GOVP1199812980

625.84
L293T
V.2

제2차년도
최종보고서

기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구

Development of Roller-Compacted Concrete Pavement for Construction of Agricultural Roads

1997. 11

서 울 대 학 교

농 림 부

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 출 문

농 림 부 장관 귀하

본 보고서를 "기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법의 개발연구"의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 11. 20

주관연구기관명 : 서 울 대 학 교

총괄연구책임자 : 교수 오 병 환(서울대)

공 동 연 구 원 : 교수 도 덕 현(건국대)

연 구 원 : 전 세 진
김 의 성
조 재 열
유 영
장 승 엽
최 성 철
강 동 옥
김 세 훈
신 정 성
오 윤 식
신 경 준

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

요 약 문

I. 제 목

기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장 (RCCP) 공법의 개발 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구는 농로 정비사업이 활발하게 추진될 전망에 따라 우리나라 농촌 실정에 적합한 포장공법을 연구개발하고자 하는 것으로서, 최근에 외국에서 실용화되고 있는 RCCP(Roller Compacted Concrete Pavement)공법을 국내실정에 맞도록 개발하고자 하는 것이다.

농로는 일반도로와는 상이한 특성을 지니고 있으므로 가까운 일본을 포함한 외국에서는 별도의 농로 포장의 설계시공지침에 따라 시공하는 것이 일반적임에 반하여, 우리나라는 아직 농로의 특성을 고려한 별도의 지침이 확립되어 있지 않고 일반도로의 포장공법에 준함으로써 단위면적당의 공사비가 과다하게 소요되거나, 농로의 특성에 따른 기술적인 문제가 대두될 수 있다.

따라서 본 연구를 통하여 경제적이고 시공성에 따른 공기단축 효과가 있으며, 조기 교통개방도 가능할 뿐 아니라 우수한 내구성을 가지는 것으로 알려져 있는 RCCP의 농로에의 적용 가능성에 대하여 연구개발하는데 본 연구의 목적을 두고 있다.

2015/07/08 09:19—운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구에서는 실내실험 및 현장시험시공을 통하여 RCCP 콘크리트의 최적 배합을 도출하고 RCCP의 성능 및 시공성을 검증하며, 이와 동시에 배합선정 및 운반, 포설, 다짐 등으로 이어지는 일련의 시공과정에 있어 유용한 자료와 기술을 축적하는데 주요목적을 두고 있다. 또한 이러한 연구결과로부터 RCCP에 의한 농로시공지침의 토대를 구축하고자 한다.

최적의 배합은 다짐률 및 물-시멘트비와 압축강도의 관계 규명, 마샬다짐시험의 적용성, 혼화재의 사용에 따른 성능향상 효과 등을 종합적으로 고찰하여 도출하며, 추가적으로 동결융해나 피로 등의 내구성 시험으로 검증한다.

또한 도출된 배합을 현장에 적용하여 시험시공을 실시함으로써 RCCP의 농로에의 적용 가능성에 대하여 고찰함과 동시에 표준화된 시공지침 및 활용방안을 제시하고자 한다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서는 외국에서 최근에 활발히 적용되고 있는 RCCP(Roller Compacted Concrete Pavement)공법을 국내실정에 맞도록 연구개발하였으며, RCCP의 최적배합 도출과 제반 물성에 대한 실험과 함께 현장시험시공을 거침으로써 국내시공을 위한 토대를 구축하였다.

RCCP는 콘크리트를 롤러로 다져 만드는 포장으로서 다짐률이 매우 중요하다. 공업규격에 따른 마샬다짐시험을 통하여 다짐시험을 실시한 결과 약 30회의 다짐을 실시했을 때 목표했던 95%이상의 다짐률을 얻을 수 있었으며, 포장두께가 20cm정도인 경우 같은 다짐횟수에 대한 1단, 2단 다짐 효과의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 제시된 다짐률과 압축강도의 관계, w/c와 다짐률의 관계 및 w/c와 압축강도의 관계 등은 앞으로 현장여건에 맞는 RCCP의 최적배합 선정시 매우 중요한 자료로 활용될 것으로 사료된다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

현장시험시공시 최적배합으로부터 도출된 물-시멘트비 33%의 배합을 사용하였으며, 이 배합은 강도 및 내구성시험을 통하여 검증되었다. 강도시험결과 배합강도인 400kg/cm^{2}을 상회하였으며 우수한 피로저항성을 나타내었다. 또한 적절한 공기량을 확보하여 동결융해시험결과 우수한 내구성지수를 보였다. RCC에 일반적으로 요구되는 바와 같이 95%이상의 다짐률 확보시, 슬럼프는 없었으며 컨시스턴시 또한 현장시공에 적절한 값을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 현장시공시 일부구간에서 사용된 soil-cement 보조기층의 성능을 향상시키고자 여러가지 혼합재료를 사용하여 실험을 실시하였다. 강도와 내구성 시험결과 시멘트계 고화제인 혼합재료가 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났다.

약 400m 구간의 시험시공 후 현장조사를 실시한 결과 포장체의 성능은 양호하며 수축줄눈이 적절한 균열을 유도하고 있음을 관찰할 수 있었다.

실내실험 및 현장시험시공의 성과를 바탕으로 RCCP의 현장시공시의 지침을 마련하였다. 즉, 배합 및 운반, 포설, 전압 및 마무리, 양생 등 RCCP의 각각의 시공과정에 있어 최적의 시공방법을 제시하였다. 여기에는 포장두께, 줄눈간격, 시공이음의 처리, 전압규격 등 시공에 필요한 세부사항을 포함하고 있다. 이 지침은 앞으로 우리나라에서 RCCP를 효율적으로 시공하는데 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

우리나라에서는 지금까지 RCCP가 소개만 되어왔을 뿐 실용화를 위한 연구가 본격적으로 이루어지지 않은 상태이다. 그러나 현장시험시공결과 몇가지 미흡한 점만 개선한다면 포장체의 재료나 콘크리트 플랜트 등 우리나라의 현장조건으로 볼 때 공법을 실용화하는데 대한 취약성은 없을 것으로 기대된다. 무엇보다 RCCP의 본격실용화를 위한 실제현장적용 포장시공연구를 계속적으로 수행하여 활성해나가는 것이 절실히 요망되며, 미비점을 계속적으로 개선해 나갈 경우 비용절감과 더불어 우수한 포장성능을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. RCC의 활용범위는 농로 뿐 아니라 중장비의 주차시설이나 경교통도로, 댐 등으로 다양하므로 앞으로 RCC의 시공기술확립에 따른 파급효과는 매우 클 것으로 기대되고 있다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

SUMMARY

RCC(Roller Compacted Concrete) is relatively new construction method of concrete structures which has wide applications. RCCP(Roller Compacted Concrete Pavement) is constructed by compacting the low water-cement ratio concrete, which is very similar to the construction method of asphalt pavement.

The purpose of the present study is to establish this new method of RCCP construction to apply to the agricultural roads for mechanized farming. To this end, a comprehensive laboratory and field tests have been conducted. The laboratory tests include the exploration of the properties of fresh and hardened RCC to derive the optimum mixture proportion. The durability tests have been also performed.

This optimum mix design is applied to field tests, which have been done to connect the laboratory test results to actual field construction. The test road of 400m length by RCCP has been completed and some field measurements were made.

The field measurements for test road include the crack occurrence, surface texture, and any damage to RCCP. The survey results for the test road indicate that the performance and behavior of RCCP is fairly good. The proposed RCCP method for rural road application makes possible faster construction, earlier opening to traffic, and lower construction cost. The successful application of RCCP to agricultural farming road gives very bright perspective in Korea.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

CONTENTS

CHAPTER 1 INTRODUCTION 10

CHAPTER 2 DEVELOPMENT AND STATE-OF-THE ART · 11

2.1 Development 11

2.2 State-of-the Art 13

2.2.1 Foreign Country 13

2.2.2 Domestic Situation 17

CHAPTER 3 TESTS FOR OPTIMUM MIXTURE PROPORTION OF RCC 18

3.1 Introduction 18

3.2 Test Parameters 21

3.3 Test Results and Analysis 24

3.3.1 Properties of Fresh Concrete 24

3.3.2 Relationship between Compactness Ratio and Strength 26

3.3.3 Relationship between w/c and Compactness Ratio 30

3.3.4 Relationship between w/c and Strength 31

3.3.5 Strength Increase of RCC 32

3.3.6 Effects of Admixtures 33

3.4 Selection of Optimum Mix for Field Application and Additional Strength & Durability Tests 33

3.4.1 Determination of Field Mixture Design 33

3.4.2 Strength Tests 34

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

3.4.3 Durability Tests 38

CHAPTER 4 SUBGRADE TEST FOR RCCP 50

4.1 Introduction 50
4.2 Soil-cement Mixing Test 51
4.2.1 Materials 51
4.2.2 Laboratory Tests 52
4.2.3 In-situ Tests 56
4.3 Test Results and Analysis 57
4.3.1 In-situ Tests 57
4.3.2 Effects of Cement Binding Materials 59
4.4 Summary and Discussion 67

CHAPTER 5 IN-SITU RCCP CONSTRUCTION 70

5.1 Introduction and Construction Plan 70
5.2 In-situ RCCP Construction 73
5.2.1 Batching and Mixing of RCC 75
5.2.2 Subgrade 77
5.2.3 Transporting and Placing 79
5.2.4 Compaction and Finishing 81
5.2.5 Joints 90
5.2.6 Curing 93
5.3 Investigation of Construction Site 94
5.4 Appraisal for the RCCP Test Road 100

CHAPTER 6 CONCLUSION AND FUTURE APPLICATION ·102

APPENDIX

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

목 차

제 1 장 서 론 10

제 2 장 발전과정 및 현황 11

제 1 절 발전과정 11

제 2 절 현 황 13

1. 국외현황 13
2. 국내현황 17

제 3 장 RCC의 최적배합 실험 18

제 1 절 개 요 18

제 2 절 실험변수 21

제 3 절 실험결과 및 분석 24

1. 굳지 않은 상태의 콘크리트 물성 24
2. 다짐률과 압축강도의 관계 26
3. w/c와 다짐률의 관계 30
4. w/c와 압축강도의 관계 31
5. RCC의 강도발현 32
6. 혼화재의 영향 33

제 4 절 현장시공배합의 선정 및 강도·내구성 시험 33

1. 현장시공 배합의 선정 33
2. 강도시험 34
3. 내구성시험 38

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 4 장 RCCP의 보조기층 실험 50

제 1 절 개 요 50

제 2 절 Soil-cement 배합실험 51

1. 사용재료 51
2. 실내시험 52
3. 현지 노상의 조사 시험 56

제 3 절 실험결과 및 분석 57

1. 현지 노상토의 조사시험 57
2. 시멘트계 고화재 및 제 2 첨가제의 강도시험결과 59

제 4 절 실험결과에 대한 요약 및 고찰 67

제 5 장 현장시험시공 70

제 1 절 개요 및 시공계획 70

제 2 절 RCCP의 현장시험시공 73

1. RCC의 배합 75
2. 보조기층 77
3. 운반 및 포설 79
4. 다짐 및 마무리 81
5. 줄눈의 설치 90
6. 마무리 및 양생 93

제 3 절 현장조사 94

제 4 절 현장시공에 대한 평가 100

제 6 장 결론 및 활용방안 102

부 록

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 1 장 서 론

본 연구는 농로 정비사업이 활발하게 추진될 전망에 따라 우리나라 농촌 실정에 적합한 포장공법을 연구개발하고자 하는 것으로서, 최근에 외국에서 실용화되고 있는 RCCP(Roller Compacted Concrete Pavement)공법을 국내실정에 맞도록 개발하고자 하는 것이다.

농로는 일반도로와는 상이한 특성을 지니고 있으므로 가까운 일본을 포함한 외국에서는 별도의 농로 포장의 설계시공지침에 따라 시공하는 것이 일반적임에 반하여, 우리나라는 아직 농로의 특성을 고려한 별도의 지침이 확립되어 있지 않고 일반도로의 포장공법에 준함으로써 단위면적당의 공사비가 과다하게 소요되거나, 농로의 특성에 따른 기술적인 문제가 대두될 수 있다.

외국의 실험자료 및 시공사례를 살펴볼 때, RCCP공법은 기존의 아스팔트 및 콘크리트 포장에 비하여 경제적이고 시공성에 따른 공기단축 효과가 있으며, 조기 교통개방도 가능할 뿐 아니라 우수한 내구성을 가지는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 실내실험 및 현장시험시공을 통하여 RCCP 콘크리트의 최적배합을 도출하고 RCCP의 성능 및 시공성을 검증하며, 이와 동시에 배합선정 및 운반, 포설, 다짐 등으로 이어지는 일련의 시공과정에 있어 유용한 자료와 기술을 축적하는데 주요목적을 두고 있다. 또한 이러한 연구결과로부터 RCCP에 의한 농로시공지침의 토대를 구축하고자 한다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

대한민국국회도서관장서

제 2 장 발전과정 및 현황

제 1 절 발전과정

롤러 다짐 콘크리트 포장(Roller Compacted Concrete Pavement, 이하 RCCP)은 소일 시멘트(soil cement)의 시공기법에 착안하여 처음 제시되었으며, 일반 콘크리트와는 다른 토공전압방식이 사용된다.

롤러 다짐 콘크리트(Roller Compacted Concrete, 이하 RCC)는 1960년에 이탈리아의 Alke Gere Dam에서 처음 사용되었고, 동 연대에 캐나다의 Manicougan I Project에 저급 콘크리트로 적용되었다. 1970년에는 파키스탄의 Tarbela Dam, 1982년에는 Willow Creek Dam에 RCC를 적용한 결과 일반 콘크리트에 비하여 공사비가 1/3규모로 축소되어 전 세계의 관심을 끌게 되었으며, 이후 롤러 다짐 댐(Roller Compacted Dam, RCD)이라는 신조어가 통용되게 되었다.

최초의 본격적인 RCCP의 적용은 1970년대 중반에 캐나다에서였다. 캐나다의 산림업계의 하나인 British Colombia사는 원목분류장의 목재운반, 야적, 처리 과정에서 발생된 목재 부스러기가 하천으로 흘러들어 지방당국으로부터 환경보존에 대한 압력을 받게 되었다. 따라서 원목분류장비의 원활한 작업이 가능하고 하중을 충분히 지지할 수 있는 강도 높은 포장이 요구되게 되었다. 이때 원목분류장비의 총하중은 100톤 정도였다. RCCP의 두께를 35.5cm로 하고, 사용 시멘트는 콘크리트 중량의 8%를 적용하여 일종의 빈배합 RCC를 제조하여 1976년에 Caycuse 원목분류장에 RCCP를 성공적으로 시공하였다.

캐나다에 Caycuse 원목분류장의 RCCP의 성공사례가 보고된 후 미국, 스웨덴 및 캐나다 등에서 원목분류장 포장, 중장비 통행도로 포장, 비행기 주기장

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

및 중장비 주차장, 항구 및 트럭 터미널의 하역장 포장, 중장비 통행로 포장 등에 콘크리트 포장 대용으로 채용되어 공사비를 15~30%정도 절감하는 효과를 얻었으며, 시공성 또한 우수한 것으로 보고되어 다방면에 수요가 증가되게 되었다.

미국에서의 RCC 시험포장의 효시는 1975년 Mississippi주의 미공병단 수로시험소에서 시행된 12×105ft 크기의 도로포장으로서 아직도 양호한 상태로 유지되고 있다. 대규모 포장으로서의 첫번째는 Texas주 Ft.Hood에서 1984년 미공병단 Ft.Worth 지구에 의해 시공된 비행기를 위한 駐機場을 들 수 있으며 그 면적은 63900yd^2이다. 1984년 말에는 캐나다에서의 RCCP 시공의 성공소식에 고무되어 미공병단 Seattle지구에서 Washington주 St. Lewis에 전시용 도로를 건설하였다. 그후 민간건설분야에서 RCCP를 급속도로 받아들였는데 Tacoma와 Denver의 중규모화물야적장, Portland주 Ore의 시가지포장, Boston의 Massachusetts 항만국 산하 dock, Oklahoma주 Hugo의 석탄야적장 등이 그 실적이다. 1987년에는 Austin에서 대규모트럭주차장이, Omaha에서는 화물야적장이 건설되었다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 2 절 현 황

1. 국외현황

일본의 경우 1952~1953년 사이에 삿뽀로-센사이간의 도로에 포장의 보조기층으로 9km정도 RCCP가 시공되었으나, RCCP의 현재 개념보다는 일종의 빈배합 콘크리트에 가까왔다. 그후 오일쇼크를 계기로 높아진 전세계적인 RCCP에 대한 관심과 더불어, 꾸준히 캐나다 등지의 시공사례와 접하게 되었고, 1987년부터 본격적으로 사용되어 1990년까지 300,000m^2의 RCCP가 시공되었다. 일본 최초의 RCCP는 1987년에 오오사까 시멘트 공장에서 시험포장된 것이며, 일본내의 시공기관별 RCCP 시공실적을 그림으로 나타낸 것이 그림 2.1이다. 포장용도별로 보면 일반도로가 시공면적대비 41%로 큰 비율을 차지하고 있지만 아직까지 고속도로에의 사용은 상대적으로 적은 실정이다.(그림 2.2)

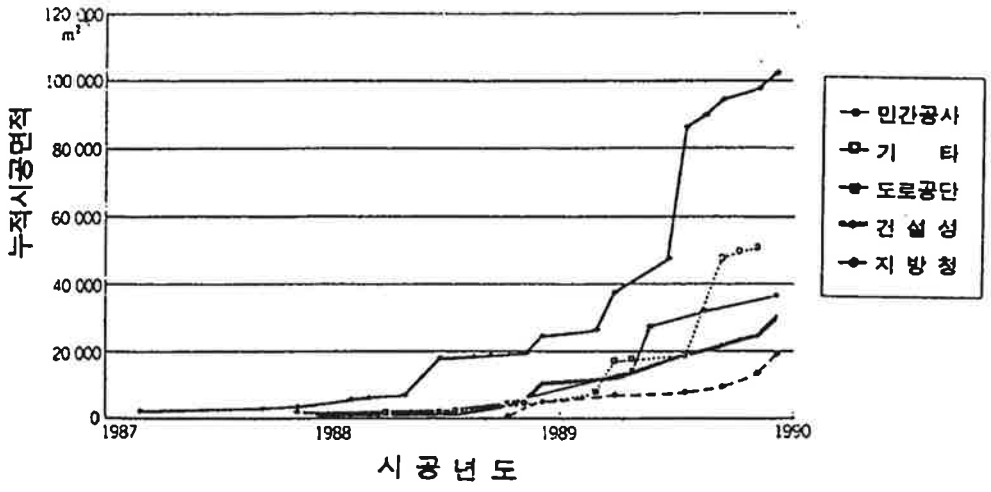
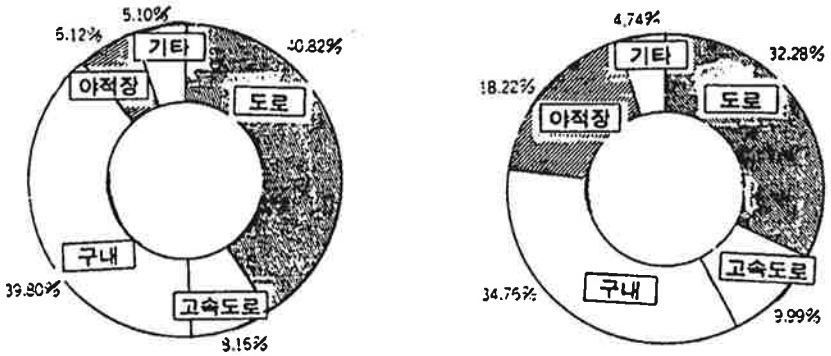


그림 2.1 일본의 기관별 RCCP 시공실적

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...



(1) 적용면적 대비 (2) 사업건수 대비

그림 2.2 일본의 용도별 RCCP의 이용 현황

유럽의 경우 또한 상당량의 시공실적을 갖고 있으며 보고된 자료에 의하면, 스페인에서 4,300,000m^2, 프랑스에서 2,400,000m^{2}의 시공실적이 1987년도에 보고되었으며, 미국의 경우는 400,000m^2, 캐나다는 800,000m^2 정도였다. 이 중 스페인은 RCCP 위에 아스팔트 마모층을 적용하여 고속교통도로의 요구 평탄성을 획득하는 방법으로 고속도로의 포장에도 빈번히 사용하였다.

RCCP의 시공사례 및 실험에 의한 분석을 통하여 RCCP는 다른 공법의 포장과 비교하여 다음과 같은 특성이 있는 것으로 보고되었으며, 표 2.1에서 아스팔트 및 콘크리트 포장과 RCCP의 특성을 항목별로 비교하였다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

① 아스팔트 포장장비를 활용하여 시공 가능

② 변형성이 거의 없어 초기 평탄성을 반영구적으로 유지

③ 마모저항, 강도, 내구성은 일반 콘크리트 포장과 동등하나 빠른 강도발현으로 인하여 조기교통개방이 가능

④ 평탄성의 획득은 일반 콘크리트 포장보다 떨어지지만, 수축줄눈을 다소 긴 간격으로 적용할 수 있다는 점에서는 유리

⑤ 시공능력이 뒷받침할 경우 시공속도면에서 콘크리트 포장보다 우수하며, 공사비가 저렴하고, 사용재료 측면에서 경제적이다.

⑥ 사용할 수 있는 골재의 범위가 넓으며, 일반 콘크리트 포장보다 단위 시멘트량을 적게 할 수도 있다.

⑦ 작업인원수가 적게 요구되며, 인력마무리가 필요치 않다.

⑧ 거푸집이 필요치 않다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김봉나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

표 2.1 각 포장공법의 특성 비교

	아스팔트 포장	콘크리트 포장	RCCP
표층 재료	아스팔트 혼합물	포장용 콘크리트 (슬럼프 4~6cm의 된비빔)	롤러 다짐 콘크리트 (슬럼프 없는 매우 된비빔)
시공장비	아스팔트 페이버 또는 피니셔 다짐장비	거푸집 콘크리트 페이버 및 피니셔 마무리 장비	아스팔트 페이버 또는 피니셔 다짐장비
변형성	중차량 통행시 변형발생 빈번	유동으로 인한 차바퀴의 파임은 없음	유동으로 인한 차바퀴의 파임은 없음
마모성	보통	우수(아스팔트의 약 1/2 정도)	콘크리트 포장과 비슷
색조	흑색	백색 조명효과 (아스팔트보다 유리)	콘크리트 포장과 비슷
주행성	일반적으로 쾌적	줄눈부의 영향 등으로 아스팔트보다 약간 떨어짐	표면의 평탄성 자체는 콘크리트 포장보다 떨어짐 줄눈간격이 긴 점에서는 유리
소음	보통	아스팔트보다 약간 높음	콘크리트 포장과 비슷하거나 약간 높음
평탄성지수 (PrI)	10 (10cm/km)	24 (24cm/km)	48 (48cm/km)
교통개방 시점	아스팔트의 온도가 상온으로 저하시 개방	약 2주 정도의 양생 필요	3일 정도의 양생으로 개방가능 소형차 전용인 경우 보다 조기개방 가능
시공속도	2~4m/min	0.4~0.5m/min	0.5~1.0m/min (시공능력에 따라 상승 가능)
경제성 (콘크리트 포장 기준)	1.1 (원유가에 따라 유동적)	1.0	0.8~0.9

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

2. 국내현황

본 RCCP 공법은 한국도로공사에서 1993년도에 기술지도적인 측면에서 간략하게 소개한 바 있고 이후 실용화를 위한 실험을 수행하였다. 또한 1991년도 농어촌 소득원 도로조사 평가 발표시에도 도입의 필요성이 언급된 바 있고, 그간 몇몇 기관에서 구미 자료를 비롯하여 특히 일본의 최근 자료를 다수 입수하여 기본 물성 및 시공법에 대한 분석과 더불어 기초연구를 수행하였다.

이러한 일련의 노력이 있었지만 지금까지도 RCCP의 기술도입을 위한 시험적인 시공이 이루어졌을 뿐 실용화를 위한 연구가 본격적으로는 이루어지지 않았으며, 축적된 데이타가 부족하여 많은 부분을 외국의 자료에 의존하거나 시행착오에 의존하여 개선해가고 있는 실정이다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 3 장 RCC의 최적배합 실험

제 1 절 개 요

최근들어 포장에 있어 신공법으로 탄생한 롤러 다짐 콘크리트 포장(이하 RCCP)공법은 비교적 최근에 개발되었음에도 짧은 기간 동안에 재료와 시공기술면에서 많은 발전을 이루고 있다. RCCP에 대한 기존의 연구결과, 롤러 다짐 콘크리트(이하 RCC)의 배합은 다음과 같은 특성을 갖는 것으로 알려져 있다.

① 물-시멘트비(w/c)가 작은 무슬럼프 콘크리트를 사용함으로써 건조수축 등 부피변화에 관련된 물성면에서 유리하다.

