



최종 보고서

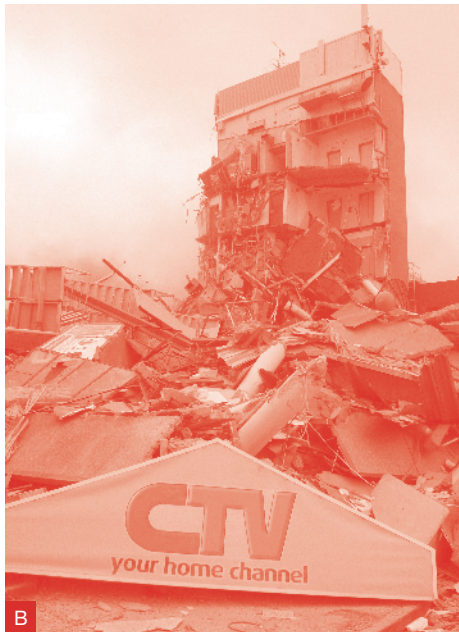
제 6권 CTV 건물,
섹션 9의 한국어 번역본:
결론 및 건의 사항 요약

FINAL REPORT

**KOREAN TRANSLATION OF
VOLUME 6 CTV BUILDING SECTION 9:
SUMMARY OF CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS**



A



B



C



D

- A. 완공된 CTV 건물
 - B. 2011년 2월 22일 지진 후 붕괴된 CTV 건물
(제공: Geoff Sloan/The Star)
 - C. 건축 중인 CTV 건물
(제공: Stephen Breach)
 - D. 이전 CTV 건물 위치에 놓인 조화
(제공: Dylan Taylor)
-
- A. The completed CTV building
 - B. The collapsed CTV after the 22 February 2011 earthquake
(source: Geoff Sloan/The Star)
 - C. The CTV building under construction
(source: Stephen Breach)
 - D. Floral tributes left at the former CTV building site
(source: Dylan Taylor)

ISBN: 978-0-478-39558-7
(문고본 최종 보고서)

ISBN: 978-0-478-39584-6
(문고본 제 6권)

목차

왕립조사위원회 집행 이사의 머리말	2
사고 일지	6
CTV 건물 사진	8
2011 년 2 월 22 일 지진에서 희생된 한국인들의 약력	10
제 6 권 CTV 건물, 섹션 9: 결론 및 건의 사항 요약	11
9.1 CTV 건물의 구조	11
9.2 건물의 공학적 설계	12
9.3 건축허가	13
9.4 시공	14
9.5 건물 보강 공사	14
9.6 1991 년부터 2010 년 9 월 지진 시까지의 건물	15
9.7 2010 년 9 월 지진 및 지진 후 평가	16
9.8 2010 년 9 월 지진 시부터 2011 년 2 월 22 일까지의 건물	17
9.9 2011 년 2 월 22 일의 CTV 건물 붕괴	18
9.10 붕괴의 이유	19
9.11 건물 구조 시스템의 문제	20
9.12 법적 요건 준수 여부	20
9.13 최적 관행 요건 준수 여부	21
9.14 잠재적인 구조적 약점을 가진 다른 건물들의 평가	21
9.15 결론	23

Introduction from the Executive Director	2
Chronology	6
CTV building photos	8
Biographies of the Korean people who died in the 22 February 2011 earthquake	10
Volume 6 CTV building Section 9: Summary of conclusions and recommendations	11
9.1 Structure of the CTV building	11
9.2 Engineering design of the building	12
9.3 Building permit	13
9.4 Construction	14
9.5 Building retrofit	14
9.6 The building from 1991 to the September 2010 earthquake	15
9.7 The September 2010 earthquake and post-earthquake assessments	16
9.8 The building from the September 2010 earthquake to 22 February 2011	17
9.9 The collapse of the CTV building on 22 February 2011	18
9.10 Reasons for the collapse	19
9.11 Issues with the structural system	20
9.12 Compliance with legal requirements	20
9.13 Compliance with best-practice requirements	21
9.14 The assessment of other buildings with potential structural weaknesses	21
9.15 Conclusion	23

왕립조사위원회 집행 이사의 머리말

왕립조사위원회(Royal Commission of Inquiry)는 어떤 문제에 대해 매우 심도 있는 조사를 해야 할 필요가 있을 때 뉴질랜드 정부가 설립하여 운영하는 기관입니다. 이 위원회는 특정 사태의 원인을 규명하고, 그런 일이 재발하지 않도록 정책적 또는 입법적 개선책을 제안하기 위해 국민의 관심이 높은 사건에 관해 조사합니다.

