = 9,036.829 kg
단위폭(B) = 100.0 cm
유효높이(D) = 82.0 cm
피복두께(D') = 8.0 cm
*** 소요철근량 계산 ***
설계모멘트(Mu) = 1,685,647.750 kg.m
평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times 0.85$
= 47,537,732.000 kg.cm
여기서, $A=K\times X=46.772$
$\sigma_{ck}<280$
K = 0.85
$\sigma_{ck}>280$
K = 0.85-(σck-280)×0.007/10
$X=6120\times D/(6120+\sigma y)=55.026$ ㎝
--- Mu < MB ---
인장철근량(As) = $M/(\sigma y\times(D-Ac/2)\times 0.85)=8.121$ ㎠
여기서, $A=(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D-\sqrt{(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D)^2}$
$-2\times\sigma_{ck}\times B\times M)/(0.85\times\sigma_{ck}\times B)=1.194$ ㎝
단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.001
최대철근비(Pmax) = $0.75\times 0.85\times\sigma_{ck}\times A/(\sigma y\times D)=0.029$
최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005
--- P < PMIN 인 경우 ---
최소철근량 : (1) 4/3 × As = 10.827 ㎠
(2) 14/SSY × B × D = 38.267 ㎠
최소철근량 Asmin = 10.827 ㎠
그러므로 As = D16 @12.5 = 15.90 ㎠
공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2)
= 3,277,288.125 kg.cm
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
흉벽설계	*** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 9.036.829 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 47,129.555 kg Sc = 47,129.555 kg > Su = 9,036.829 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음.	
날개벽 설계	정지토압을 사용함. 정지토압계수 Ko = 1-SIN(Θ) = 0.426 (1) a - b 단면계산 설계모멘트(Mu)= 2,111,019.500 kg.cm 설계전단력(Su) = 10,969.758 kg 단위폭(B) = 100.0 cm 유효높이(D) = 42.0 cm 피복두께(D') = 8.0 cm *** 소요철근량 계산 *** 설계모멘트(Mu) = 2,111,0149.500 kg.m 평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times0.85$ = 12,471,232.000 kg.cm 여기서, $A=K\times X=46.772$ $\sigma_{ck}<280$ K = 0.85 $\sigma_{ck}>280$ K = 0.85-(σck-280)×0.007/10 $X=6120\times D/(6120+\sigma y)=28.184\,㎝$ --- Mu < MB --- 인장철근량(As) = $M/(\sigma y\times(D-Ac/2)\times0.85)=20.442\,㎠$ 여기서, $A=(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D-\sqrt{(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D)^2}$ $-2\times\sigma_{ck}\times B\times M)/(0.85\times\sigma_{ck}\times B)=3.006\,㎝$ 단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.005 최대철근비(Pmax) = $0.75\times0.85\times\sigma_{ck}\times A/(\sigma y\times D)=0.029$ 최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005 --- P < PMIN 인 경우 --- 인장철근량 (As) = 10.827 ㎠ 압축철근량 (Ass) = 38.267 ㎠ 그러므로 As = D19 @12.5 = 22.90 ㎠ 공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2) = 2,354,263.250 kg.cm *** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 10,969.758 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 24,139.527 kg Sc = 24,139.527 kg > Su = 10,969.758 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음.	

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
날개벽 설계	(2) b - b 단면계산 설계모멘트(Mu) = 538,579.875 kg.cm 설계전단력(Su) = 7,181.065 kg 단위폭(B) = 100.0 cm 유효높이(D) = 42.0 cm 피복두께(D') = 8.0 cm *** 소요철근량 계산 *** 설계모멘트(Mu) = 538,579.875 kg.m 평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times 0.85$ = 12,471,232.000 kg.cm 여기서, $A=K\times X=23.957$ $\sigma_{ck}<280$ K = 0.85 $\sigma_{ck}>280$ K = 0.85-(σck-280)×0.007/10 $X=6120\times D/(6120+\sigma y)=28.184\,㎝$ --- Mu < MB --- 인장철근량(As) = $M/(\sigma y\times(D-Ac/2)\times 0.85)=5.074\,㎠$ 여기서, $A=(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D-\sqrt{(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D)^2}$ $-2\times\sigma_{ck}\times B\times M)/(0.85\times\sigma_{ck}\times B)=0.746\,㎝$ 단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.001 최대철근비(Pmax) = $0.75\times 0.85\times\sigma_{ck}\times A/(\sigma y\times D)=0.029$ 최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005 --- P < PMIN 인 경우 --- 최소철근량 : (1) 4/3 × As = 6.765 ㎠ (2) 14/SSY × B × D = 19.600 ㎠ 최소철근량 Asmin = 6.765 ㎠ 그러므로 As = 6.765 이상 사용하여야 함. 그러므로 As = D16 @12.5 = 15.90 ㎠ 공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2) = 1,655,488.125 kg.cm *** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 7,181.065 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 24,139.527 kg Sc = 24,139.527 kg > Su = 7,181.065 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음. (3) b - c 단면계산 설계모멘트(Mu) = 807,869.813 kg.cm 설계전단력(Su) = 10,771.598 kg 단위폭(B) = 100.0 cm 유효높이(D) = 42.0 cm 피복두께(D') = 8.0 cm	

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
날개벽 설계	*** 소요철근량 계산 *** 설계모멘트(Mu) = 807,869.813 kg.m 평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times0.85$ = 12,471,232.000 kg.cm 여기서, $A=K\times X=23.957$ $\sigma_{ck}<280$ K = 0.85 $\sigma_{ck}>280$ K = 0.85-(σck-280)×0.007/10 $X=6120\times D/(6120+\sigma y)=28.184$㎝ --- Mu < MB --- 인장철근량(As) = $M/(\sigma y\times(D-Ac/2)\times0.85)=7.645$㎠ 여기서, $A=(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D-\sqrt{(0.85\times\sigma_{ck}\times B\times D)^2}$ $-2\times\sigma_{ck}\times B\times M)/(0.85\times\sigma_{ck}\times B)=1.124$㎝ 단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.002 최대철근비(Pmax) = $0.75\times0.85\times\sigma_{ck}\times A/(\sigma y\times D)=0.029$ 최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005 --- P < PMIN 인 경우 --- 최소철근량 : (1) 4/3 × As = 10.194 ㎠ (2) 14/SSY × B × D = 19.600 ㎠ 최소철근량 Asmin = 10.194 ㎠ 그러므로 As = 6.765 이상 사용하여야 함. 그러므로 As = D16 @12.5 = 15.90 ㎠ 공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2) = 1,655,488.125 kg.cm *** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 10,771.598 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 24,139.527 kg Sc = 24,139.527 kg > Su = 10,771.598 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음. (4) c - d 단면계산 설계모멘트(Mu)= 889,423.438 kg.cm 설계전단력(Su) = 11,858.979 kg 단위폭(B) = 100.0 cm 유효높이(D) = 42.0 cm 피복두께(D') = 8.0 cm *** 소요철근량 계산 *** 설계모멘트(Mu) = 807,869.813 kg.m 평형모멘트(Mb) = $0.85\times\sigma_{ck}\times A\times B\times(D-A/2)\times0.85$ = 12,471,232.000 kg.cm	

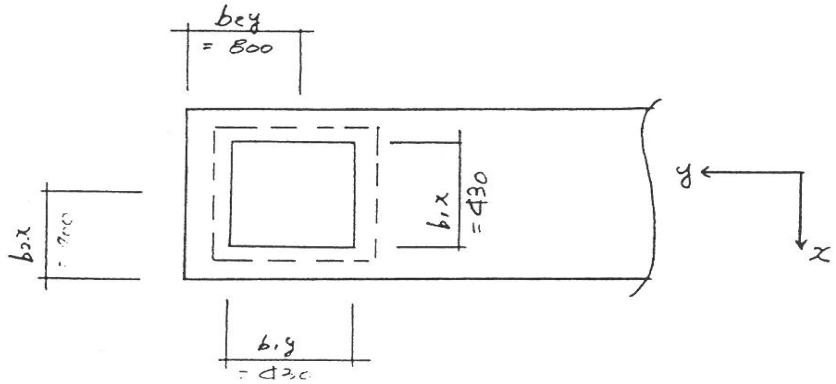
【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
날개벽 설계	여기서, $A = K \times X = 23.957$ $\sigma_{ck} < 280$ K = 0.85 $\sigma_{ck} > 280$ K = 0.85-(σck-280)×0.007/10 $X = 6120 \times D/(6120 + \sigma y) = 28.184$ ㎝ --- Mu < MB --- 인장철근량(As) = $M/(\sigma y \times (D - Ac/2) \times 0.85) = 8.429$ ㎠ 여기서, $A = (0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D - \sqrt{(0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D)^2}$ $-2 \times \sigma_{ck} \times B \times M)/(0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 1.240$ ㎝ 단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.002 최대철근비(Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times \sigma_{ck} \times A/(\sigma y \times D) = 0.029$ 최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005 --- P < PMIN 인 경우 --- 최소철근량 : (1) 4/3 × As = 11.239 ㎠ (2) 14/SSY × B × D = 19.600 ㎠ 최소철근량 Asmin = 11.239 ㎠ 그러므로 As = 6.765 이상 사용하여야 함. 그러므로 As = D16 @12.5 = 13.30 ㎠ 공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2) = 1,391,263.125 kg.cm *** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 11,858.979 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 24,139.527 kg Sc = 24,139.527 kg > Su = 11,858.979 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음. (5) c - d 단면계산 설계모멘트(Mu)= 818,927.500 kg.cm 설계전단력(Su) = 6,258.136 kg 단위폭(B) = 100.0 cm 유효높이(D) = 42.0 cm 피복두께(D') = 8.0 cm *** 소요철근량 계산 *** 설계모멘트(Mu) = 818,927.500 kg.m 평형모멘트(Mb) = $0.85 \times \sigma_{ck} \times A \times B \times (D - A/2) \times 0.85$ = 12,471,232.000 kg.cm	

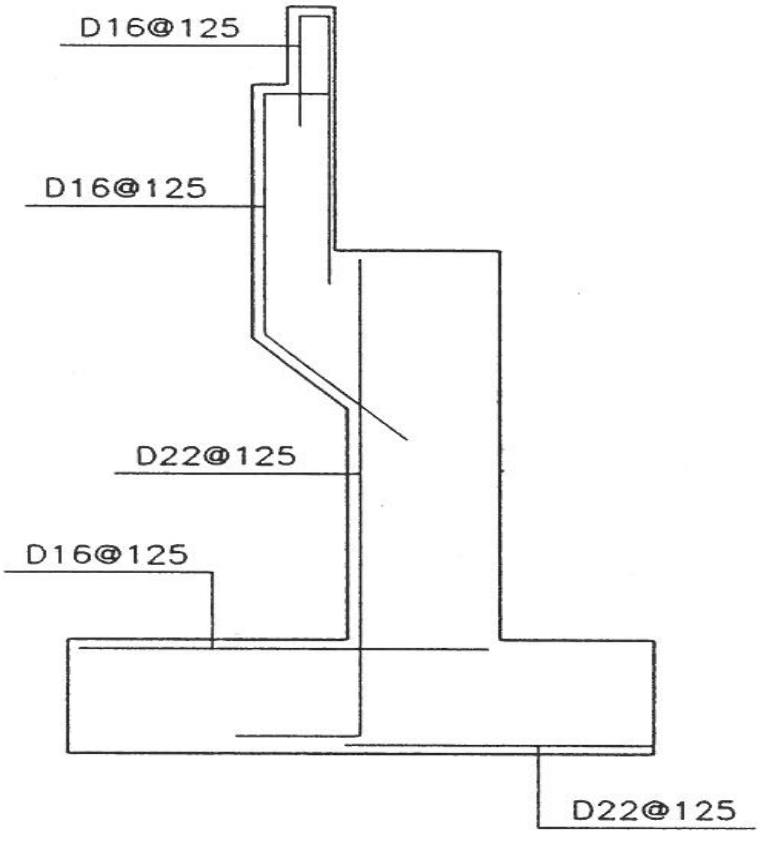
【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
날개벽 설계	여기서, $A = K \times X = 23.957$ $\sigma_{ck} < 280$ K = 0.85 $\sigma_{ck} > 280$ K = 0.85-(σck-280)×0.007/10 $X = 6120 \times D/(6120 + \sigma y) = 28.184$ ㎝ --- Mu < MB --- 인장철근량(As) = $M/(\sigma y \times (D - Ac/2) \times 0.85) = 7.752$ ㎠ 여기서, $A = (0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D - \sqrt{(0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D)^2}$ $-2 \times \sigma_{ck} \times B \times M)/(0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 1.140$ ㎝ 단면철근비(P) = As/(B/D) = 0.002 최대철근비(Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times \sigma_{ck} \times A/(\sigma y \times D) = 0.029$ 최소철근비(Pmin) = $14/\sigma_y$ = 0.005 --- P < PMIN 인 경우 --- 최소철근량 : (1) 4/3 × As = 10.335 ㎠ (2) 14/SSY × B × D = 19.600 ㎠ 최소철근량 Asmin = 10.335 ㎠ 그러므로 As = 6.765 이상 사용하여야 함. 그러므로 As = D19 @25.0 = 13.30 ㎠ 공칭모멘트 ΦMn = 0.85 × (As × σy × (D-A/2) = 1,391,263.125 kg.cm *** 전단력 검토 *** 설계전단력 Su = 6,258.136 kg 콘크리트 공칭전단력 Sc = 24,139.527 kg Sc = 24,139.527 kg > Su = 6,258.136 kg 그러므로 STIRRUP이 필요없음.	
교좌장치 하면 보강철근 계산	(1) 검토조건 - 연직하중 : 40.391+56.754 = 97.145 ton - 수평하중 ▸교축방향 (온도하중) : 40.652 ton ▸교축직각방향 (풍하중) : 43.652 ton - 교량지간 : 50.380 m (2) 연단거리 검토 S = 20+0.5L = 20+0.5 × 50.380 = 45.19 < 48.50 ∴ O.K !!! (3) 교좌장치 하면 보강철근 - 연직하중에 의한 수평철근량 : 지압력에 의한 인장응력 발생에 따른 보강 ▸bcx.bcy (지압력의 분포폭)	

