

CIS 국가 내진 설계 방법과 SNIIP Code를 적용한 주거시설 구조설계 사례

Example of the Structural Design with Applied SNIIP codes in the Commonwealth of Independent States (CIS)

이 동 우* 곽 철 승** 정 훈 식***
Lee, Dong Woo Kwak, Chul Seung Jeong, Hoon Sik

요 약

CIS국가는 구소련국가연합을 지칭하는 말로써, 각 국가의 설계 기준은 구소련의 기준인 SNIIP을 기본으로 작성하여 서로 유사한 부분이 많이 존재한다. 내진 SNIIP 기준은 강진지역인 카자흐스탄을 중심으로 정립되어 구소련의 기준으로 사용되었으며, 독립 이후 각 국가의 상황에 맞게 발전되었다. 일정규모 이상의 건물은 SNIIP 이외 별도의 기술지침(TU)을 발급받아야 하며, 건축 계획시부터 내진에 유리한 방향으로 설계를 진행한다. 본문에서 소개된 주거복합시설은 계획단계에서부터 내진 안정성을 우선적으로 고려하였으며, 해석프로그램 및 배근방법을 현지에 맞게 적용하였다. 또한 실제 도면 표기방법에서도 국내표기방식과 현지 표기방식을 절충하여 현지와 맞는 도면을 작성하였다.

Abstract

In the Commonwealth of Independent States (CIS), the international organization, or alliance, consisting of eleven former Soviet Republics, their own regulation and standard, codes of the building are based on SNIIP issued from the Russia. The SNIIP for the seismicity is based on Kazakhstan codes where earthquake is very strong. After their independence, Seismic codes for Former Soviet Republics have been developed in their own accord. The building subjected by more than certain magnitude should be followed by TU as well as SNIIP. In this paper, the residential complex project where seismic stability is considered from schematic design will be introduced. In this project, Local analysis program and method for arrangement of bar was applied. In the structural drawings, Korean and Local methods was compromised.

키워드 : 독립국가연합, 스텝기준, 내진설계, 카자흐스탄 기준

Keywords : CIS, SNIIP Code, Seismic Design, Kazakhstan codes

1. 서 론

CIS는 독립국가연합 (Commonwealth of Independent States)의 약자로써, 1991년 소비에트 연방의 해체로 독립한 11개 공화국의 연합체 혹은 동맹이다.

그루지야, 러시아, 몰도바, 벨라루시, 아르메니아, 아제르바이잔, 우즈베키스탄, 우크라이나, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 타지키스탄이 회원국이며, 투르크메니스탄은 2005년 8월 26일 탈퇴 후에 준 회원국으로 참여하고 있다. 석유와 가스 등 풍부한 천연 자원을 바탕으로 계속된 경기활황, 국제적인 유가의 고공행진과 더불어 국내 생산 확대, 투자 상승 분위기, 강한 내수소비, 정부의 거시경제정책이 복합적으로 작용하여 GDP는 계속적인 성장세에 있다.

이러한 영향에 의하여 카자흐스탄 아스타나 신

* 정희원 • (주)아이스트 대표이사, 공학박사

Tel: 02-2036-1193 Fax: 02-2036-1204

E-mail : dwlee@i-sts.co.kr

** (주)아이스트 기술연구소 소장, 박사과정

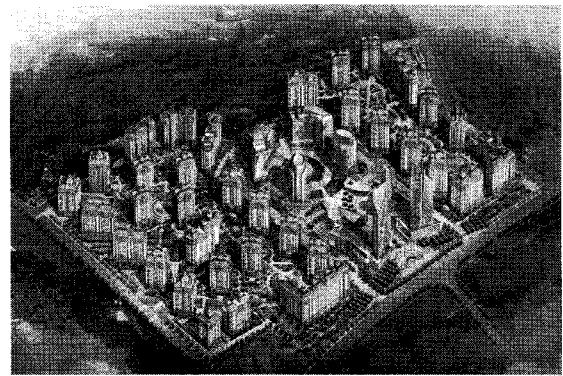
E-mail : cskwak@i-sts.co.kr

*** (주)아이스트 기술연구소 연구원

E-mail : hsjeong@i-sts.co.kr

도시 개발과 알마티 재건축 등 건축 프로젝트와 석유, 가스 등 자원개발과 관련된 도로, 공항 및 전력 등 인프라 건설 프로젝트 등에서 건설 활동이 활발히 이루어지고 있는 상황이다.