② 수화열이 적게 발생되어 매시브한 단면으로 시공하는데 유리하고 온도의 영향을 일반 콘크리트보다 적게 받는다.

③ 시멘트량에 따라 강도가 달라지지만 일반 콘크리트와 비교하여 물-시멘트비가 0.3~0.4 정도로 작으므로 강도가 더 크게 발현되며 특히 초기강도의 발현이 빠르다. 내구성 또한 우수한 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 기존의 연구와 시공사례 등을 참조하고 또한 여러 가지 항목에 대한 실험을 거쳐 RCC의 최적 배합을 도출하고자 하였다. 일반 콘크리트의 배합시 참조하는 사항은 슬럼프량, 단위수량, 공기량, 골재의 최대치수, 물-시멘트비, 잔골재율, 강도 등이다. RCC의 배합시에는 이러한 사항들에 부가되

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

어 다짐률이 매우 중요하다. 다짐률은 강도와 직접적인 관계를 가지며 따라서 배합강도를 얻을 수 있는 다짐률을 확보하기에 용이한 배합이 현장시공시 유리한 RCC배합이라 할 수 있다. 다짐률은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{다짐률}(\%) = \frac{\text{배합의 밀도}}{\text{배합의 이론상 최대밀도}} \times 100$$

즉, 다짐률은 RCC의 다짐정도를 나타내는 지표로서 다짐후 단위용적중량의 이론배합(간극율 0%) 단위용적중량에 대한 비인데, 여기에서 배합의 이론상 최대밀도는 배합표에서 $1m^3$에 대한 모든 재료의 무게를 더해서 구할 수 있다. RCC에서 권장되는 다짐률은 95~97% 정도이지만, RCC의 다짐에 대한 표준적인 방법이 제시되어 있지 않으므로 실내실험시 마샬다짐시험 또는 래머다짐시험에 의하거나 바이브레이팅 템퍼와 전동햄머 등을 이용하고 있는 실정이다. 본 실험에서는 45.7cm 높이에서 4.5kg의 래머를 낙하시켜 다짐에너지를 얻는 공업규격에 의한 마샬다짐시험을 이용하여 공시체를 제작하였다. 사진 3.1 및 3.2는 각각 마샬다짐기구와 마샬다짐시험을 실시하는 모습을 보여주고 있다. RCC의 배합실험에 있어서는 무엇보다 다짐법을 표준화하여야 설정된 변수들 간의 관계를 올바로 파악할 수 있다. 또한 다짐기구를 이용하더라도 인력에 의한 영향이 크므로 다짐절차를 표준화하여 다짐에 있어서의 변수들을 최대한 줄이는 것이 바람직하다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

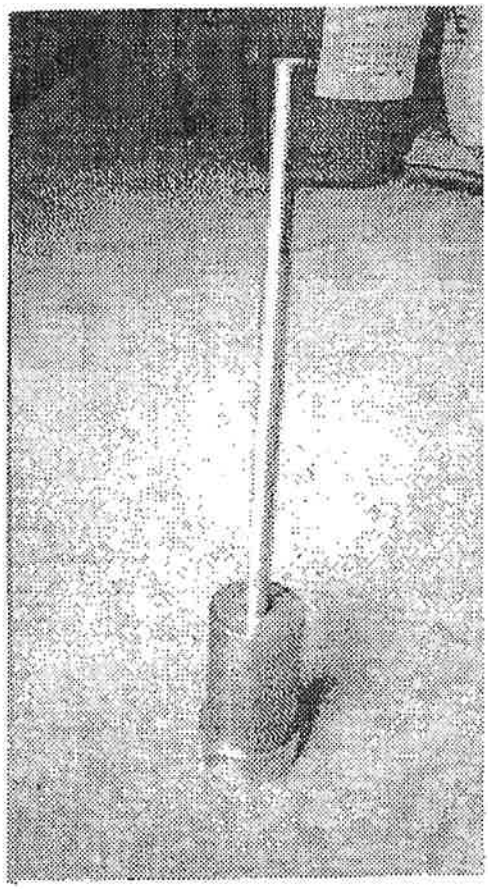


사진 3.1 마샬다짐기구

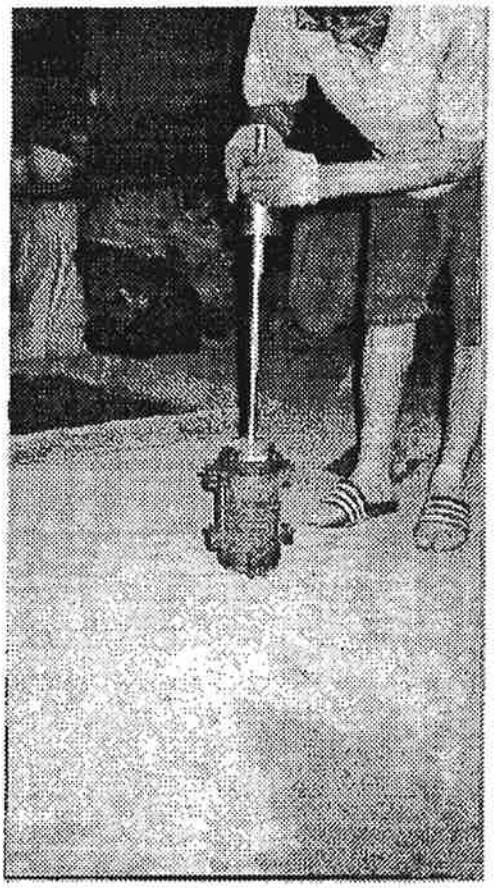


사진 3.2 마샬다짐시험

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 2 절 실험변수

본 연구에서 RCC의 배합설계시 기준삼은 주요한 사항은 다음과 같다.

ㅇ 배합강도는 28일을 기준으로 압축강도의 경우 400kg/cm^2, 휨강도의 경우 58kg/cm^2 이다.

ㅇ 굵은골재의 최대치수는 25mm이고, 잔골재율(s/a)은 42%이다.

ㅇ 물-시멘트비(w/c)는 각각 30, 33, 37%로 변화시켜 본다.

ㅇ 혼화제(고성능 AE감수제)는 시멘트량의 1% 내외로 사용한다.

ㅇ 공기량은 동결융해에 대한 저항성을 고려하여 4~6%정도를 목표로 한다.

ㅇ RCCP의 시공특성상 슬럼프는 생기지 않아야 한다.

ㅇ 다짐률은 RCCP에서 권장되는 값인 95~97%를 목표로 한다.

이러한 사항들을 기본적으로 만족시키면서 다음과 같은 실험변수로서 최적배합을 도출하기 위한 실내실험을 실시하였다.

① 마샬다짐횟수와 다짐률의 관계 및 2단 다짐효과

마샬다짐횟수와 다짐률의 상관관계를 규명하여 소정의 다짐률을 확보하기 위한 최소 마샬다짐횟수를 제안한다. 이것은 RCCP의 실내실험시 공시체의 다

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

짐에 대한 표준적인 방법이 설정되어 있지 않은 현 상황에서 유용하게 쓰여질 수 있다. 또한 실제 포장시공시 포장두께에 따라 1단 또는 2단으로 다짐이 이루어짐을 감안하여 2단 다짐의 효과에 대해서도 실험하였다.

② 다짐률과 압축강도의 관계

다음과 같은 표준배합(w/c=33%)에서 다짐률을 85%~99%까지 변화시켜 본 후 28일 압축강도를 측정하여 다짐률과 압축강도의 상관관계를 고찰한다.

시멘트	물	잔골재	굵은골재	고성능 AE감수제
362.5	119.8	834	1169	3.6

③ 물-시멘트비와 다짐률의 관계

w/c = 30%, 33%, 37%의 배합에 대하여 같은 타격을 주었을 때의 다짐률을 측정한다. 즉, 같은 다짐에너지를 주었을 때의 다짐정도를 측정하여 상관관계를 구한다.

④ 물-시멘트비와 압축강도의 관계

다음과 같이 w/c를 각각 30%, 33%, 37%로 변화시켜 배합한 후 7일, 28일 강도를 측정하여 물-시멘트비와 압축강도의 관계를 고찰한다. 이때 잔골재와 굵은골재의 양은 모두 동일하게 두었다. 여기에서 각 재료의 양은 콘크리트 배합 $1m^3$에 대한 중량(kg)이며, 혼화제는 고성능 AE감수제를 사용하였다.

o w/c = 30%

시멘트	물	잔골재	굵은골재	혼화제
380.4	114.1	834	1169	3.8

2015/07/08 09:19-운영지원과/김봉니래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

o w/c = 33%

시멘트	물	잔골재	굵은골재	혼화제
362.5	119.8	834	1169	3.6

o w/c = 37%

시멘트	물	잔골재	굵은골재	혼화제
341.7	126.4	834	1169	3.4

⑤ 혼화재의 RCC의 적용성 고찰

일반 콘크리트에서 장기강도 향상, 수화열 및 건조수축 감소 등의 우수한 성능을 보이는 플라이 애쉬(fly ash)의 RCC에의 적용성을 고찰한다. 구체적으로 혼화재의 사용이 다짐률에 미치는 영향, 낮은 물-시멘트비가 플라이 애쉬를 사용한 콘크리트의 강도발현에 미치는 영향 등을 고찰한다. 사용된 배합표는 다음과 같으며 물-시멘트비는 33%이고, 플라이 애쉬의 양은 시멘트중량의 30%이다. 혼화재 외의 다른 영향을 배제하기 위하여 단위수량, 잔골재 및 굵은골재의 양은 앞에서 언급한 물-시멘트비 33%의 보통 콘크리트와 동일하게 두었다.

시멘트	플라이 애쉬	물	잔골재	굵은골재	고성능 AE감수제
253.8	108.8	119.8	834	1169	3.6

또한 실내실험결과 최적배합으로 선정된 배합에 대하여서는 휨강도 시험과 더불어 동결융해시험과 피로시험을 포함한 내구성시험을 실시하여 성능을 검증하였다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 3 절 실험결과 및 분석

1. 굳지 않은 상태의 콘크리트 물성

본 연구에서 측정된 굳지 않은 상태의 콘크리트 물성은 다음과 같다.

ㅇ 공기량

공기량 측정기로 표준적인 시험법에 의하여 측정한 결과 배합시에 예상했던 4~6%정도의 값을 보였다.

ㅇ 슬럼프

슬럼프는 없었으며 이는 RCCP의 요건을 만족시키고 있다. 사진 3.3은 다지기 전의 물-시멘트비 33%의 RCC배합을 보여주고 있다. 손으로 잡아도 시멘트풀이 묻어나지 않는 상태이지만, 굵은 골재에 시멘트풀은 전부 코팅된 상태이다.

ㅇ 컨시스턴시(consistency)

공업규격에 의한 Vc진동다짐시험은 시료를 넣은 용기를 진동대에 고정시키고 20kg의 상재용 중추를 투명 아크릴 판에 올려놓은 후 진동을 개시하여 모르터분의 부상을 관찰하는 것이며 시료의 반죽질기, 즉 컨시스턴시를 측정하는 실험이다. 진동개시후 콘크리트는 서서히 다짐이 되고 모르터분은 뜨기 시작한다. 모르터분이 아크릴판의 하부에 접한 후 적절한 시점까지 확장되는 시간을 수정 Vc값(초)이라 한다. 본 연구의 배합 중 물-시멘트비 33%배합의 Vc값은 평균 62초이고, 37%의 배합은 평균 44초로 측정되었다. 즉, 4%의 물-시멘트비의 증가가 Vc값을 18초정도 감소시켰다. 실제 다짐을 통하여 RCC 공시

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

체를 제작시 물-시멘트비 30, 33, 37% 모두 다짐횟수 증가에 따라 표면에 약간의 추출수가 발생하여 표면이 일반 콘크리트와 흡사하게 되며 이는 표면의 평탄성 확보에 도움을 준다.

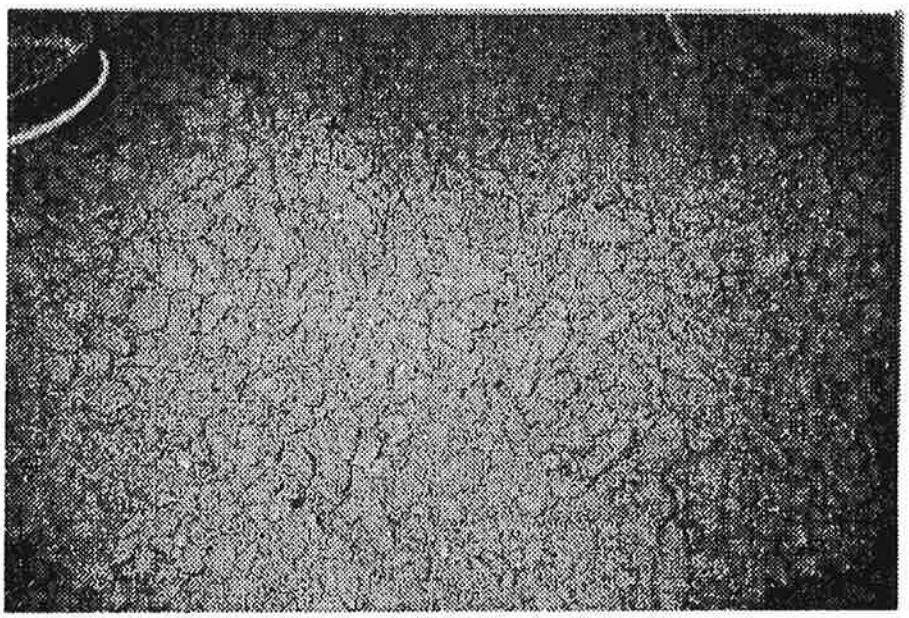


사진 3.3 다지기 전의 RCC배합(w/c=33%)

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

2. 다짐률과 압축강도의 관계

(1) 마샬다짐횟수와 다짐률의 관계

본 연구에서는 실내에서 RCC 배합실험시 10×20cm의 표준공시체 제작에 필요한 마샬다짐횟수를 측정하기 위해 다짐횟수를 임의로 조절하여 85~98%의 다짐률이 나오도록 한 후 회귀분석을 수행하였다. RCC 배합에 있어 변수들의 상관관계를 살펴보기 위해서는 먼저 다짐을 표준화하여 인력의 영향을 최대한 줄이는 것이 필요하며 따라서 본 실험에 앞서 다짐시험의 다짐횟수와 다짐률의 관계를 예비실험을 통하여 파악하고 있어야 한다.

다짐은 공시체의 윗부분까지 콘크리트를 한번에 넣어 1단 다짐을 실시하였다. 시험결과를 분석해 볼 때 물-시멘트비가 33%일 경우 그림 3.1에서 보듯이 목표 다짐률인 95%이상을 확보하기 위해서는 1단 다짐시 마샬다짐시험으로 30회 이상이 필요한 것으로 나타났다. 현장시공시의 전압장비의 규격 및 전압횟수도 마샬다짐시험(4.5kg 래머를 45.7cm에서 낙하)으로 30회이상의 다짐에너지를 확보할 수 있을 정도여야 한다.

(2) 2단 다짐효과

2단 다짐실험은 현장시공시 밑의 층을 포설하고 다진 후 그 위에 위의 층을 포설하고 다지는 2단 다짐효과를 보기 위한 것이다. 예를들어 한층으로 20회 다지는 것 보다 두층으로 각각 10회 다지는 것이 비록 위의 층이 10회밖에 안 다져졌지만 아래층이 더 조밀하게 다져진 관계로 더 높은 다짐률을 가질 수도 있다. 결과를 분석하여 표면에서의 다짐이 밑바닥까지도 제대로 영향을 미치는 최대 깊이를 제시하고 나아가 2단 다짐을 해야하는 최소 두께를 제시할 수도 있다. 각층을 10cm정도로 하여 2단 다짐을 실시한 결과 그림 3.2에서 보듯이 95%이상의 다짐률을 확보하기 위해서는 2단 다짐시 마샬다짐시험으로

2015/07/08 09:25-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

14.5×2회=29회 이상이 필요한 것으로 나타났다. 1단 다짐시에는 같은 조건에서 30회정도였으므로 따라서 포설두께가 20cm정도일 경우(포장두께는 약 15cm) 1단, 2단 다짐에 있어 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 즉, 현장시공시 소정의 다짐률을 확보하기 위한 장비가동은 1단이나 2단 다짐 시공시 거의 동일할 것으로 사료된다.

결과를 고찰해 볼 때, 2단 다짐시 밑의 층은 1단 다짐과 같은 다짐횟수를 갖는데, 처음 절반의 다짐횟수동안에 층두께가 1/2이므로 더 조밀하게 되지만, 위의 층은 1단 다짐때의 횟수의 절반의 다짐을 받게 되므로 덜 조밀하게 되고 이것이 서로 상쇄되어 거의 비슷한 결과를 주는 것으로 사료된다. 하지만 2단 다짐시에는 윗층의 다짐이 상대적으로 덜 이루어져 다짐률의 편차를 크게 만드는 원인이 되며, 그림 3.1과 3.2를 비교해보면 이러한 경향을 알 수 있다. 다짐횟수가 커질수록 같은 다짐횟수에 대한 시편들의 다짐률의 편차는 줄어들 것으로 예상되기 때문이다. 이러한 편차를 고려할 때, 같은 장비가동률이라면 포설두께 20cm(포장두께 15cm)정도에 있어서는 상대적으로 편차가 작은 1단 다짐이 유리한 것으로 사료된다.

그러나 포장두께 15cm정도에서 1단, 2단 다짐이 비슷한 다짐률을 주었으므로 두께가 15cm이상일 경우 2단 다짐을 하는 것이 유리할 것으로 사료된다. 바꾸어 말하면 1단 다짐의 최대포장두께(다진후의 두께)는 15cm정도로 제한하는 것이 바람직하다. 그러나 시공의 용이성이나 시공속도면으로 볼 때에는 1단 다짐을 하는 것이 유리하므로 예비적인 전압을 통하여 어느것이 유리한지 경제성이나 시공성, 포장의 성능 등을 종합하여 판단해 볼 것을 권장한다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

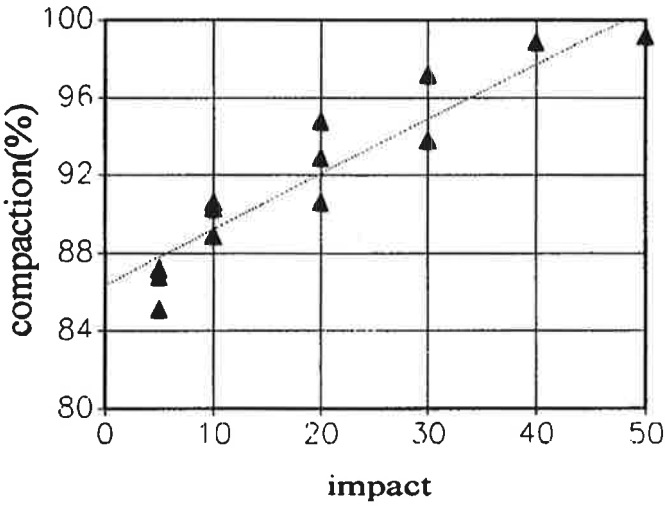


그림 3.1 마샬다짐횟수와 다짐률의 관계(1단 다짐)

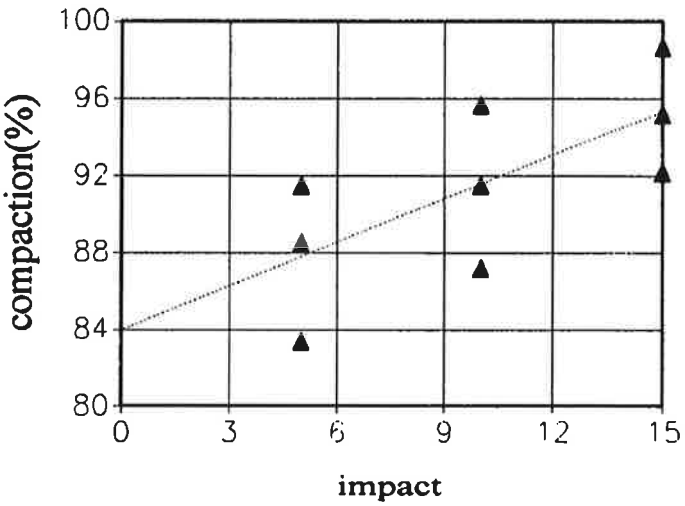


그림 3.2 마샬다짐횟수와 다짐률의 관계(2단 다짐)

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

(3) 다짐률과 압축강도의 관계

그림 3.3에 다짐률과 28일 압축강도의 관계가 나타나 있으며, 물-시멘트비 33%에 대한 것이지만 다른 물-시멘트비에도 큰 차이없이 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 압축강도 시험시 마샬다짐시험으로 만든 시편은 높이가 공시체 높이인 20cm보다 작게 만들어 지므로 ASTM C42-77에 따라 형상(길이/지름)에 따른 강도보정계수를 적용하였다. 시편의 높이는 다짐률에 따라 다르지만 대체로 12~14cm 사이에 있으므로 측정된 강도값에 보정계수 0.95를 곱하였다.

회귀분석을 수행해보면 대체로 다짐률과 압축강도는 선형의 상관관계를 갖고 있으며 배합강도인 400kg/cm^{2}을 얻기 위해서는 97%이상의 다짐률을 확보해야 됨을 알 수 있다. 즉 RCC의 배합강도는 소정의 다짐률이 확보되었을 때의 강도를 의미하며 본 연구에서는 97%를 제안한다.

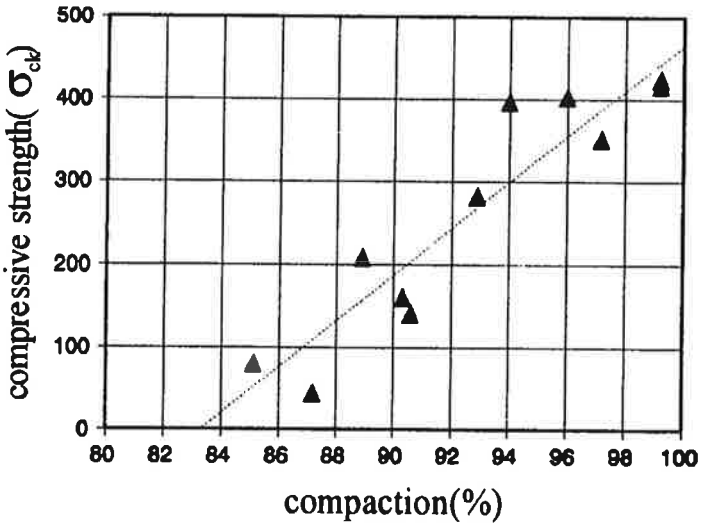


그림 3.3 다짐률과 압축강도의 관계

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

3. w/c와 다짐률의 관계

마샬다짐횟수는 20회로 고정시키고 물-시멘트비를 30, 33, 37%로 변화시켜 다짐률을 측정하였다. w/c와 다짐률의 관계를 볼 때 그래프 상으로는 w/c=37%일 때 같은 타격에 대하여 가장 높은 다짐률을 얻을 수 있었지만 경향은 명확하지 않은 편이다. 즉, 어떤 물-시멘트비에서 특별히 유리한 다짐률을 확보할 수 있는지 명확하지는 않으며, 모두 비슷한 경향을 보이고 있다.

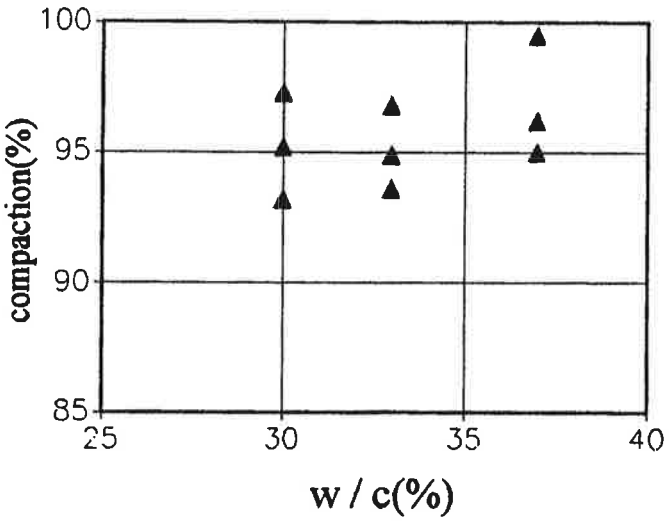


그림 3.4 w/c와 다짐률의 관계

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

4. w/c와 압축강도의 관계

다짐률 95%이상 확보시(마샬다짐횟수 30회이상) 그림 3.5에서 w/c와 압축강도(28일 강도)의 관계를 볼 때, w/c=33%일 때 가장 높은 강도를 얻을 수 있었으나 경향이 명확하지는 않았다. 그러나 적어도 일반 콘크리트와 같이 물-시멘트비와 강도가 반비례하지는 않았다. 본 RCCP의 연구에서 물-시멘트비가 30%일때의 강도가 33%일때의 강도보다 낮은 값을 준 이유는 물-시멘트비가 매우 낮을 경우 골재와 시멘트와의 결합이 불충분한 곳이 생길 수 있기 때문이라고 사료된다. 즉, 물-시멘트비가 0.3~0.4정도로 매우 낮을 경우 물-시멘트비 자체보다도 주변 여건이나 시편제작과정에 의해 강도가 민감하게 영향을 받을 수 있으므로 물-시멘트비의 영향을 명확히 가려내기가 쉽지 않다고 판단된다.