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

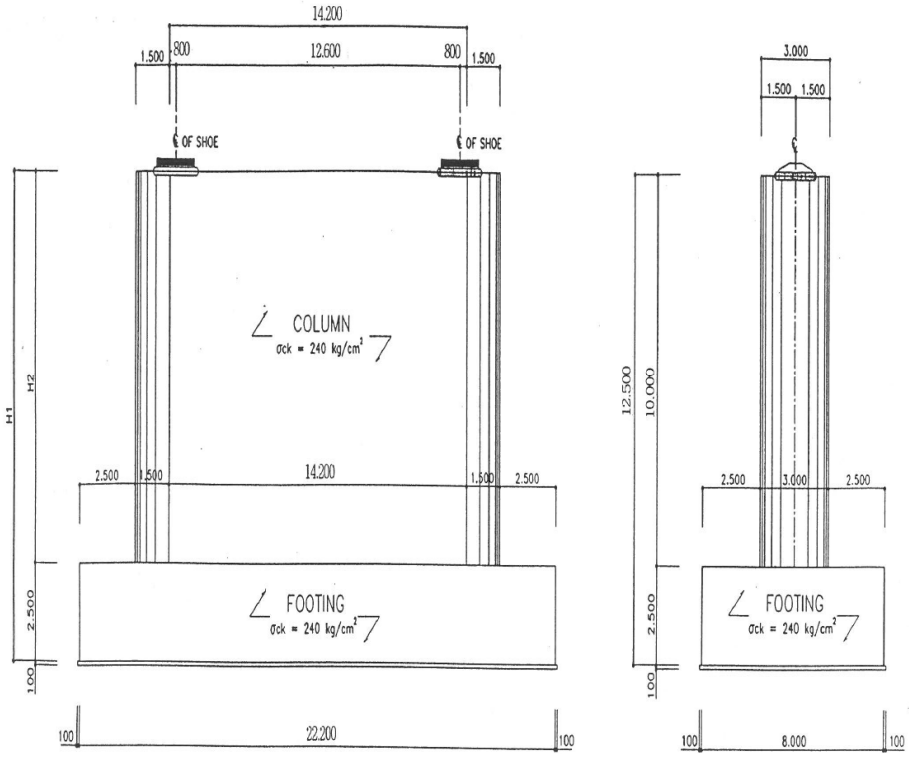
구 분	내 용	비 고
교좌장치 하면 보강철근 계산	 ▸ b_{lx} = 430 mm, b_{2x} = 700 mm ▸ b_{lx} = 430 mm, b_{2x} = 800 mm ▸ $bc_x = 2 \times b_{2x} = 2\times70 = 140$ cm $< 5 \times b_{lx} = 215$ cm ▸ $bcy = 2 \times b_{2y} = 2\times70 = 160$ cm $< 5 \times b_{ly} = 215$ cm ∴ bc_x = 140 cm bc_y = 160 cm ▸ 보강철근량 $Asx1 = 1/4\times(1-b_{ix}/b_{cx})\times P/\sigma_{sa}$ $= 1/4\times(1-43/140)\times97.145\times10^3/1500$ $= 11.218$ ㎠ (교축방향) $Asy1 = 1/4\times(1-b_{iy}/b_{cy})\times P/\sigma_{sa}$ $= 1/4\times(1-43/140)\times97.145\times10^3/1500$ $= 11.840$ ㎠ (교축방향) - 수평하중에 의한 수평방향 철근량 ▸ 교축방향 $A_{SX2} = H_S/\sigma_{sa} = 40.652\times10^3/1500$ $= 27.101$ ㎝ ▸ 교축방향 $A_{sy2} = H_S/\sigma_{sa} = 40.652\times10^3/1500$ $= 29.101$ ㎝ - 철근 보강 범위 $x_o = b_{1x} + b_{2y} = 43+80 = 123$ ㎝ $y_o = b_{1y} + b_{2x} = 43+70 = 113$ ㎝ ∴ 교축방향 Xo = 113 ㎝ 교축직각방향 Yo = 123 cm - 철근배근 ▸ 교축방향 $A_{sx} = A_{SX1} + A_{SX2} = 11.218+27.101 = 38.319$ ㎠ ▸ 교축방향 철근 배치폭 yo=120 cm 범위내에 D22 @ 100간격으로 배치 As = 3.871×12 = 46.452 ㎠	

【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계(계속)

구 분	내 용	비 고
교좌장치 하면 보강철근 계산	▸교축직각방향 $A_{sy} = A_{sy1} + A_{sy2} = 11.840 + 29.101 = 40.941$ ㎠ ▸교축방향 철근 배치폭 xo=140 cm 범위내에 D22 @ 100간격으로 배치 As = 3.871×14 = 54.194 ㎠ - 교좌받침 콘크리트 보강철근 ▸보강개념 수평하중에 의한 교각받침과 하부구조로 상면사이의 전단력에 대하여 수직철근의 전달마찰로 저항 ▸보강철근량 ⅰ) 온도하중에 대한 보강철근량 $A_{s1} = H/\sigma_{sa} = 40.652 \times 10^3/(1500 \times 1.15)$ $= 23.566$ ㎝ ⅱ) 풍하중에 대한 보강철근량 $A_{s2} = H/\sigma_{sa} = 40.652 \times 10^3/(1500 \times 1.25)$ $= 25.306$ ㎝ ※ As1 과 As2 중 큰값 적용 As = 250.306 ㎠ → USE D22 - 14 As = 54.194 ㎠  주철근 조립도	

⑧ 교각

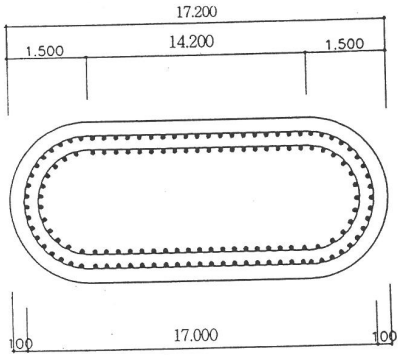
【표 2.14】 백운1교(부산) 교각설계

구 분	내 용	비 고
설계조건	• 개 요 (1) 구조물형식 : 벽체식 RC 교각(H=12.5m) (2) 기초형식 : 직접기초 (3) 상부구조형식 : 3경간 연속 ARCH교 (4) 교량폭 : 12.600m • 설계기준 (1) 도로교 및 콘크리트 표준시방서 (2) 재료의 성질 - 콘크리트 : σck = 240kg/㎠ - 철근(SD30) : σy = 3,000kg/㎠ (3) 설계하중 - 차량하중 : DB-24, DL-24 - 충격계수 : $i = \frac{15}{14+L} \leq 0.30$ - 사하중 ▸철근콘크리트 : 2.50 t/㎥ ▸토사 : 2.00 t/㎥	
단면가정		

【표 2.14】 백운1교(부산) 교각설계(계속)

구 분	내 용	비 고
하중산정	• 상부하중(상부구조계산서 참조) Rd_1 = Rd_2 = 813.035 ton $R\ell_1$ = 249.9647 ton $R\ell_2$ = 179.591 ton • 교각자중 ① (1/4 × π × 3.002 × 10.00 + 14.20 × 3.00 × 10.00) × 2.50 = 1241.715ton ② 22.60 × 8.00 × 2.50 × 2.5 = 1130.0 ton 계 : 2371.715ton • 수평력(교축방향)-가동단 (1) 등가 수평력(PH_1) 수평변위 δ = α・△T・L = 1.2×10^{-5} × 25 × 50 = 0.015m - $\delta = \frac{PH_1 \times H^3}{3EI}$ $\therefore\ PH_1 = \frac{3EI}{H^3}\times 0.015$ $= \frac{3\times 2.60\times 10^6 \times 35.926}{10.0^3}\times 0.015 = 4203.342\,\text{ton}$ $E = 4270\times 2.5^{1.5}\times\sqrt{240} = 2.6\times10^6$ t/㎡ $I = \pi/64\times\pi\times 3.0^4 + 1/12\times 14.20\times 3.0^3$ = 35.926 m^4 (2) SHOE 마찰에 의한 수평력 (PH_2) PH2 = 813.035 × 2EA × 0.05 = 81.304 ton (3) 그러므로 PH=min (PH_1, PH_2) = 81.304 ton • 풍하중 - 상부구조 ▶Pw_1 = 88.687 + 88.582 = 177.539 ton (활하중 비재하시) ▶Pw_1‘ = 42.860 + 44.443 = 87.303 ton (활하중 재하시) • 지진하중(도.시 p1300 참조) RE = 813.035 × 2EA × 0.20 ÷ **3** 응답수정계수, 단수 = 108.405 ton	
하중재하	• CASE 1 : 1.3D + 2.15L • CASE 2 : 1.3D + 1.3W • CASE 3 : 1.3D + 1.3L + 0.65W (활하중 재하시) • CASE 4 : 1.3D + 1.3L + 1.3G (G : 교축방향) • CASE 5 : 1.3D + 1.3E	

【표 2.14】 백운1교(부산) 교각설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>하중집계</td><td>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>작용방향</th><th>Hu</th><th>Vu</th><th>Mu</th></tr>
<tr><td>CASE1</td><td>교축직각</td><td>0</td><td>4650.983</td><td>0.00</td></tr>
<tr><td>CASE2</td><td>교축직각</td><td>230.801</td><td>3728.121</td><td>2308.010</td></tr>
<tr><td>CASE3</td><td>교축직각</td><td>56.747</td><td>4286.130</td><td>567.470</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CASE4</td><td>교축직각</td><td>0</td><td>4286.130</td><td>0.00</td></tr>
<tr><td>교축방향</td><td>105.695</td><td>4286.130</td><td>1056.950</td></tr>
<tr><td>양방향</td><td></td><td>4288.630</td><td>1056.950</td></tr>
<tr><td>CASE5</td><td>교축방향</td><td>140.927</td><td>2113.891</td><td>1409.270</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>기둥설계</td><td>
• 설계단면


Ag = π/4×300+300×1420.0=496685.8㎠
As min = 0.01 Ag = 4966.86㎠
사용철근 D32-704EA
As=5845.3㎠
$P = \frac{5845.3}{496,685.8} = 0.012 > 0.01$
- 높이 : H = 1650.0cm
- 폭 : B = 300.0cm
- 피복두께 : d' = 15.0cm
- 면적 : Ag = 495000.2㎠
- 단면2차모멘트 : Ig = 1123.031 cm^4
- 길이 : Lu = 10.0m
- 철근비 : Rho = 0.012
- 전체철근량 : Ast = 5845.200 ㎠
- 인장철근량 : As = 1461.300 ㎠
- 압축철근량 : As' = 1461.300 ㎠
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2">설계하중</th><th rowspan="2">Pn'</th><th rowspan="2">장주여부</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>Pu(TON)</th><th>Mu(T-M)</th></tr>
<tr><td>CASE1</td><td>4,650.983</td><td>0.001</td><td>70,948.54</td><td>단주</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>CASE2</td><td>3,728.121</td><td>2308.010</td><td>70,948.54</td><td>단주</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>CASE3</td><td>4,286.130</td><td>567.470</td><td>70,948.54</td><td>단주</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>CASE4</td><td>4,286.130</td><td>1,056.950</td><td>70,948.54</td><td>장주</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>CASE5</td><td>2,113.891</td><td>1,409.270</td><td>70,948.54</td><td>장주</td><td>O.K</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.14】 백운1교(부산) 교각설계(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>FOOTING
설계</td><td>
• 작용하중
(1) 지지력 검토용
- 활하중 재하시
P = ΣRD+L + 기둥자중 + 기초자중
= 813.035 × 2EA + 249.647 + 179.591 + 1,241.715 + 1,130.0
= 4,427.023 ton
M=870.303 × 12.500 = 1,091.288 T.m
- 활하중 비재하시
P = ΣRD+L + 기둥자중 + 기초자중
= 813.035 × 2EA + 1,241.715 + 1,130.0
= 3,997.785 ton
M = 177.539 × 12.500 = 2,219.238 T.M
(2) FOOTING 설계용
- 교축직각방향(CASE 3)
P = 4,286.130 + 1.3 × 1,130.0 = 5,755.130 ton
M = 567.470 + 56.747 × 2.50 = 709.338 T.M
- 교축직각방향(CASE 4)
P = 4,286.130 + 1.3 × 1,130.0 = 5,755.130 ton
M = 1,056.950 + 105.695 × 2.50 = 1,321.188 T.M
• 지지력 검토
<table>
<tr><th>구 분</th><th>P(ton)</th><th>M(t.m)</th><th>qmin(t/㎡)</th><th>qmax(t/㎡)</th><th>qa(t/㎡)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>활하중 재하시</td><td>4,427.023</td><td>1,091.288</td><td>23.263</td><td>26.591</td><td>50</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>활하중 비재하시</td><td>3,997.785</td><td>2,219.238</td><td>19.134</td><td>25.887</td><td>50</td><td>O.K</td></tr>
</table>
• 지반 지지력 산정
Qu = A'[a · C · Nc + q · Nq + βγ1B'Nr]
여기서 Qu : 하중의 편심을 고려한 지반의 극한 지지력(TON)
C : 지반의 점착력 (t/㎡)
A' : 유효재하면적 (㎡)
γ1, γ2 : 지지지반 및 근입지반의 단위중량(t/㎡)
B : 기초의 폭(m)
B : 기초의 폭(m)
eB : 하중의 편심량 = B/6 = 3.700m(최대 편심때 고려)
Df : 기초의 유효 근입깊이(m)
α, β : 기초의 형상계수
Nc, Nq, Nr : 지지력 계수
A' = B' · L = 14.800×8.0 = 118.400㎡
α : 1+0.3 × B/L = 1.795
C = 0
q = 0
β = 0.5-0.1×B/L = 0.5-0.1×22.2/8.0=0.223
γ = 1.9 t/㎡
B' = B-2eB = 22.2-2×3.700 = 14.800
Nγ = 100.4(N값 = 40)
</td><td></td></tr>
</table>