본 논문에서는 현재 국내 건설업체의 진출이 활발히 이루어지고 있으며, 중앙아시아지역의 대표적인 강진 지역인 카자흐스탄의 주거시설 설계사례를 통해 CIS국가의 내진설계 방법을 소개하고자 한다.



<그림 1> 주거복합시설 조감도

2. CIS 국가 내진 설계 기준

CIS 국가의 건축규준은 공통적으로 구소련의 SNiP(Construction norms and regulations)을 기반으로 하고 있다. 이러한 배경으로 인하여 각 국가별로 유사한 내용이 많으며, 각국의 상황에 맞게 변형한 규준(ex. 카자흐스탄-RK SNiP, 우즈베키스탄-KMK, 우크라이나-DBN 등)을 사용하고 있다.

구소련의 내진 SNiP는 1928년 이탈리아의 내진 규준을 카자흐스탄 환경에 적절히 변형한 기준인 "The Temporary Technical Conditions of the Design and Construction of civil Structures in Seismic Regions of Kazakhstan."을 사용하였으며, 이후 지속적인 개정을 하였다. 지진하중의 산정에 있어서도 1957년 이전까지는 정적이론에 기초한 지진하중 산정 방법을 사용하였지만, 1957년 이후부터는 동적이론에 의해 산정된 지진하중 산정 방법을 사용하였으며, SNiP II 7-81¹⁾ 이후 각국의 상황에 맞게 변형되어 발전되었다.²⁾

3. SNiP Code를 적용한 주거시설

3.1 프로젝트 개요

본 논문에서 다룬 프로젝트는 <그림1>과 같이 카자흐스탄 알마티시에 계획된 주거복합시설로 프로젝트 개요는 <표2>와 같다.

<표2> 애플타운 프로젝트 개요

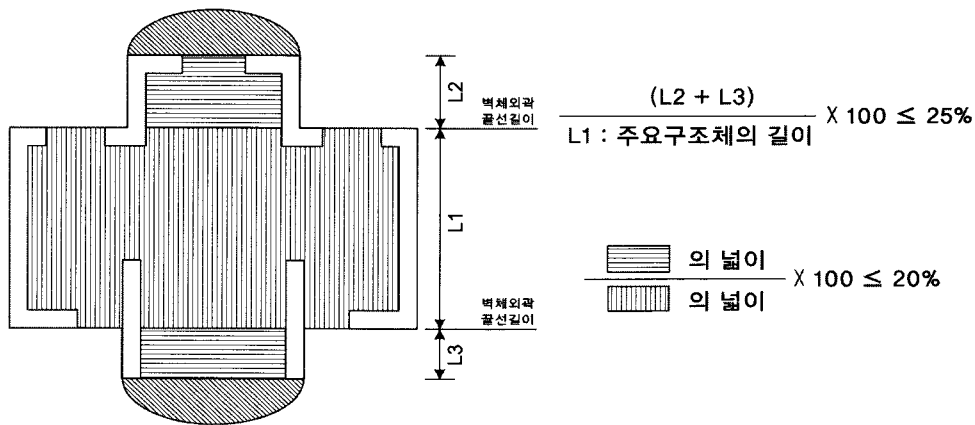
항 목	내 용
사업명	카자흐스탄 알마티 주거복합단지 프로젝트
대지위치	알마티시 아우에조프구 사이나 서측, 까르갈리 남측 일대
용도	공동주택, 근생시설, 업무시설
규모	지상3층 지상 14~33층
대지면적	275,448.28m ² (83,323평)
연면적	1,335,986.91m ² (404,130평)
용적율	401.39%
세대수	3,138세대 (CBD 560세대 포함)
주차대수	3,652대 (CBD 별도)
사업기간	약 65개월 (2007.01~2012.12)

3.2 구조시스템 계획

카자흐스탄의 알마티는 강지진대에 위치하기 때문에 한국에 비해 구조 계획시 좀 더 세심하게 고려해야 하는 부분들이 있다. 카자흐스탄에 처음 진출했을 당시 구조업무운용방식 등에 의해 겪었던 문제들은 다음과 같은 것들이 있었다.