정부는 왕립조사위원회에 대한 위임 사항(Terms of Reference)을 정하고, 그 내용이 검토 및 승인되면 총독이 이를 발표합니다. 위임 사항에는 조사 대상의 주제와 위원회의 관할권에 관한 사항이 기술됩니다. 위임 사항에 따라 왕립조사위원회(이하 “조사위원회”)가 일단 구성되면 이 기관은 정부와는 독립적으로 조사 방법을 결정합니다. 정부는 이 기관의 조사 방향에 간섭을 하거나 조사 결과에 영향을 미칠 수 없습니다. 정부가 위임 범위를 변경할 권한은 가지고 있지만 이러한 권한을 행사하는 경우는 드뭅니다.

조사위원회의 기초가 되는 근거법은 조사위원회법(1908)입니다. 조사위원회는 이 법에 의해 부여된 관할권과 권한 범위 내에서 공정성에 대한 일반 요건을 충족시키면서 폭 넓은 조사권을 발휘하여 대상이 된다고 여기는 특정 문제(들)의 원인을 규명하기 위해 조사를 실시합니다. 고등 법원 판사가 위원장 직을 맡는 조사위원회는 증인 및 문서와 관련된 광범위한 강제 권한을 가지며, 일반 법원 소송 절차에 적용되는 증거 용인 규정을 따르지 않아도 됩니다. 따라서 조사위원회는 그와 같은 특권이 없으면 구하기 어려운 정보까지 수집할 수 있습니다.

정보는 다양한 출처 및 장소에서 수집할 수 있고, 조사에는 공청회 및 개인 심문 방법을 모두 채택할 수 있습니다. 공청회에서는 법원 심리와 유사한 항쟁 심리, 또는 보다 정책 지향적인 조사를 할 수 있습니다.

조사위원회는 일반적으로 법적 권리 및 책임에 대해 결정하는 권한을 가지지 않습니다. 통상적인 위임 사항은 저질러진 어떤 실수 및 잘못에 초점을 맞춥니다. 조사 결과 및 건의 사항은 총독에게 전달되며, 정부나 어떤 정당에 대해 구속력을 가지지 않습니다.

조사위원회는 캔터버리 지진으로 인한 건물 붕괴에 대한 조사를 실시하기 위해 2011년 4월 11일에 공식적으로 설립되었습니다. 위원들의 임명은 2011년 4월 14일에 통보되었으며, 마크 쿠퍼(Mark Cooper) 현직 고등 법원 판사가 위원장으로 임명되었습니다. 두 명의 다른 위원 외에, 저명한 엔지니어인 론 카터(Sir Ron Carter) 경, 리처드 펜윅(Professor Richard Fenwick) 교수도 임명되었습니다. 조사위원회는 2011년 5월 크라이스트처치에서 업무를 개시했습니다.

조사위원회의 위임 사항은 광범위했지만, 그 중 두 주요 분야에 대해 집중 조사했습니다:

1. 크라이스트처치의 상가중심지 건물들에 관한 조사. 일부 건물이 심각하게 붕괴된 구체적인 이유, 건물의 붕괴가 심각한 부상과 사망을 야기한 이유, 부상이나 사망을 야기한 건물들의 붕괴 정도에 차이가 나는 이유에 관한 조사
2. 뉴질랜드 상가중심지에 위치한 건물들의 설계, 시공, 유지보수에 관한 현재의 법적 및 최적 시행 요건의 적절성에 관한 조사

조사위원회는 결론 및 건의 사항을 포함하는 최종 보고서를 제출하도록 요청 받았습니다. 이 보고서는 2012년 4월과 2012년 11월 사이에 제출되었고, 총 일곱 권으로 되어 있으며, 제 6권이 CTV 건물과 관련되어 있습니다.