【표 2.14】 백운1교(부산) 교각설계(계속)

구 분	내 용	비 고
기둥설계	∴ Qu = 118.400×0.223×1.9×118.400×100.4 = 596,342 ton Qa = 1/3Qu = 198,781 ton $qa = \frac{Qa}{A} = \frac{198,781}{22.2 \times 8.0} = 1,119t/m^2 > 50t/m^2$ O.K!! ∴ qa = 50 t/㎡ (풍화암 이상) • FOOTING 철근량 계산 - 교축직각방향 σck(kg/㎠) = 240.000 σy(kg/㎠) = 3,000.000 Mu(t.m) = 1047.153 Φ(benfing) = 0.8500 Su(t) = 334.215 Φ(shear) = 0.7000 Nu(t) = 0.000 Φ(column) = 0.6500 b(cm) = 780.000 e(cm) = 0.000 d(cm) = 240.000 d'(cm) = 10.000 As : D22×78.000 = 301.938 ㎠ Ast = 301.938㎠ > req.Ast×(1+1/3) = 229.692 ㎠ 순수 휨상태(단철근 사용) c = 6.70cm a = 5.69cm Cc = 905.814 t Cs = 0.000 t T = 905.814 t ΦMn = 1,825.946 t.m > Mu = 1,047.153 t.m ⇒ GOOD!! 전단보강 불필요 ! Qu = 334.215 t < ΦVc/2 = 521.763 t - 교축직각방향 σck(kg/㎠) = 240.000 σy(kg/㎠) = 3,000.000 Mu(t.m) = 3,265.153 Φ(benfing) = 0.8500 Su(t) = 1,045.620 Φ(shear) = 0.7000 Nu(t) = 0.000 Φ(column) = 0.6500 b(cm) = 2,200.000 e(cm) = 0.000 d(cm) = 240.000 d'(cm) = 10.000 As : D22×220.000 = 851.620 ㎠ Ast = 851.620㎠ > req.Ast×(1+1/3) = 716.821 ㎠ 순수 휨상태(단철근 사용) c = 6.70cm a = 5.69cm Cc = 2,554.860 t Cs = 0.000 t T = 2,554.860 t ΦMn = 1,825.946 t.m > Mu = 1,047.153 t.m ⇒ GOOD!! 전단보강 불필요 ! Qu = 1,045.620 t < ΦVc/2 = 1,471.768 t	

2.2.2 백운1교(춘천)

백운1교(춘천)은 발주처, 시설물정보관리종합시스템(FMS) 등을 통하여 확인한 결과, 『대구-춘천간 고속도로 건설공사 구조도(준공도) 제7공구(Ⅲ-1)(1995/건설교통부,한국도로공사)』를 제외한 설계관련자료 및 시공관련자료는 없는 것으로 확인되었다.

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

2.3.1 점검 및 진단이력

기존 점검 및 진단이력은「시설물정보관리종합시스템(FMS)」에 기재된 자료를 정리하여 다음【표 2.15】~【표 2.16】과 같이 수록하였다.

가. 백운1교(부산)

【표 2.15】 백운1교(부산) 주요 점검 및 진단이력

번호	구분	점검/진단기간	점검/진단기관	주요 점검/진단 결과	안전등급
1	정기점검	'01.06.26	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
2	정기점검	'01.12.19	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
3	정기점검	'02.06.05 ~06.20	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
4	정밀점검	'02.10.28 ~11.01	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	A등급
5	정기점검	'03.04.21 ~05.23	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
6	정기점검	'03.11.04 ~11.28	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
7	정기점검	'04.04.06 ~04.17	자체수행	• 이상없음	양호
8	정밀점검	'04.11.15 ~11.19	자체수행	• 이상없음	A등급
9	정기점검	'05.05.01 ~05.20	자체수행	• 양호	양호
10	정기점검	'05.10.01 ~10.20	자체수행	• 양호	양호
11	정기점검	'06.08.01 ~11.30	자체수행	• 양호	양호
12	정밀점검	'06.08.01 ~11.30	자체수행	• 이상없음	A등급
13	정기점검	'07.05.07	자체수행	• 양호	양호
14	정기점검	'07.07.04	자체수행	• 양호	양호
15	정밀점검	'08.03.21	자체수행	• 양호	양호
16	정기점검	'08.08.05 ~08.29	자체수행	• 양호	양호

【표 2.15】 백운1교(부산) 주요 점검 및 진단이력(계속)

번호	구분	점검/진단기간	점검/진단기관	주요 점검/진단 결과	안전등급
17	정기점검	'09.03.03	자체수행	• 상태양호	양호
18	정기점검	'10.10.02	자체수행	• 양호	양호
19	정밀점검	'09.04.16 ~12.11	에스큐엔지니어링(주)	• 아스콘포장균열 및 소성변형, 방호벽 균열백태, 신축이은 방치 본체 부식, 부식 및 도장박리	B등급
20	정기점검	'10.04.02 ~04.22	자체수행	• 이상없음	양호
21	정밀점검	'10.08.22 ~09.22	자체수행	• 상태양호	A등급
22	정기점검	'11.05.12	자체수행	• 이상없음	양호
23	정밀안전진단	'11.04.22 ~11.02	㈜동우기술단	• 백운1교(부산)에 전체등급은 「B」 등급으로 평가됨. 조사된 일부 손상에 대해 보수와 유지관리를 시행하면 1등교로서 기능을 유지하는데 이상이없는 것으로 판단됨.	B등급
24	정기점검	'12.06.25	자체수행	• 후타재균열 및 백태	B등급
25	정기점검	'12.10.26	자체수행	• 후타재균열, 아스콘균열 및 소성변형, 백태 등	양호
26	정기점검	'13.04.24	자체수행	• 슈 녹발생	양호
27	정기점검	'13.09.25	자체수행	• 슈 녹발생	A등급
28	정기점검	'14.05.19 ~05.23	자체수행	• 양호	양호
29	정밀점검	'14.09.16	자체수행	• 상태양호	B등급
30	정기점검	'14.11.17 ~11.21	자체수행	• 이상없음	양호
31	정기점검	'15.06.19	자체수행	• S1 : 교량포장 소성변형 및 포트홀 • A1 : 신축이음부 누수 • S3 : 캔틸레버 하면 열화	양호
32	정기점검	'15.12.09	자체수행	• S1-G1 : 녹발생(0.04㎡, 1개소) • S3-G2 : 볼트 및 거더 녹발생 • S3 : 갓길측 켄틸레버하면 백태 • 슈녹발생 • A1 : 교대벽체균열(B=0.1mm, L=0.2m, 1개소) • A2 : G1~G2사이 벽체균열(B=0.2mm, L=1.0m, 1개소) • A1 : 신축이음부 누수 • A2 : 신축이음부 누수 • S1 : 교면포장 백태 및 포트홀 • S2, S3 : 교면포장 소성변형 • S1, S2 : 갓길 방호벽 균열	양호

【표 2.15】 백운1교(부산) 주요 점검 및 진단이력(계속)

번호	구분	점검/진단기간	점검/진단기관	주요 점검/진단 결과	안전등급
33	정밀점검	'08.03.21	자체수행	• 거더 녹발생, 백태 • 2차부재 녹발생 • 바닥판 백태, 열화, 녹발생 • 교량받침 녹발생 • 하부구조 균열, 백태, 녹물흔적 • 신축이음 협착, 균열, 이물질 퇴적 • 교면포장 소성변형, 백태, 균열 • 난간/중분대 균열 • 배수시설 이물질 퇴적, 배수관 파이프 녹발생	양호

나. 백운1교(춘천)

【표 2.16】 백운1교(춘천) 주요 점검 및 진단이력

번호	구분	점검/진단기간	점검/진단기관	주요 점검/진단 결과	안전등급
1	정기점검	'00.06.19 ~06.30	자체수행	• 바닥판, 받침, 교각 교대점검	양호
2	정기점검	'00.11.07 ~11.13	자체수행	• 바닥판, 받침, 교각 교대점검	양호
3	정밀점검	'00.11.07 ~11.13	자체수행	• 바닥판, 받침, 교각 교대점검	A등급
4	정기점검	'01.06.26.	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
5	정기점검	'01.12.19	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
6	정기점검	'02.06.03 ~06.20	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
7	정밀점검	'02.10.28 ~11.01	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	A등급
8	정기점검	'03.04.21 ~05.23	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
9	정기점검	'05.11.04 ~11.28	자체수행	• 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각	양호
10	정기점검	'04.04.06 ~04.17	자체수행	• 이상없음	양호
11	정밀점검	'04.11.15 ~11.19	자체수행	• 이상없음	A등급
12	정기점검	'05.05.01 ~05.20	자체수행	• 양호	양호
13	정기점검	'05.10.01 ~10.20	자체수행	• 양호	양호

【표 2.16】 백운1교(춘천) 주요 점검 및 진단이력(계속)

번호	구분	점검/진단기간	점검/진단기관	주요 점검/진단 결과	안전등급
14	정기점검	'06.08.01 ~11.30	자체수행	• 이상없음	양호
15	정밀점검	'06.08.01 ~11.30	자체수행	• 이상없음	A등급
16	정기점검	'07.05.07	자체수행	• 양호	양호
17	정기점검	'07.07.04	자체수행	• 양호	양호
18	정기점검	'08.06.17	자체수행	• 양호	양호
19	정밀점검	'08.09.09	자체수행	• 양호	A등급
20	정밀안전진단	'08.03.19 ~12.05	㈜한국해외기술공사	• 각종 조사결과 구조해석 및 내하력 평가결과, 상태평가등급「B」, 안전등급「A」로 평가되어 백운1교의 종합평가등급은 보다 낮은 등급인「B」로 평가되었으며, 금회 정밀안전진단에서 조사된 손상에 대한 보수·보강과 유지관리가 지속된다면 1등교로서의 현재의 내하력을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단됨.	B등급
21	정기점검	'09.03.03	자체수행	• 상태양호	양호
22	정기점검	'09.10.02	자체수행	• 양호	양호
23	정기점검	'10.04.02	자체수행	• 이상없음	양호
24	정밀점검	'10.08.22 ~09.22	자체수행	• 상태양호	A등급
25	정기점검	'11.05.12	자체수행	• 이상없음	양호
26	정기점검	'11.09.06	자체수행	• 난간개량 필요	양호
27	정기점검	'12.07.04	자체수행	• 상태양호	양호
28	정밀점검	'12.10.23	자체수행	• 상태양호	B등급
29	정밀안전진단	'13.06.10 ~12.06	(재)한국재난연구원	• 바닥판하면 균열(0.3mm미만), 누수흔적(백태), 표면열화, 철근노출(녹물흔적)/AR 거더 균열, 재료분리(불량), 재료분리(철근노출), 탈락(열화), 거푸집미제거/교대/교각의 건조수축 균열(0.3mm미만) 및 국부적인 콘크리트 손상, 누수흔적(백태)/교량받침 상부 플레이트 부식 및 국부 변형, 몰탈 탈락/신축이음장치 본체부식 및 토사퇴적, 후타재균열, 표면마모, 단차/교면포장 균열, 갓길부 포장들뜸(망상균열), 마모, 소성변형, 보수부 탈락/배수구 그레이팅 파손 및 막힘, 배수관 부식	양호

【표 2.16】 백운1교(춘천) 주요 점검 및 진단이력(계속)

번호	구분	점검/진단기간	점검/진단기관	주요 점검/진단 결과	안전등급
30	정기점검	'14.04.14 ~04.18	자체수행	• 상태양호	양호
31	정기점검	'14.11.10 ~11.14	자체수행	• 상태양호	양호
32	정기점검	'15.06.19	자체수행	• S3 : 교면포장 포트홀 • S3 : 바닥판하면 열화 • A2 : 신축이음부 누수 • A1 SH1, A2 SH2 : 녹발생 • A2 : 벽체 철근노출	양호
33	정밀점검	'15.09.11	자체수행	• 거더 망상균열, 교면포장 균열 및 포트홀 • 교대 신축이음장치 누수부 백태, 박리 • 신축이음 본체 부식, 후타재 균열, 파손	B등급
34	정밀점검	'10.08.22 ~09.22	자체수행	• 바닥판 균열, 열화 및 파손, 백태, 누수흔적 • 교량받침 녹발생, 받침콘크리트 균열 • 하부구조 열화, 백태, 누수흔적, 박리, 망상균열, 들뜸, 균열 • 신축이음장치 본체녹발생, 이물질퇴적, 후타재열화, 백태 • 교면포장 균열, 백태, 포트홀, 피로균열 • 난간/중분대 열화, 백태, 누수흔적, 박리, 균열, 백태	양호

2.3.2 전차 정밀안전진단 결과 요약

과업대상 시설물의 전차 정밀안전진단 결과를 요약하면 다음【표 2.17】~【표 2.19】와 같다.