작은 규모의 구조물은 SNiP(스니프)의 기준을 가지고 계획이 이루어지게 된다. 그러나 고층건물의 경우는 기본적으로 SNiP의 규정을 토대로 이루어지고, 이에 추가하여 다시 기술지침이라 일컫는 TU(떼우)를 가지고 건축 계획을 하게 된다.

기본적으로 TU에 포함되는 사항은 기본사항, 지진하중해석 사항, 구조적 조치 등으로 이루어진다. 이러한 기술지침은 몇몇 설계 사무실과 건설사들에게서 발행 받을 수 있다.



<그림 2> 요철(凹凸)형 평면 예제

우선 평면을 계획할 때는 대칭성을 고려하여 개발을 하며, 이는 알마티의 지진하중을 감안하여 평면 계획을 하는데 국내와는 달리 계획에 제약이 따르게 된다. 하나의 예로 T형 또는 L형의 평면을 계획하는데 있어서도 평면의 대칭성확보를 위해서 평면을 바꾸거나 EJ를 설치하거나 또는 평면의 형태를 변경하기를 요구하는 경우도 있다. 또한 지진 지역의 지반 범주에 따라서도 평면의 크기의 제약을 받아서 기준을 넘어가는 경우에도 EJ를 설치하여 구조체를 분리하고 평면계획을 한다.

평면 모양에 대해서도 규정이 있는데 알마티 시내를 돌아다니다 보면 대부분의 주거 시설들이 판상형 건물보다는 탑상형 건물들이 많은 것을 알 수 있다. 이는 지진하중에 대해서 구조적으로 유리한 이유 때문인데, 평면에 요철(凹凸)이 있는 경우는 평면상에서 나온 부분의 길이 제한이 있기 때문에 제한 사항은 조금이라도 초과하지 않도록 계획해야 한다. 또한 주요 평면의 넓이에서 요철(凹凸)부분의 넓이도 일정 부분을 넘어가지 않아야 한다. <그림2>는 이런 내용을 알기 쉽게 나타낸 것이다.

다음은 입면에 대한 사항인데, 불과 10여년 전만 해도 알마티시내의 건물의 높이는 9층 이상이 거의 없었다. 그 이유는 강지진대에 위치해 있었기 때문인데, 공학기술의 발달로 지금은 20층 이상의 건물도 심심치 않게 구경할 수 있다. 그러나 그렇게 발전하는 동안 SNIIP의 기준은 이를 따라가지 못해 아직 건물에 대한 기준이 12층 이하의 건물에만 한정되어 있다. 따라서 그 이상의 높이를 가

지는 건물에 대해서는 앞서 언급한 기관들에 의해서 TU를 받아야 하며, 도시미관 심의 기관에 의해 검토를 받아야 한다. 또한 9층 이상의 건물은 전체 건물의 일정 부분이 지반하부에 위치하여야 한다.

또한 알마티는 지리적으로 우리나라보다 위도상으로 5~7도정도 북쪽에 위치한 지역이다. 따라서 주차장 상부의 최소 토심은 한국보다 깊어야 하며 이는 일정한 계산방법에 의해서 검토되어야 한다. 지하주차장은 SNIIP의 사항을 기본으로 설계가 되는데 기준에 따라 일정길이 이상이 되면 EJ를 형성하여 기초를 제외한 골조는 분리하도록 하고 있다. 그러나 지진하중이 크게 증가하는 지역에 대해서는 기초까지도 EJ를 설치하기도 한다.

<표3>은 건물 수평 길이 제한을 나타낸 것인데, 각 값의 분자는 철골 또는 철근 콘크리트 구조시스템과 현장콘크리트로 구성된 전단벽식 구조시스템에 적용되는 수치이고, 분모에는 기타 구조시스템에 적용되는 수치가 제시되어 있다.

<표4>는 건물 수직 높이 제한을 나타낸 것인데, 진도 8이상의 건축대지의 경우, 학교 및 병원의 높이는 3층으로 제한되며, 미취학아동의 교육시설(유치원 및 어린이집)은 2층으로 제한된다. 건물높이는 건축물에 접해 있는 지표면의 평균높이와 외벽의 상층(상층의 기술층 및 다락층은 고려하지 않음) 또는 들보 구조물의 하층의 평균높이가 다르다는 점을 고려한다. SNIIP에 규정된 제한을 초과하여 건축물을 설계하기 위해서는 별도의 TU를 반드시 발급받아야 한다.