유족들의 요청에 따라, 제 6권이 중국어 간체, 일본어, 태국어 및 한국어*로 번역되었습니다. 이 문서는 섹션 9 전체: "결론 및 건의 사항 요약"의 한국어 번역본입니다. 이 문서에는 또한 CTV 건물에서 목숨을 잃은 한국인들을 추모하고 기억하기 위해 그들의 약력을 포함시켰습니다. 이 정보를 일반인들과 기꺼이 공유하기로 한 유가족들께 감사를 드립니다.

자료가 방대해서 제 6권 전체가 번역되지는 않았지만 전체 영어 원본은 위원회의 웹사이트 <http://canterbury.royalcommission.govt.nz/> 및 인쇄 제본된 문서를 통해 무료로 열람할 수 있습니다.

조사위원회는 최종 보고서를 제출한 후 해체되었습니다. 조사위원회에서 정부에 제출한 건의 사항들을 어떻게 처리할 것인지는 정부에서 스스로 결정합니다.

저스틴 질리랜드(Justine Gilliland)

집행 이사

2012년 11월 29일

* 이 번역본은 엄격한 품질 관리 절차를 지닌 전문 번역 회사에 의뢰해 작성했습니다. 그러나 정보의 많은 부분이 지닌 기술적 특성 때문에 정확도의 완전성에 대해서는 보장할 수 없습니다. 정확한 최종 보고서의 공식 문서는 영어로 된 사본입니다.

Introduction

from the Executive Director

A Royal Commission of Inquiry is the most serious response to an issue available to the New Zealand Government. It investigates matters of high public significance, inquiring into why the situation came about and recommending policy or legislative changes to prevent it happening again.

The Government establishes the Terms of Reference for a Royal Commission which are then considered and, if approved, issued by the Governor-General. The Terms of Reference set out the subjects to be investigated and the Royal Commission's jurisdiction. Once established under the Terms of Reference, a Royal Commission is independent from the Government, deciding how the Inquiry will be conducted. The Government cannot interfere in the direction taken by an Inquiry or influence the findings. While the Government does have the power to alter the scope of the Terms of Reference, the exercise of this power is rare.

The Commissions of Inquiry Act 1908 is the governing legislation for a Royal Commission. Within the scope of its jurisdiction and the powers conferred on it by the Act, and subject to general requirements of fairness, a Royal Commission has wide ranging inquisitorial powers to inquire into any matters it sees fit, and in whatever way it sees fit, in order to determine the cause of the issue or issues. Chaired by a High Court judge, a Royal Commission has wide powers of compulsion in respect to witnesses and documentation, and is not subject to rules of admissibility of evidence that would apply in ordinary Court proceedings. As a result, it is able to uncover information which might otherwise be difficult to obtain.

Information is gathered from a wide range of different places and sources, and the Inquiry can involve both public hearings and private investigations. Hearings may involve contested evidence similar to Court hearings, or more policy-oriented inquiries.

A Royal Commission is not usually given the power to determine legal rights and liabilities. Common Terms of Reference place the focus on mistakes that were made and what went wrong. Findings and recommendations are delivered to the Governor-General, and are not binding upon any party, including the Government.

The Royal Commission of Inquiry into Building Failure Caused by Canterbury Earthquakes was formally constituted on 11 April 2011. Its appointment was notified on 14 April 2011. A sitting High Court judge, Justice Mark Cooper, was appointed to be chairperson of the Commission. Two other Commissioners, eminent engineers Sir Ron Carter and Professor Richard Fenwick, were also appointed. The Commission commenced work in Christchurch in May 2011.

The Royal Commission's Terms of Reference were wide ranging, and required the Royal Commission to investigate two major areas:

1. Buildings in the Christchurch central business district, specifically what factors led some buildings to fail severely; why the failure of buildings caused extensive injury and death, and why buildings differed in the extent to which they failed and caused injury or death.
2. The adequacy of current legal and best-practice requirements for the design, construction and maintenance of buildings in central business districts in New Zealand.