가. 백운1교(부산)

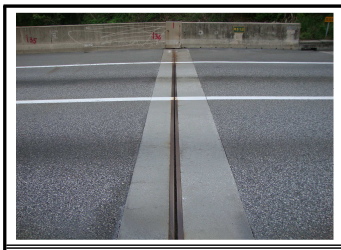
【표 2.17】 백운1교(부산) 정밀안전진단(2011) 결과요약

<table>
<tr><th colspan="4">섬강교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2011.11, ㈜동우기술단)</th></tr>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="2">외관조사</td><td rowspan="2">상부구조</td><td>거더 및 리브</td><td>• 아치교의 주 부재인인 거더와 아치리브에서 조사된 손상은 Splice 볼트와 선단부의 부식임. Splice 볼트의 부식은 크게 두 가지 원인으로 조사되었는데 첫째는 11년이 경과한 현시점에서 발생하는 경년열화이며 둘째는 표면에 국부적인 체수로 인한 것임.
• 최상단에 위치한 거더 표면에서 체수된 물이 가로보와 브레이싱을 타고 흘러 도장이 다소 미흡한 부분에서 부식을 유발시키고 있으므로 우수유입을 차단하고 부재를 경유하지 못하도록 조치가 필요함.
  거더 연결볼트 경년열화
  체수로 인한 부식
  리브 선단부 부식</td></tr>
<tr><td>가로보, 세로보 및 브레이싱, 행거</td><td>• 보조부재들에 대한 외관조사결과 볼트의 부식과 선단부 부식, 국부적인 변형, 긁힘 등이 조사되었으며, 도장미흡에 의한 열화와 상부거더에서부터 유입된 물이 연결된 부재들을 경로로하여 부식이 발생하는 경우도 조사되어 이를 차단 할 수 있는 근본적인 대책이 필요함.
• 도장의 상태는 기준(215㎛)에 전반적으로 양호하나 볼트 부위 등은 도장이 다소 미흡하여 경년 열화로 부식이 발새하고 있는 상태이며, 현 시점에서 Splice 볼트 등 주요 부위만이라도 밀실하게 재도장 한다면 유지관리에 매우 효율적임.
  상부 가로보 세로보 누수흔적
  가로보 세로보 누수흔적
  브레이싱 선단 부식
  상부 가로보 부식
  상부 가로보 볼트 부식
  브레이싱 선단 부식</td></tr>
</table>

【표 2.17】 백운1교(부산) 정밀안전진단(2011) 결과요약(계속)

<table>
<tr><th colspan="4">섬강교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2011.11, ㈜동우기술단)</th></tr>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="4">외관조사</td><td rowspan="3">하부구조</td><td>교대</td><td>• 교대 A1, A2에서 조사된 손상은 균열 폭 0.2mm이하의 균열로 일상적으로 유지관리 한다면 문제가 없을 것으로 판단됨.
  
교대A1 균열 | 교대A2 균열</td></tr>
<tr><td>교각</td><td>• 벽식 교각 2기는 특이사항 없이 양호하며 교각상면에서 체수흔적이 관찰되었는데 문제는 없을 것으로 판단됨.
  
교각 P1 | 교각 P2</td></tr>
<tr><td>기초</td><td>• 노출된 기초가 없었으며 문제가 될 만한 손상, 결함은 조사되지 않음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">받침장치</td><td>• 설치된 교량받침은 기능에는 문제가 없을 것으로 판단되며 앵커볼트와 소울플레이트, 교대 A1에서는 받침본체의 부식이 일부 조사되어 이에 도장보수가 필요한 상태임.
• 한편 P1 받침콘크리트에서는 시공초기에 발생한 것으로 추정되는 cw=0.2mm 이하 균열들이 다수 조사되었으며, 보수 후 관리한다면 문제는 없을 것으로 판단됨.
   
P1 교량받침 균열 | 볼트부식 상태 | 교량받침 부식 상태</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기타부재</td><td>신축이음</td><td>• 레일식으로 양측 교대에 2개소가 설치되어있으며, 후타재 균열들과 보수까지는 필요 없겠지만 차량이 통행하지 않는 좌, 우 구간 본체에서 부시과 본체 틈 사이에 토사가 일부 퇴적된 상태임.
• 후타재에 발생한 균열은 비용 대비 일반적인 보수효과를 기대할 수 없으므로 내구연한이 다한 후에 교체 시공하는 것이 바람직함.</td></tr>
</table>

【표 2.17】 백운1교(부산) 정밀안전진단(2011) 결과요약(계속)

<table>
<tr><th colspan="4">섬강교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2011.11, ㈜동우기술단)</th></tr>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="3">외관조사</td><td rowspan="3">기타부재</td><td>신축이음</td><td>• 한편 A2 신축이음 우측에서 백태현상이 조사되었는데 포장면에서 물이 배어나오고 있는 것으로 추정되므로 손상진전 유무를 주의관할이 필요함.
  
후타재 균열 후타재 주변 백태</td></tr>
<tr><td>교면포장</td><td>• 좌, 우측의 갓길부분은 바닥판에서 배어나오는 백태와 들뜸(융기), 그로 인한 포장 균열들이 조사되어 점검망치를 이용, 전체연장(1.5×180.0)을 전수 조사한 결과 육안으로 확인할 수 없는 들뜸(공극)이 방호울타리 하면에서 일부 조사됨.
• 이러한 현상은 집수구 주변이나 방호울타리와 포장면의 경계부로 유입된 물로 인해 포장면과 방수층의 접착이 불량해지면서 방수층에서 불리된 포장면의 신축이 반복되어 하중작용 없이 나타나는 일종의 소성변형이라 할 수 잇으며 유입된 물은 콘크리트 바닥판에서 백태를 유발시켜 포장 상면으로 일부 배어나오고 있는 실정임. 이에 손상이 심한 부위에 대하여 코어를 채취한 결과 바닥판과 포장층이 들떠 있으며 골재들이 부서지는 현황을 확인함.
  
• 현재 이러한 손상들로 인해 바닥판 하면에서 누수 에 의한 열화손상이 조사되지 않았으며 포장면 또한 시급한 보수가 필요한 상태는 아니나 적적한 시기에 보수할 수 있도록 주기적인 관찰이 필요함.
   
갓길 들뜸(융기)에 의한 포장면 균열 및 백태
   
골재분리에 의한 표면열화(라벨링) 및 망상균열</td></tr>
</table>

【표 2.17】 백운1교(부산) 정밀안전진단(2011) 결과요약(계속)

섬강교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2011.11, ㈜동우기술단)

구 분			정밀안전진단 결과
외관조사	기타부재	배수시설	• 하향경사가 다소 급하고 집수구 주변이 밀실하지 않아 포장면 하부로 우수가 유입될 우려가 있어 주의관차링 요망됨.



배수관 막힘





유출관 현황

구 분			정밀안전진단 결과
외관조사	기타부재	방호울타리	• 균열, 백태와 보수이력들이 관찰되었으며 조사된 손상들은 유지관찰하여도 무방할 손상들임. 다만 우측방호울타리에서 조사된 국부적인 철근노출은 보수하는 것이 바람직함.



균열, 백태



균열, 백태



철근부식

비파괴시험

콘크리트 강도시험

부재구분		반발경도(MPa)	초음파전달속도법(MPa)	설계강도(MPa)
상부구조	캔틸레버	26.1~30.4	27.7~31.6	27.0
하부구조	교대	31.2~34.0	25.2~29.9	24.0
	교각	30.2~34.2	26.3~30.5	24.0

철근탐사 시험

부재구분			배근간격(mm)		피복두께(mm)	
			설계치	측정치	설계치	측정치
상부구조	캔틸레버	하면	250	215~250	50	50~56
		측면	125	105~140		31~57
하부구조	교대	전면	150~250	130~270	100	111~116
	교각	기둥	100~150	95~175	100	75~81

탄산화깊이 시험

부재구분		철근피복(mm)	탄산화깊이(mm)	탄산화잔여깊이(mm)	탄산화속도계수(A)	잔존수명예측(년)	상태평가등급
상부구조	캔틸레버	31~56	2~4	29~52	0.603~1.206	100년 이상	a~b
하부구조	교대	111~116	12~18	93~104	3.618~5.427	100년 이상	a
	교각	75~81	12	63~69	3.618	100년 이상	a

【표 2.17】 백운1교(부산) 정밀안전진단(2011) 결과요약(계속)

섬강교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2011.11, ㈜동우기술단)

구 분 | **정밀안전진단 결과**

비파괴시험

염화물 함유량 시험

시험위치		전 염화물 함유량(%)	염화물함유량(kg/㎥)	등급
상부구조	캔틸레버	0.0311	0.705	b
하부구조	교각	0.0138~0.0261	0.313~0.592	b

초음파 탐상시험

시험위치	조사개소	합격개소	등 급	결 과
G1	6	6	1등급	합격
G2	6	6	1등급	합격

도막두께 측정

시험위치	측정치	기준값(㎛)	판 정
S1	377~707	215	적정
S2	373~951	215	적정
S3	370~776	215	적정

결과 분석

- 콘크리트 강도조사결과 설계기준강도(상부구조 : 27MPa, 하부구조 : 24MPa)의 90%를 상회하고 있는 것으로 나타남.
- 철근배근탐사 결과 철근의 배근간격 및 피복두께는 대체로 설계도서와 유사한 것으로 조사됨.
- 탄산화 측정평가 결과 전 구간에서 탄산화에 의한 철근부식영향 및 콘크리트 내구성 저하의 영향은 없는 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사됨.
- 염화물에 의한 부식 등의 결함은 조사되지 않았지만 상부 및 하부구조의 염화물 함량을 지속적으로 점검하여 상부슬래브, 하부 교대 등의 철근부식 가능성을 중점 점검하는 것이 타당할 것으로 판단됨.
- 초음파탐상결과 조사된 모든 위치에서 용접부에 대한 결함지시가 발생하지 않아 구조물의 용접상태는 양호한 것으로 평가됨.
- 도막두께 측정결과 도막두께가 도로교설계기준의 기준 값을 모두 만족하는 것으로 조사됨.

상태평가 | 상태평가 결함지수 : 0.235, 상태평가 결과 : "B"

안전성평가

허용응력법

부재	fa	fs	안전율	비 고
보강거더	215.000	162.851	1.32	**O.K**
아치리브	215.000	171.148	1.26	**O.K**
행거	140.000	111.574	1.25	**O.K**
상부가로보	156.786	95.281	1.65	**O.K**
하부가로보	111.678	25.017	4.46	**O.K**
브레이싱	42.399	39.408	1.08	**O.K**

- 주부재 및 부부재의 발생응력은 허용응력범위 이내의 수준으로 나났으며 사용하중에 대해서 안전성을 확보하고 있음.
- 안전성평가등급 : A(최저 안전율 : 1.08)

【표 2.17】 백운1교(부산) 정밀안전진단(2011) 결과요약(계속)

섬강교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2011.11, ㈜동우기술단)

구 분 | **정밀안전진단 결과**

안전성평가 – 강도설계법

부재	ΦMn	Mu	안전율	비 고
바닥판(캔틸레버)	127.569	37.398	3.41	O.K
바닥판(중앙부)	105.961	67.699	1.57	O.K
교각	307714.179	67300.233	4.57	O.K

- 바닥판 및 교각의 설계휨강도는 계수하중에 대해서 안전성을 확보하고 있음.
- 안전성평가등급 : A(최저 안전율 : 1.57)

종합평가 및 안전등급

상태평가	안전성평가	종합평가	안전등급
B	A	B	B

- 백운1교(부산)에 대한 종합평가 결과「B」등급으로 평가되었으며, 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태」로 평가됨.