<표 3> 건물 수평 길이 제한

건축대지의 진도	길이(폭) ,m		
	지진특성에 따른 지반의 범주		
	I	II	III
VII	150/80	150/80	96/80
VIII	96/80	96/80	72/60
IX	96/60	72/60	60/60
X	60/45	60/45	45/36

<표 4> 건물 수직 높이 제한

건축물의 지지구조물	높이.m(층 수)			
	건축대지의 진도			
	7	8	9	10
철골조				
ㄱ) 이중골조와 가새골조	66(20)	54(16)	42(12)	16(4)
ㄴ) 골조	54(16)	42(12)	32(9)	16(4)
콘크리트 골조				
ㄱ) 이중골조와 가새골조	66(20)	54(16)	42(12)	16(4)
ㄴ) 골조	32(9)	25(7)	19(5)	16(4)
ㄷ) 보가 없는 골조	19(5)	16(4)	8(2)	-
콘크리트벽				
ㄱ) 현장치기	66(20)	54(16)	42(12)	16(4)
ㄴ) 대형판넬형, 박스형	54(16)	42(12)	32(9)	16(4)
복합 구조 벽, 석재현장치기 벽	21(6)	19(5)	16(4)	4(1)
벽돌(석재)로 된 벽 대형 블록(unit)으로 된 벽	16(4)	13(3)	8(2)	-
지지골조가 있는 통나무 각목, 판자로 만든 벽	13(3)	8(2)	8(2)	4(1)
점토질 자재로 만든 지지벽	3(1)	기술조건에 따라		-

3.3 구조해석

해석 시 사용 프로그램은 국내에서 사용하는 상용화된 프로그램이 아닌 현지에서 사용 승인을 받은 해석 프로그램을 사용하여야 한다. 별도의 해석 프로그램을 사용할 경우, 카즈닛사(KazNISSA-카자흐스탄 내진 건설 건축 설계 실험 학술 연구소)와의 협의를 통해 승인을 얻으면 사용 가능하다. 승인을 받은 프로그램으로는 Lira³⁾, 테크소프트, 유로소프트 등이 있으며 본 프로젝트의 해석수행 시에는 Lira 프로그램을 사용하였다.

카자흐스탄의 모델링의 특징은 일반적으로 해석을 간편화하기 위한 가정 (ex. 슬래브 다이어프레임, 벽체 막 요소 설정 등)을 대부분 배제하고 실제 건물이 가지고 있는 조건을 최대한 해석에 반영한다는 것이다. 모든 면 부재를 플레이트 요소로 입력하여 면의 강성을 해석에 반영하며, 인방보 설치시 설계가능한 수준의 부재력이 발생하도록 별도의 강성 저감을 하지 않으며 해석에 의해 나온 부재력을 100% 설계에 반영한다. 인방보에 작용하는 부재력이 너무 커 설계가 불가능할 경우, 인방보 자체를 삭제하는 것으로 모델링을 수정한다.

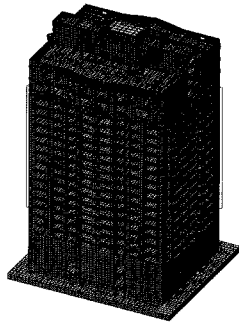
최종 해석 결과는 지반계수의 10배를 증가시켜 지진하중을 적용한 해석 결과와, 지반계수를 증가하지 않고 연직하중에 의한 해석 결과를 비교하여 가장 불리한 값을 채택하도록 되어 있다. 일반적으로 지진하중을 적용한 해석결과에서 가장 불리한 값을 보인다.

해석 완료 후 모드형상, 질량 참여율, 층간변위, 층변형 등 기본적인 사항을 검토한 후 최종적으로 배근을 위한 데이터를 출력한다. <그림3>~<그림10>은 Lira로 작성한 모델링 및 해석결과의 예를 나타낸 것이다.

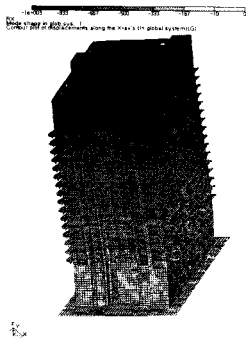
3.4 부재설계 및 배근방법

카자흐스탄의 부재설계 및 배근방법은 건물의 내진성능 강화를 위한 배근 상세 적용에 중점을 두고 있다. 각 부재 접합부에 연성증진을 위해 철근 간격, 최소 철근비, 배근 방법 등에 대한 제한을 두고 있으며, TU발급이 필요한 건물의 TU를 살펴보면, 대부분 SNiP에서 제안한 내용보다 강화된 내용을 권장하고 있다.