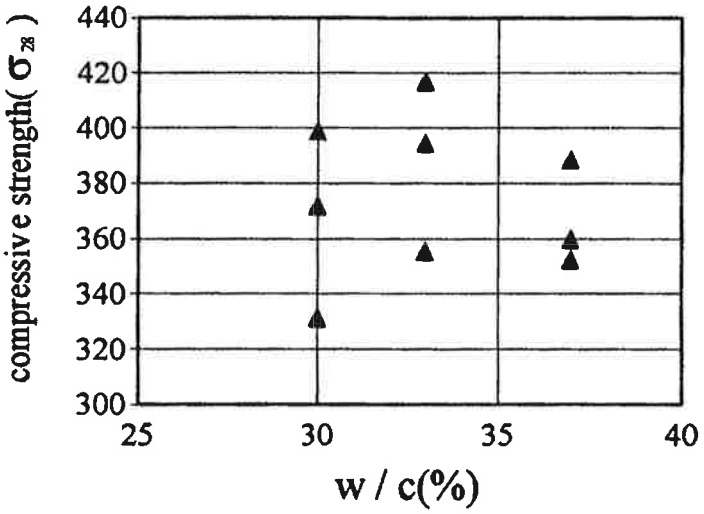


그림 3.5 w/c와 압축강도의 관계(28일 강도)

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

5. RCC의 강도발현

그림 3.6에 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 일반 콘크리트의 강도발현곡선과 더불어 물-시멘트비 33%의 RCC 배합의 2, 4, 7, 28일 강도가 28일 강도에 대한 %로 나타나 있다. 그림에서 보듯이 본 RCC 배합은 일반 콘크리트보다 조기강도가 월등히 빠르게 발현되고 있음을 알 수 있다. 일반 콘크리트의 7일 강도는 28일 강도의 약 70% 수준이지만 본 RCC 배합은 약 90% 수준을 보여주고 있다. 물론 강도발현 수준은 시멘트량이나 물-시멘트비 등에 따라 달라질 수 있지만 예비적인 실험을 통하여 RCC 배합의 강도발현수준을 미리 파악하면 교통개방 가능 시점도 판단할 수 있다.

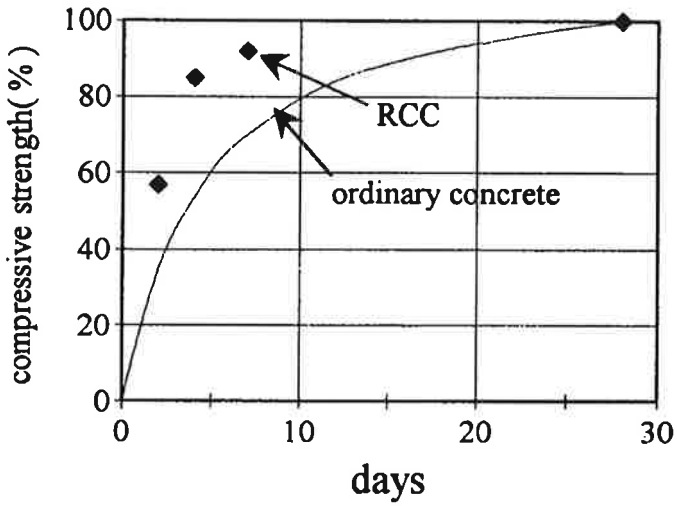


그림 3.6 일반 콘크리트와 RCC의 강도발현

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

6. 혼화재의 영향

앞서 언급하였듯 물-시멘트비를 33%로 하고, 시멘트 중량의 30%를 플라이 애쉬로 대체하여 혼화재의 영향을 고찰하였다.

마샬다짐을 20회 실시하였을 때 플라이 애쉬 콘크리트의 평균 다짐률은 90%로서 일반 콘크리트의 평균 95%와 비교하여 낮은 다짐률을 주었다. 이는 현장시공시 일반 콘크리트에 비하여 다짐을 더 해주어야 동일한 다짐률을 확보할 수 있음을 의미한다. 또한 강도시험을 실시한 결과 플라이 애쉬를 사용한 배합은 일반 배합과 비교하여 조기강도 및 28일 강도가 70%선을 넘지 못하였다.

플라이 애쉬를 사용한 RCC에 대해서는 다양한 실험변수로서 추가적으로 많은 연구가 이루어져야 하겠으나 본 연구에서는 다짐률 및 28일 이하의 강도가 일반 RCC보다 떨어지고 있는 것으로 나타났다.

제 4 절 현장시공배합의 선정 및 강도·내구성 시험

1. 현장시공 배합의 선정

본 절에서는 실내 예비실험결과를 참조하여 현장시공시의 배합을 선정하였다. 배합은 같은 다짐률에 대하여 가장 높은 강도를 보였던 물-시멘트비 33%의 배합이며 앞서 언급했듯 굵은 골재의 최대치수는 25mm이다. 19mm 골재를 사용할 때 더 높은 평탄성을 얻을 수 있을 것으로 기대되지만 본 현장시험시공의 용도가 고속주행용이 아닌 농로이므로 일반적으로 쓰이는 25mm골재

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

를 사용하였다. 현장시공 배합에 대하여서는 다음과 같은 추가의 강도시험과 내구성시험을 실시하여 성능을 검증하였다.

2. 강도시험

(1) 압축강도시험

압축강도시험은 KS F 2405 콘크리트의 압축강도시험의 규정에 따라 수행하였다. 사진 3.4는 압축강도시험장면이다. 실험시편은 10×20cm 원형공시체이고, 제작한 시편은 시험전까지 25℃의 수조에서 습윤양생을 시킨 후 MTS 시험기로 압축강도를 측정하였다. 하중재하는 변위제어방법으로 행하였고 1.3mm/min의 속도로 재하하였다.

압축강도의 응력-변형도 곡선은 그림 3.7과 같다. 시험결과 28일 배합강도는 413kg/cm^{2}으로서 설계압축강도인 400kg/cm^{2}을 상회하고 있는 것으로 나타났다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

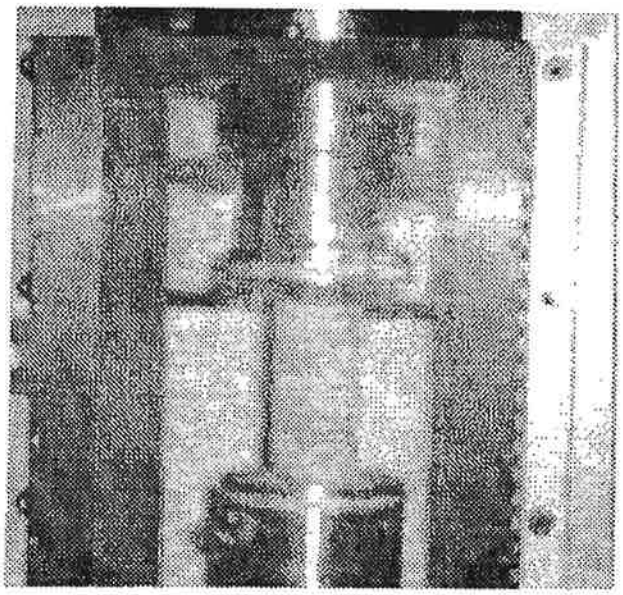


사진 3.4 압축강도시험장면

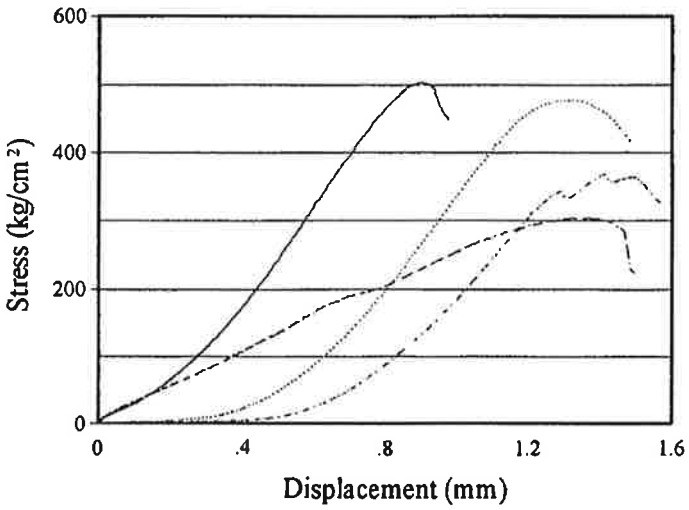


그림 3.7 압축강도의 응력-변형도 곡선(28일)

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

(2) 휨강도시험

10×10×50cm의 크기를 갖는 시험체를 제작하여 정적 휨인장강도시험을 수행하였다. 휨강도 시편 제작시 사진 3.5와 같이 다짐을 위하여 제작한 보조기구를 사용하였다. 사진 3.6은 완성된 휨강도시험용 시편을 보여주고 있다.

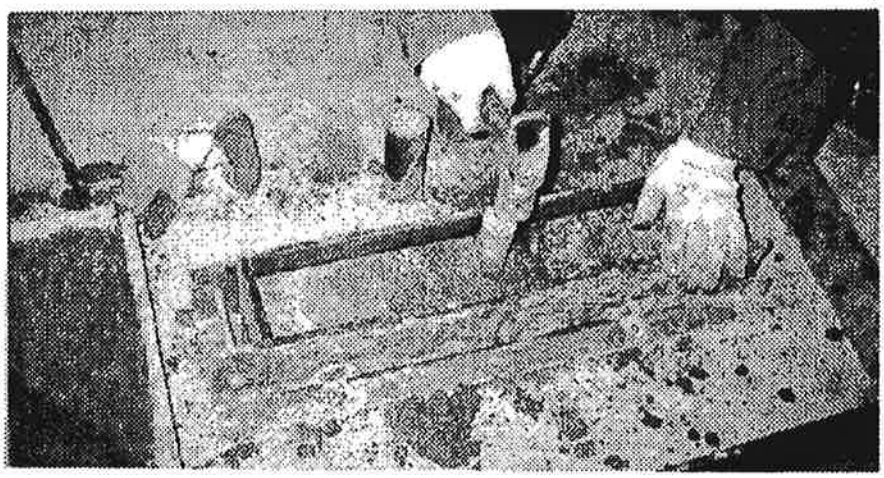


사진 3.5 RCC의 휨강도 시편 제작과정

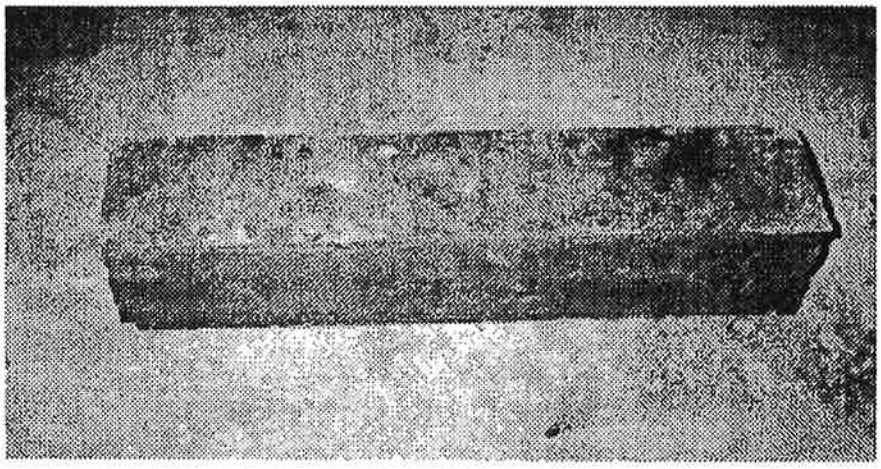


사진 3.6 완성된 휨강도시험용 시편

2015/07/08 09:19-운영지원과/김봉나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

정적 휨인장강도시험은 3점 휨시험, 4점 휨시험이 있으나, KS F 2408 콘크리트의 휨시험의 규정에 따라 그림 3.8과 같이 4점 휨시험을 실시하였다. 50cm의 시편길이 중 휨을 받는 지간의 길이는 45cm이다. 휨시험은 MTS사의 시험기를 사용하였고 하중의 재하속도는 0.5mm/min였다.

그림에서 얻은 극한하중(두 하중의 합)이 P일 경우 휨인장강도(modulus of rupture)는 다음식에 의하여 계산할 수 있다.

$$f_r = \frac{Pl}{bd^2}$$

여기서, f_r : 휨강도 (kg/cm^2)

P : 극한하중 (kg)

l : 지간길이 (cm)

b : 시편의 폭 (cm)

d : 시편의 높이 (cm)

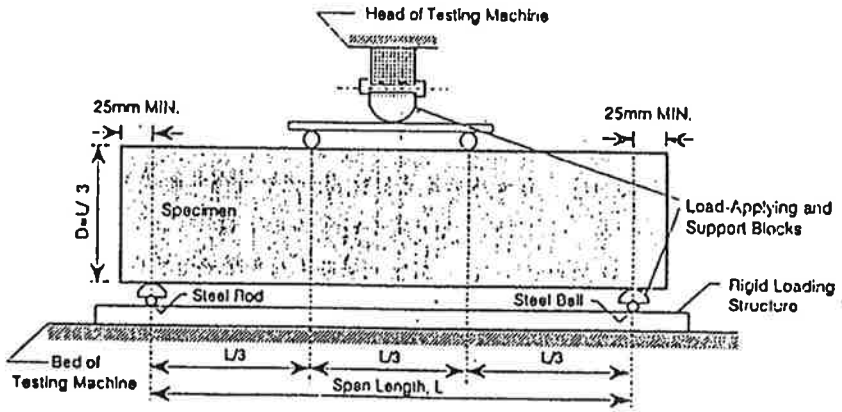


그림 3.8 4점 휨인장시험

2015/07/08 09:19- 운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

휨강도의 응력-변형도 곡선은 아래의 그림 3.9와 같다. 28일 휨강도는 67kg/cm^{2}으로서 설계휨강도인 58kg/cm^{2}을 상회하고 있다.

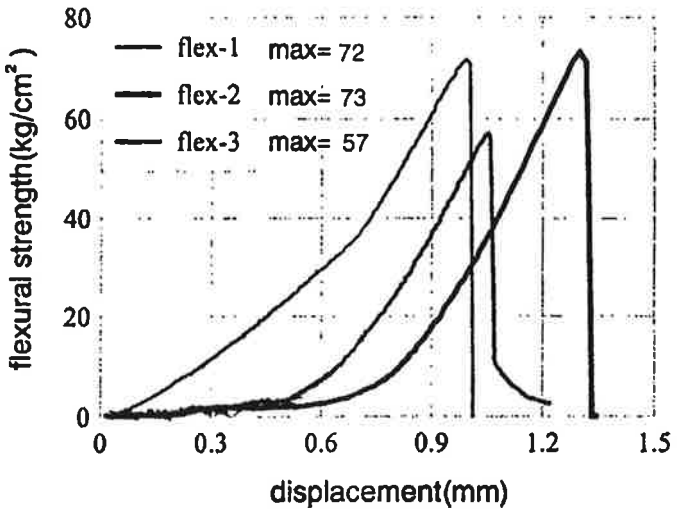


그림 3.9 휨강도의 응력-변형도 곡선(28일)

3. 내구성시험

(1) 동결융해시험

① 동결융해의 메카니즘

콘크리트 구조물은 노출되는 환경과 구조물 자체의 내적원인에 의하여 동결융해환경에 대하여 성능저하를 일으키며 보편적인 경우 콘크리트 표면에서의 박리나 탈락 등을 일으킨다. 또한, 콘크리트 구조물의 시공 및 구조적인 결함은 이러한 손상을 더욱 심화시킨다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

기존의 연구결과에 의하면 동결융해저항성을 증진시키기 위해서는 AE제를 첨가하여 콘크리트 내부에 공기연행을 시키는 방법이 가장 적절한 것으로 알려져 왔으며 따라서 본 시험에서는 고성능 AE감수제를 시멘트량의 1% 첨가하여 목표 공기량을 확보하고자 하였다. 롤러 다짐 콘크리트의 실내시험시 측정된 공기량은 4~6%정도이며, 이는 동결융해저항성을 고려한 목표 공기량에 부합되고 있다.

② 시험방법

본 시험의 시편은 8×10×40cm의 각주형이고 28일간 25℃로 수중양생을 한 후 동결융해시험을 수행하였다. 동결융해작용에 의한 콘크리트의 성능저하 및 내구성을 측정하기 위한 시험은 콘크리트 시편에 간극수의 빙점 이하의 온도, 빙점 이상의 온도를 주기적으로 가하는 시험으로 KS F 3456(급속동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험법), ASTM C666(Resistance of concrete to rapid freezing and thawing)에 표준시험방법이 제안되어 있다.

구체적인 시험은 두가지 과정으로 수행할 수 있는데 시험방법 A는 수중급속 동결융해시험, 시험방법 B는 공기중에서 급속동결하여 수중에서 융해하는 방법이다. 두 방법 모두 규정된 시험절차에 의해 콘크리트의 동결융해저항성의 변동을 결정하는데 그 의도가 있으나, 직접적으로 특정한 콘크리트 구조의 사용연한에 대한 정성적인 예측을 의도하는 것은 아니다. 일반적으로 수중급속 동결융해시험법이 공기중 급속 동결융해시험법보다 더 큰 성능저하를 유발하는 것으로 알려져 있다. 본 시험은 수중급속 동결융해시험법에 따라 수행하였다.

이 동결융해시험법은 콘크리트가 충분히 포화되어 있지 않고(즉 임계포화도보다 낮은 포화도로 동결융해손상을 받지 않을 정도), 동결융해에 대한 충분한 저항성을 가진 골재가 사용되었으며, 동결융해에 의한 심각한 손상이 일어

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

나지 않는다는 가정이 내포되어 있다.

시험에 필요한 장치 및 기구로는 우선 시편이 규정된 동결융해 주기 즉, 냉각과 가열을 받을 수 있는 장치가 부착된 실험조가 있어야 하는데, 이는 동결과 융해가 자동으로 반복되어야 한다. 시험방법 A가 사용될 경우, 시편은 항상 1mm이상 3mm이하 두께의 물에 덮혀 있어야 하고, 시험방법 B는 동결시는 공기중에, 융해시는 침수되어 있어야 한다. 그리고, 온도측정장치(thermocouple)와 동탄성계수 측정장치가 있어야 한다.

KS, ASTM, JIS, BS의 각 규정에서 제안된 시험방법의 최저, 최고 온도는 KS, ASTM의 경우 각각 -17.8±1.7℃, 4.4±1.7℃이고 BS의 경우에는 -15±3℃, 16.6±6℃이며 JIS는 -18±2℃, 5±2℃이다. 공시체의 크기는 KS, ASTM에서는 76~127mm의 높이와 폭에 356~406mm 길이를 갖는 각주형, BS에서는 45mm의 높이와 폭에 225~305mm 길이를 갖는 각주형, JIS는 100mm의 정방형 각주를 사용하며 굵은 골재치수의 3배 이상을 요구하고 있다. 본 동결융해시험은 KS와 ASTM의 규정을 기준으로 행한다.

동결융해시험 이후의 손상은 일정한 주기로 동탄성계수를 측정하여 판단하는데, 동탄성계수는 초음파 속도법, 공명진동수 측정법으로 판정하고, 본 시험에서는 초음파 속도법에 의하였다. 시험은 300주기를 원칙으로 수행하며 상대동탄성계수가 60%이하인 경우 시험을 종료한다.

초음파 속도법에 의한 동탄성계수 측정(ASTM 597)은 음속을 측정하여 동탄성계수를 구하며, 동탄성계수와 압축강도와의 관계식을 이용하여 압축강도도 추정할 수 있다. 금속재료의 초음파 속도법은 주로 재료 내부의 결함의 발견에 사용되고 있는 반면, 콘크리트의 경우에는 결함의 발견 외에 구조체 콘크리트의 균일성의 판정, 품질변화의 조사, 압축강도의 추정 등에 이용된다. 그림 3.10은 초음파속도 측정장치의 개요를 나타낸 것이다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

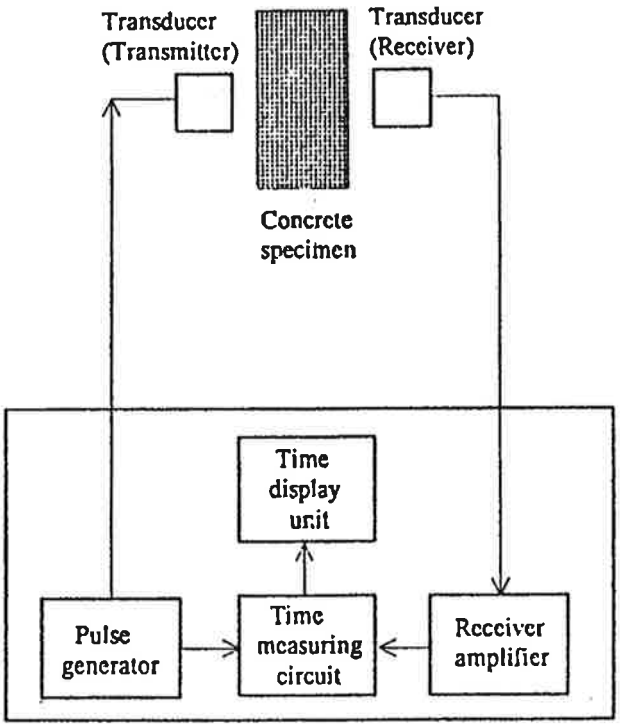


그림 3.10 초음파속도 측정장치의 개요

초음파 측정방법은 다음과 같은 순서에 의하여 행한다.

- o 먼저 교정용(calibration) 기준자를 이용하여 측정 장치의 교정을 행한다.
- o 발진자를 그리이스 등으로 콘크리트 표면에 밀착시켜 초음파의 펄스(pulse)를 공시체에 발사하고 이것을 상대면에 밀착시킨 수신자에 의해 수신한다.
- o 초음파 펄스의 발신시와 수신시의 시간적 차이를 측정하여 전파거리를 전파시간으로 나누어 콘크리트중의 파속을 구한다. 콘크리트의 경우는 진동수 20~200kHz 정도의 범위가 적당하다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

초음파속도와 동탄성계수는 다음 식으로 구한다.

$$V_l = \frac{l}{t}$$

$$E_p = \frac{V_l^2 \rho (1 + \nu_D)(1 - 2\nu_D)}{g(1 - \nu_D)}$$

V_l : 초음파의 전달속도 (cm/sec)

l : 전파길이(cm)

t : 전파시간(sec)

E_p : 동탄성 계수 (kgf/cm^2)

ρ : 콘크리트의 밀도(kg/cm^3)

g : 중력가속도(cm/sec^2)

ν_D : 동 포아송비(통상 0.2)

동결융해주기에 노출된 콘크리트 시편을 일정한 주기간격으로(통상 초기는 10주기, 이후 20~30주기) 동탄성계수를 측정하여 성능저하를 판단한다. 측정주기마다 초음파 속도법에 따라 동탄성계수를 측정한 후 다음 식에 의해 내구성지수를 산정하고 아울러 내구성지수가 60%이하일때의 질량감소율을 측정한다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

내구성 지수 ; $DF = \frac{P \times N}{M}$

질량감소율 ; $W_n = \frac{W_o - W_a}{W_o} \times 100$

여기서, P : 동결융해 N회 반복에서 상대동탄성계수(%)

W_o, W_a : 동결융해 개시직전과 N회 반복후의 공시체의 질량

N : 상대동탄성계수가 60%가 되는 반복회수 또는 300회중 적은것

M : 원칙적으로 300회

계산된 내구성지수의 범위에 따라 다음의 표와 같이 동결융해시험결과를 평가할 수 있으며 또한 길이변화율과 질량감소율도 동결융해저항성에 대한 평가기준이 될 수 있다.

표 3.1 동결융해저항성의 평가

DF_{300}	평가
40이하	동결융해저항성 부족함
40~60	동결융해저항성 의심스러움
60이상	동결융해저항성 만족

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

③ 동결융해시험결과

300회의 동결융해작용을 주었을 때의 초음파 측정치, 동탄성계수, 내구성지수의 변화되는 값들이 표 3.2 및 그림 3.11에 나타나 있다. 표 3.1의 내구성지수에 대한 평가를 참조하여 본 배합의 동결융해시험결과를 평가하면 내구성지수가 60이상이므로 동결융해저항성을 만족하고 있다.