The Royal Commission was required to deliver a Final Report containing conclusions and recommendations. This Report consisted of seven volumes delivered between April 2012 and November 2012. Volume 6 is about the CTV building.

At the request of bereaved families, parts of Volume 6 have been translated into Simplified Chinese, Japanese, Thai and Korean*. This document is the Korean translation of the entire section 9: Summary of conclusions and recommendations. To honour and remember those who died in the CTV building, it also contains the biographies of the Korean people who died in the CTV building. We thank the families for their willingness to share this information publicly.

It was not possible to translate all of Volume 6 because of its length. The entire English version is available for free on the Commission's website <http://canterbury.royalcommission.govt.nz/> and in printed bound copy.

The Royal Commission ceased to exist once the Final Report was delivered. The Government decides how to respond to the Commission's recommendations.

Justine Gilliland

Executive Director

29 November 2012

* This translated document has been prepared by a professional translation company with rigorous quality assurance processes. However, because of the technical nature of much of the information, total accuracy can not be guaranteed. The English version of the Final Report is the official and correct version.

사고 일지

2010 년

9 월 4 일	새벽 4 시 35 분, 강도 7.1 의 지진이 크라이스트처치와 주변 지역 강타. 3 개 지방의회에서 지역 비상 사태 선언
9 월 16 일	지역 비상 사태 해제
12 월 26 일	오전 10 시 30 분, 강도 4.7 의 지진 발생, 이어 "박싱 데이" 여진 발생

2011

2 월 22 일	오후 12 시 51 분, 강도 6.2 의 여진 발생
2 월 23 일	민방위부 장관이 국가 비상 상태 선언
3 월 14 일	뉴질랜드 정부가 캔터버리 지진에 대해 조사할 마크 쿠퍼 판사를 위원장으로 하는 왕립조사위원회 설립에 동의
4 월 11 일	왕립조사위원회 설립
4 월 30 일	국가 비상 사태 해제
5 월 4 일	위원들이 크라이스트처치에서 첫 회의 개최
6 월 13 일	오후 2 시 20 분, 강도 6.0 의 여진 발생
7 월 15 일	중국에서 온 유족들과 공무원 대표단이 왕립조사위원회 방문
7 월 25 일	케이트 콜린스(Ms Kate Collins)가 가족 및 지역사회 연락관으로 임명됨
8 월 24 일	마커스 엘리엇(Mr Marcus Elliott)이 유족과 부상자에게 초점을 맞추어 왕립조사위원회를 돕는 변호사로 임명됨
10 월 10 일	왕립조사위원회가 총독에게 중간 보고서 제출
10 월 12 일	정부에서 왕립조사위원회의 중간 보고서 공개
10 월 17 일	왕립조사위원회의 공청회 시작
12 월 23 일	오후 1 시 58 분, 강도 5.8 의 여진 발생