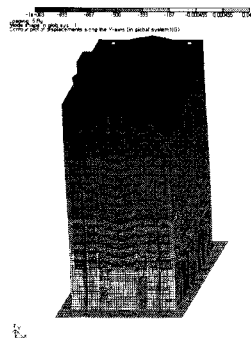
한국의 경우 벽체 설계시 평균적인 부재력에 의한 전단면 균일 배근을 허용하는 반면, 카자흐스탄에서는 벽체 길이의 10~20%에 해당하는 단부부분을 <그림 11>, <그림 12>에 나타난 것과 같이 폐쇄형 늑근을 설치하도록 규정하고 있으며, 벽체 중앙부에 사용되는 수직근의 최소직경은 $\phi 12$ 인 반면 벽체 단부에 사용되는 수직근의 최소직경은 $\phi 18$ 로 직경이 굵은 것을 사용하도록 규정하고 있다. 벽체



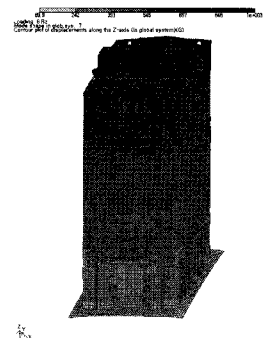
<그림 3> Lira 3D-Model



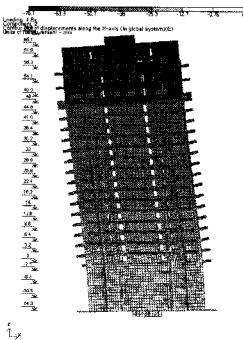
<그림 4> X방향 Mode
형상



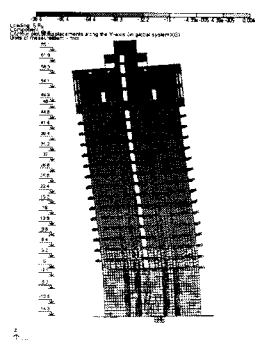
<그림 5> Y방향 Mode
형상



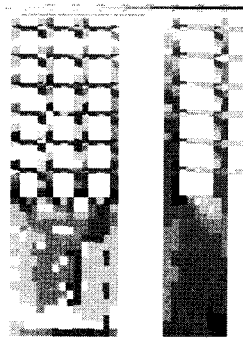
<그림 6> Z축 회전 방향
Mode 형상



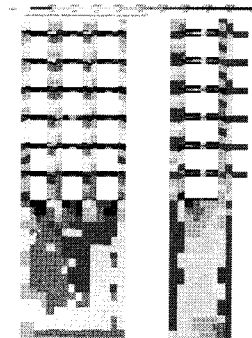
<그림 7> 지진력에 의한
X방향 변위



<그림 8> 지진력에 의한
Y방향 변위



<그림 9> 벽체 수직근
contour



<그림 10> 벽체 수평근
contour

배근시 특이한 사항은 기둥 상하단부의 후프 간격 제한을 두는 것처럼 벽체 상하단부(벽체두께의 1.5 배 구간)에 수평근 최대간격이 100mm를 초과하지 않도록 제한하여 벽체의 연성능력 증진효과를 고려하고 있다는 점이다.

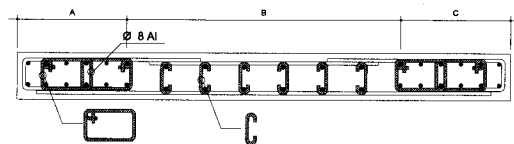
철근 이음시 수평근 및 벽체 중앙부 수직근은 겹침이음이 허용되는 반면, 기둥, 벽체 단부 수직근은 반드시 용접 이음 또는 기계식 이음을 하도록 규정하고 있다. 두 가지 이음 방법 중 용접 이음을 적용할 경우 현장숙련공의 부족 및 숙련도의 차이에 의한 균일 품질확보의 어려움으로 인해, 기계식 이음을 적용하는 것이 설계 시 유리할 것이다. 또한, 평균적으로 철근비가 높게 배근되기 때문에 콘크리트의 충전 시에도 기계식이음이 보다 유리할 것으로 판단된다.