표 3.2 동결융해시험결과

횟수(사이클)		1 (0)	2 (10)	3 (20)	4 (40)	5 (70)	6 (100)	7 (140)	8 (180)	9 (220)	10 (260)	11 (300)
초음파 측정치(μs)	시편 1	81.5	82.0	82.5	82.7	82.4	82.6	82.6	84.0	85.7	89.6	90.4
	시편 2	75.2	76.1	77.8	78.5	80.9	81.2	81.0	83.3	87.4	91.2	92.4
	시편 3	81.2	82.0	83.2	83.3	85.2	86.3	87.1	88.2	90.1	92.7	91.2
동탄성계수 (kg/cm^2) $\times 10^5$	시편 1	5.928	5.856	5.785	5.757	5.799	5.771	5.771	5.581	5.361	4.905	4.818
	시편 2	7.078	6.911	6.612	6.495	6.115	6.070	6.100	5.768	5.240	4.812	4.688
	시편 3	6.041	5.923	5.754	5.740	5.487	5.348	5.250	5.120	4.906	4.635	4.788
내구성지수	시편 1	100	98.8	97.6	97.1	97.8	97.4	97.4	94.1	90.4	82.7	81.3
	시편 2	100	97.6	93.4	91.8	86.4	85.8	86.2	81.5	74.0	68.0	66.2
	시편 3	100	98.0	95.2	95.0	90.8	88.5	86.9	84.8	81.2	76.7	79.3
	평균	100	98.1	95.4	94.6	91.7	90.6	90.2	86.8	81.9	75.8	75.6

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

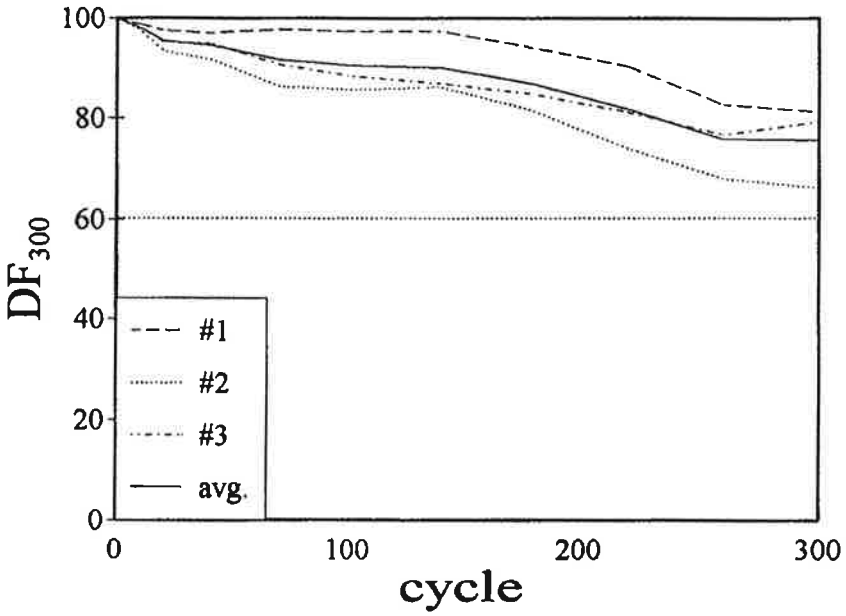


그림 3.11 표준배합의 내구성지수

(2) 피로시험

① 피로하중의 개념

대부분의 구조물은 사용시 변동하중 상태에 놓이는 경우 변동응력이 발생하며, 이때 변동응력이 그 재료의 정적 강도보다 상당히 작은 값이라도 오랫동안 반복되면 파괴에 이르게 된다. 이러한 현상을 피로 파괴(fatigue failure)라고 한다. ASTM에 규정한 피로의 정의는 "피로응력이나 반복변형을 받아 구조물의 일부에서 점진적인 영구변형이 생기고 상당한 기간동안 반복되면 균열이 생기거나 완전 파괴에 이를 수도 있는 현상"이다.

현대산업의 발전으로 인해 교통수단이 고속화되어서 구조물에 주는 진동주기는 대단히 짧아지고, 이와 반대로 진폭은 대단히 커졌으므로 이러한 차량하

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

중으로 인한 도로 등의 구조물의 피로파괴를 고려해야 한다. 또한 지속적인 파랑하중을 받는 해양구조물 역시 이러한 피로파괴의 문제가 야기된다. 이러한 차량하중, 파랑하중 등의 반복하중을 받는 도로, 철도, 교량이나 지하매설 구조물에 콘크리트의 사용이 증가되면서 이러한 구조물의 피로에 대한 관심이 점차로 증대되어 왔다.

콘크리트의 피로특성에 영향을 미치는 인자는 콘크리트의 강도, 콘크리트의 단면 크기, 하중의 재하주기, 응력비, 재하도중의 휴지시간, 하중의 재하순서 등을 들 수 있다. 지금까지 연구된 바로는 콘크리트의 강도, 콘크리트의 단면 크기, 하중의 재하주기 등의 변화는 콘크리트의 피로특성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 밝혀졌다. 그러나 응력비, 재하도중의 휴지시간, 하중의 재하순서 등은 콘크리트의 피로특성에 상당한 영향을 미치는 것으로 규명되었다.

② 시험방법

앞서 10×10×50cm의 크기를 갖는 시험체를 제작하여 정적 휨인장강도시험을 수행하였으며 여기에서 산출된 휨인장강도에 근거하여 피로시험을 수행하였다. 피로시험을 위한 시편은 정적 휨인장강도시험시와 동일한 크기이다.

본 피로시험에서는 응력수준을 정적 휨인장강도의 65%, 75%, 85%로 변화시켜가며 피로하중상태의 구조거동을 고찰하였다. 이 시험결과에 따라 파괴시의 하중반복횟수와 응력수준과의 관계를 나타낸 곡선이 S-N곡선이다. 시편의 하중재하방식은 정적 휨인장강도시험과 동일한 4점 휨시험이며 MTS사의 피로시험기로 시험을 수행하였다.

휨 피로시험은 일정한 진폭과 주기를 가진 반복하중으로 시편이 파괴될 때까지의 반복횟수를 구하여 이를 피로수명으로 정하였다. 피로시험 하중의 파형은 Sine파이고 최소반복하중 $(f_r)_{min}$는 0이며 진동수는 300cycle/min이다.(그림 3.12)

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

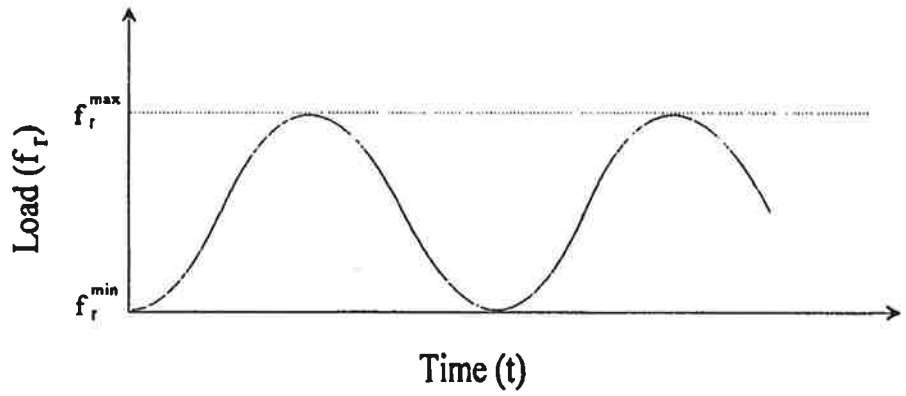


그림 3.12 피로시험의 하중(Sine파)

③ 피로시험결과

RCC의 피로시험에 대한 기존의 연구결과에 의하면 RCC의 피로거동은 일반적인 콘크리트와 유사하다. RCC의 피로에 대한 일반적인 설계값의 한 예는 표 3.3과 같다.

본 배합에 의한 휨공시체의 피로시험 결과는 그림 3.13과 같다. 응력비는 65%, 75%, 85%로 변화시키면서 피로시험을 수행하였으며 RCC에 대한 설계 S-N 곡선과 비교하였다. 피로시험 결과 각각의 응력비에서 모두 설계 S-N 곡선의 범위를 만족하고 있었다.

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

표 3.3 응력비와 허용하중반복횟수

응력비*(%)	허용반복횟수	응력비(%)	허용반복횟수
41**	465,000	65	950
42	360,000	66	740
43	280,000	67	570
44	210,000	68	440
45	165,000	69	340
46	130,000	70	260
47	100,000	71	215
48	76,000	72	165
49	59,000	73	130
50	46,000	74	100
51	35,000	75	75
52	27,000	76	60
53	21,000	77	45
54	16,000	78	35
55	12,000	79	30
56	9700	80	21
57	7500	81	17
58	5800	82	13
59	4500	83	10
60	3500	84	8
61	2700	85	6
62	2100		
63	1600		
64	1200		

* : 휨응력/휨강도

** : 40%보다 작으면 하중반복횟수에 제한없음

$$\text{응력비} = -0.089894 \times \text{Log}_{10}(\text{허용반복횟수}) + 0.91947$$

2015/07/08 09:19-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

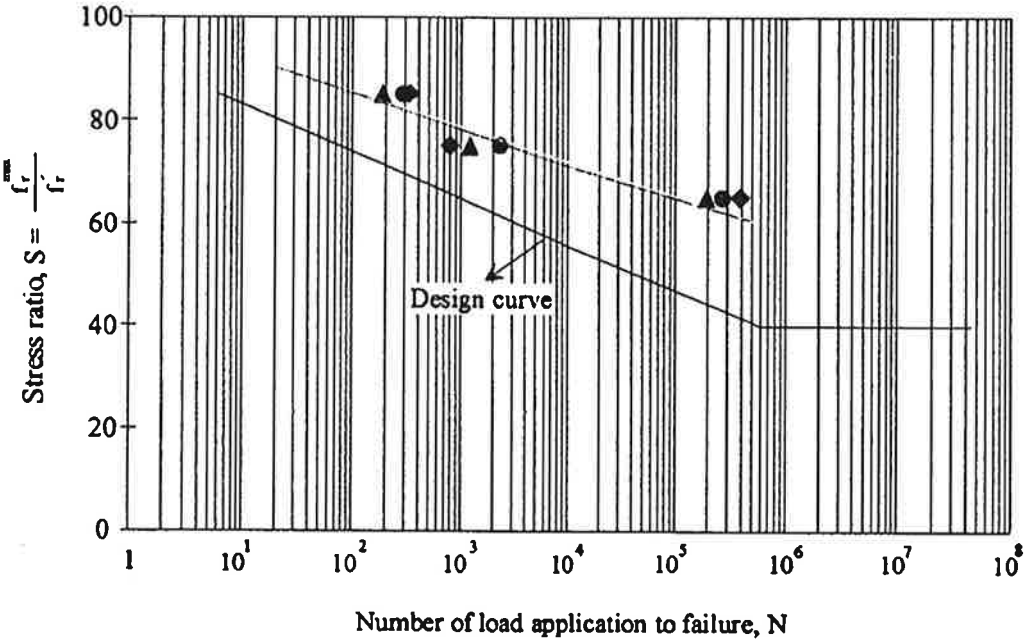


그림 3.13 표준배합의 S-N 곡선

2015/07/08 09:19-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 4 장 RCCP의 보조기층 실험

제 1 절 개 요

일반 콘크리트 포장의 보조기층 재료로는 입도조정쇄석, soil-cement 등이 쓰인다. 본 연구에서는 soil-cement와 관련하여 여러 가지 검증 실험을 거쳐 우수한 성능을 가지는 재료를 찾고 적절한 혼합비를 제안하고자 한다. 노상이 양질토가 아닌 연약지반으로 이루어졌을 때는 soil-cement의 성질을 개선하기 위하여 각종 시멘트계 고화제를 사용하는 경우가 많으며, 이들 제품은 연약지반처리 기능 뿐 아니라 보조기층의 강도증진재로서의 효과도 기대되며 공비절감을 기할 수 있다고 한다.

Soil-cement 안정처리공법은 도로공사 표준시방서에서도 설계시공 품질관리 기준 등이 제시되어 있다. 본 대상구간인 농촌 기계화 경작로 포장의 경우 노폭이 3m 정도로 비교적 좁고 시공규모가 크지 않으며 지반조사 결과에 따라 구간별로 적절한 안정처리공법의 적용이 불가피한 경우도 있었다. 사토를 하지 않기 위하여 강성표층을 적용할 때 이와 특성이 유사한 준강성인 안정처리공법을 적용할 경우 이론적으로 타당하다는 면에서 시멘트계 안정처리공법을 RCCP 표층 아래 보조기층에 이용하는 방안에 대하여 이론적, 실험적 연구를 시도하였다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 2 절 Soil-cement 배합실험

1. 사용재료

(1) 시료토

본 연구에 사용한 시료토는 총 4가지이며 채취한 장소에 따라 ①~④로 구분하였다.

(2) 시멘트

사용 시멘트는 국내에서 생산되는 보통 포틀랜드 시멘트로서 한국 산업규격에 규정된 품질에 합격한 D제품을 사용하였다.

(3) 시멘트계 고화재

강성포장을 전제로 한 시멘트계 고화재 처리 보조기층을 위하여 실내배합실험에 사용한 시멘트계 고화재는 현재 국내에서 사용되고 있는 A, B, C, D사 제품의 4종류이다.

(4) 제 2 첨가제

Soil-cement 혼합토는 다짐에너지를 증가시켜 다짐밀도를 높이는 것이 기본적으로 바람직하겠으나 소량의 제 2 첨가제를 첨가하여 동일한 다짐에너지에서 최적함수비를 줄이고 최대건조밀도를 크게 함으로써 강도를 증대시킬 수 있다. 또한 시멘트계 고화재 외에 동결융해에 대한 저항성을 증진시키기 위하여 석고, MgO 등의 첨가제를 사용하였다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

2. 실내시험

(1) 토성시험

4개지구의 흙을 채취하여 실내에서 자연함수비, 비중, 액성, 소성한계, 체분석, 입도분석 등을 통하여 대상시료의 토성을 통일분류에 의해 분류하였으며, 이밖에 필요한 시험은 KS F에 준하여 각각 실시하였다. 또한 압축강도 시험용 공시체 제작에 앞서 시멘트계 고화재를 소정량 첨가하여 최적함수비(O.M.C.) 및 최대건조밀도($\gamma_{d_{max}}$)를 얻기 위하여 KS F 2312에 준하여 A다짐을 실시하였다.

한편 도로포장은 일반적으로 CBR값에 기초를 두고 설계하므로 현지 노상토의 설계 CBR값과 교통량에서 필요한 포장두께를 결정하고, 지반의 지지력을 판정한 다음에 포장을 구성하는 각 층의 재료의 강도에 따라 구조를 결정하였다. 본 연구에서는 이를 위하여 실용화 시공 현지에서 공구별(Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ,Ⅴ공구)로 노상토를 채취하여 KS F 2320에 준하여 40mm이상의 골재를 제외한 D다짐에 의해 최대건조밀도와 최적함수비를 구하고, 몰드에 5층으로 나누어 넣고 4.5kg의 래머로 각층을 55회씩 다져서 시험체를 만든 후 CBR값을 구하였다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

(2) 시멘트계 고화재와 석고, MgO 등의 배합변수

보조기층재로서 필요한 일축압축강도와 동결융해에 대한 저항성을 확보하기 위하여 각 시료에 시멘트계 고화재와 제 2 첨가제를 사용하여 다음과 같이 배합을 하였다.

(a) Soil ①

case	Mixing Proportion
case 1	Cement 5%
case 2	Cement 5% + A + 제 2첨가제 ⓐ 5%
case 3	Cement 8%
case 4	Cement 8% + A
case 5	Cement 8% + A + 제 2첨가제 ⓐ 10%
case 6	Cement 8% + A + 제 2첨가제 ⓐ 10% + 제 2첨가제 ⓑ 0.5%
case 7	Cement 8% + A + 제 2첨가제 ⓐ 5%
case 8	Cement 8% + A + 제 2첨가제 ⓐ 15%

(주) 여기서 A는 시멘트계 고화재로서 A사 제품을 의미

위의 표에 나타난 바와 같이 Soil ①(현지 노상토)은 시멘트계 고화재를 사용하여 시멘트량 5%, 8%를 기준으로 그에 따라 석고의 양을 5~15%로 변화시켜 배합설계를 하였다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

(b) Soil ②

(I) Cement Content(7%, 10%)

case	Mixing Proportion
case 1	Cement
case 2	Cement + A
case 3	Cement + A + 제 2첨가제 ⓐ 10%
case 4	Cement + A + 제 2첨가제 ⓐ 10% +제 2첨가제 ⓑ 0.5%
case 5	Cement + A + 제 2첨가제 ⓐ 15%
case 6	Cement + B
case 7	Cement + C
case 8	Cement + D

(II) Agent Content(5%, 12%)(Cement 10%)

case	Mixing Poportion
case 1	Cement + A
case 2	Cement + A + 제 2첨가제 ⓐ 10%
case 3	Cement + A + 제 2첨가제 ⓐ 10% +제 2첨가제 ⓑ 0.5%
case 4	Cement + B
case 5	Cement + C
case 6	Cement + D

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

Soil ②는 먼저 시멘트 7%, 10%를 기준으로 시멘트계 고화재 3%와 제 2 첨가제를 적량 배합하였으며, 또한 설계압축강도에 필요한 시멘트량을 줄이는 동시에 강성포장의 보조기층에 적합한 적정 시멘트계 고화재량을 결정하기 위하여 시멘트 10%를 중심으로 시멘트계 고화재량을 5%, 12%로 변화시켜 배합을 실시하였다.

(c) Soil ③ & ④(Cement 6, 8, 10, 12%)

case	Mixing Proportion
case 1	Cement
case 2	Cement + A
case 3	Cement + C
case 4	Cement + B
case 5	Cement + A + 제 2첨가제 ⓐ 10%
case 6	Cement + A + 제 2첨가제 ⓐ 10% +제 2첨가제 ⓑ 0.5%
case 7	Cement + D

Soil ③, ④는 시멘트를 6, 8, 10, 12%로 변화시키면서 그에 따라 시멘트계 고화재의 양도 시멘트량의 3%로 바꿔가며 배합을 실시하였다.

(3) 일축압축강도 시험

사용 시료의 입도에 따라 시멘트량을 여러 가지로 변화시키면서 시멘트 혼합토의 함수비를 최적함수비로 조제하여 최대건조단위중량에 상당하는 시료량을 달아 KS F 2329에 규정된 직경 7cm, 높이 14cm의 몰드에 3회로 나누어 넣고 각 층마다 다짐봉으로 적절히 다진 후 유압잭키로 밀도가 균일하도록 공시체를 각 3개씩 제작하여 양생온도 23℃, 상대습도는 95% 이상 유지되도록

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

양생하여 재령 3일, 7일 및 28일의 일축압축강도시험을 실시하였다. 압축강도 시험은 5ton 용량의 만능재료시험기를 이용하고 변형속도는 분당 공시체 높이의 1%로 하여 시험을 하였다.

3. 현지 노상의 조사 시험

시멘트계 고화재처리 보조기층의 두께결정을 위하여 연약지반으로 생각되는 Ⅲ공구의 현지 노상의 지지력(CBR값)을 KS F 2310에 준하여 지름 30cm의 재하판으로 도로평판재하시험을 실시하여 측정하였으며, KS F 2311에 규정되어 있는 「현장에서의 흙의 단위체적중량 시험법(모래치환법)」에 의해 현장 단위중량을 측정하였고, 부식암이 혼입된 노상의 경우는 RI 시험기 즉 방사선 수분밀도계(nuclear density meter)를 사용하여 현장의 자연함수비와 단위중량도 측정하였다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 3 절 실험결과 및 분석

1. 현지 노상토의 조사시험

Ⅰ, Ⅳ, Ⅴ공구는 경지정리 공사 당시 저습지로서 입도가 크지 않은 풍화암이 섞인 산토를 반입하여 사용하였으므로 수정 CBR이 30% 이상으로서 지지력이 높은 것으로 나타났다. Ⅱ공구는 세립산토로 노상이 축조되었으며 쇄석을 제거한 수정 CBR값이 2%를 약간 상회하는 결과를 나타내어 지지력이 약한 구간으로 판단하였다. 또한 Ⅲ공구는 주변의 논토(개흙)를 노상토에 사용하였으므로 수정 CBR이 2% 이하인 결과를 나타내었다.

표 4.1 현지 노상토의 CBR값

Test Item \ Soil Type	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
Depth(m)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Moisture content(%)	10.4	23.7	30.6	17.3	18.6
Specific Gravity	2.66	2.67	2.68	2.67	2.67
Atterberg Limit — Liquid Limit(%)	32.6	35.7	31.9	31.1	27.5
Atterberg Limit — Plastic Index	7.5	14.7	9.4	8.3	6.9
USCS	SM	SC	CL	SC	CL-ML
Name	Silty Sand	Clayey Sand	Lean Clay	Clay Sand with Gravel	Silty Clay with Sand
Max. Dry. Dentist(g/cm³)	1.60	1.80	1.62	1.89	1.90
OMC(%)	9.0	10.4	17.2	10.8	9.8
Modified C.B.R.(%)	31.0	4.1	1.5	32.5	33.1

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

또한 실용화 시공구간 중 연약지반으로 판단되는 구간에서 모래치환법에 의해 현장의 단위중량 시험을 한 결과 건조단위중량은 1.525~1.529 g/cm^3의 범위에 있었으며, 그에 따른 함수비는 26~28.3%였다. 또한 노상이 양호한 공구에서 RI(방사선 수분 밀도계)에 의해 얻어진 건조단위중량과 자연함수비는 각각 1.954 g/cm^3 및 10.6%로 나타나 시험시공지 내의 공구별로 단위중량과 함수비가 많은 차이가 있음을 알 수 있었다.

실용화 시공구간 중 연약지반구간으로 판단되는 Ⅲ공구에서 도로 평판재하 시험을 한 결과 항복지지력은 12.0 kg/cm^2, 침하량 25.2mm, 그에 따른 지반계수는 4.8 kg/cm^3의 결과를 얻었다. 이는 연약지반구간에서 노상의 지지력이 상당히 낮은 것을 의미하며 이에 대한 대책이 요망된다.

2015/07/08 09:26-문열지원과/김봉나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

2. 시멘트계 고화재 및 제 2 첨가제의 강도시험결과

(1) 현지노상토(Soil ①)

현지 노상토를 채취하여 실내에서 압축강도시험을 한 결과는 다음과 같다.

표 4.2 Soil ①의 강도시험결과

case	rd (g/cm^3)	σ_3 (kg/cm^2)	σ_7 (kg/cm^2)	σ_{28} (kg/cm^2)
case 1	1.687	7.65	11.86	15.1
case 2	1.670	9.78	13.42	17.98
case 3	1.643	10.78	15.54	20.2
case 4	1.647	11.06	17.65	22.2
case 5	1.657	12.04	18.05	24.6
case 6	1.693	12.4	17.84	24.2
case 7	1.560	10.54	16.2	21.2
case 8	1.645	12.08	16.07	22.1

위의 시험결과에 의하면 단위중량은 1.56~1.68g/cm^3 정도로 다른 시료보다 조금 낮은 경향을 보였으며 그에 따른 압축강도도 설계기준강도(σ_7)에는 약간 못미치는 것으로 나타났다. 그러나 28일 강도에서 시멘트만 넣은 것을 제외하고 시멘트계 고화재 및 제 2 첨가제를 배합한 경우 어느 정도 설계기준강도를 만족시키는 결과를 얻을 수 있었다. 이들중 CASE 5(cement 8%+시멘트

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

계 고화재 A+석고 10%)에서 압축강도가 가장 높게 나타났으며 현지 노상토로 시멘트계 고화재처리 보조기층을 시공할 경우 시멘트계 고화재의 양은 최소 8%가 됨을 알 수 있었다.

(2) 당진 서해고속도로 토취장 시료(Soil ②)

다짐시험에서 구한 최적함수비와 최대건조단위중량에 따라 시멘트 함량을 2종류로 변화(7%, 10%)시켜 일축압축강도시험을 하고 또한 시멘트계 고화재의 첨가량을 변화(5%, 12%)시켜 압축강도시험을 한 결과는 표 4.3과 같다.

아래의 결과에서 전체적인 단위중량은 다른 시료에 비해 높게 나타나고 있으며 그에 따른 압축강도도 설계기준강도(σ_7)를 만족하고 있었다. 시멘트로만 7%, 10% 처리했을 경우 10%에서 28일 설계기준강도에 부합되는 결과를 얻었으며 시멘트계 고화재처리 공시체의 압축강도는 몇가지의 CASE를 제외하고는 σ_7에서 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 시멘트 7%를 기준으로 했을 때 CASE 3, 5, 7에서 7일 강도의 경우 설계기준강도에 못미치고 있지만 28일 강도의 경우에는 설계기준강도에 모두 부합되는 결과를 나타내고 있다. 시멘트 10%를 첨가했을 경우 대부분 7일 강도에서 설계기준강도에 부합되는 결과를 얻을 수 있었으며 CASE 4, 8의 경우 3일 강도도 상당히 큰 값을 보이고 있었다.