2012 년

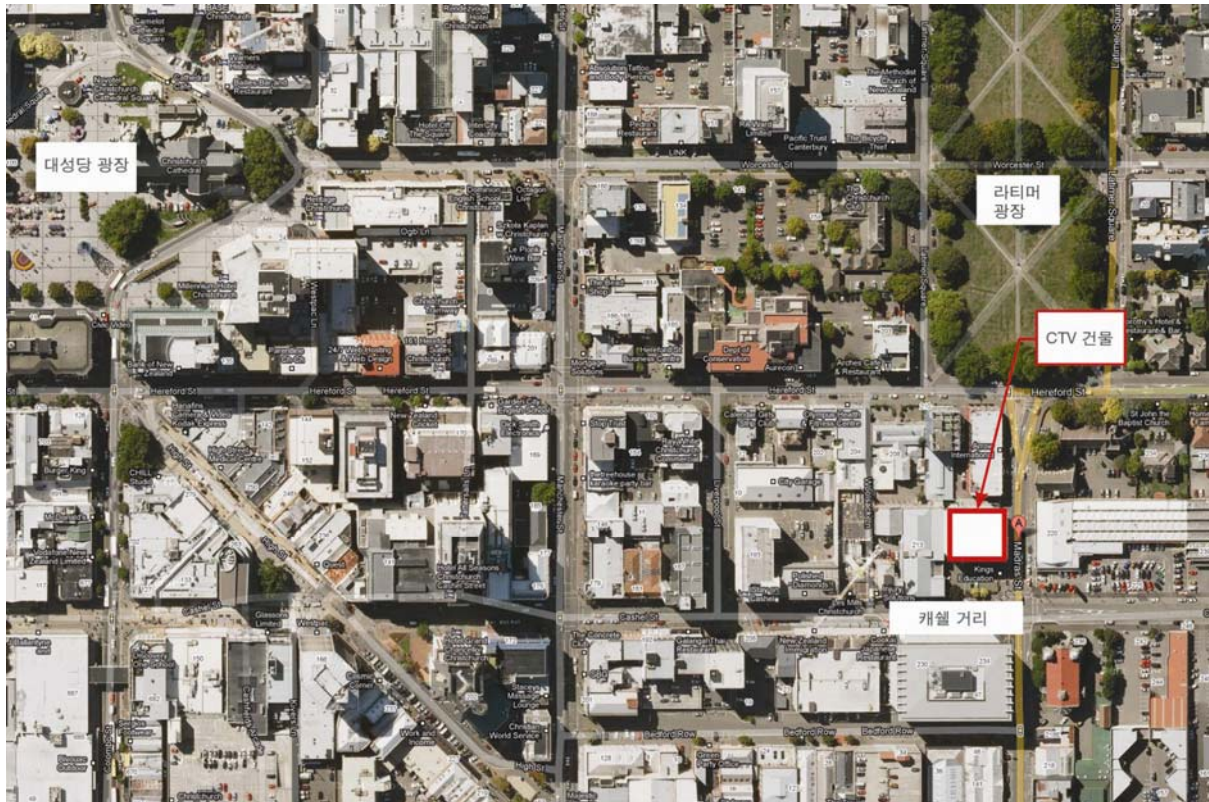
2 월 7 일	왕립조사위원회 위임 사항 중 최종 보고일을 2012 년 11 월 12 일로 수정
2 월 9 일	건물주택부가 실시한 CTV 건물에 대한 기술 조사 결과 접수
2 월 21 일	일본과 중국에서 온 유족 및 공무원 대표단이 크라이스트처치 및 왕립조사위원회 방문
6 월 25 일	CTV 건물 붕괴에 대한 왕립조사위원회의 공청회 시작
6 월 29 일	왕립조사위원회가 총독에게 최종 보고서 제 1-3 권 제출
7 월 25 일	일본 토야마 시 공무원들이 왕립조사위원회의 CTV 건물 공청회에 참석
8 월 23 일	뉴질랜드 정부에서 왕립조사위원회의 최종 보고서 제 1-3 권 공개

9 월 7 일	왕립조사위원회의 CTV 건물 공청회 완료
9 월 12 일	왕립조사위원회의 공청회 종료
10 월 10 일	왕립조사위원회가 총독에게 최종 보고서 제 4 권 제출
10 월 23 일	왕립조사위원회 위임 사항 중 최종 보고일을 2012 년 11 월 30 일로 수정
11 월 29 일	왕립조사위원회가 총독에게 최종 보고서(CTV 건물 포함) 제 5-7 권 제출. 왕립조사위원회의 조사 완료.

CTV 건물 사진



건물의 동남쪽 전경



건물 위치의 조감도



붕괴된 건물의 잔재

2011 년 2 월 22 일 지진에서 희생된 한국인들의 약력

유길환 군

유길환 군(23 세)은 여동생 유나온 양과 함께 킹즈 에듀케이션(Kings Education) 어학원에서 영어를 공부하던 한국인 학생으로 이 건물 붕괴에서 목숨을 잃은 유일한 한국인 남매이었습니다.

경기도 일산에서 태어나 그곳에서 자란 유길환 군의 꿈은 대학 교수가 되는 것이었습니다. 그는 네 자녀 중 장남이었으며, 그는 지진이 있기 약 6 주 전에 여동생과 함께 크라이스트처치에 도착했습니다.