별도의 Panel zone 보강을 하지 않는 한국과 달리 기둥과 보 접합부에 별도의 보강상세가 추가된

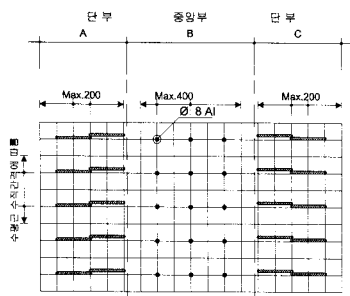
다. 간격이 100×100인 $\phi 8$ 철망을 100mm 간격으로 겹겹이 쌓거나, 기둥의 모든 주근을 $\phi 8$ 철근으로 100mm간격으로 쌓는 형식으로 보강을 한다. Panel zone 보강 상세에 대한 내용은 <그림13>에서 상세히 나타내고 있다.

3.5 구조 업무 운용 방식

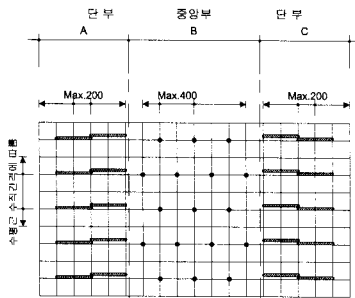
한국의 경우 구조엔지니어가 구조해석과 부재설계를 담당하여 그 결과물에 대한 책임을 지는 반면, 카자흐스탄을 포함한 여타 CIS국가의 경우 구



<그림 11> 폐쇄형 늑근 설치 상세

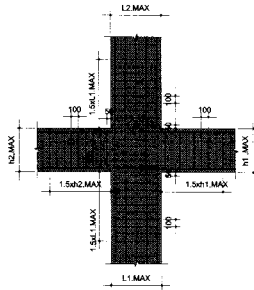


(a) 방법 1

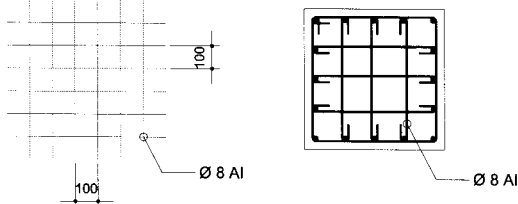


(b) 방법 2

<그림 12> 폐쇄형 늑근 배치 방법



(a) Panel Zone 상세



* 수직 간격 ϖ 100

* 수직 간격 ϖ 100
모든 기둥철근에 HOOP 설치

(b) A부분상세-1

(c) A부분상세-2

<그림 13> Panel zone 보강 상세

조엔지니어는 구조해석을 수행하는 업무에 국한되며 부재설계는 출력된 해석 데이터를 토대로 도면 작업을 하는 사람이 직접 배근을 하게 되며, 공인된 검수기관에서 최종 검수 후에 검수자가 책임을 지도록 하고 있다. 이런 시스템은 각 공종별 전문

성을 띄게 하는 장점이 있으나, 구조에 대한 포괄적인 배경지식 및 개념의 확립 없이 단순작업의 숙련도 향상에 치우치는 경향이 있으므로 일부 현지 엔지니어를 제외하면 해석결과에 대한 오류검증이나 건축계획의 변경에 따른 구조시스템의 협의시 요구수준을 만족하기 어렵다.

4. 결론

카자흐스탄의 건축 계획시에는 반드시 구조물의 안전성을 확보할 수 있는 구조계획이 선행되어야 하며, 한국에서 쉽게 접하지 못하는 강진 기준에 대한 적응과 개별 국가에 대한 업무 process의 현지화가 말로 향후 CIS 국가 진출시 성패의 관건이 될 것이다. 지면관계상 자세한 내용을 다루지 못하였지만 CIS 국가 내진설계방법을 이해하는데 도움이 되었으면 한다.

참고문헌

1. USSR State Committee for Construction, "SNIp II 7-81", 2000.5
2. M.U. Ashimbayev, I.E. Itskov, and T.D. Lobodyrga, "Seismic Hazard and Earthquake Engineering in the Republic of Kazakhstan," Global Blueprints for Change, First Edition
3. NDIASB, LIRA soft, "Lira 9.2"
4. Committee for Construction, Housing and Utilities Infrastructure Affaires, Republic of Kazakhstan Ministry of Industry and Trade, "SNIp RK 2.03-30-2006", 2006.