서해고속도로 토취장 시료의 경우 CASE 4(cement 10%+시멘트계 고화재 A+석고+MgO), CASE 8(cement 10%+시멘트계 고화재 D)에서 σ_7의 값이 가장 큰 값이 나타나고 있었으며 설계압축강도를 얻기 위하여 소요되는 시멘트량은 시멘트만 첨가했을 경우 10% 이상이 요구되어 시멘트량의 과다로 인한 건조수축균열의 문제가 대두되지만, 시멘트계 고화재를 적량 첨가했을 경우 시멘트량은 10% 내외에서 만족하였다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

표 4.3 Soil ②의 강도시험결과

(a) Cement Content

case	Cement Content (%)	rd (g/cm^3)	σ_3 (kg/cm^2)	σ_7 (kg/cm^2)	σ_{28} (kg/cm^2)
case 1	7	1.842	12.8	17.3	21.6
	10	1.831	14.22	19.8	23.5
case 2	7	1.842	15.9	22.6	28.7
	10	1.861	17.5	24.0	31.5
case 3	7	1.854	11.6	18.8	23.7
	10	1.838	15.4	21.5	28.1
case 4	7	1.810	20.6	25.4	32.8
	10	1.846	24.0	32.0	39.0
case 5	7	1.838	14.7	19.25	24.9
	10	1.850	16.8	22.87	31.6
case 6	7	1.890	15.7	26.1	31.9
	10	1.823	21.8	30.4	37.0
case 7	7	1.890	15.7	21.1	25.2
	10	1.823	17.0	24.0	30.3
case 8	7	1.822	18.8	23.1	32.7
	10	1.821	23.9	30.9	39.1

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

(b) Agent Content(5%, 12%)

case	Agent content (%)	rd (g/cm^3)	σ_3 (kg/cm^2)	σ_7 (kg/cm^2)	σ_{28} (kg/cm^2)
case 1	5	1.837	23.2	31.5	38.9
	12	1.829	20.5	28.3	34.8
case 2	5	1.819	18.7	28.6	37.4
	12	1.832	18.4	25.6	34.6
case 3	5	1.873	28.0	36.4	43.2
	12	1.842	19.7	28.6	34.4
case 4	5	1.896	24.5	45.1	58.0
	12	1.827	25.7	40.4	48.1
case 5	5	1.851	23.6	36.4	47.2
	12	1.867	4.2	40.7	53.6
case 6	5	1.827	18.7	29.4	38.3
	12	1.843	24.3	38.0	45.2

위의 결과는 시멘트 10%를 기준으로 시멘트계 고화재의 양을 5%, 12%로 변화시켜 압축강도를 실시한 결과를 보인 것이다. 시멘트계 고화재의 양을 어느 정도 변화시켜도 단위중량은 크게 변화하지 않았고 그에 따른 압축강도는 시멘트계 고화재 5%를 첨가했을 경우 CASE 5, 6을 제외하고는 12%를 첨가했을 때보다도 큰 값을 얻을 수 있었다.

이 경우 σ_7에서 거의 대부분이 본 연구의 설계압축강도를 만족시키고 있었다. CASE 4(시멘트 10%+시멘트계 고화재 B)의 경우 시멘트계 고화재 5%에서 가장 큰 값을 나타내고 있으며, 그 다음으로 CASE 6(시멘트 10%+시멘트계 고화재 D)은 시멘트계 고화재 12%에서 큰 값을 보이고 있다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

(3) 예산 계촌리 시료(Soil ③)

신암 계촌리 시료와 동대문구 휘경동 배봉산 시료에 대한 각각의 일축압축 강도시험 결과는 다음과 같다.

표 4.4 Soil ③의 강도시험결과

case	Cement content (%)	rd (g/cm^3)	σ_3 (kg/cm^2)	σ_7 (kg/cm^2)	σ_{28} (kg/cm^2)
case 1	6	1.735	5.04	8.87	10.56
	8	1.701	7.28	10.55	14.12
	10	1.789	11.01	15.01	17.89
	12	1.777	11.55	15.97	18.87
case 2	6	1.703	7.38	12.78	13.47
	8	1.780	8.45	16.28	16.88
	10	1.719	14.23	20.48	24.77
	12	1.728	15.44	22.5	26.52
case 3	6	1.736	7.59	14.26	12.42
	8	1.728	8.78	18.45	15.69
	10	1.727	14.25	20.77	23.97
	12	1.718	14.79	23.7	27.77
case 4	6	1.775	6.79	14.31	11.85
	8	1.754	8.02	17.56	17.92
	10	1.771	14.64	18.7	22.86
	12	1.706	14.78	19.53	25.48
case 5	6	1.758	6.12	13.17	11.04
	8	1.768	7.39	16.52	13.79
	10	1.738	12.88	17.78	21.02
	12	1.79	13.79	18.41	22.88
case 6	6	1.756	7.01	12.01	10.55
	8	1.789	8.34	15.57	14.68
	10	1.783	12.44	16.55	20.42
	12	1.709	13.98	17.64	23.47
case 7	6	1.766	7.88	13.25	13.55
	8	1.779	9.52	16.39	18.67
	10	1.785	14.78	19.5	24.01
	12	1.710	15.96	21.24	27.41

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

위의 표에서 보듯 신암 계촌리 시료의 단위중량은 전체적으로 서해고속도로 토취장의 단위중량보다 낮았으며 그에 따른 압축강도도 조금 낮은 결과를 나타내고 있다. 이로써 단위중량이 압축강도에 미치는 영향이 적지 않음을 알 수 있으며 단위중량을 증가시킬 경우 압축강도도 어느 정도 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다. σ_7의 경우 설계압축강도를 만족시키는 결과는 얻지 못하였으나, σ_{28}의 경우 시멘트계 고화재의 양을 10% 이상으로 할 경우 설계강도에 어느 정도 부합되는 결과를 얻을 수 있었다. 이 경우에서도 cement만 첨가하면 12%에서도 설계압축강도에 훨씬 못미치는 결과를 나타내었으며 이는 단위중량을 어느 정도 증가시키더라도 설계강도에 부합되기 위해서는 많은 cement량이 요구되는 것을 의미한다.

반면 시멘트계 고화재 처리토의 경우 단위중량을 어느정도 증가시킨다면 설계강도를 얻기 위하여 σ_7에서 10% 내외의 시멘트량이 요구될 것으로 판단된다. CASE 3(시멘트 12%+시멘트계 고화재 C), CASE 7(시멘트 12%+시멘트계 고화재 D)에서 비교적 높은 압축강도를 얻을 수 있었으며 제 2 첨가제로서 석고를 처리한 경우의 강도는 시멘트계 고화재만 처리한 경우와 비교하여 낮은 결과가 나왔다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

(4) 서울 동대문구 휘경동 시료(Soil ④)

표 4.5 Soil ④의 강도시험결과

case	Cement content (%)	rd (g/cm^3)	σ_3 (kg/cm^2)	σ_7 (kg/cm^2)	σ_{28} (kg/cm^2)
case 1	6	1.75	10.3	13.21	16.8
	8	1.73	12.9	17.54	18.8
	10	1.75	13.21	18.9	20.4
	12	1.77	14.0	19.6	26.7
case 2	6	1.774	13.9	14.1	17.8
	8	1.751	15.4	19.9	21.4
	10	1.750	17.5	21.0	22.9
	12	1.766	21.0	22.4	29.5
case 3	6	1.775	12.99	14.3	17.1
	8	1.773	15.5	19.0	20.8
	10	1.756	17.5	20.7	22.4
	12	1.765	19.0	21.8	27.7
case 4	6	1.765	12.90	15.4	20.3
	8	1.731	15.1	21.2	27.3
	10	1.757	16.0	23.7	29.8
	12	1.753	17.0	24.5	35.1
case 5	6	1.736	11.54	12.84	17.1
	8	1.779	14.0	16.9	18.1
	10	1.764	14.5	17.9	19.7
	12	1.782	15.1	19.0	24.7
case 6	6	1.752	13.1	15.2	18.8
	8	1.758	15.9	20.0	23.9
	10	1.745	16.9	22.2	25.7
	12	1.750	18.0	23.0	32.1
case 7	6	1.742	13.3	15.0	18.9
	8	1.748	15.4	19.5	25.4
	10	1.735	16.2	22.2	27.5
	12	1.740	17.0	23.5	33.4

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

서울 동대문구 시료는 위의 표에서 알 수 있는 바와 같이 단위중량은 서해고속도로보다는 낮았지만 당진 신평면 시료보다는 약간 높은 것으로 나타났다. 또한 압축강도도 전체적으로 당진 시료에 비하여 미소한 차이로 높게 나타났지만, σ_7에서 설계압축강도를 만족시키는 것은 거의 없었으며, 당진시료와는 달리 CASE 4와 CASE 7에서 비교적 높은 압축강도를 나타내었다. 이는 각 시멘트계 고화재의 특성과 시료의 특성에 따라 강도가 발현되는 CASE가 다르므로 이들 특성에 맞추어 시멘트계 고화재를 사용할 경우 보다 내구적이고 강한 보조기층을 형성할 수 있는 것을 의미한다.

재령에 따른 압축강도의 변화는 앞의 시료와 거의 비슷한 경향을 보였으며 이 시료 역시 σ_7에서 60~70%의 강도를 발휘하는 것으로 나타났다. 또한 시멘트만 처리한 경우 당진시료보다 약간 높은 압축강도를 나타내었으나 설계압축강도에 도달하지는 못하였다. 휘경동 시료는 풍화가 많이 진행된 화강암질 풍화토로 세립분이 비교적 많은 특성이 있어 전체적인 단위중량의 증가로 인한 압축강도의 증가는 크게 기대가 안되며, 장기재령에서의 강도증진효과가 기대되는 흙으로 판단되었다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 4 절 실험결과에 대한 요약 및 고찰

본 장의 연구는 강성포장에서의 보조기층재는 입도조정쇄석보다 강성포장의 표층과 재질이 유사한 lean-concrete나 시멘트계 고화재 처리층이 적합하다는 판단하에 수행되었다. 그러나 lean-concrete는 고가이므로 농로포장에서는 가급적 지반고를 높여 농로의 폭을 줄이는 일이 없도록 노상토를 활용하는 방안으로 시멘트계 고화재 처리에 필요시 제 2 첨가제를 혼합하여 압축강도가 30kg/cm^{2}이상이 되도록 하는 시멘트계 고화재처리 보조기층으로 시공하는 것이 바람직하다. 이와 같은 강도를 얻기 위해서는 0.074mm의 통과량이 적은 조립질 시료토가 적합하며 시멘트만 처리하는 것보다 시멘트계 고화재 처리토의 성질개선을 위하여 제 2 첨가제를 적량 사용하는 것이 강도 증진 및 내구성 증진에 유리한 것으로 나타났다. 세립토에 제 2 첨가제를 사용할 경우 유동성 및 응결성과 강도가 큰 고분자재료를 사용하는 것이 유리하되, 각각의 구성비는 흙시료의 특성에 따라 달리하는 요구되었다. 한편 입상토는 유동성는 낮고, 응고 및 강도증진효과가 클수록 유리하므로 세립토와 고분자재료의 구성비를 달리하여야 할 것으로 판단된다.

건조단위중량과 압축강도에 있어서는 노상의 지지력이 규정된 CBR값 이상인 경우 실험실에서의 다짐(A다짐)보다 현장에서의 다짐(D다짐)이 다짐도가 높아 일반적으로 실험실에서의 배합설계강도보다 현장에서 채취한 코어의 압축강도가 높은 경향을 보이므로 안전측이라 사료된다.

함수비는 시멘트나 제 2 첨가제의 수화반응 등과 관계되므로 O.M.C. 또는 이보다 약간 습윤측 함수비로 하는 것이 바람직하다고 판단된다. 보통 7일 강도를 설계강도로 하게 되는데 실제 현장에서는 3일 피복양생후 4일간 살수양생을 하게되고 그후에도 현장조건에 따라 수일~수주동안 교통의 통행을 제한하므로 7일 설계강도는 안전측으로 판단된다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

동결지수가 높은 중부 이북의 농로에 적용할 경우에는 화강암질 풍화토에 적용되는 시멘트계 고화재 처리층의 특성상 투수계수가 낮고 일단 흡수되면 배수가 곤란하므로, 농로주변 지하수위의 저하와 동상억제대책이 강구되어야 하며, 이를 위하여 동상에 저항성이 있는 석고를 첨가한 시멘트계 고화재 처리토의 설계강도를 30kg/cm^{2}보다 상회토록 하여, 동상에 대한 저항성을 높히도록 하는 것이 바람직하며 이때 가급적 석고함량은 많은 것이 낫다.

기계화 영농을 위한 대형 경지정리지구 간선농로의 포장에 있어 표층을 강성(일반 콘크리트 또는 롤러 다짐 콘크리트(RCC))포장으로 시공하는 것을 전제로 하고 이의 보조기층재로 시멘트와 제 2 첨가제(시멘트계 고화재, 석고, MgO)를 혼합한 시멘트계 고화재 처리층을 적용할 경우 보조기층의 특성을 연구한 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 기존 간선농로는 논흙으로 축조하고 이에 쇄석을 포설하여 사용하고 있으므로 쇄석은 굴착하여 노견으로 활용하고 보조기층은 원지반토를 이용하여 시멘트계 고화재 처리층으로 활용하는 것이 농로의 지반고를 높이지 않을 뿐 아니라 강도 및 내구성 증진 면에서도 유리한 것으로 나타났다.

② 강성포장은 상층부에서 대부분의 농작업기계의 하중을 받으므로 강성표층 아래의 보조기층도 표층과 유사한 특성을 가진 시멘트계 고화재 처리층을 적용하는 것이 구조적으로 안정성이 있는 것으로 분석되었다.

③ 지반조사시험에 의하면 논흙으로 축조된 기존 간선농로의 원지반은 연약지반 구간(CBR 3% 이하)이 많이 존재하는 바, 이 지반은 현지조건에 따라 각종 지반 강화공법을 적용한 후 보조기층을 시공하는 것이 보조기층과 표층의

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

두께를 증가시키는 것보다 내구성 면을 고려할 때 유리한 것으로 분석되었다.

④ 시멘트의 강도증진을 목적으로 국내에서 개발하여 사용되고 있는 각종 시멘트계 고화재는 처리 대상토가 유기질이 포함된 점성토일 경우 유동성과 응고성이 높은 성분의 사용비율을 높이는 것이 바람직하고, 조립질 화강토(산토)의 경우 강도증진 효과가 높은 성분을 사용하는 것이 바람직하다.

⑤ 최근 시멘트계 고화재처리 보조기층의 압축강도를 과거의 설계기준강도보다 높이는 경향이므로 본 연구에서도 강성포장 보조기층재의 압축강도(σ_7) 를 30 kg/cm^2이상으로 하였다. 이때 노상지반토를 그대로 이용할 경우는 시멘트 혼합량이 10% 이상 요구되는 것으로 나타났으며, 이 경우 건조수축 균열의 발생문제가 제기되었다.

⑥ 설계압축강도 30 kg/cm^2 이상을 확보하기 위해서는 강도증진효과가 높은 시멘트계 고화재를 사용하거나 양질 산토의 반입 또는 원지반토를 굴착한 후 반입토를 혼합하여 사용하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

⑦ 설계기준강도를 얻기 위한 적정 시멘트 혼합량은 양질 산토의 경우 시멘트 7% 내외, 실용화시공 대상지의 원지반토를 이용할 경우 시멘트 10% 이상으로 나타났으며, 이에 시멘트계 고화재를 시멘트 함량의 3~5%를 추가 사용할 경우 시멘트량을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

⑧ 이상의 결과를 종합하면 강성포장의 보조기층재로서 입도조정쇄석보다는 시멘트계 고화재 처리층을 적용하는 것이 내구성이나 강도증진면에서 유리한 것으로 나타났다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 5 장 현장시험시공

제 1 절 개요 및 시공계획

본 연구의 결과를 반영하는 현장시험시공이 실시된 장소는 충청남도 아산시 선장면 대정지구이며 약 1700m의 간선도로 구간중 400m 구간에 걸쳐 RCCP를 시공하였다.(사진 5.1) 본 사업지구의 지반조건은 점질토사이며 '96년에 경지정리 시행이 완료된 지구이고 폭은 4~5m로서 위치에 따라 용수로 또는 배수로가 인접해 있다. 확포장 계획구간 1.7km 중 간선농로 일부구간(약 1.2km)은 반입토로 축조하고 나머지 무한천 제방에 접속되는 500m 구간은 연약지반상에 논흙으로 축조되어 있다. 따라서 농로 기초지반에 대해 필요한 대책을 강구한 후 포장공법이 선정되어야 하며, 현재 표층은 최대크기 50mm내외의 쇄석이 92년도 경지정리 공사당시에 포설된 상태에 있다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김봉나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

사진 5.1 현장시공된 RCCP의 전경

RCC 포장의 두께는 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다

① 기층, 또는 보조기층-기층 조합의 지지력

② 차량의 특성

- ㅇ 윤하중
- ㅇ 윤거
- ㅇ 타이어의 특성
- ㅇ 포장의 설계수명기간 동안의 예상되는 하중반복횟수

③ RCC의 휨강도

④ RCC의 탄성계수

2015/07/08 09:26-운영지원과/김봉나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

본 시공대상구간은 비교적 주행속도가 느리고(설계속도 : 40~60km/hr 이하) 대형차의 주행이 적으며 통과횟수는 50대미만/일 이다. 즉, 도로구분상 농촌도로(농로, 임로 및 구내도로, 주택단지내 구획가로 등)에 해당하는 L_0 경교통도로이다. 이러한 사항과 함께 4장에서의 현지 CBR값 측정결과를 분석하여 현장시공시 선정한 포장의 두께는 18~20cm이다. 현장시공되는 RCCP의 포장층의 종류 및 두께는 다음의 표 5.1과 같다.

표 5.1 현장시공되는 RCCP의 포장층 종류 및 두께

포장층 종류	두께(cm)	재료
하부보조기층	20~30	쇄석 반입 또는 기존 포설된 쇄석 재이용
상부보조기층	20~25	입도조절쇄석 또는 soil-cement 처리층
표층	15~20	RCC

400m 구간별로 쓰인 재료를 정리하면 다음과 같다.

표 5.2 현장시험시공 구간별 사용재료

종류 / 구간	RCC 표층		상부보조기층				하부보조기층	
			Soil-cement		입도조정쇄석		쇄석	
	두께 (m)	폭(상, 하) (m)	두께	폭(상, 하)	두께	폭(상, 하)	두께	폭(상, 하)
0~265 m	0.2	3.5 3.9	0.25	3.9 4.0	-	-	0.25	4.4 4.9
265~400 m	0.18	3.0 3.4	-	-	0.25	3.4 3.9	0.25	3.9 4.4

또한 본 연구결과에 의해 대정지구에 시공될 RCCP의 표준단면도의 예는 그림 5.1과 같다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

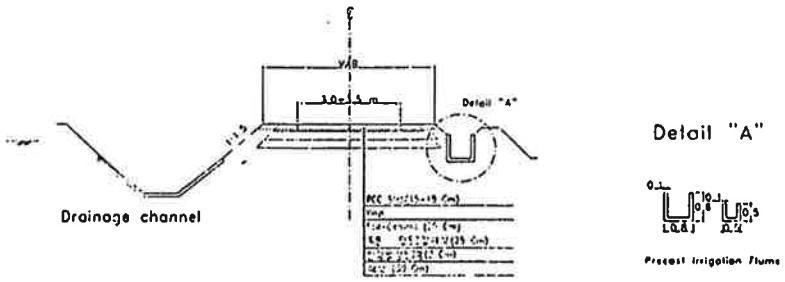


그림 5.1 현장시험시공되는 RCCP의 표준단면도(예)

제 2 절 RCCP의 현장시험시공

RCCP의 일반적인 시공과정은 그림 5.2와 같으며, 이하에 각각의 항목에 대한 상세한 설명이 되어있다. 시공시 또는 시공후 RCCP의 품질관리항목과 표준측정빈도는 표 5.3과 같다. 표에 제시된 것 외의 시험항목으로는 공기량과 슬럼프 등이 있다. 또한 적절한 시간간격을 두고 현장코어채취를 실시하여 강도시험을 실시하여야 하며, 노면상태는 수시로 육안관찰을 한다. 기층과 보조기층도 각각의 품질관리항목을 둔다.(두께, 폭, 입도, 다짐도 등)

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

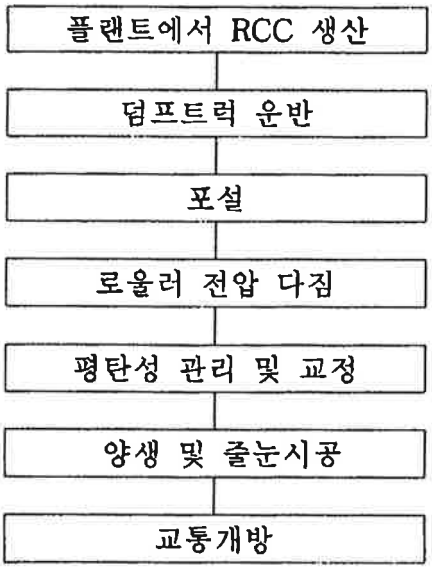


그림 5.2 RCCP의 시공과정

표 5.3 RCCP의 품질관리항목

종류	시험항목		시험방법	시험빈도	비고
RCCP용 콘크리트의 품질	골재의 입도		KS F (2502)	1회/일 이상	작업개시직전
	골재의 표면수량		KS F (2509)	2회/일 이상	작업개시직전, 오후
	컨시스턴시		마샬다짐시험 Vc 진동다짐시험	2회/일 이상 (오전, 오후)	운반차는 매일 육안관찰 플랜트와 현장 각각 측정
	콘크리트 온도		온도계 이용	2회/일 이상 (오전, 오후)	
	콘크리트 강도 (압축강도, 휨강도)		KS F (2328) 2405 & 2408	2회/일	7, 28일용 압축공시체, 휨공시체 각각 6개
시공시의 품질	다짐도				97% 이상
RCC 슬래브의 형태	두께			각 차선, 일정거리	측정위치에 대한 기준과 합격판정기준을 두어야 함
	폭				
	평탄성	종방향	7.6m 프로파일미터		
		횡방향	3m 직선자		

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

1. RCC의 배합

① 배합

앞서 언급하였듯 RCC의 실내실험 결과에 따라 최적배합으로 결정된 배합으로 현장시험시공을 실시하였다. 배합표는 다음과 같다. 물-시멘트비는 33%, 잔골재율은 42%이다.

시멘트	물	잔골재	굵은골재	혼화제 (고성능 AE감수제)
362.5	119.8	834	1169	3.6

② 원재료의 물성

원재료의 종류 및 물성은 다음과 같으며 골재의 체가름 시험결과 합격판정을 받은 양질의 골재를 사용하였다. 혼화제인 고성능 AE감수제는 시멘트량의 1%에 적합한 제품을 사용하였다.

표 5.4 현장시공되는 RCC재료의 물성

종류	비중	조립율	단위중량	비고
시멘트	3.15	-	-	H시멘트
모래	2.58	2.79	1480	자연사
자갈	2.62	6.48	1520	석산쇄석
사용수	-	-	-	지하수
혼화제	1.18	-	-	J화학

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

③ 계량 및 비빔

해외에서의 시공사례를 살펴볼 때 RCC의 생산은 일반적인 콘크리트에 주로 사용되는 배치식 플랜트보다 연속식 플랜트가 선호되어져 왔다. 그러나 미공병단의 시방에서는 배치식 플랜트의 사용을 허용하고 있다. 배치식 플랜트에서는 된비빔을 효과적으로 하기 위해 2축의 퍼그밀(pugmill)을 장착하는 것이 바람직하며 이는 된비빔에 있어 퍼그밀의 비벼대는 동작이 드럼믹서의 구르는 동작보다 뛰어나기 때문이다.

본 시공배합에서는 배치식 플랜트를 사용하였으며, 원재료의 투입순서는 잔골재-시멘트-굵은골재-사용수(혼화제 희석)순이었고 믹싱시간은 재료투입후 60초를 실시한 후 믹서내부 부착물(원재료코팅)제거 후 60초를 추가로 실시하였다.

④ 콘크리트의 상태

슬럼프는 발생하지 않았으며 콘크리트는 수분을 약간 포함한 상태로 플라스틱 성질은 거의 없었다. 손으로 잡아도 시멘트풀이 묻어나지 않는 상태였지만 굵은골재에 시멘트풀은 전부 코팅된 상태였다.

⑤ 현장배합의 실내 압축강도시험

현장시험시공된 배합중 일부를 채취하여 28일 압축강도를 실시한 결과는 416kg/cm^{2}으로서 앞선 연구와 같이 배합강도 400kg/cm^{2}을 상회하고 있다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

2. 보조기층

앞서 언급하였듯 본 시공구간의 보조기층은 구간별로 soil-cement 보조기층, 입도조정쇄석 보조기층의 2가지이다.