유길환 군과 여동생 유나온 양은 매우 다정한 남매 지간이었으며, 함께 많은 시간을 재미있게 지냈습니다. 유길환 군은 성격이 밝고 긍정적이었으며, 설득력이 강한 사람이었습니다. 그와 유나온 양은 자원봉사활동을 즐기고 결혼 가정 출신의 청소년들을 도왔습니다.

유나온 양

유나온 양(21 세)은 오빠인 유길환 군과 함께 킹즈 에듀케이션(King's Education) 어학원에서 영어를 공부하던 한국인 학생이었습니다.

오빠와 매우 다정한 남매 지간이었으며, 매우 활발하고 외향적인 성격으로 수녀가 되고 싶어 했다고 합니다.

아버지 유상철 씨는 아내가 자녀를 잃은 고통으로부터 회복되지 않아 그런 아내와 남은 어린 두 자녀를 돌보기 위해 노력하고 있다고 말했습니다.

제 6 권 CTV 건물, 섹션 9: 결론 및 건의 사항 요약

2011년 2월 22일 오후 12시 51분에 강도 6.2의 지진이 일어나 크라이스트처치의 Madras 거리와 Cashel 거리의 코너에 위치한 CTV 건물이 붕괴되었습니다. 이 지진으로 건물 안에 있던 115 명이 목숨을 잃었고, 건물 맨 위 3개 층에 있었던 사람 중 소수가 구조되었으며, 한 사람이 건물 밖으로 탈출했습니다.

조사위원회는 8 주에 걸쳐 CTV 건물 붕괴에 관한 공청회를 열고 80 명이 넘는 증인들의 증언을 들었습니다. 조사위원회 위임 사항에 따라 건물의 설계, 시공, 추후 개조, 그리고 지역 관할청인 크라이스트처치 시의회(CCC)가 건축허가, 시공 및 입주에 관여한 내용과 관련된 증인들의 증언을 청취했습니다. 또한, 2010 년 9 월 4 일의 지진 및 그 후의 여진들에 의한 피해와 뒤 이어 실시된 건물 평가에 대한 증인들의 증언을 청취했습니다.

수 많은 건물 붕괴 목격자들과 붕괴 후 현장에서 작업 중이던 엔지니어들의 증언을 청취했습니다. 또한 그 건물을 심층 분석한 전문가들이 믿는 건물 붕괴 이유와 설계 및 시공 당시 설계가 법적 요건을 충족시켰는지에 관한 증언을 청취했습니다.

보고서 제 6 권에서는 1986 년 건물의 설계 시점부터 2011 년 붕괴 시점까지 건물의 상태에 관한 증인들의 증언을 검토했습니다. 그래서 그 결과를 종합하여 결론을 내렸으며, 필요한 건의 사항을 작성했습니다.

다음 섹션에는 이러한 결론 및 건의 사항의 요약이 들어 있습니다.

9.1 CTV 건물의 구조

CTV 건물은 침적토, 모래, 자갈을 기반으로 한 독립 기초 및 줄 기초 위에 건축된 6 층 상가 건물이었습니다. 이 건물에는 내진 요소를 구비한 두 곳이 있었는데, 하나는 건물 북쪽 끝에 돌출된 북쪽 벽 구역이었고, 또 하나는 건물 남쪽의 병렬 내진벽이었습니다. 이들은 바닥을 보강하는 기둥 및 빔들과 함께 내진벽 보호 중력 하중 시스템을 구성하고 있었습니다. 층 사이의 기둥들은 중력 하중을 감당하고, 지진 발생 시 붕괴하지 않도록 탄력을 생성하도록 설계되었습니다.

그림 111 은 이 건물의 전형적인 상층 구조를 보여줍니다.