보수·보강 방안

부 재		결함내용	보수방안	우선순위
교면포장		포장백태	패칭보수	2
		소성변형	주의관찰	4
		포장균열	실런트 주입	2
		포장들뜸	부분 재포장	2
		포장망상균열	실런트 주입	2
		포장이음부균열	실런트 주입	2
		포장패임	패칭보수	2
난간 및 연석		균열(0.1~0.2mm)	주의관찰	4
		균열(0.3mm이상)	주입보수	2
		강판부식	주의관찰	4
		균열백태	표면처리	3
		덮개판변형	주의관찰	4
		백 태	표면처리	3
		철근노출	단면보수(방청)	2
배수시설		막 힘	청소	3
		배수관 부식	주의관찰	4
신축이음장치	본 체	토사퇴적	청소	3
		본체부식	재도장	2
	후타재	백 태	주의관찰	4
		균열(0.1mm~0.2mm)	주의관찰	4

【표 2.17】 백운1교(부산) 정밀안전진단(2011) 결과요약(계속)

섬강교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2011.11, ㈜동우기술단)					
구 분	정밀안전진단 결과				
보수·보강 방안	부 재		결함내용	보수방안	우선순위
	바닥판	캔틸레버	백 태	표면처리	3
			팝아웃	단면보수	3
		데크플레이트	부 식	주의관찰	4
	거 더		도장박리	재도장	2
			부 식	재도장	2
			점검구주위 볼트부식	재도장	2
			rib부식	재도장	2
			SP볼트부식	재도장	2
	브레이싱		도장박리	재도장	2
			볼트부식	재도장	2
			용접부부식	재도장	2
			부 식	재도장	2
			변 형	주의관찰	4
	행 거		도장박리	재도장	2
			볼트부식	재도장	2
			부 식	재도장	2
			SP볼트부식	재도장	2
			선단부부식	재도장	2
	교량받침	본 체	받침부식	재도장	2
			솔플레이트부식	재도장	2
	교 각		균열(0.1~0.2mm)	주의관찰	4
	교 대		균열(0.1~0.2mm)	주의관찰	4
			균열(0.3mm이상)	주입보수	2
	• 상부구조의 경우 국부적인 도장박리 및 부식에 대한 재도장 보수를 제시함. • 하부구조의 균열은 주입보수 등의 보수 방안을 제시함. • 금회 정밀안전진단시, 기 점검에서 제시된 보수방안의 실시여부 및 보수부 상태, 재손상 발생에 대한 보수가 필요함.				

나. 백운1교(춘천)

1) 2008년 정밀안전진단

【표 2.18】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2008) 결과요약

백운1교 정밀안전진단보고서(2008, ㈜한국해외기술공사)			
구 분		정밀안전진단 결과	
		주요결함 및 손상내용	점검의견
외관조사	교면포장	• 길어깨부에서 경미한 일방향균열이 1개소 조사됨.	• 중차량 통행, 통행량 증가
	방호시설	• 수직균열이 다수 조사됨. • 신축이음부 방호벽 하부의 국부적인 파손 • 덮개판 미설치	• 건조수축과 구속에 의한 균열 • 차량통행시 신축이음장치의 진동에 의해 • 시공누락
	신축이음장치	• 신축유간부에 토사적체가 조사됨. • A2 신축유간 부족 • 신축이음 누수 • 후타재의 균열이 조사됨.	• 차량통행에 의한 토사퇴적 • 시공오차, 시공초기 교대의 미세한 변위 • 고무재 열화에 의한 부분 파손 • 건조수축 등에 의한 균열
	바닥판	• 캔틸레버부 횡방향균열이 조사됨. • 캔틸레버부 균열부 백태가 조사됨.	• 초기 건조수축으로 발생 • 방호벽 측면으로 유입된 우수가 건조수축에 의해 발생된 균열부로 유입
	아치리브 및 복부	• 아치리브는 2경간 중앙부에 균열폭 0.1mm 이하의 횡방향 균열이 일부 조사됨. • 복부에 수직균열 다수 조사됨. • 복부에서 재료분리와 철근노출이 조사됨. • 부반력 방지 시설(S1 아치하면)에 망상균열이 조사됨.	• 휨응력에 의한 손상으로 허용균열 폭 이하로 지속적인 관찰이 필요함. • 대단면으로 3회 걸쳐 이루어진 콘크리트 타설에 의한 건조수축 및 구속력 차이에 의해 발생된 균열 • 시공시 다짐불량 • 블리딩에 의한 수분증발로 콘크리트 내부에 공극이 발생되어 콘크리트의 건조수축량이 커져서 건조수축 균열을 유발시킨 것으로 추정됨.
	교 대	• 균열폭 cw=0.1mm정도의 수직균열 일부개소가 조사됨. • 교대 누수흔적 조사됨. • 교대 표면보호재 박리가 조사됨.	• 수화열 및 건조수축에 의해 발생됨. • 신축이음장치 고무재 열화, 방호벽 덮개누락 • 동절기에 동결과 융해의 반복작용에 의한 접착력 저하
	교 각	• 국부적인 파손이 조사됨.	• 외부 충격에 희한 손상

【표 2.18】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2008) 결과요약(계속)

백운1교 정밀안전진단보고서(2008, ㈜한국해외기술공사)

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구 분</th><th colspan="5">정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><th colspan="4">비파괴시험결과</th><th>결론</th></tr>
<tr><td rowspan="5">내구성조사</td><td>콘크리트 비파괴 강도조사</td><td colspan="4"><table><tr><th colspan="2">구 분</th><th>평균강도(MPa)</th><th>설계강도(MPa)</th></tr><tr><td rowspan="2">반발경도법</td><td>상부구조</td><td>33.4~35.2</td><td>27.0</td></tr><tr><td>하부구조</td><td>27.4~31.5</td><td>24.0</td></tr></table></td><td>• 비파괴 강도 결과는 설계강도를 상회하는 양호한 상태로 조사되었음.</td></tr>
<tr><td>균열깊이 조사</td><td colspan="4"><table><tr><th>시험부위</th><th>건전부 (m/s)</th><th>균열부 (m/s)</th><th>피복두께 (mm)</th><th>균열깊이 (mm)</th></tr><tr><td>S1, W, 중앙부</td><td>88.5</td><td>96.7</td><td>41</td><td>66.05</td></tr><tr><td>S2, W, 중앙부</td><td>77.2</td><td>91.5</td><td>41</td><td>95.43</td></tr></table></td><td>• 균열은 철근 최소피복두께 이상으로 진전된 것으로 평가되었음.</td></tr>
<tr><td>철근배근 상태조사</td><td colspan="4"><table><tr><th rowspan="2">구 분</th><th colspan="2">배근간격</th><th colspan="2">피복두께</th></tr><tr><th>측정치</th><th>설계치</th><th>측정치</th><th>설계치</th></tr><tr><td>슬래브</td><td>200</td><td>200</td><td>53.6</td><td>47.0</td></tr><tr><td>교 대</td><td>199</td><td>200</td><td>85.5</td><td>92.0</td></tr><tr><td>교 각</td><td>203</td><td>200</td><td>75.5</td><td>92.0</td></tr></table></td><td>• 시공적인 요인에 의하여 위치별로 다소 차이를 보이고 있으나, 조사개소 전체의 평균치는 설계기준을 대체적으로 만족하는 것으로 평가되었음.</td></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td colspan="4"><table><tr><th>구 분</th><th>측정결과(mm)</th><th>피복두께(mm)</th></tr><tr><td>상부구조</td><td>7.63</td><td>39.0</td></tr><tr><td>하부구조</td><td>3.0~10.8</td><td>89.0</td></tr></table></td><td>• 탄산화로 인한 콘크리트내의 철근부식 가능성은 거의 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>염화물 함유량 시험</td><td colspan="4"><table><tr><th>구 분</th><th>염화물함유량 (kg/㎥)</th><th>판 정</th><th>설계기준</th></tr><tr><td>상부구조</td><td>0.0118</td><td>a</td><td rowspan="2">CL-<0.3</td></tr><tr><td>하부구조</td><td>0.0075~0.0097</td><td>a</td></tr></table></td><td>• 염화물 시험 결과 콘크리트의 염해 가능성은 거의 없는 것으로 조사되었음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">상태평가</td><td colspan="4">상태평가 점수 : 0.204, 상태평가 등급 : “B”</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전성평가</td><td>주거더 (아치)</td><td colspan="4"><table><tr><th>구 분</th><th>Mu(kN.m)</th><th>ΦMn(kN.m)</th><th>안전도</th><th>비 고</th></tr><tr><td>중앙부</td><td>91,224.1</td><td>136,922.7</td><td>1.501</td><td>O.K</td></tr><tr><td>지점부</td><td>551,890.4</td><td>553,363.8</td><td>1.003</td><td>O.K</td></tr></table></td><td></td></tr>
<tr><td>횡방향</td><td colspan="4"><table><tr><th>구 분</th><th>Mu(kN.m)</th><th>ΦMn(kN.m)</th><th>안전도</th><th>비 고</th></tr><tr><td>중앙부</td><td>377.224</td><td>624.581</td><td>1.656</td><td>O.K</td></tr><tr><td>지점부</td><td>575.777</td><td>624.581</td><td>1.085</td><td>O.K</td></tr></table></td><td></td></tr>
<tr><td>교대(A1) 안정검토</td><td colspan="4"><table><tr><th>구 분</th><th>허용값</th><th>발생값</th><th>안전도</th><th>비 고</th></tr><tr><td>전도에 대한 안정</td><td>1647.975</td><td>272.858</td><td>6.04</td><td>O.K</td></tr><tr><td>활동에 대한 안정</td><td>328.500</td><td>131.467</td><td>2.50</td><td>O.K</td></tr><tr><td>지지력에 대한 안정</td><td>479.861</td><td>112.199</td><td>4.28</td><td>O.K</td></tr></table></td><td></td></tr>
</table>

【표 2.18】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2008) 결과요약(계속)

백운1교 정밀안전진단보고서(2008, ㈜한국해외기술공사)

구 분 | **정밀안전진단 결과**

안전성평가 — 교대(A1) 단면검토

구 분		깊이 H(mm)	Rep. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
A1	압굽판	1647.975	400.787	36,379.689	153.000	1,271.314	8.309	O.K
	뒷굽판	328.500	486.914	1,687.311	185.800	640.058	3.445	O.K
	벽 체	479.861	699.417	1,432.500	141.764	288.382	2.034	O.K

안전성평가 — 교각(P2) 말뚝검토

구 분	허용지지력(MPa)	작용지지력(MPa)	극한지지력(MPa)
P2	1,301.283	1,758.896	3,350.000

종합평가

상태평가	안전성평가	종합평가
B	A	B

보수·보강 방안

구 분	결함내용	수량	보수 수량	단위	개략 공사비 (백만원)	보수보강공법	보수 우선 순위
방호 시설	덮개판 미설치	4	4	개소	1.20	덮개판 설치	1
	피선	0.21	0.25	㎡	0.06	모르타르 팻칭공법	2
신축 이음	신축이음 유간부족(A2:NO 80)	12.5	13.0	m	11.70	신축이음장치교체 (강재형)	1
바닥판		1	1	개소	0.18	우레탄 주입보수	2
이치리브 및 복부	균열(0.3≤cw≤0.7)	236.8	260.5	m	34.13	수지주입공법	1
	재료분리 및 철근노출	20.76	24.91	㎡	7.47	단면보수공법	2
순공사비계					54.7		
재경비(순공사비 50%)					27.4		
공사비계					82.1		

유지관리 방안

구 분	결함내용	유지관리 항목	비 고
교면 포장	• 포장균열	• 결함 발생 및 진전여부	
방호 시설	• 수직균열 • 덮개판 미설치로 인한 하부누수 • 콘크리트 파손	• 결함 발생 및 진전여부 • 하부 부식 발생 여부	
신축 이음	• 신축이음 누수에 의한 하부 열화 • 신축이음 유간부족	• 결함 및 손상발생 여부 • 신축이음 유간 확인	
배수 시설	• 배수관 주변 누수	• 배수관 주변 열화 발생여부	
바닥판	• 균열부 백태 및 균열 • 백태	• 균열 발생 및 진전여부	
아치리브 및 복부	• 복부 수직균열 • 재료분리 및 철근노출	• 균열 발생 및 진전여부	
교대 및 교각	• 흉벽 누수흔적 • 교대 교각 수직균열 • 교각2 말뚝 지지력 부족	• 균열 발생 및 진전여부 • 신축이음 누수 여부 • 주변 침하 발생 여부	

2) 2013년 정밀안전진단

【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약

<table>
<tr><th colspan="4">원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))</th></tr>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="4">외관조사</td><td rowspan="4">상부구조</td><td rowspan="4">바닥판</td><td>• 바닥판에 대한 외관조사 결과, Deck Plate 부식 및 변형이 없는 전반적인 양호한 상태이며, 바닥판 캔틸레버 하면에서 콘크리트 균열(일부 균열부 백태) 및 누수흔적(백태), 탈락, 재료분리 등이 조사됨.
• 캔틸레버 하면의 횡방향균열은 균열폭이 0.2mm미만으로 시공초기 콘크리트 수화열 및 건조수축에 의한 비구조적인 균열로 판단되며, 일부 발생한 균열부 백태는 방호벽 측면으로부터 교면수가 유입되거나 포장면으로 우수가 침투하여 발생한 것으로 추정되며, 균열정도에 따른 면보수 및 주입보수를 통한 내수성 확보가 필요한 상태임.
• 외측 캔틸레버 하면은 누수흔적(경미한 백태)이 전 경간에서 경미하게 발생한 상태이며, 이는 기 발생된 상부 포장 들뜸부위나 배수구 주변, 그리고 방호벽 측면으로부터 교면수가 유입되어 발생한 것으로 현재 손상정도가 경미하여 현 상태에서의 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 우수유입의 원인이 되는 갓길부 포장 및 배수시설에 대해서는 적절한 유지보수가 필요한 것으로 판단됨.
• 기타 발생한 콘크리트 탈락, 재료분리, 철근노출 등은 시공미흡(피복부족) 및 외부충격에 의하여 국부적으로 발생한 상태이므로 손상정도를 고려하여 일반적인 유지보수가 필요한 상태임.
• 코어시편 채취는 1차 외관조사 후 교면포장 및 바닥판 열화 상태를 확인하기 위하여 S2경간에 실시하였으며, 확인 결과 바닥판 상면의 콘크리트 및 방수상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 포장의 두께는 60㎜로 측정되어 설계도면(50㎜)과 유사한 것으로 확인됨.</td></tr>
<tr><td>