Soil-cement 보조기층에 사용된 재료는 풍화도가 낮은 화강암질 풍화토인 양질의 산토이다. soil-cement층의 혼합비는 실내실험결과에 따라 시멘트를 건조토 중량의 10%정도로 하되 배합설계에 의해 결정하였다. 또한 본 연구결과에 의해 제시된 최적의 시멘트계 고화제를 시멘트량의 3%정도 균질 혼합하고 흙재료의 최적함수비~최적함수비+2% 정도의 수분을 함유하도록 하여 중앙플랜트 혼합방식(흙 혼합용 믹서기)으로 혼합하였다. 내구성 및 동결융해 저항성 증진을 위하여 석고 및 MgO를 추가로 적량 혼합하였다.

한편, 입도조정쇄석 보조기층의 굵은골재의 최대크기는 40mm로 하였다.

현장시공시에는 두가지 종류의 보조기층 모두 진동로울러(자주식 10t) 또는 타이어 로울러(8~15t)를 이용하여 다짐을 실시하였다.

2015/07/08 09:30-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

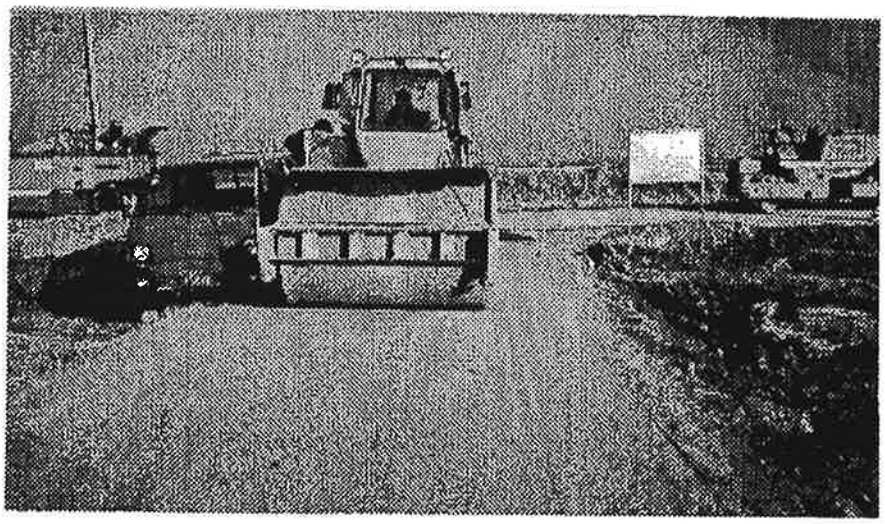


사진 5.2 Soil-cement 보조기층의 시공장면

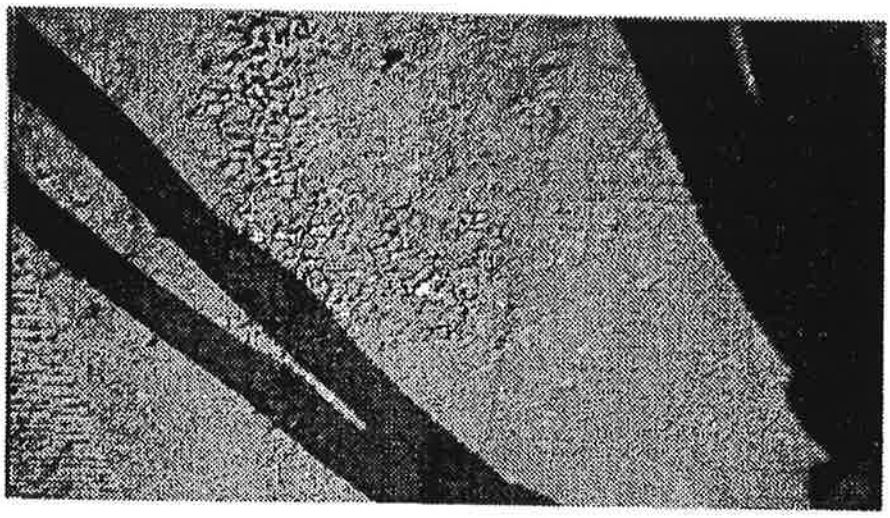


사진 5.3 입도조정쇄석 보조기층

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

3. 운반 및 포설

RCCP의 단위수량은 최대건조밀도를 갖는 최적함수비 개념의 소량의 물을 사용하는 관계로 수분의 증발에 대하여 최대한 보호할 수 있어야 하므로 운반시간을 짧게 잡아야 하며 비빔후 타설이 끝날 때까지 1시간이 넘어서는 안된다. 또한 덤프트럭으로 운반시에는 비닐이나 커버등을 씌워 수분증발을 방지해야 한다. 현장시공시 포설두께는 다짐후 포설두께의 30%내외가 감소됨을 고려하여 설계두께에 30%정도를 더한 두께로 균일하게 포설하였다. 포설시 다짐으로 인한 두께감소, 즉 전압율을 고려한 포설두께의 산정이 매우 중요하며, 일반적으로 전압율은 15~30%이지만 배합 및 현장시공조건에 따라 달라지므로 시험포설 및 전압 등을 통하여 전압율을 미리 산정해 보아야 한다. 일정한 두께로 콘크리트가 포설되도록 thickness controller를 조정해야 하며 포설후 stick으로 그 두께를 수시 확인해야 한다.

사진 5.4는 전압하기 전의 포설된 상태를 보여주고 있다.

콘크리트 포설은 아스팔트 페이버 또는 피니셔로 하며, 라인센서 등이 부착되어 있는 장비를 이용하는 것이 바람직하다. 포설중 어느정도는 다짐이 이루어 지므로 전압전에 사람이 올라서도 발자욱이 생기지 않을 정도이다.

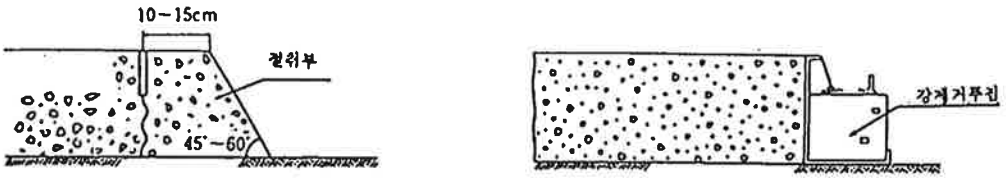
2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

사진 5.4 전압하기 전의 포설된 상태

현장시공시 양호한 다짐상태를 확보하기 위하여 보통 2층 타설을 하는 경우가 많다. 2층 타설을 할 경우, 하부층을 2회 다진후 하부층이 경화되기 전에 상부측을 타설하여 전체 포장의 다짐작업을 하게 된다. 이때 상부층은 하부층보다 얇은 두께로 타설한다. 이러한 방법으로 두 층간의 우수한 부착성능을 얻을 수 있다.

포장의 측면처리는 그림 5.3과 같이 거푸집을 사용하지 않는 경우는 side plate를 부착하여 45~60° 정도의 각으로 마무리하고, 측면 거푸집을 사용할 경우는 연직 마무리를 한다. 본 현장시공에서는 측면 거푸집을 사용하지 않고 시공하였다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...



(a) 거푸집을 사용하지 않을때　　(b) 거푸집을 사용할 때

그림 5.3 포장측면의 처리

4. 다짐 및 마무리

콘크리트의 배합수는 시간경과에 따라 증발되고 또한 시멘트 수화반응에 사용되어 점점 감소한다. 따라서 RCCP에서 지연제를 첨가하지 않는 경우 콘크리트 배합후 2시간이내에 다짐작업이 완료되어야 한다.

다짐장비의 조합이나 다짐횟수는 시험다짐을 통하여 결정하여야 하며 소요의 다짐도를 확보할 수 있는 최소의 전압횟수를 찾아내는 것이 중요하다. 권장하는 전압시의 전압규격은 표 5.5와 같다. 여기에서 1차 전압은 재료의 종, 횡방향 밀림을 방지하기 위한 무진동 다짐이므로 만약 타이어 로울러 대신에

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

진동로울러를 사용해도 무진동으로 다진다. 2차 전압은 진동다짐이며 본 연구에서 제시된 바와 같이 97%이상의 다짐도를 얻을 때까지 수행한다. 97%의 다짐도를 얻기위한 다짐장비에 따른 최소 진동다짐횟수는 표 5.6과 같다. 마무리 전압은 무진동 전압이며 탄뎀로울러 대신 타이어 로울러 등을 쓸 수도 있다. 마무리 전압의 목적은 표면의 공극과 틈을 없애서 조밀한 표면을 만들어 균열을 최소화하고 소요의 평탄성을 획득하는데 있다. 이를 위한 전압횟수는 시험적으로 결정해야 한다.

표 5.5 권장되는 전압규격

구분	장비규격	전압횟수	비고
1차 전압	타이어 로울러 8~15t	4회	
2차 전압	진동로울러 10t	5회	
3차(마무리) 전압	탄뎀로울러 5~8t	2회	

표 3.6 최소진동다짐횟수

다짐장비	최소진동다짐횟수	다짐후 최대포장두께(cm)
진동판(최소 400kg)	4	15
진동로울러(단일 드럼)		
6t	6	15
10t	6	25
진동로울러(다중 드럼)		
2.5t	6	10
6t	4	15
10t	4	25

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

2차 전압인 진동전압의 패턴은 일반적인 다차선의 도로의 경우 그림 5.4를 참조하면 다음과 같다.

① 첫번째 포설 차선(도로 가장자리)을 로울러가 포설 차선의 바깥가장자리로 2.5~5cm정도 내밀도록 하여 2회정도 전압한다. 이는 추가의 전압시 과다한 횡방향의 변위를 막기 위한 것이다.(그림 5.4(1))

② 포설 차선의 안쪽에서 30~45cm의 거리를 두고 2회정도 전압한다. 전압되지 않은 30~45cm는 프레쉬 조인트의 처리를 위하여 남겨지는 것이며 그림 5.5와 같이 인접 포설 차선과 동시에 다져진다.(그림 5.4(2)) 만약 프레쉬 조인트가 아니라 콜드 조인트로 처리하려 한다면 포설 차선의 안쪽도 ①의 방법으로 전압한다.

③ 포설 차선 중앙의 전압되지 않은 부분을 2회정도 전압한다.(그림 5.4(3))

④ ①~③의 과정을 반복하여 계획한 전압횟수를 채운다. 만약 소요의 다짐도가 확보되지 않으면 몇 회를 더 반복한다.

이하는 그림 5.5의 프레쉬 조인트의 시공과정을 참조한다.

⑤ 인접하여 차선을 포설한 후 기존의 포설차선과 접하지 않는 면에서 30~45cm정도의 거리를 두고 2회정도 다진다.(그림 5.5(1)) 만약 마지막 포설 차선이라면(도로 가장자리) 첫번째 포설차선과 마찬가지로 포설차선의 바깥가장자리로 2.5~5cm정도 내밀도록 하여 전압한다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

⑥ 프레쉬 조인트 부분을 2회정도 다진다.(그림 5.5(2))

⑦ 포설 차선 중앙의 전압되지 않은 부분을 2회정도 전압한다.(그림 5.5(3))

⑧ ⑤~⑦의 과정을 반복하여 계획한 전압횟수를 채운다. 역시 만약 소요의 다짐도가 확보되지 않으면 몇 회를 더 반복한다.

진동로울러는 최적의 다짐을 얻기위하여 진행속도, 진동폭, 진동주파수 등을 적절히 선정하여야 한다. 일반적으로 진동폭은 크게, 진동주파수는 작게 주는 것이 나으며, 진행속도는 3.2km/hr를 넘으면 안된다.

마무리는 평탄성 마무리다짐이 종료된 후 횡방향으로는 3m 직선자로, 종방향으로는 7.6m 프로파일미터를 이용하여 점검을 실시하되 점검간격은 1.5m이하 간격으로 하고 튀어나온 부분은 절삭 또는 추가전압을 실시한다. 오목한 부분에는 재료를 추가하여 인력으로 고르고 전압다짐한다. 슬래브의 전압후의 두께오차는 다짐두께의 10%내외를 유지하여야 한다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

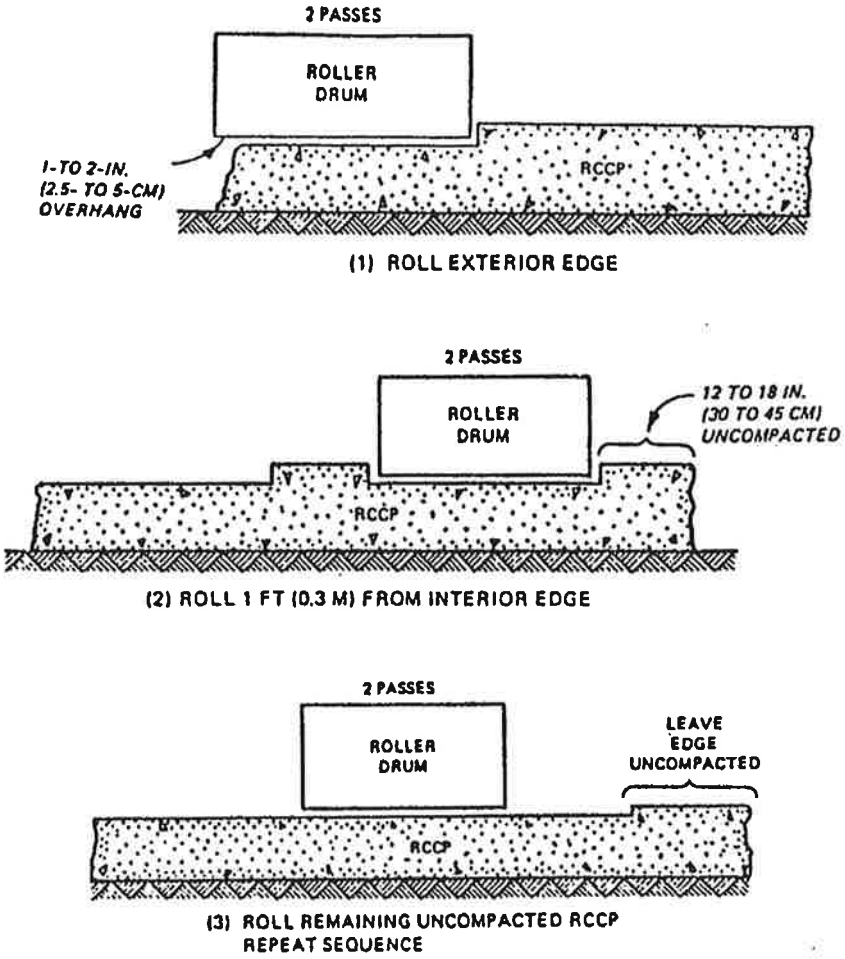


그림 5.4 진동전압의 패턴

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

시공이음은 시공과정에서 불가피하게 발생하며 특성에 따라 프레쉬 조인트(fresh joint)와 콜드 조인트(cold joint)로 나뉜다. 또한 방향성에 따라 가로 또는 세로방향으로 시공이음이 생길 수 있다. 프레쉬 조인트와 콜드 조인트는 연속적인 시공과정에서 새로 타설하는 포장면과 기존의 포장면과의 시간간격에 의하여 발생하며 대략적으로 시간이 60~90분 이하이면 프레쉬 조인트, 60~90분 이상이면 콜드 조인트로 분류한다. 특히 콜드 조인트는 열화되기 쉬우므로 시공시 특별한 주의를 요하며 시멘트 모르터를 도포하거나 살수하여 양호한 접착이 되도록 해야 한다.

롤러 다짐 콘크리트 포장(RCCP)은 강성이 크므로 원칙적으로는 하중의 전달을 위한 다우웰바(dowel bar)를 설치하지 않으며, 타이바(tie bar)나 슬립바(slip bar)도 설치하지 않는다.

그림 5.5와 5.6에 프레쉬 조인트와 콜드 조인트의 시공과정이 나타나 있다. 콜드 조인트 시공시 기존의 포장면에 지연제를 사용하여 콜드 조인트의 시간간격을 줄이는 방법도 쓰인다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

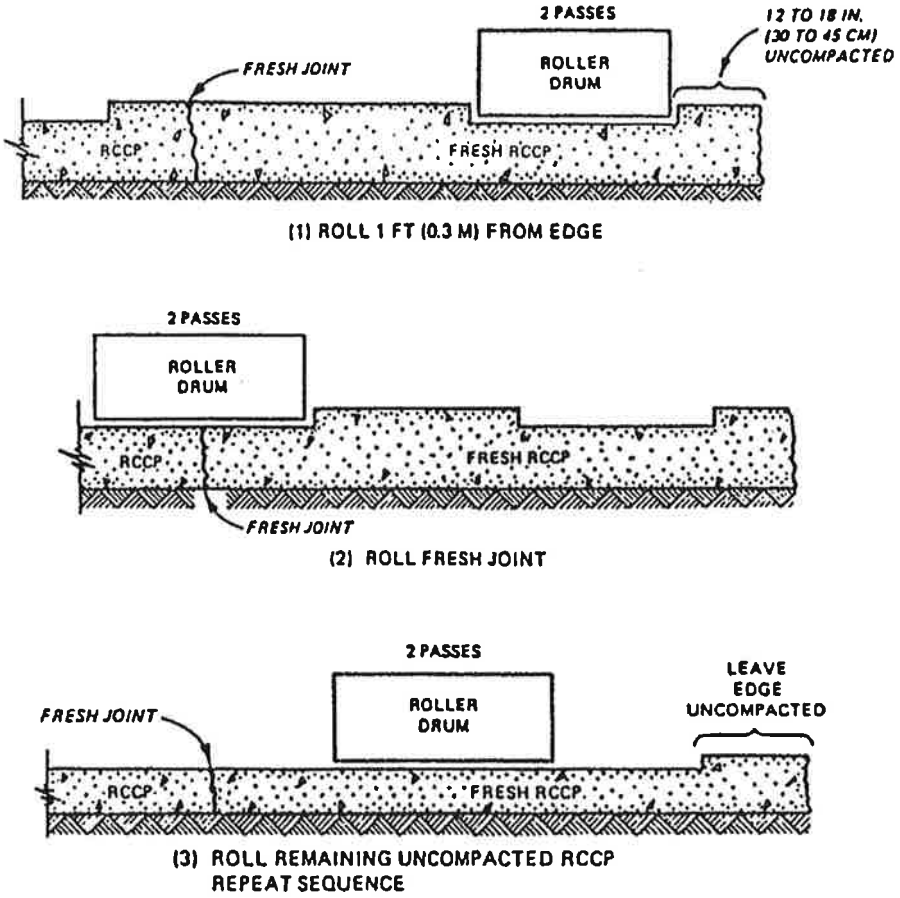


그림 5.5 프레쉬 조인트의 시공과정

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

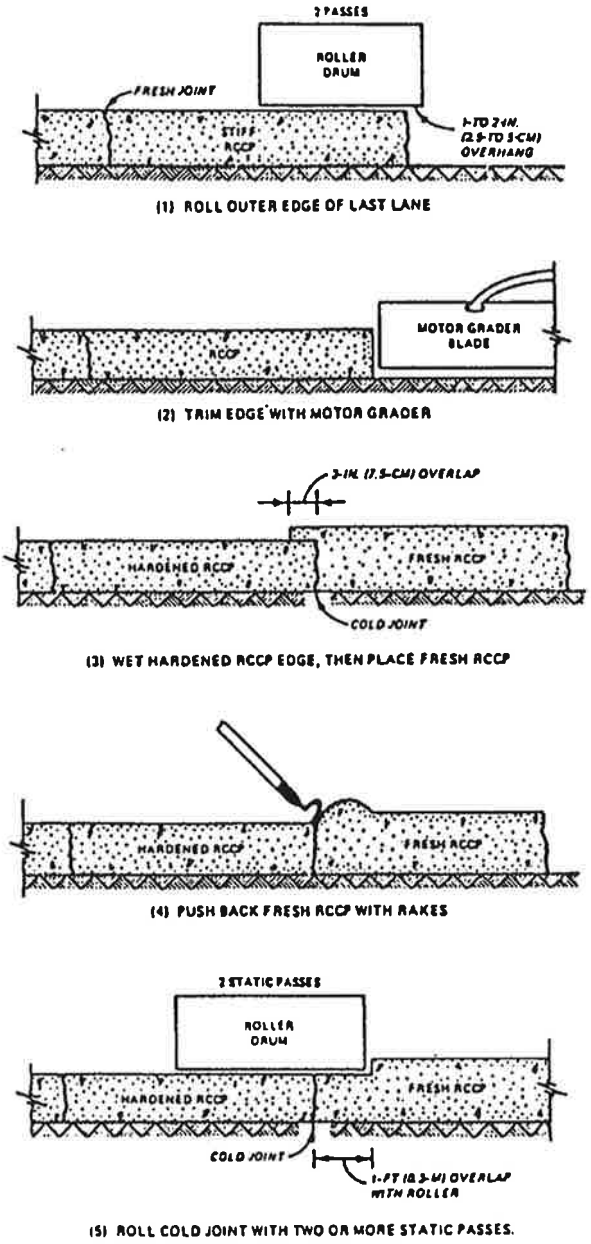


그림 5.6 콜드 조인트의 시공과정

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

본 시공대상구간의 세로방향과 가로방향의 시공이음간격은 현장의 작업기계나 작업상황에 따라 적절히 선정하였다. 또한 보조기층과 표층의 사이에 비닐을 깔면 포장체의 팽창수축이 좀 더 자유로워 건조수축이나 온도차에 의한 포장면의 균열이 줄어들 것으로 사료되었으므로 현장시공시 고려하였다.

본 현장시공시 사진 5.5와 5.6과 같이 다짐률 95%이상이 되도록 다졌으며 혼합후 2시간 이내에 다짐작업을 완료하였다. 전압에 사용된 장비와 전압규격, 전압횟수 등은 본 연구에서 제시된 사항에 의하였다. 본 연구에서 제시된 바와 같이 포장두께 15~20cm 정도에서는 1단 다짐으로 충분한 다짐률을 확보할 수 있으므로 1단 다짐을 실시하였다. 현장에서 다짐 즉시 사람이나 경차량이 지나가도 포장에 흔적을 남기지 않음을 확인하였다.

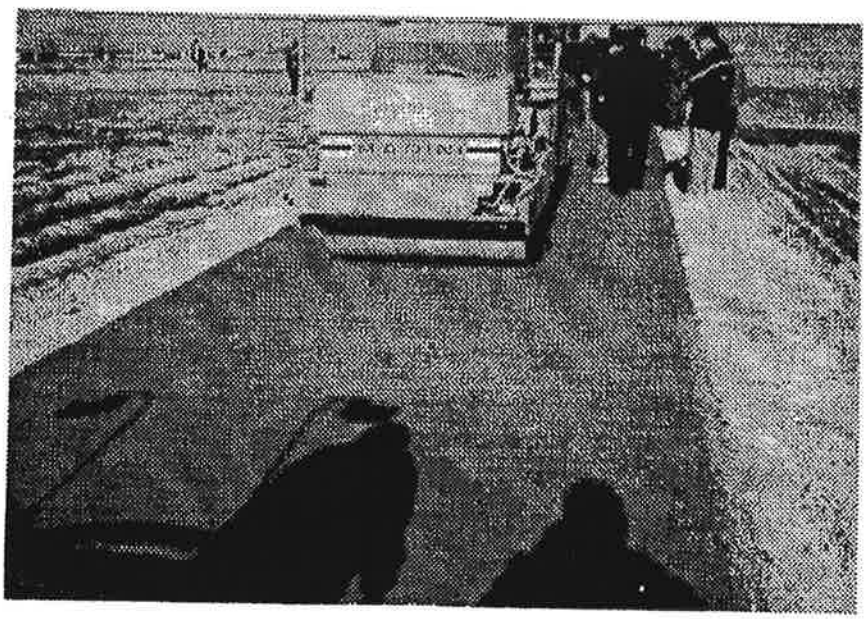


사진 5.5 RCCP의 전압과정(진동로울러 (자주식 10t))

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

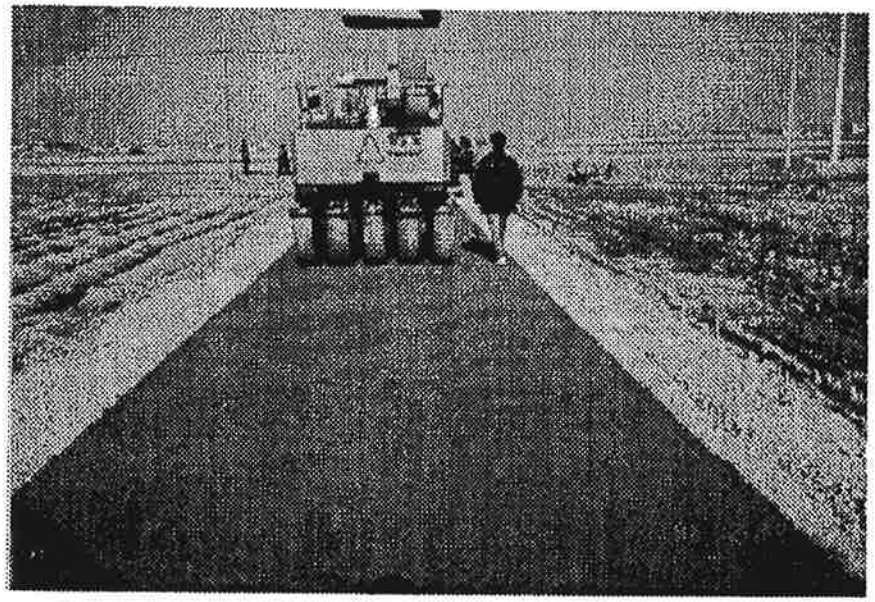


사진 5.6 RCCP의 전압과정(탄뎀 로울러 (5~8t))

5. 줄눈의 설치

개정된 '96 콘크리트 표준시방서의 포장편에 의하면 일반포장에 있어 줄눈 간격의 표준은 도로포장의 경우 다음과 같다.