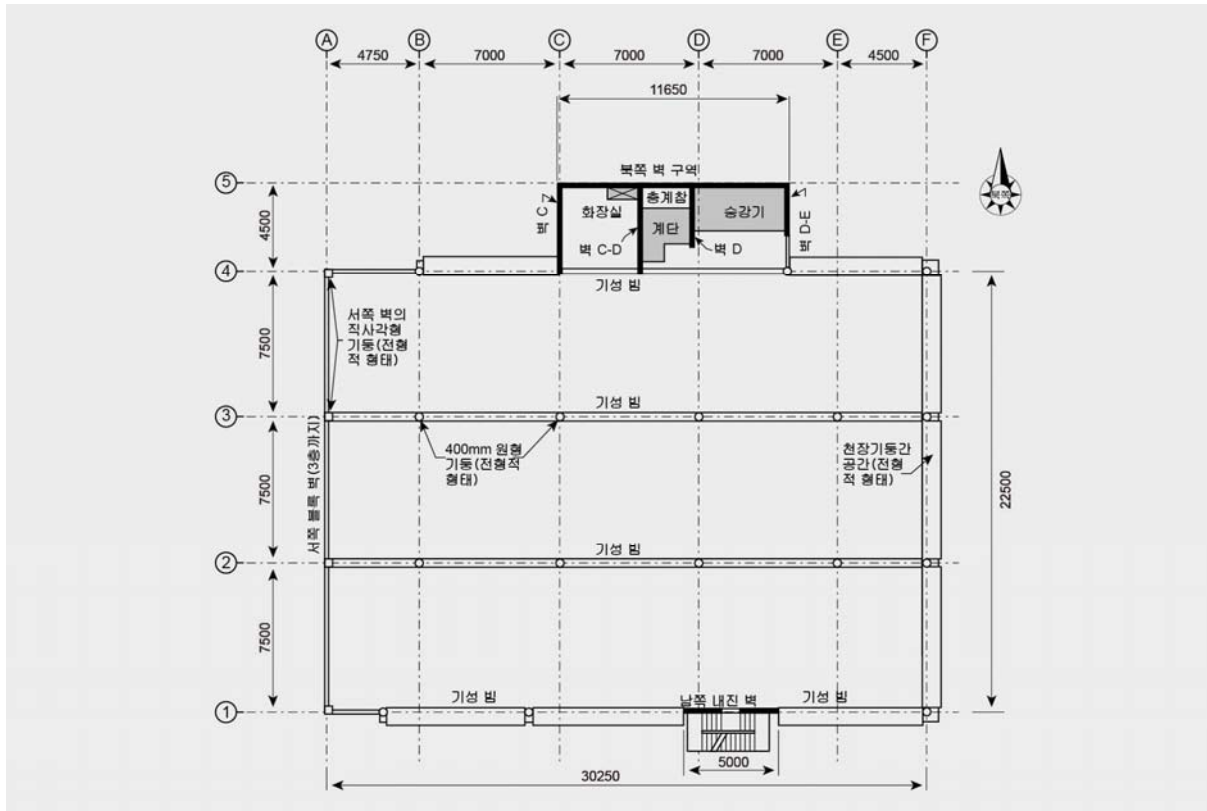


그림 111: 전형적인 상층 구조

9.2 건물의 공학적 설계

이 건물은 1986년에 토지 소유자 Prime West Corporation 주식회사에 의해 시작된 투기 부동산 개발의 소산이었습니다. Prime West는 Williams Construction 주식회사에게 그 위치에 상업 건물을 설계 및 시공하는 제안서를 제출하도록 부탁했습니다. Alun Wilkie Associates는 설계 회사로, Alan M Reay Consulting Engineer(ARCE)는 엔지니어링 회사로 이 공사에 참여했습니다.

ARCE의 원로 설계사는 Dr Alan Reay이었으며, 그는 엔지니어로 Mr David Harding을 고용했습니다. Mr Harding은 이 건물의 구조 설계를 담당했습니다. 설계를 위해 그가 한 분석의 일부는 캔터버리 종합대학에서 개발한 ETABS 컴퓨터 프로그램을 사용한 모델 응답 스펙트럼 분석이었습니다. 그는 ETABS 프로그램 사용 경험이 적은 사람으로 자신의 증언에서 그 프로그램의 일부 중요한 한계에 대해 알지 못하고 있었다고 말했습니다.