Deak Plate 상태양호

Deak Plate 들뜸조사

캔틸레버(S3) 균열
</td></tr>
<tr><td>

캔틸레버(S2) 균열부 백태

캔틸레버(S1) 배수구 주변 누수

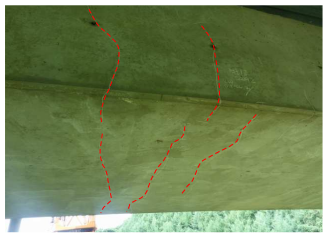
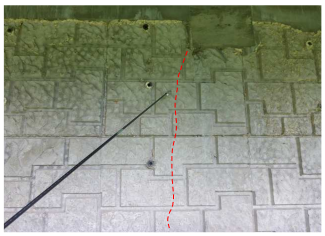
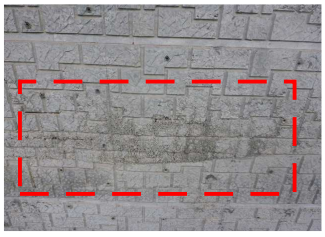
캔틸레버(S2) 누수흔적
</td></tr>
<tr><td>

캔틸레버(S1) 철근노출

캔틸레버(S2) 재료분리


바닥판(S2) 및 방수상태
</td></tr>
</table>

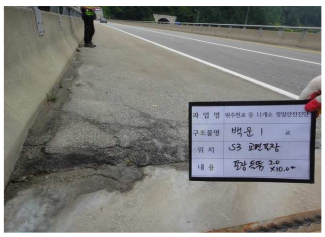
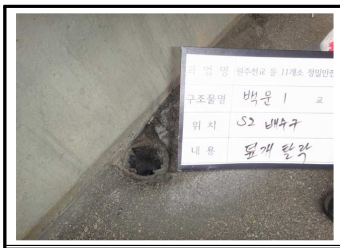
【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약(계속)

<table>
<tr><th colspan="4">원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))</th></tr>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="2">외관조사</td><td>상부구조</td><td>AR
거더</td><td>
• AR 거더에 대한 외관조사 결과, 전차 용역에서 확인된 결함내용과 전반적으로 유사하며, 주요 손상으로 아치리브(2경간) 중앙부의 횡균열(0.2㎜미만)과 국부적으로 발생한 콘크리트 탈락, 복규 수직균열(0.1~0.7㎜), 재료분리(표면불량), 철근노출, 철근미제거 등으로 조사됨.
• 아치리브의 중앙부에 발생한 균열은 균열위치 및 형태가 연속적이지 않고 균열폭이 대부분 0.1㎜정도의 허용균열폭 이내로 아치구조의 특성상 발생하는 비구조적인 균열로 판단되어 현 상태에서의 보수보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨.
• 또한, 거더 복부에 발생한 수직균열은 전 구간에서 1~5m간격으로 다수 발생하였으며, 균열의 패턴은 최초 시공이음부에서 시작하여 다음 시공이음부까지 발생하는 형태임. 이는 본 구조물이 대단면의 특성상 단계별로 콘크리트를 타설함에 따른 전형적인 선타설부와 후타설부와의 콘크리트에서 발생하는 온도 및 건조수축 등의 구속력에 의한 비구조적인 균열로 판단됨. 따라서, 일부 균열폭이 다소 크게 발생된 상태이나 이는 1회 콘크리트 타설높이가 높아 발생된 것으로 균열정도(0.1~0.7㎜)를 고려한 내구성 확보차원의 유지보수가 필요한 상태임.
• 기타 발생한 콘크리트 탈락과 재료분리, 철근노출 등은 시공미흡(피복부족) 및 외부충격에 의하여 국부적으로 발생한 상태이므로 콘크리트 면보수를 통한 유지관리가 필요한 상태임.
 |  | 
아치리브 중앙부(S2G2) 횡균열 | 아치리브 중앙부(S2G2) 횡균열(0.1~0.2㎜) | 거더 복부(S1) 수직균열(원경)
 |  | 
거더 복부(S2) 경사균열(근경) | 거더 복부(S2) 재료분리(철근노출) | 거더 복부(S2) 철근노출
</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>교대/
교각</td><td>• 하부구조에 대한 외관조사 결과, 콘크리트 균열(0.2㎜미만), 표면보호재 탈락, 파손, 재료분리, 누수흔적(백태)과 교대 주변 접합부 이격, 콘크리트 열화 및 탈락, 보호블럭 균열, 와이어매쉬 노출 등 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 특별한 손상은 발생되지 않은 것으로 조사됨.</td></tr>
</table>

【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약(계속)

<table>
<tr><th colspan="4">원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))</th></tr>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="2">외관조사</td><td rowspan="2">하부구조</td><td>교대/교각</td><td>
• 누수(녹물)흔적 및 백태는 신축이음이 위치하는 교대(A1,A2)에서 발생하는 현상으로써, A2 신축이음장치는 기 실시한 2008년도 진단이후 신장시 유간부족에 따라 재설치하여 전반적인 양호한 상태이며, 교대 전면에서 발생하는 누수의 경우 신축이음과 접속부 포장의 손상부위로 우수가 유입되어 발생하므로 포장면 부분보수와 유도배수 설치가 요구됨. 또한, 국부적으로 발생한 콘크리트 표면백태는 손상부위로 우수가 유입되어 수산화칼슘이 빠져나오면서 생기는 현상으로 내구성을 고려한 표면보수가 필요한 상태임.
• 교대 접속부 이격은 압성토부 시공 후 공용년수 증가에 따른 지반이 안정화되면서 발생하는 현상으로 씰링재 주입에 의한 보수가 요구되며, 시공미흡(피복부족) 및 공용열화에 의하여 발생한 교대 보호콘크리트 탈락(와이어메쉬 노출)은 추가적인 열화방지 차원에서 콘크리트 보수가 필요한 상태임.
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A2) 누수흔적(백태)</td><td>교대(A2) 누수(녹물)흔적 및 백태</td><td>교대(A1) 접속부 이격</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 보호콘크리트 탈락 (와이어메쉬 노출)</td><td>교대(P1) 콘크리트 탈락</td><td>교각(P2) 표면 망상균열</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>받침장치</td><td>
• 교량받침은 스페리칼 받침으로 콘크리트 탈락 및 받침부식, 상부플레이트 국부 변형이 일부 경미하게 조사되었으며, 받침의 가동상태는 전반적으로 양호한 상태임.
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>받침(A2Sh2) 부식</td><td>받침(A1Sh1) 몰탈 탈락(경미)</td><td>침(A1Sh2) 몰탈 탈락 및 상부 Plate 변형</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약(계속)

<table>
<tr><th colspan="4">원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))</th></tr>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="3">외관조사</td><td rowspan="3">기타부재</td><td>신축이음장치</td><td>• A2 신축이음장치는 전차 용역(2008년)시 신축유간 부족에 따라 New Mono Cell Joint로 교체하였으며, 금회 진단시 공용기간 증가에 따른 본체 토사퇴적과 부식, 단차, 후타재 균열 및 표면마모 등이 조사됨.
• 신축이음장치(A1/A2)의 온도에 따른 가동상태 및 신축유간은 여유량을 확보는 것으로 조사됨.
   
본체(A1) 토사퇴적 및 표면부식 | 후타재(A2) 표면마모 | 후타재(A2) 콘크리트 탈락</td></tr>
<tr><td>교면포장</td><td>• 교면포장은 전차 용역(2008년)시 일부 일방향균열이 조사되었으나 금회 진단시 방호벽과 접하는 갓길측 포장들뜸(망상균열) 및 소성변형, 접속포장 탈락 등 공용년수 증가에 따른 포장열화가 다수 진행된 상태이므로 손상정도를 고려한 포장보수가 요구됨.
• 코아채취에 의한 아스콘(교면방수) 및 바닥판 콘크리트 상태조사는 S2경간에서 확인하였으며, 포장두께는 60.0㎜로 측정되어 설계도면(50㎜)과 유사하며, 바닥판 콘크리트 표층상태는 양호한 것으로 조사됨.
   
교면포장(S3) 망상균열 | 교면포장(S3) 횡방향균열 | 교면포장(S3) 갓길부 들뜸 및 열화</td></tr>
<tr><td>배수시설</td><td>• 배수시설 상태는 배수구 막힘 및 체수에 의한 그레이팅 파손, 배수관 부식 등이 전반적으로 발생한 상태임. 배수구 막힘으로 인한 교면의 체수는 배수시설 주변의 열화(누수)를 초래하며, 장기적으로는 구조물의 내구성을 저하시키는 원인이 되고 통행차량의 주행안전성에 영향을 미치므로 주기적 유지관리가 요구됨.
   
수 그레이팅 파손(S2) | 배수구(S1) 주변 누수흔적 | 배수구(S1) 주변 누수흔적</td></tr>
</table>

【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약(계속)

<table>
<tr><th colspan="4">원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))</th></tr>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="4">외관조사</td><td rowspan="2">기타부재</td><td>방호벽</td><td>• 방호벽에 대한 외관조사 결과, 전반적인 균열보수 및 면보수를 실시하여 양호한 상태이나, 중분대는 건조수축 등에 의한 콘크리트 균열 및 긁힘, 파손 등이 조사됨. 발생된 손상은 방호벽의 기능성 측면에서 문제될 부분이 없으므로 보수보다는 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨.
   
방호벽 균열보수 현황 | 방호벽(S3) 보수부 재균열 | 방호벽(S1) 균열</td></tr>
<tr><td>부재시설</td><td>• 가로등 조명을 위한 전선관은 교량의 종방향으로 우측캔틸레버 하면에 설치되어 있으며, 금회 진단시 공용열화로 인하여 보호커버 부식 및 변형이 조사되어 유지관리가 요구됨.
   
선관 보호커버(S1) 부식 | 전선관 보호커버(S3) 부식(파손) | 전선관 보호커버(S3) 손상</td></tr>
<tr><td rowspan="2">내구성조사</td><td>콘크리트 강도시험</td><td colspan="2"><table>
<tr><th colspan="2">부재구분</th><th>반발경도(MPa)</th><th>초음파전달속도법(MPa)</th><th>설계강도(MPa)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">상부구조</td><td>바닥판 하면</td><td>28.0~28.6</td><td>28.3~31.9</td><td>27.0</td></tr>
<tr><td>거 더</td><td>29.0~31.1</td><td>29.1~33.2</td><td>27.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부구조</td><td>교 대</td><td>26.6~28.1</td><td>26.4~26.8</td><td>24.0</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td>26.0~27.8</td><td>25.3~27.3</td><td>24.0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>철근배근 상태조사</td><td colspan="2"><table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">부재구분</th><th colspan="2">배근간격(mm)</th><th colspan="2">피복두께(mm)</th></tr>
<tr><th>설계치</th><th>측정치</th><th>설계치</th><th>측정치</th></tr>
<tr><td rowspan="2">상부구조</td><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200~223</td><td>38~62</td><td>31~75</td></tr>
<tr><td>거 더</td><td>197~294</td><td>100~300</td><td>39~111</td><td>53~115</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부구조</td><td>교대</td><td>200</td><td>150~200</td><td>86~102</td><td>91~109</td></tr>
<tr><td>교각</td><td>200</td><td>185~220</td><td>47~94</td><td>89~111</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약(계속)

원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))

구 분 / **정밀안전진단 결과**

내구성조사 — 탄산화 시험

부재구분		철근피복 (mm)	탄산화깊이 (mm)	탄산화속도 계수(A)	잔존수명 예측(년)	상태평가 등급
상부구조	S1-바닥판 하면	31.0	4.2	1.00	699	b
	S2-거더 하면	59.0	5.3	1.25	∞	a
하부구조	P1-교각	47.0	3.4	0.80	∞	a
	A2-교대	102.0	3.6	0.85	∞	a

내구성조사 — 염화물 함유량 시험

시험위치		전 염화물 함유량(%)	염화물함유량(kg/㎥)	등급
상부구조	S2	0.118	0.071	a
하부구조	P2-교각	0.094	0.024	a
	A2-교대	0.141	0.047	a

내구성조사 — 결과 분석

- 콘크리트 강도조사결과 설계기준강도(상부구조 : 27MPa, 하부구조 : 24MPa)를 상회하고 있는 것으로 나타남.
- 철근배근탐사 결과 철근의 배근간격 및 피복두께는 대체로 설계도서와 유사한 것으로 조사됨.
- 탄산화 측정평가 결과 전 구간에서 탄산화에 의한 철근부식영향 및 콘크리트 내구성 저하의 영향은 없는 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사됨.
- 염화물에 의한 부식 등의 결함은 조사되지 않았지만 상부 및 하부구조의 염화물 함량을 지속적으로 점검하여 상부슬래브, 하부 교대 등의 철근부식 가능성을 중점 점검하는 것이 타당할 것으로 판단됨.