표 5.7 줄눈간격의 표준(도로포장)

줄눈의 종류				줄눈간격
가로줄눈 (횡단줄눈)	팽창줄눈	6월~9월 시공시	슬래브두께 15~20cm	120~240m
			슬래브두께 25cm 이상	240~480m
		10월~5월 시공시	슬래브두께 15~20cm	60~120m
			슬래브두께 25cm 이상	120~240m
	수축줄눈		슬래브두께 25cm 미만	8m(철망을 생략하면 6m 이하)
			슬래브두께 25cm 이상	10m
세로줄눈(종단줄눈)				3.25~4.5m

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

또한 RCCP의 줄눈시공시 수축줄눈의 경우 6~8m간격, 팽창줄눈은 일반 무근 콘크리트 포장의 규격에 따르도록 되어 있다. 그러나 해외의 시공사례를 살펴보면 수축줄눈이 필요없다는 보고도 나와 있다. 즉, 수축줄눈을 시공하지 않고 자연적으로 균열이 생기도록 하여도 균열이 발생한 면에서 특별한 부작용은 없었으며, 매우 무거운 하중과 수많은 동결융해작용을 7년이상 견딘 것으로 나타났다. RCCP의 건조수축은 사용 단위수량이 적은 이유 때문에 일반 콘크리트보다 적은 것으로 나타나며, 건조수축 균열간격은 일반 콘크리트보다 좀 더 크지만 대략 12~18m이다.

수축줄눈은 포설도중 또는 포설완료시 설치하지만, 보통은 포설완료후 설치하며 커터(saw cutter)로 절단하여 균열을 유도하고, 그림 5.7을 참조하면 절단깊이는 포장두께의 1/3~1/4정도, 폭은 6~8mm정도이다. 수축줄눈의 절단시기는 포설후 24시간 이내로서 콘크리트 강도가 확보되는 시점, 즉, 콘크리트 톱을 대어 골재가 튀지 않고 주변에 흠집이 나지 않는 시점으로 하지만, 계절에 맞추어 시간을 조절할 수 있으며 절단후 살수청소하는 것이 바람직하다.

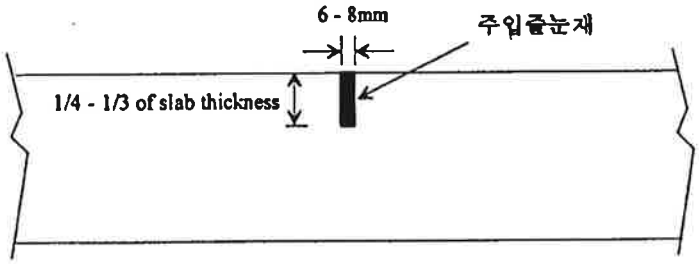


그림 5.7 수축줄눈

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

팽창줄눈은 1일 포설완료후 시공이음개소에 설치하는 경우와 RCC 슬래브의 경화후 절단하여 시공하는 경우가 있으며 전두께, 전폭을 절단한다. 전자의 경우 1일 시공종료구간길이가 팽창줄눈 간격이 된다. 그러나 본 현장시공에서는 1일 내에 전 시공이 완료되었으므로 팽창줄눈을 따로이 두지 않았다. 그림 5.8을 참조하면 주입줄눈재가 차지하는 깊이는 40mm정도이고, 폭은 20mm가 표준이며 25mm까지도 가능하다.

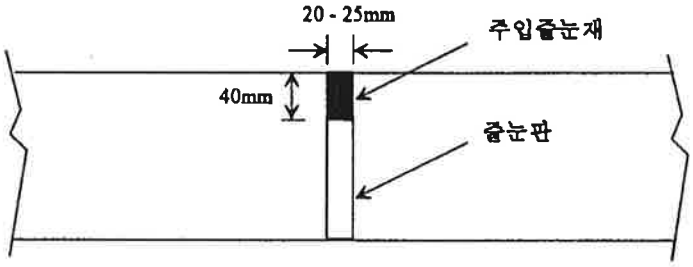


그림 5.8 팽창줄눈

줄눈판은 콘크리트 슬래브의 팽창수축에 따르고, 팽창시에 밀려 빠져나오지 않아야 하며, 수축시에는 콘크리트 슬래브 사이에 틈이 생겨서도 안된다. 또한 내구적이어야 하고, 설치할 때나 콘크리트를 다질 때에 부숴지거나 구부러지거나 비틀어지지 않는 것이라야 한다. 줄눈판의 시험방법은 KS F 2471에 따른다. 줄눈판으로 쓰이는 재료에는 목재계, 역청질계, 역청섬유질계, 고무스폰지 및 수지발포체계 등의 종류가 있지만, 상기의 모든 조건을 만족시키는 것은 없으므로 이들의 각각의 특성을 고려해서 상황에 따라 적합한 줄눈판을 선정하는 것이 좋다.

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

주입줄눈제는 콘크리트 슬래브의 팽창수축에 따르고, 콘크리트와 잘 부착하고, 물에 녹지 않으며, 물이 통하지 않고, 고온시에 유출되지 않으며, 저온시에도 충격에 견디며, 토사 등의 침입을 막고 또한 내구적인 것이라야 한다. 주입줄눈재로서 사용되고 있는 것으로는 가열시공식(加熱施工式)과 상온시공식의 2종류가 있다. 전자는 가열주입한 다음 냉각시켜 경화하는 주입줄눈재로서 일반적으로 역청재에 고무 등을 넣어서 탄성을 주며, 후자에는 유제형(乳劑型), 매스틱(mastic)형 및 2성분경화형(二成分硬化型)등이 있다.

본 현장시공시 수축줄눈은 1회는 시공후 9시간 내외, 2회는 24시간 내외에 saw cutting을 실시하여 설치하였다. 줄눈간격은 규정을 참조하여 6.25~6.35m로 두었으며 깊이는 두께의 1/4정도이다. 노폭이 3.0~3.5m로 비교적 작으므로 세로줄눈은 따로 시공하지 않았다.

6. 마무리 및 양생

양생은 다짐작업 직후부터 시작하여야 한다. RCCP는 단위수량이 적으므로 살수에 의한 습윤양생을 표준으로 하며 다짐완료부분은 속히 양생매트를 피복하여 거칠어지지 않도록 살수를 개시한다. 소정기간이 지나면 현장양생용 살수차를 이용해도 된다. 보통 포틀랜드 시멘트의 경우는 콘크리트 표면에 막이 형성되는 양생제를 뿌려서 콘크리트 속의 수분 증발을 막는 막(膜)양생을 함께 하는 것도 좋다. 일반적으로 양생기간은 현장에서 양생한 콘크리트 공시체의 휨강도가 소정의 값(보통 배합강도의 70%) 이상으로 될 때까지의 기간으로 하며 이 기간 이후에는 하중을 받거나 건조한 공기에 노출되어도 휨강도 발현에 해를 주지 않는다는 실험결과가 있다. RCCP는 휨강도 발현이 빠른 관계로 보통 포틀랜드 시멘트를 사용할 때 7일, 조강 포틀랜드 시멘트를 사용할 때 3일을 습윤양생기간의 표준으로 하며 이는 일반 콘크리트 포장의 습윤양생

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

기간의 절반정도에 해당되고 이처럼 조기공용이 가능한 것이 RCCP의 한 장점이 된다. 한편 동절기 포장시에는 현장조사를 통하여 양생기간을 보정해야 한다.

현장시공시 마무리된 표층의 두께 차이는 ±3% 이하가 되도록 평탄성을 조절하였다. 양생은 초기 3일간은 시트복 양생, 후기 4일간은 살수양생을 실시하였다.

제 3 절 현장조사

현장시공된 RCCP의 성능을 평가하기 위하여 현장조사를 실시하였다. 균열간격은 평균적으로 25m간격이며 모두 수축줄눈 시공부위에서 발생하였다.(그림 5.9) 수축줄눈의 설치목적이 건조수축이나 온도 등에 의해 포장면이 응력을 받을 때 응력을 수축줄눈 부위에 집중시켜 제어되는 균열을 발생시킨다는 의미이므로 의도했던 균열이 적절한 간격으로 발생하였다고 할 수 있다.(사진 5.8) 현장시공시 완성된 마무리 표층 두께는 ±3%의 차이 이하가 되도록 평탄성을 조절한 결과 농로의 목적으로는 높은 평탄성을 확보하였다고 사료된다.(사진 5.9)

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

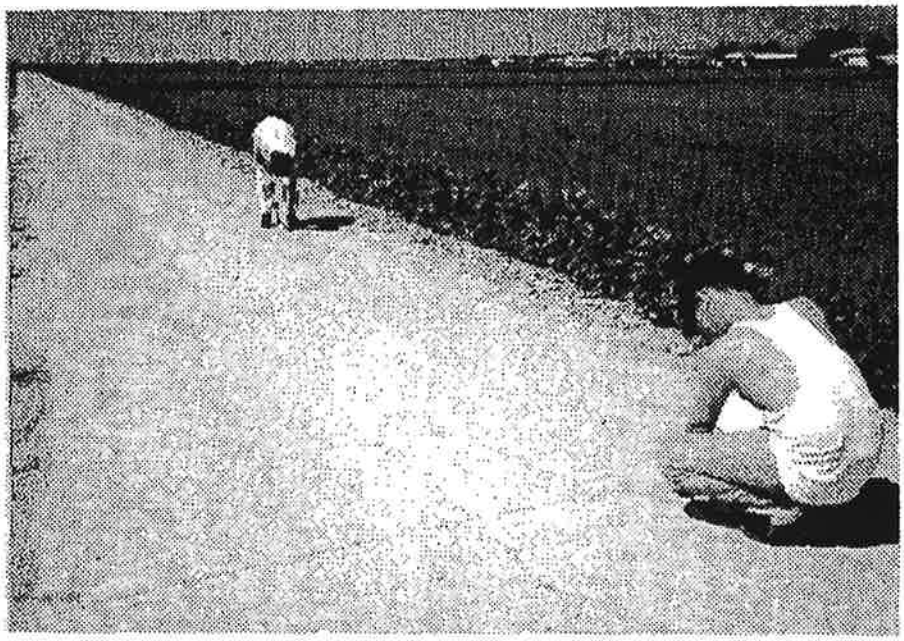


사진 5.7 RCCP 현장조사 광경

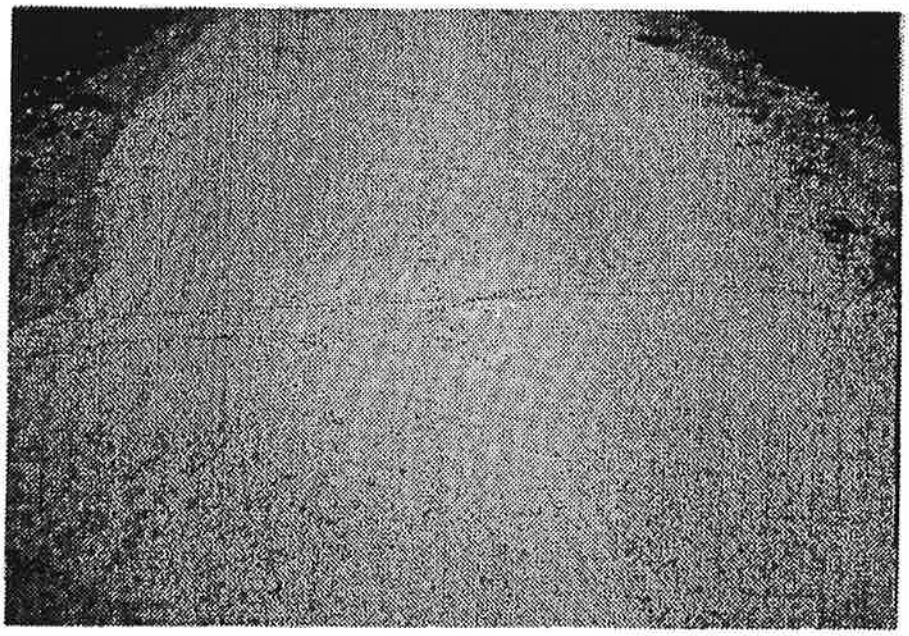


사진 5.8 수축줄눈으로 제어되어 발생된 균열

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

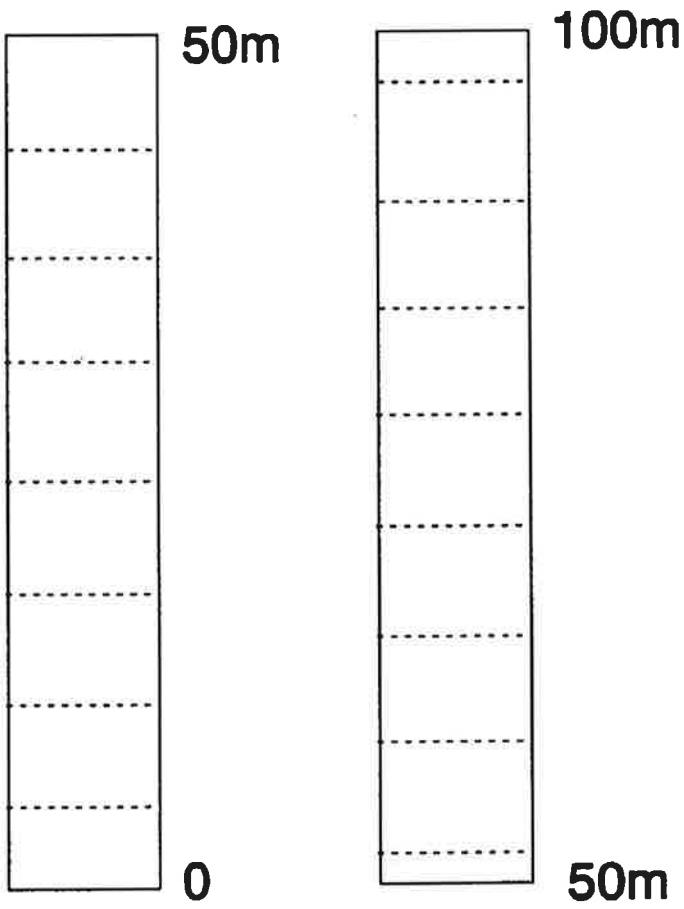


그림 5.9 RCCP 시공구간의 균열발생 부위

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

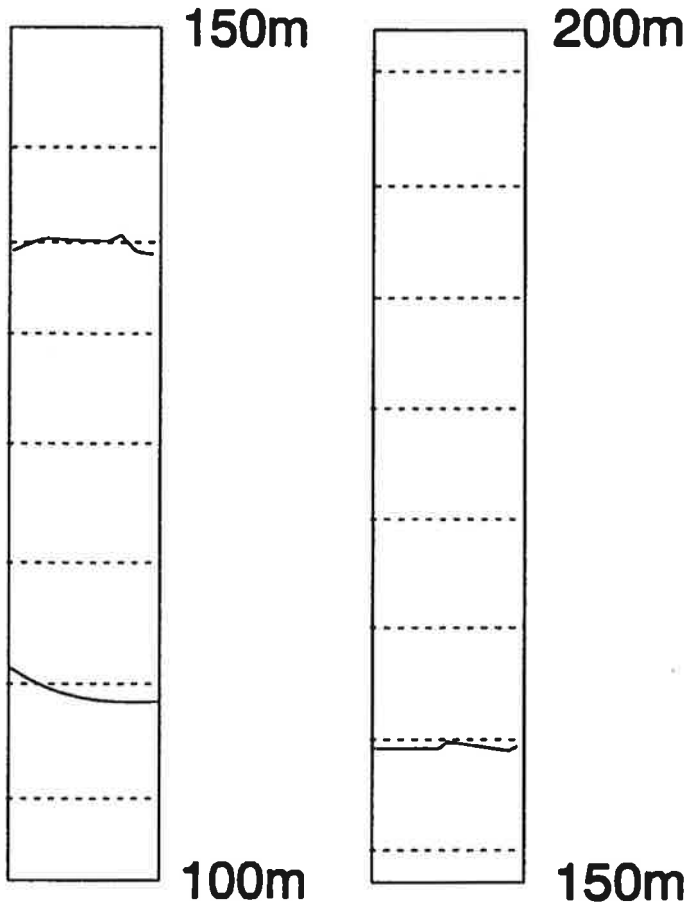


그림 5.9 RCCP 시공구간의 균열발생 부위(계속)

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

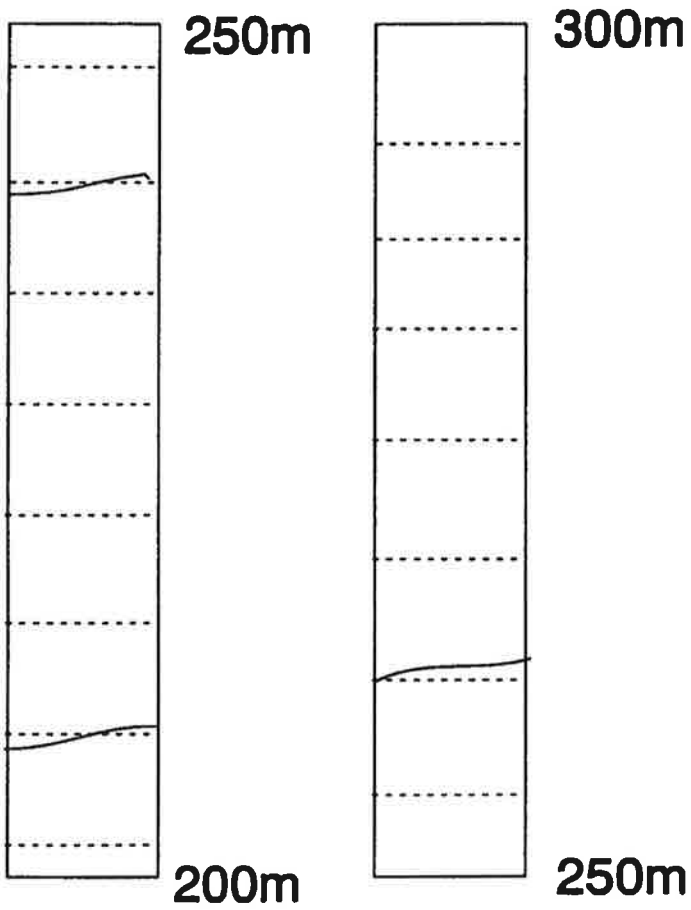


그림 5.9 RCCP 시공구간의 균열발생 부위(계속)

2015/07/08 09:26-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

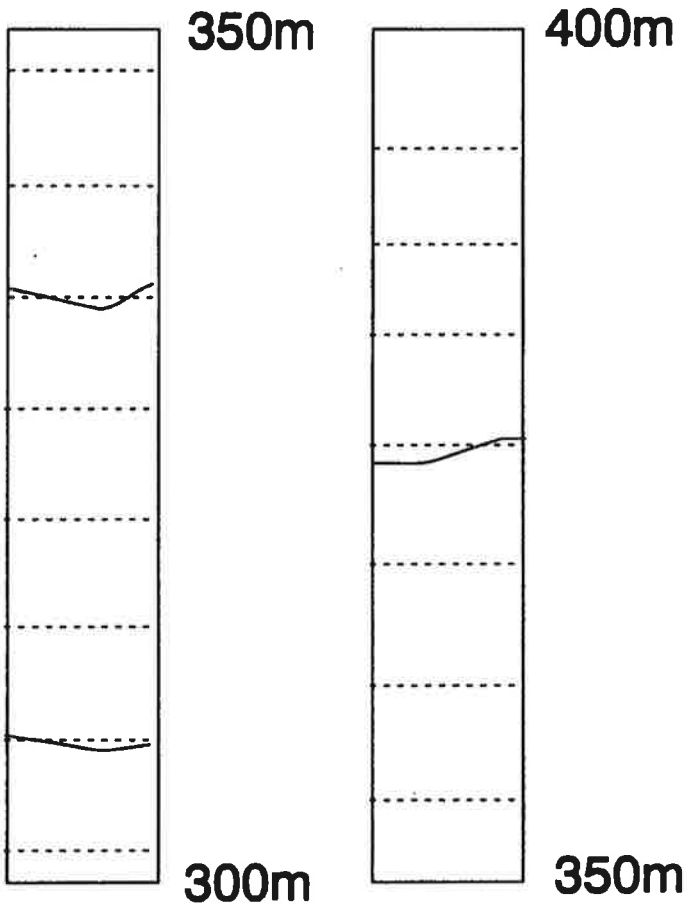


그림 5.9 RCCP 시공구간의 균열발생 부위(계속)

2015/07/08 09:26-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

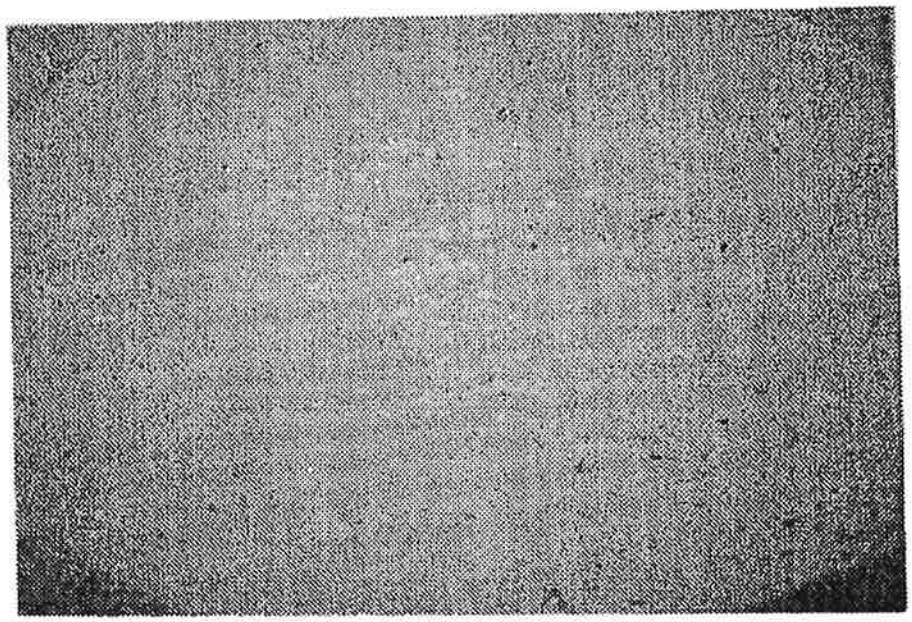


사진 5.9 RCCP 포장면의 평탄성(확대)

제 4 절 현장시공에 대한 평가

본 연구의 예비적인 실내실험결과와 시공법 등의 연구성과를 반영하여 RCCP의 현장시공을 실시하였다. 실험결과에 의해 검증된 최적의 RCC 표층의 배합과 soil-cement 보조기층의 배합을 사용하였고 또한 배합 및 운반, 포설, 전압 및 마무리, 양생 등 RCCP의 각각의 시공과정에 있어 연구결과 제시된 바람직한 시공방법에 따라 수행되었다.

약 400m 구간의 시험시공 후 현장조사를 실시한 결과 포장체의 성능은 양호하며 수축줄눈이 적절한 균열을 유도하고 있음을 관찰할 수 있었다. 최대골

2015/07/08 09:31-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

재치수 25mm의 배합으로 시공되었지만 평탄성 또한 농로의 기능으로서는 높은 편으로 나타났다. 수축줄눈을 설치하여 균열을 유도하고, 굵은골재의 최대치수 감소 및 시공장비의 능력개선을 통해 60km/hr이하의 도로에는 RCCP를 표층으로 적절히 사용할 수 있는 것으로 사료된다.

본 현장시공지구에서는 RCCP와 더불어 일반 콘크리트 포장을 시공하였다. 따라서 두 공법의 직접적인 비교가 가능하였다. RCCP는 일반 콘크리트 포장보다 시공속도가 빠른 만큼 노무비 등에서 절감효과가 있었고, 소요작업인원 축소에 따른 추가의 절감효과도 있었다. 부록 2에 RCCP의 시공비 산출근거가 나와 있다. 그러나 시공구간이 길어지고 시공기술이 축적될수록 비용절감 효과는 더욱 두드러질 것으로 사료된다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

제 6 장 결론 및 활용방안

본 연구에서는 외국에서 최근에 활발히 적용되고 있는 RCCP(Roller Compacted Concrete Pavement)공법을 국내 기계화경작로 확포장시공에 맞도록 연구개발하였으며, RCCP의 최적배합 도출과 제반 물성에 대한 실험과 함께 현장시험시공을 거침으로써 국내 기계화경작로 확포장시공을 위한 토대를 구축하였다. 본 연구의 주요 내용과 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) RCCP는 콘크리트를 롤러로 다져 만드는 포장으로서 다짐률이 매우 중요하다. 공업규격에 따른 마샬다짐시험을 통하여 다짐시험을 실시한 결과 약 30회의 다짐을 실시했을 때 목표했던 95%이상의 다짐률을 얻을 수 있었으며, 포장두께가 15~20cm정도인 경우 같은 다짐횟수에 대한 1단, 2단 다짐 효과의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서, 1단 다짐의 최대 포장두께는 15~20cm정도로 제한함이 바람직하다.

(2) 본 연구를 통하여 제시된 다짐률과 압축강도의 관계, w/c와 다짐률의 관계 및 w/c와 압축강도의 관계 등은 앞으로 현장여건에 맞는 RCCP의 최적배합 선정시 매우 중요한 자료로 활용될 것으로 사료된다.

(3) 현장시험시공시 최적배합으로부터 도출된 물-시멘트비 33%의 배합을 사용하였으며, 이 배합은 강도 및 내구성시험을 통하여 검증되었다. 강도시험결과 배합강도인 압축강도 400kg/cm^2, 휨강도 58kg/cm^{2}을 상회하였으며 우수한 피로저항성을 나타내었다. 또한 적절한 공기량을 확보하여 동결융해시험결과 우수한 내구성지수를 보였다. RCC에 일반적으로 요구되

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

는 바와 같이 95%이상의 다짐률 확보시, 슬럼프는 없었으며 컨시스턴시 또한 현장시공에 적절한 값을 가지고 있는 것으로 나타났다.

(4) 현장시공시 사용된 soil-cement 보조기층의 성능을 향상시키기 위하여서 여러가지 혼합재료를 사용하여 실험을 실시하였다. 강도와 내구성 등의 시험결과에 의해 최적의 시멘트계 고화제 혼합재료를 도출하였으며 적절한 혼합비를 또한 제시하여 현장시공시 활용하였다.

(5) 약 400m 구간의 시험시공 후 현장조사를 실시한 결과 포장체의 성능은 양호하며 수축줄눈이 적절한 균열을 유도하고 있음을 관찰할 수 있었다.

(6) 실내실험 및 현장시험시공의 성과를 바탕으로 RCCP의 현장시공시의 지침을 마련하였다. 즉, 배합 및 운반, 포설, 전압 및 마무리, 양생 등 RCCP의 각각의 시공과정에 있어 최적의 시공방법을 제시하였다. 여기에는 포장두께, 줄눈간격, 시공이음의 처리, 전압규격 등 시공에 필요한 세부사항을 포함하고 있다. 이 지침은 앞으로 우리나라에서 RCCP를 효율적으로 시공하는데 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

(7) 우리나라에서는 지금까지 RCCP가 소개만 되어왔을 뿐 실용화를 위한 연구가 본격적으로 이루어지지 않은 상태이다. 그러나 현장시험시공결과 몇가지 미흡한 점만 개선한다면 포장체의 재료나 콘크리트 플랜트 등 우리나라의 현장조건으로 볼 때 공법을 실용화하는데 대한 취약성은 없을 것으로 기대된다. 무엇보다 RCCP의 시공을 활성화하여 미비점을 계속적으로 개선해 나갈 경우 비용절감과 더불어 우수한 포장성능을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

(8) RCC의 활용범위는 농로 뿐 아니라 중장비의 주차시설이나 경교통도로, 댐 등으로 다양하므로 앞으로 RCC의 시공기술확립에 따른 파급효과는 매우 클 것으로 기대되고 있다. 이를 위해 앞으로 계속적인 기계화경작로 확포장시공을 위한 현장적용 연구가 본 연구에 이어서 계속되는 것이 절실히 요망되고 있다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

부 록

2015/07/08 09:31-운영지원과/경보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

1. RCCP 시공지침

1. 적용범위

이 시공지침은 롤러 다짐 콘크리트 포장(RCCP)의 설계 및 시공에 관한 일반적인 표준을 규정하는 것이다.

[해설]

이 시공지침은 도로, 중장비 주차장, 駐機場 및 하역장 등에 주로 사용되고 있는 롤러 다짐 콘크리트 포장(RCCP)을 대상으로 하고 있다. 일반 콘크리트 포장과는 달리 아스팔트 페이버 포설, 롤러 다짐의 토공전압방식의 포장으로서 이와 시공방법이 유사한 빈배합의 롤러 다짐 콘크리트와는 달리 정의하며, 부배합 콘크리트를 대상으로 한다.

2. 콘크리트의 품질 및 재료

롤러 다짐 콘크리트(RCC)는 소요의 강도를 가지고 내구성과 마모저항성이 크며, 품질이 균일한 것이어야 한다.

또한 사용재료는 일반 콘크리트용 재료를 기준으로 하고 있으며, 설계기준강도는 28일 휨 또는 압축강도를 사용한다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

3. 배합

3.1 총칙 및 배합강도

콘크리트의 배합은 전압에 적합한 무슬럼프 콘크리트로서 단위수량을 가능한 한 적게 쓴다.

배합강도는 설계기준강도에 적합한 증가계수를 곱해서 사용한다.

[해설]

롤러 다짐 콘크리트는 무슬럼프 콘크리트로서, 설계기준강도 및 배합강도는 일반 콘크리트와 동일하게 적용한다.

3.2 단위수량 및 단위시멘트량

단위수량은 실내다짐시험을 통하여 최대건조밀도를 갖는 최적함수비 개념을 적용한다.

단위시멘트량은 강도, 내구성 및 작업성 등을 기준으로 정하며, 물-시멘트비(w/c)는 0.3~0.4의 범위가 되도록 한다.

[해설]

롤러 다짐 콘크리트(RCC)의 단위수량과 단위시멘트량은 실내다짐시험에서 최대건조밀도를 갖는 최적함수비를 참조하여 결정한다. 일반적으로 최적함수비는 물-시멘트비 0.3~0.4에 있게 되므로, 일반 콘크리트의 물-시멘트비보다 크게 감소된 값을 갖는다.

소요 시멘트량은 다짐방법으로 제조된 압축강도 공시체의 강도를 기준으로

2015/07/08 09:31-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

하여 정하며 이때 공시체는 현장시공조건과 유사한 다짐률(일반적으로 95%이상)을 확보하고 있어야 한다.

4. 콘크리트의 제조

(1) 제조된 콘크리트는 소정의 품질을 가져야 하며 변동성이 적어야 한다.

(2) 사용재료는 시방배합을 현장배합으로 고쳐서 사용해야 하며, 재료의 계량오차는 일반 콘크리트와 동일한 범위를 적용한다.

(3) 제조는 강제식 믹서 또는 가경식 믹서의 사용을 원칙으로 한다.
기타 제조과정은 일반 콘크리트와 같다.

[해설]

롤러 다짐 콘크리트의 생산은 건식 생산방식으로 하며, 무슬럼프 및 부배합 콘크리트이므로 비비기가 곤란하여 강제식 믹서 또는 가경식 믹서를 사용하는 것을 원칙으로 하였다. 즉, 국내의 콘크리트 포장 기층재료로 많이 사용중인 빈배합 콘크리트의 경우와 제조과정이 유사하다.

또한 롤러 다짐 콘크리트와 같은 된비빔의 제조에는 배치식 플랜트보다 연속식 플랜트가 유리하며 배치식 플랜트에서는 퍼그밀(pugmill)을 장착하는 것이 바람직하다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김보나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

5. 롤러 다짐 콘크리트 포장(RCCP)의 시공

5.1 준비공

(1) 보조기층면의 마무리, 다짐상태 등에 대하여 충분히 검토해야 한다.

(2) RCCP의 설계시에는 교통하중 및 내, 외적인 요인을 모두 고려하여 포장두께 및 강도를 정해야 하며, 시공시 균질하고 치밀한 콘크리트를 얻을 수 있도록 하여야 한다.

[해설]

(1)에 대하여 RCCP의 보조기층에는 빈배합 콘크리트, 입도조정쇄석, 소일-시멘트(soil-cement), 아스팔트 중간층 등이 폭넓게 사용될 수 있으며, 일반 콘크리트 포장과 동일하게 시공한다. RCCP도 일종의 강성포장이므로 이론적인 면에서는 준강성을 지닌 빈배합 콘크리트, 소일-시멘트, 아스팔트 중간층의 사용이 바람직하다.

(2)에 대하여 RCCP의 성능은 시공능력에 매우 밀접하게 관계되며, 시공시의 다짐도나 포장체의 균질성은 포장체의 성능에 직접적으로 영향을 미치므로 철저한 시공관리를 요한다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

5.2 운반 및 포설

(1) 콘크리트의 운반은 재료분리를 막을 수 있는 방법으로 해야 하며, 비빔 후 포설이 끝날 때까지 1시간을 넘어서는 안된다.

(2) 운반시 수분의 과도한 증발이 없도록 유의하여야 한다.

(3) 콘크리트의 포설은 균일한 포설높이를 유지하여야 한다.

(4) 적정 두께 이상의 포장체는 2층 포설을 실시하여 전압한다.

[해설]

(1), (2)에 대하여 롤러 다짐 콘크리트는 최적함수비 개념의 소량의 물을 사용하는 관계로 수분의 증발에 대하여 최대한 보호할 수 있어야 하므로 운반시간을 짧게 잡고 있다. 또한 덤프트럭으로 운반시 비닐이나 커버 등을 씌워 수분증발을 방지해야 한다.

(3)에 대하여 콘크리트 포설은 라인센서 등이 부착되어 있는 장비를 이용하는 것이 바람직하고 포설시 이미 어느정도 다짐이 되어 포설 후 사람이 올라서도 발자국이 생기지 않는 정도가 되어야 한다. 균일한 포설이 가능한 아스팔트 페이버 등의 사용을 표준으로 한다. 또한 포설시 전압율을 고려하여 일정두께를 증가시켜 포설해야 하며, 전압율은 15~30%정도를 적용한다. 그러나 시험포설 및 전압 등을 통하여 적정전압율을 미리 산정하여야 한다.

(4)에 대하여 포장체의 두께가 일정수준(보통 15~20cm) 이상이 되면 현장시공시 양호한 다짐상태를 확보하기 위하여 2층 포설을 실시해야 한다. 2층 포설을 할 경우, 하부층을 2회 정도 다진 후 하부층이 경화되기 전에 상부층을 포설하여 전체 포장의 다짐작업을 실시한다. 이때 상부층은 하부층보다 얇은 두께로 포설한다. 이러한 방법으로 두 층간의 우수한 부착성능을 얻을 수 있다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

5.3 전압 및 마무리

(1) 지연제를 첨가하지 않는 경우 콘크리트 배합 후 2시간 이내에 다짐작업이 완료되어야 한다.

(2) 포설후 초기다짐은 종, 횡방향 밀림을 방지하기 위하여 무진동 다짐을 실시한다.

(3) 다짐장비의 조합은 최소의 장비가동횟수로 최대의 다짐밀도를 얻을 수 있도록 계획한다.

(4) 전압의 패턴은 도로의 폭, 재료의 공급능력, 시공장비의 규격을 고려하여 표준화된 방법을 미리 설정하여 따라야 한다.

(5) 시공중 발생하는 시공이음 즉, 프레쉬 조인트 및 콜드 조인트의 처리방법을 미리 설정하여 따라야 한다.

(6) 진동로울러의 진행속도, 진동폭 및 진동주파수는 최적의 다짐효과를 얻을 수 있도록 정한다.

(7) 포장측면은 적절한 각도로 마무리한다.

(8) 마무리 전압은 노면이 최대한 평탄하게 유지되도록 처리하며, 소정의 평탄성을 확보하였는지 마무리 상태를 점검한다.

[해설]

(1)에 대하여 콘크리트의 배합수는 시간경과에 따라 증발되고 또한 시멘트의 수화반응에 사용되어 점점 감소하므로, 소정의 작업성을 확보하기 위해 시공시간을 제한하였다.

(2)에 대하여 초기다짐은 재료의 종, 횡방향 밀림방지를 위하여 무진동 다짐을 실시하여 다음의 진동다짐에 대한 준비를 한다.

(3)에 대하여 다짐은 탄뎀, 마카담, 타이어 로울러 및 진동로울러 등의 장비

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

를 조합하여 실시하되, 다짐장비의 조합이나 다짐횟수는 시험다짐을 통하여 결정하여야 한다. 다짐도는 일반적으로 95~97%를 확보하여야 설계강도를 만족한다.

(4), (5)에 대하여 전압의 패턴은 어느정도 표준화가 되어있지만 현장에서 시험다짐을 실시하여 정하는 것이 가장 바람직하다. 또한 시공시 불가피하게 발생하는 시공이음을 프레쉬 조인트(fresh joint)로 처리할 것인지 콜트 조인트(cold joint)로 처리할 것인지에 따라 전압의 패턴이 달라진다. 일반적으로 포설간격이 60~90분 이하이면 프레쉬 조인트, 60~90분 이상이면 콜드 조인트로 처리한다. 특히 콜드 조인트는 열화되기 쉬우므로 시공시 특별한 주의를 요하며, 일반적으로 면을 적절히 다듬고 시멘트 모르터를 도포하거나 살수하여 양호한 접착이 되도록 한다.

(6)에 대하여 .일반적으로 진동폭은 크게, 진동주파수는 작게 주는 것이 나으며, 진행속도는 3.2km/hr를 넘으면 안된다.

(7)에 대하여 측면의 거푸집을 사용하지 않을 경우 포장측면은 side-plate를 부착하거나 인력으로써 45~60° 정도의 소경사 마무리를 한다.

(8)에 대하여 평탄성을 확보하기 위한 무진동 마무리 다짐이 종료된 후 3m 직선자 또는 7.6m 프로파일미터를 사용하여 마무리에 대한 점검을 실시하되 점검간격은 1.5m이하로 한다. 튀어나온 부분은 절삭 또는 추가전압을 실시하며 오목한 부분에는 재료를 추가하여 인력으로 고르고 다진다. 포장의 전압후의 두께 오차는 다짐두께의 10%내외를 유지하여야 하며, 설계시 고려된 교통차량에 적합한 평탄성을 갖고 있어야 한다. 일반적으로 RCCP의 시공시 시속 60km/hr 이하의 도로에는 직접 노출식으로, 그 이상의 주행도로에는 아스팔트 마모층 등을 사용하여 소요 평탄성을 확보해야 한다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래
자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

5.4 줄눈시공

(1) 포장체의 바람직한 거동을 유도하기 위하여 수축줄눈 및 팽창줄눈을 설치한다. 세로줄눈은 가로줄눈과 같은 방법으로 시공한다.

(2) 가로줄눈은 포장 전폭에 대하여 설치하고, 줄눈부 역시 일반구간과 같은 강도 및 평탄성을 유지하여야 한다.

[해설]

줄눈의 설치는 수축줄눈의 경우 6~8m 간격, 팽창줄눈은 일반 콘크리트 포장의 규격을 따른다. RCCP는 강성이 크므로 원칙적으로 줄눈부에는 하중전달을 위한 다우웰바(dowel bar)나 타이바(tie bar), 슬립바(slip bar)를 설치하지 않는다.

제어되는 균열을 유도하기 위한 수축줄눈은 커터(saw cutter)로 절단하여 설치하고, 절단깊이는 포장두께의 1/3~1/4로 한다. 수축줄눈의 절단시기는 포설 후 24시간 이내로서 콘크리트의 강도가 확보되는 시점, 즉 콘크리트 톱을 대어 튀지 않는 시점으로 하며 절단 후 살수청소하는 것이 바람직하다. 수축줄눈은 주입줄눈재를 충전하여 차수시켜 주어야 한다.

팽창줄눈은 1일 시공 완료후 시공이음개소에 설치하거나, 일반 콘크리트 포장과 같이 경화 후 절단하여 시공하는 경우가 있으며, 포장 전두께를 절단한다. 줄눈폭은 20mm를 표준으로 하며 주입줄눈재는 상부의 약 40mm정도의 깊이를 차지하도록 한다. 하부에는 콘크리트의 팽창수축을 수용할 수 있는 줄눈판을 설치한다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

6. 마무리 및 양생

6.1 총칙

콘크리트의 마무리 전압이 종료되면 교통개방 전까지 햇빛, 비, 바람, 건조, 기온변화, 하중 및 충격 등에 의한 유해한 영향을 받지 않도록 보호하고, 일정기간은 습윤상태로 유지해야 한다.

[해설]

수분의 과도한 증발이 없도록 유의하고, 경화를 증진시키며 건조수축 등으로 인한 유해한 균열이 없도록 양생을 충분히 실시한다.

6.2 양생기간

양생기간은 시험에 의하여 정하며, 일반적으로 양생한 콘크리트 공시체의 휨강도가 소정의 값 이상으로 될 때까지로 한다.

[해설]

일반적으로 설계휨강도의 70%가 될 때까지를 습윤양생기간으로 하며, 롤러다짐 콘크리트는 낮은 물-시멘트비의 사용 등의 효과로 휨강도 발현이 빠른 관계로 보통 포틀랜드 시멘트를 사용할 때 7일, 조강 포틀랜드 시멘트를 사용할 때 3일, 중용열 포틀랜드 시멘트를 사용할 때 14일을 양생기간의 표준으로 한다. 그러나 동절기 포장시에는 현장조사를 실시하여 양생기간을 보정해야 한다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

6.3 양생 방법

양생은 습윤양생을 원칙으로 하며, 적정한 콘크리트 품질을 유지하고 유해작용에 대해 보호조치를 취해야 한다.

[해설]

표면 다짐이 완료된 후 콘크리트의 표면이 건조해지면 양생에 필요한 수분 부족으로 인하여 표면이 떨어져 나가고, 수축에 의한 불규칙한 균열이 일어나기 쉽다. 따라서 일정기간 습윤상태를 유지하되, 콘크리트 포장의 표면에 상처가 나지 않도록 양생매트를 덮고 살수하는 것이 바람직하다.

이러한 습윤양생이 곤란한 경우에는 피막양생으로 할 수도 있으며, 막양생 방법은 일반 콘크리트 포장에서의 방법을 참조한다.

7. RCCP의 품질관리

RCCP의 시공에 앞서 시공전과 시공후의 RCCP의 품질관리항목과 표준측정빈도를 정한 후 실시해야 한다.

[해설]

RCCP의 품질관리항목의 예에는 골재의 입도 및 표면수량, 공기량, 슬럼프, 컨시스턴시(consistency), 콘크리트 온도, 콘크리트 강도, 다짐도, 포장의 두께 및 폭, 평탄성 등이 있다. 콘크리트의 강도는 현장코어채취를 통하여 구한다. 또한 노면의 상태는 수시로 육안관찰을 하여야 한다. 표층 뿐 아니라 보조기층에 대해서도 적절한 품질관리기준을 두어야 한다.

2015/07/08 09:31-운영지원과/김보나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

2. RCCP의 시공비 산출 근거

R C C 표 층 포 설 및 다 짐					
(1) 현 장 운 반 (덤프 10.5 ton) L = 0.7 km q = 10.5 / 2.5 × 1 = 4.2 f = 1 E = 0.9 K = 0.9 t_1 = 3.76 t_2 = 28.8 t_3 = 0.8 t_4 = 0.42 Cm = 33.78 Q = 60 × 4.2 × 1 × 0.9 / 33.78 = 6.71 m^3/hr					
구	분	금	액	Q (m^3/hr)	원 / m^3
재					3,313
노 무	비	8,961		6.71	1,335
재 료	비	6,422		6.71	957
경	비	6,853		6.71	1,021

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

R C C 표 층 포 설 및 다 짐

(2) 아 스 팔 트 페 이 퍼 (3.0m)

$Q = V \times W \times t \times d \times E = 136.08\ m^3/hr$

V = 180 ' W = 3.0 t = 0.15 d = 2.1

E = 0.8

$Q_p = Q_r \times N = 136.08 \times 0.25 = 34.02\ m^3/hr$

구 분	금 액	Q (m^3/hr)	원 / m^3
계			255
노 무 비	17,249	136.08	126
재 료 비	2,277	136.08	16
경 비	15,438	136.08	113

2015/07/03 09:31 운영지원과/김보나 대체

2015/07/08 09:31 - 문형지원과/김보나래

R C C 표 층 포 설 및 다 짐

(3) 진 동 로 울 러 (자 주 식 10 ton)

Q = 1,000 × V × W × D × E × f / N

A = 1,000 × V × W × E / N

W = 1.9 V = 4.0 E = 0.6 D = 0.15

N = 6 f = 1.2

Q = 136.8 m^3/hr

A = 760.0 m^2/hr

구 분	금 액	Q (m^3/hr)	원 / m^3
계			238
노 무 비	13,187	136.80	96
재 료 비	4,025	136.80	29
경 비	15,543	136.80	113

RCC 표층 포설 및 다짐

(4) 탄템 로울러 (5 - 8 ton)

N = 2 W = 1.1 V = 3.0 D = 0.15

E = 0.6 f = 1.0

$Q = 1{,}000 \times V \times W \times D \times E \times f / N = 148.5\ m^3/hr$

$A = 1{,}000 \times V \times W \times E / N = 990\ m^3/hr$

구분	금액	Q (m^3/hr)	원 / m^3
계			127
노무비	13,187	148.5	88
재료비	1,564	148.5	10
경비	4,352	148.5	29

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

총 계 RCCP					
경 비 1,279 노 무 비 1,645 재 료 비 1,013 계 3,937	구 분	금 액	Q (m^3/hr)	원 / m^3	
	계	3,933			
	노 무 비	1,645			
	재 료 비	1,012			
	경 비	1,279			

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

3. 참고문헌

1. "Roller Compacted Concrete", Reported by ACI Committee 207, ACI 207.5R-80, 1980

2. "Roller Compacted Mass Concrete", Reported by ACI Committee 207, ACI 207.5R

3. "Structural Design of Roller Compacted Concrete for Industrial Pavements", Portland Cement Association, 1987

4. Ernest Schrader, "Composite Concrete Pavements with Roller Compacted Concrete", Transportation Research Record 1003

5. Abrams, J. M., "Roller Compacted Concrete Pavement at Portland International Airport", Transportation Research Record 1062

6. White, T. D., "Mix Design, Thickness Design, and Construction of Roller Compacted Concrete Pavement", Transportation Research Record 1062

7. Piggott, R. W., "Roller Compacted Concrete for Heavy Duty Pavements : Past Performance, Recent Projects, and Recommended Construction Methods", Transportation Research Record 1062

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

8. Nanni, A., "Roller Compacted Concrete for Highway Pavements", Concrete International, May 1996

9. Hansen, K. D., "A Pavement for Today and Tommorrow", Concrete International, February 1987

10. Andersson, R., "Swedish Experiences with RCC", Concrete International, February 1987

11. Palmer, W. D., "One Tough Pavement", Concrete International, February 1987

12. Abrams, J. M., "An Airport Apron and a Country Road", Concrete International, February 1987

13. Oberlender, G. D., "Earthmoving and Heavy Equipment", Proceedings of the Conference by ASCE, 1986

14. Hansen, K. D., "Roller Compacted Concrete", ASCE, 1985

15. Schrader, E. K., "Roller Compacted Concrete", Military Engineer Vol.69, Sept.-Oct. 1977

16. Pittman, D. W., "Construction of Roller Compacted Concrete Pavements", Transportation Research Record 1062, 1986

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...

17. Stewart, R. F., "Construction Techniques for Roller Compacted Concrete", Transportation Research Record 1062, 1986

18. Johnson, H. A., "Rollcrete Usage at Tarbela Dam", Concrete International : Design & Construction Vol.1 No.11, Nov. 1979

19. "시멘트 콘크리트 포장의 유지보수체제(PMS)에 대한 연구(II)", 한국도로공사 도로연구소, 1994

20. "대정지구기계화경작로 확포장사업 정산서", 온양농지개량조합, 1996

21. "콘크리트 표준시방서-포장콘크리트편", 대한토목학회, 1996

22. "RCCP推進專門委員會報告(技術部會) B-2 : 轉壓コンクリートの品質管理に關する研究", 社團法人 セメント協會, Sept. 1994

23. "道路技術專門委員會報告 R-8 : 轉壓コンクリートの品質に關する研究", 社團法人 セメント協會, Aug. 1993

2015/07/08 09:31-운영지원과/김빛나래

자료출처 : 기계화 경작로 확포장 시공을 위한 롤러 다짐 콘크리트 포장공법(RCCP)의 개발연구. 제2차년도 최종보고서 ...