상태평가 : 상태평가 결함지수 : 0.257, 상태평가 결과 : "B"

안전성평가 — 상부구조 — 아치리브

구 분	모 멘 트 (kN·m)			전 단 력 (kN)			비고
	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전율	Vu (kN)	ΦVn (kN)	안전율	
아치리브	608.821	3273.146	5.376	626.330	2698.752	4.309	a

안전성평가 — 상부구조 — 바닥판

구 분	모 멘 트 (kN·m)			전 단 력 (kN)			안전성 평가등급
	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전율	Vu (kN)	ΦVn (kN)	안전율	
바 닥 판	252.328	624.581	2.475	179.891	292.284	1.625	a

안전성평가 — 상부구조 — 연직재

구 분	모 멘 트 (kN·m)			축 력 (kN)			비고
	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전율	Pu (kN)	ΦPn (kN)	안전율	
연 직 재	105.668	224.509	2.125	4529.439	5532.571	1.221	a

【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약(계속)

원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))

구 분 / **정밀안전진단 결과**

안전성평가 – 하부구조 – 교대

단 면		Mu (kN · m/m)	ϕMn (kN · m/m)	안전율	안전성 평가등급
A1	앞 굽 판	108.833	1,889.988	17.366	a
	뒷 굽 판	189.997	957.029	5.037	a
	벽 체	139.874	569.070	4.068	a
A2	앞 굽 판	160.459	2,019.196	12.584	a
	뒷 굽 판	287.589	1,086.237	3.777	a
	벽 체	133.500	569.070	4.263	a

안전성평가 – 하부구조 – 교각

단 면	Qmax (MPa)	Qa (MPa)	안전율	안전성 평가등급
P1	760.871	800.000	1.05	a
P2	1351.556	1585.900	1.17	a

종합평가 및 안전등급

상태평가	안전성평가	종합평가	안전등급
B	A	B	B

• 백운1교(춘천)에 대한 종합평가 결과「B」등급으로 평가되었으며, 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태」로 평가됨.

보수·보강 방안

부 재	결함내용	보수방안	우선순위
바 닥 판	균열(0.2mm미만)	표면보수	3
	균열부 백태	주입보수	2
	박리, 박락	단면보수	2
	표면열화(백태)	표면보수	2
	철근노출(녹물흔적)	단면보수(방청)	2
	물끊기홈 미설치	물끊기 설치	3
거 더	복부 균열(0.3mm이상)	주입보수	2
	재료분리(철근노출)	단면보수(방청)	2
	철근노출	단면보수(방청)	2
	탈락(열화)	단면보수	2

【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약(계속)

<table>
<tr><th colspan="2">원주천교 등 11개소 정밀안전진단보고서(2013.12, (재)한국재난연구원, 케이에스엠기술(주))</th></tr>
<tr><th>구 분</th><th>정밀안전진단 결과</th></tr>
<tr><td>보수·보강
방안</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>결함내용</th><th>보수방안</th><th>우선순위</th></tr>
<tr><td rowspan="8">교 대</td><td>탈락(철근노출)</td><td>단면보수(방청)</td><td>2</td></tr>
<tr><td>교면상면 체수, 누수흔적</td><td>유도배수로설치</td><td>3</td></tr>
<tr><td>바닥콘크리트 탈락(열화)</td><td>콘크리트 보수</td><td>3</td></tr>
<tr><td>와이어메쉬 노출</td><td>콘크리트 보수</td><td>3</td></tr>
<tr><td>접합부 이격</td><td>씰링재 주입</td><td>3</td></tr>
<tr><td>백태</td><td>표면보수</td><td>2</td></tr>
<tr><td>토사퇴적</td><td>청소</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교 각</td><td>파손, 탈락</td><td>단면보수</td><td>3</td></tr>
<tr><td>박리(철근노출)</td><td>단면보수(방청)</td><td>3</td></tr>
<tr><td>교량받침</td><td>받침(볼트) 부식</td><td>도장보수</td><td>2</td></tr>
<tr><td>신축이음</td><td>후타재 탈락</td><td>단면보수</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="10">교면포장</td><td>아스콘 균열</td><td rowspan="7">갓길부
전면재포장
(방수층 포함)</td><td rowspan="7">1</td></tr>
<tr><td>망상균열</td></tr>
<tr><td>포장들뜸(망상균열)</td></tr>
<tr><td>포장마모</td></tr>
<tr><td>소성변형</td></tr>
<tr><td>시공이음부 균열</td></tr>
<tr><td>본선구간 포장마모</td><td>팻칭보수</td><td>1</td></tr>
<tr><td>보수부 탈락</td><td>팻칭보수</td><td>2</td></tr>
<tr><td>접속포장 균열(탈락)</td><td>팻칭보수</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">배수시설</td><td>그레이팅 파손</td><td>배수구 재설치</td><td>2</td></tr>
<tr><td>배수구 막힘</td><td>청소</td><td>3</td></tr>
<tr><td>기타시설</td><td>전선관보호커버 손상</td><td>재설치</td><td>3</td></tr>
</table>
• 상부구조의 경우 국부적인 도장박리 및 부식에 대한 재도장 보수를 제시함.
• 하부구조의 균열은 주입보수 등의 보수 방안을 제시함.
• 금회 정밀안전진단시, 기 점검에서 제시된 보수방안의 실시여부 및 보수부 상태, 재손상 발생에 대한 보사가 필요함.
</td></tr>
</table>

2.4 보수·보강 이력

본 과업대상시설물의 보수·보강 이력 사항은 관리주체인 “한국도로공사 강원본부 제천지사”의 자료 및 “시설물정보관리 종합시스템(FMS)”에 실적을 참고하여 수록하였다.

2.4.1 백운1교(부산)

구분	공사기간	설계자	시공자	공사명	보수·보강공법/내용	공사금액(천원)
보수	2016.08.29.~ 2016.09.02.	-	-	-	재포장보수(전면 재포장)	-

2.4.2 백운1교(춘천)

【표 2.20】 백운1교(춘천) 보수·보강 이력

구분	공사기간	설계자	시공자	공사명	보수·보강공법/내용	공사금액(천원)
보수	1999.11.23	-	-	-	받침보수(A1, A2, 2EA)	-
보수	2000.01.31	-	-	-	받침보수(A1, 1EA)	
개량	2009.03.12.~ 2009.12.30	-	(주)삼영건설	-	신축이음 교체(A2, 12.0m)	11,799
보수	2016.10.17.~ 2016.10.21.	-	-	-	재포장보수(1,2차로 길어깨부)	-

2.5 시설물의 내진설계 여부

2.5.1 백운1교(부산)

백운1교(부산)은 설계당시 하부구조(교대, 교각)에 내진설계를 적용한 시설물인 것으로 확인되었으며, 그 내용은 『중앙고속도로(제천~원주간) 4차로 확장공사 구조 및 수리계산서(Ⅲ)(최종본) 제16공구(판부~원주) 2000.9』에 수록되어있으며, 그 내용은 “【표 2.8】 백운1교(부산) 구조물 설계조건“에 요약하여 수록하였다.

2.5.2 백운1교(춘천)

국내에서는 1992년에 도로교에 대해 내진설계 기준을 최초로 도입하였으나, 1999년 지진방재종합대책이 수립된 이후 전체 교량에 대해 본격적으로 내진설계를 반영하기 시작하였다. 금회 과업 대상시설물인 백운1교(춘천)는 내진등급 1등급에 해당되며, “2009년도 내진성능 향상 대상교량 세부조사 및 보강설계(2공구)에 따라 교대(A1, A2)에 대하여 내진보강(전단키 설치)을 실시한 것으로 확인되었다.

설계 적용	내진보강(2009)
내진등급 : 1등급에 해당 지반종류 : Ⅱ	내진1등급 적용, 지반종류 : Ⅱ(S=1.0) 지진구역계수 : Ⅱ구역(0.07) 위험도계수 : Ⅰ=1.40 가속도계수 : A=0.098 고유치해석, C.Q.C 모드 조합
	⇒ 전단키 설치(교대)

가. 보강 전 내진성능 평가

■ 기존교량 내진성능 평가 결과요약

▨ 백운1교 위치 : 강원도 원주시 , 내진등급 : 내진1등급교 , 지반종류 : I

콘크리트 아치교 B = 12.510 m , L=35.6+80+35.6=151.2

구 분			기존교량 내진성능 평가결과 콘크리트 아치교, 벽식 교각, 역T형교대, 직접기초(P1), 말뚝기초(P2) 받침 (교대: 4,000kN , 교각: 20,000kN)			
특 징			⊙ 교각형식 : 벽식 교각 ⊙ 교각기초 : 직접기초(P1), 말뚝기초(P2) ⊙ 교대형식 : 역T형교대 ⊙ 교대기초 : 직접기초(A1), 말뚝기초(A2) ⊙ 내진성능 상세평가 교각 : 고정단 교각 P1 ⊙ 실측형하고(받침) : 교대 : 340~370 mm 교각 : 160~190 mm ⊙ 받침보수 및 교체수량 : ⊙ 평가결과 : 받침 : N.G			
구 분			교각 1 (고정단)			
			공 급 역 량	소 요 역 량	판 정	비 율
기 둥 (단위:kN)	파괴 모드	교 축	P^L_n = 62704.516 , V^L_n = 47085.559 , R^L = 7.826		⇒ 전단 지배	
		교 직	P^T_n = 34455.210 , V^T_n = 42738.503 , R^T = 6.036		⇒ 휨 지배	
	휨평가	교 축	490725.542	3418.862	O.K	143.535
		교 직	207971.648	1293.7	O.K	160.757
	전단 평가	교 축	47085.559	3418.862	O.K	13.772
		교 직	42738.503	1293.700	O.K	33.036
	판 정		O.K			
기 초 (단위:kN)	휨평가	교 축	9249.045	213.357	O.K	43.350
		교 직	5584.359	4887.838	O.K	1.143
	전단 평가	교 축	16788.019	0.000	O.K	
		교 직	7461.342	2410.563	O.K	3.095
	안정 평가 (교축)	전 도	145253.430	30128.643	O.K	4.821
		활 동	29050.686	4102.634	O.K	7.081
		지지력	1062.200	845.723	O.K	1.256
	안정 평가 (교직)	전 도	326820.218	52098.798	O.K	6.273
		활 동	29050.686	1552.440	O.K	18.713
		지지력	1062.200	788.234	O.K	1.348
	판 정		O.K			
받 침 (단위:kN)	교대 1	교 축	–	–	–	–
		교 직	1536.0	2505.491	2EA	N.G 0.613
	교대 2	교 축	–	–	–	–
		교 직	1536.0	2496.81	2EA	N.G 0.615
	판 정		N.G			
구 분			적용 받침지지길이	변 위 량	판 정	비 율
최소받침 지지길이 (단위:mm)	교 대 1		1480.0	473.4	O.K	3.126
	교각1		2700.0	468.7	O.K	5.761
	교각2		1548.0	473.7	O.K	3.268
	교 대 2		1560.0	473.3	O.K	3.296
	판 정		O.K			
연단거리 (단위:cm)	교 대 1		52.0	37.8	O.K	1.376
	교 각 1		327.0	60.0	O.K	5.450
	교 대 2		48.0	37.8	O.K	1.270
	판 정		O.K			

나. 보강후 내진성능평가

■ 보강후 교량 내진성능 평가 결과요약

▨ 백운1교 위치 : 충청북도 제천시 , 내진등급 : 내진1등급교 , 지반종류 : I

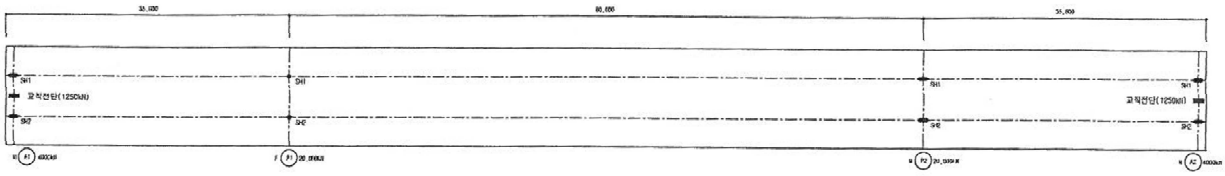
콘크리트 거더교 B = 12.510 m , L=35.6+80+35.6=151.2

구 분			보강후 교량 내진성능 평가결과 콘크리트 거더교, 벽식 교각, 역T형교대, 직접기초(P1), 말뚝기초(P2) 받침 (교대: 4,000kN , 교각: 20,000kN)			
특 징			⊙ 전단키보강 : A1 – 교직 1250kN–1ea A2 – 교직 1250kN–1ea			
구 분			교각 1 (고정단)			
			공 급 역 량	소 요 역 량	판 정	비 율
기 둥 (단위:kN)	파괴 모드	교 축	P^L_n = 62704.516 , V^L_n = 47085.559 , R^L = 7.826		⇒ 전단 지배	
		교 직	P^T_n = 34455.210 , V^T_n = 42738.503 , R^T = 6.036		⇒ 휨 지배	
	휨평가	교 축	490725.542	3418.862	O.K	143.535
		교 직	207971.648	1293.7	O.K	160.757
	전단 평가	교 축	47085.559	3418.862	O.K	13.772
		교 직	42738.503	1293.700	O.K	33.036
	판 정		O.K			
기 초 (단위:kN)	휨평가	교 축	9249.045	213.357	O.K	43.350
		교 직	5584.359	4887.838	O.K	1.143
	전단 평가	교 축	16788.019	0.000	O.K	
		교 직	7461.342	2410.563	O.K	3.095
	안정 평가 (교축)	전 도	145253.430	30128.643	O.K	4.821
		활 동	29050.686	4102.634	O.K	7.081
		지지력	1062.200	845.723	O.K	1.256
	안정 평가 (교직)	전 도	326820.218	52098.798	O.K	6.273
		활 동	29050.686	1552.440	O.K	18.713
		지지력	1062.200	788.234	O.K	1.348
	판 정		O.K			
받 침 (단위:kN)	교대 1	교 축	–	–	–	–
		교 직	**2786.0**	2505.491	2EA	O.K 1.112
	교대 2	교 축	–	–	–	–
		교 직	**2786.0**	2496.81	2EA	O.K 1.116
	판 정		O.K			
구 분			적용 받침지지길이	변 위 량	판 정	비 율
최소받침 지지길이 (단위:mm)	교 대 1		1480.0	473.4	O.K	3.126
	교각1		2700.0	468.7	O.K	5.761
	교각2		1548.0	473.7	O.K	3.268
	교 대 2		1560.0	473.3	O.K	3.296
	판 정		O.K			
연단거리 (단위:cm)	교 대 1		52.0	37.8	O.K	1.376
	교 각 1		327.0	60.0	O.K	5.450
	교 대 2		48.0	37.8	O.K	1.270
	판 정		O.K			

다. 내진보강 방안

▣ 보강방안 :- 전단키 : 받침형 전단키

1) 전단키 배치방안



2) 전단키 용량 및 설치 개소수

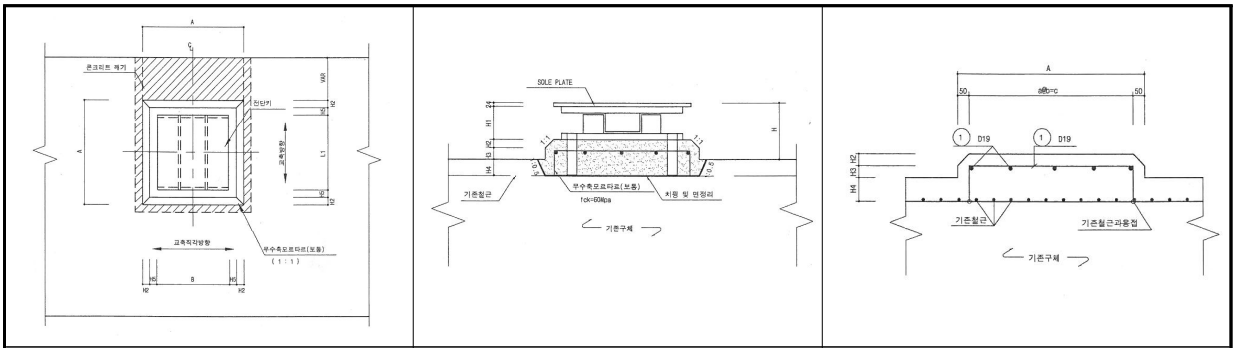
① 전단키 Type : 교축직각방향 전단키
② 최대 설계 지진력 : 2505.491 kN
③ 설계 전단키 용량 : 교축직각방향 : 1250kN
양방향 :

④ 설계 지진력 및 설치 개소수

교각 번호	받침 소요역량(kN)		받침 공급역량(kN)		설계 지진력 (kN)		설치개소수(EA)	
	교축방향	교직방향	교축방향	교직방향	교축방향	교직방향	교축방향	교직방향
교대1	-	2505.491	-	1536.000	-	2505.491	-	교직 1250kN-1ea
교대2	-	2496.810	-	1536.000	-	2496.810	-	교직 1250kN-1ea

⑤ 상시 신축량

구 분		A1	P1	P1	A2
이동방향		↔	●	↔	↔
신축길이 (m)		35.600	0.000	80.000	115.600
온도변화 (-5℃~+35℃)	mm	14.2	0.0	32.0	46.2
상시 이동량(mm)		**14.2**	**0.0**	**32.0**	**46.2**



[평면도] [정면도] [측면도]

【그림 2.6】 전단키 받침 설치 상세도

【표 2.21】 백운1교(춘천) 전단키 및 블록 제원표

구 분	A1	A2
용량(kN)	1250	1250
방향	일방향	일방향
GAP	1㎜	1㎜
A	1020	1020
B	460	460
L1	460	460
H	355	351
H1	150	150
H2	50	50
H3	125	121
H4	100	100
H5	230	230
SOKET(L)	230	230

라. 최소받침지지길이 및 연단거리 평가

1) 최소받침지지길이

소요역량은 도로교설계기준의 최소받침지지길이(N_{min})와 탄성변위 중 큰 값으로 한다.

N_D = Max[탄성변위, N_{min}]

$N_{min} = (200+1.67L+6.67H)(1+0.000125\theta^2)$

여기서, N_{min} : 최소받침 지지길이, mm
L : 인접 신축이음부 까지 또는 교량단부까지의 거리, m
H : 기둥 또는 교각의 평균높이, m
θ : 받침선과 교축직각방향의 사이각, °

- 최소받침지지길이 내진성능 상세평가

위치	적용 받침지지길이(mm)	수식에 의한 변위(mm)	탄성변위(mm)	내진성능평가
A1	1480.0	373.6	473.4	O.K
P1	2700.0	365.6	468.7	O.K
P1	1548.0	365.6	473.7	O.K
A2	1560.0	357.6	473.3	O.K

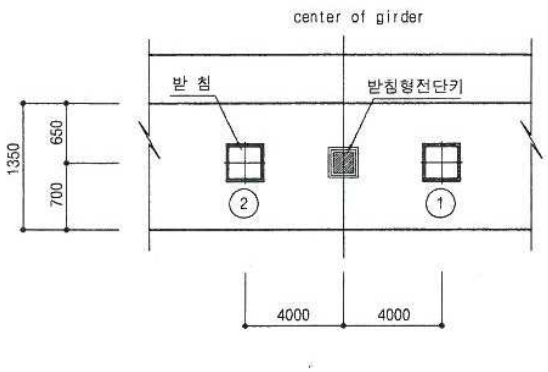
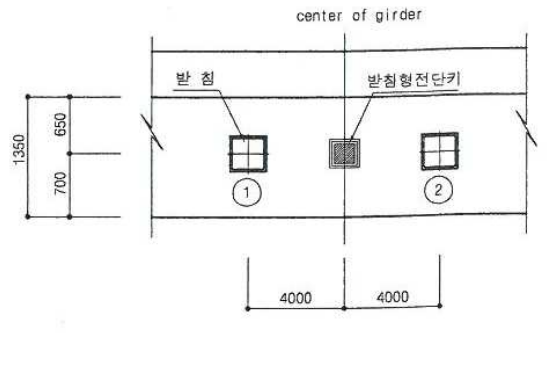
2) 연단거리

- 연단거리 내진성능 상세평가

위치	기존받침 연단거리(cm)	최소필요 연단거리(cm)	내진성능평가
A1	52.0	37.8	O.K
P1	327.0	60.0	O.K
A2	48.0	37.8	O.K

마. 전단키 설치 현황

【표 2.22】 백운1교(춘천) 전단키 설치 현황

	
A1 전단키(1250kN, 교직전단) 설치 위치도	A1 전단키(교직전단) 설치 현황
	
A2 전단키(1250kN, 교직전단) 설치 위치도	A2 전단키(교직전단) 설치 현황

2.6 자료분석 결과요약

금회 진단대상시설물인 백운1교(부산, 춘천)에 대하여 수집된 자료 및 기초자료를 검토한 결과, 중앙고속도로에 시공된 시설물로서 운행은 원활한 상태이고, 시설물에 대해 유지관리가 잘 이루어지고 있는 상태이다. 따라서 금회 진단 시에는 2011년, 2013년 정밀안전진단에서 제시한 중점 유지관리 사항에 대하여 점검을 실시하고, 상세조사 및 현장시험을 실시한 후 현재 구조적으로 문제가 발생되었으나, 향후 문제가 발생될 가능성이 있는 부분에 대하여 구조검토를 실시하여 안전성을 여부를 평가하고자 한다.

금회 진단시설물에 대해 중점적으로 조사해야 될 사항을 기존자료와 일반적인 조사사항을 고려하여 다음과 같이 정리하였다.

【표 2.23】 백운1교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약

구 분	자료분석 결과요약	비 고
설계 관련자료 검토	◈ 백운1교(부산) • "중앙고속도로(제천~원주간) 4차로 확장공사 구조 및 수리계산서(Ⅲ)(최종본) 제16공구(판부~원주) 2000.9"를 참조함. **→ 검토결과, 상부 구조계산, 하부 구조계산, 부대공, 부대공, 옹벽공 등에 대한 구조계산 및 검토에 있어 설계조건, 모델링, 설계 및 검토 등 항목별 검토사항은 적정한 것으로 확인됨.** • "중앙고속도로 제천~원주간 확장공사 실시설계도 제16공구(판부~원주) 2000.9"를 참조함. **→ 검토결과, 설계도면은 당시 설계기준에 적합하게 작성된 거승로 검토되었으며, 종·평면도, 단면도, 상부 구조물도, 강상형 구조도, 강종 상세도가 적정하게 작성된 것으로 검토됨.**	설계도서관리 시스템
	◈ 백운1교(춘천) • "대구~춘천간 고속도로 건설공사 구조도(준공도) 제7공구(Ⅲ-1, Ⅱ) 1995."를 참조함. **→ 검토결과, 설계도면은 당시 설계기준에 적합하게 작성된 것으로 검토되었으며, 종·평면도, 단면도, 상부 구조물도, 강상형 구조도, 강종 상세도가 적정하게 작성된 것으로 검토됨.**	
시공 관련자료 검토	• 백운1교(부산, 춘천)은 유지관리기관 보관자료와 시설물유지관리시스템(FMS)에 보유자료가 없는 것으로 확인됨.	설계도서관리 시스템
기 정밀안전진단 유지관리방안	◈ 백운1교(부산) • 교량 주부재 및 보조부재 국부적 강재 부식 및 도장박리 **→ 손상의 진전여부 및 2차 손상여부** • 우수유입으로 인한 강재의 부식발생 유발 **→ 동판설치를 제안했으므로, 설치상태 확인 및 손상 진전여부**	설계도서관리 시스템
	◈ 백운1교(춘천) • AR 콘크리트 거더(S2) 중앙부 균열(0.2mm미만) 발생부 **→ 손상의 진전여부 및 2차 손상여부** • 거더 복부 수직균열(0.3mm이상) 발생부 **→ 손상의 진전여부 및 2차 손상여부** • 신축이음장치(A2) 누수 여부 **→ 보수 후 누수흔적(열화) 및 2차 손상여부** • 갓길측 포장열화(망상균열, 소성변형, 들뜸 등) 발생부 **→ 포장열화에 따른 누수/백태의 진전여부 및 2차(강재부식) 손상여부**	

【표 2.23】 백운1교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약(계속)

구 분		자료분석 결과요약(백운1교(부산))	비 고
사전 답사	거더 및 리브	• 강재 부식 및 볼트체결부 부식   → 손상원인(우수유입경로 등) 및 손상의 진전여부 확인	
	가로보, 세로보 및 브레이싱, 행거	• 선단부 부식 및 볼트체결부 부식   → 손상원인(우수유입경로 등) 및 손상의 진전여부 확인	
	교대 및 교각	• 흉벽부 누수 및 백태, 코핑부 체수, 압성토 사면 기울기 적정성   → 우수유입 경로 및 보수방안 검토, 압성토 사면 기울기 적정성 검토	
	받침 장치	• 받침장치 부식 및 도장박리   → 손상의 진전여부 및 부식에 의한 받침 가동 불량 여부 확인	

【표 2.23】 백운1교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약(계속)

구 분		자료분석 결과요약(백운1교(부산))	비 고
사전 답사	신축 이음	• 신축이음부 토사퇴적 및 길어깨부 체수  **→ 하절기 고온시 유간폐쇄 여부 및 체수에 의한 바닥판 하면 누수 여부 확인**	
	교면 포장	• 포장부 백태, 균열   **→ 포장부 코어채취를 통한 포장 상태 및 방수층 상태 확인**	
	배수 시설	• 교면포장 배수구 토사퇴적  **→ 토사퇴적에 의한 배수불량부 포장부 들뜸 등 손상 확인**	
	방호 울타리	• 보수부 재손상 및 박리   **→ 기보수 이력 확인 및 보수 필요성 검토**	

【표 2.23】 백운1교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약(계속)

구 분		자료분석 결과요약(백운1교(춘천))	비 고
사전 답사	바닥판	• 데크플레이트 마감  → **데크플레이트 마감부 부식 및 누수 손상 발생여부 확인**	
	AR거더	• 복부 철근노출 및 재료분리  → **철근노출 및 재료분리에 의한 추가적인 손상 진전여부 확인**	
	교대 및 교각	• 흉벽부 누수 및 백태, 코핑부 체수, 압성토 사면 기울기 적정성   → **우수유입 경로 및 보수방안 검토, 압성토 사면 기울기 적정성 검토**	
	받침 장치	• 받침장치 부식  → **손상의 진전여부 및 부식에 의한 받침 가동 불량 여부 확인**	

【표 2.23】 백운1교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약(계속)

구 분		자료분석 결과요약(백운1교(부산))	비 고
사전 답사	신축 이음 장치	• 신축이음부 토사퇴적 및 강재부식  → 하절기 고온시 유간폐쇄 여부 및 바닥판 하면 누수 여부 확인	
	교면 포장	• 길어깨 소성변형 및 들뜸  → 포장부 코어채취를 통한 포장 상태 및 방수층 상태 확인	
	배수 시설	• 교면포장 배수구 스틸그레이팅 파손, 토사퇴적   → 배수시설 손상에 의한 포장부 및 바닥판 추가손상 여부 확인	
	방호 울타리	• 보수부 재손상   → 기보수 이력 확인 및 보수 필요성 검토	
	기타 시설	• 전선관 보호 커버 부식 및 파손  → 재설치 필요성 검토	