Mr Harding은 이 설계 이전에 매우 특이한 구성을 지닌 복층 건물을 설계한 적이 없었습니다. 이번 조사에서 밝혀진 바에 의하면 그는 Dr Reay 또는 ARCE 밖의 누구에게도 설계에 관한 도움을 청하지 않았습니다. 2012년 공청회에서 Mr Harding은 타인의 검토 없이 CTV 건물을 설계할 능력이 없었던 것으로 인정했지만, 1986년에는 그렇게 생각하지 않았고, 해당 설계를 할 수 있다는 자신감을 가지고 있었음이 밝혀졌습니다. Mr Harding은 구조 도면에 서명했고 이를 근거로 CCC로부터 건축허가를 받았습니다. Dr Reay는 그의 증언에서 건축허가를 받기 전에 그 건물의 구조 설계에 관해 전혀 확인하거나 검토하지 않았다고 말했습니다.

CTV 건물 설계에 법규 위반 사항이 많았다는 사실이 이번 조사로 밝혀졌습니다. 위반의 근본적인 이유는 Mr Harding 이 본인 능력 밖의 건물 설계를 했기 때문이라는 결론을 내렸습니다. 설계의 요건이 본인의 이전 경험을 훨씬 넘어 선다는 점을 감안할 때, 그는 그 사실을 스스로 알고 있어야 했던 것입니다. 또한 Mr Harding 의 관련 경험이 부족하다는 것을 Dr Reay 가 알고 있었기 때문에 이 설계는 Mr Harding 의 능력 한계를 벗어난다는 것도 Dr Reay 가 알고 있었어야 한다고 생각합니다. Dr Reay 는, 본인이나 그런 일을 할 자격을 갖춘 다른 사람이 감독하는 체제를 갖추지 않은 상태에서 Mr Harding 이 혼자 설계하도록 허락하지 말았어야 합니다.

이러한 과정이 여러 중요한 면에 결함이 있는 건축 설계를 초래하게 했습니다.

9.3 건축허가

CTV 건물 시공을 위한 건축허가 신청은 1986 년 7 월 17 일에 CCC 에 접수되었습니다. CTV 건축허가가 신청되었던 때 CCC 의 건축 허가 담당 엔지니어는 Mr Bryan Bluck 이었습니다. 그를 보조하는 엔지니어는 Mr Graeme Tapper 이었습니다. ARCE 로부터 1986 년 8 월 26 일에 CCC 구조 도면을 접수한 Mr Tapper 는 1986 년 8 월 27 일에 ARCE 에게 추가 정보를 요청하는 내용의 편지를 보냈습니다. Mr Tapper 그 편지에서 설계 도면에서 서명 누락 등 시 조례에 반하는 여러 문제점들을 지적했습니다. 그는 또한 설계를 뒷받침하는 계산치를 제공하도록 요청했습니다.

공청회에서 Mr Harding 및 Dr Reay 는 모두 이 보완 요청 편지에 회신을 한 기억이 없다고 증언했습니다. 1986 년 9 월 5 일에 Mr Harding 이 서명한 문서 양식이 추가 구조 도면 및 계산치 두 페이지와 함께 CCC 로 발송되었습니다. Mr Tapper 는 1986 년 9 월 10 일에 건물 구조 설계에 서명을 했고 해당 건물에 대한 건축허가가 1986 년 9 월 30 일에 발급되었습니다.

조사에 따르면 1986 년 8 월 27 일 편지에서 Mr Tapper 는 북쪽 벽 구역과 바닥(격막판 역할)의 연결이 적절하지 못했고 법규 위반이었다고 지적했습니다. 그래서 조사위원회는, 추가 도면이 1986 년 9 월 5 일에 CCC 에 제출되었지만 바닥 연결 문제는 Mr Harding 이 서명한 승인 도면에 해결되어 있지 않다는 결론을 내렸습니다.

조사위원회는 Mr Tapper 가 CTV 건물 설계에 관해 우려를 표했지만 그것을 승인해야 하는 압박감을 받았다는 그의 미망인 Mrs Tapper 의 증언을 받아들였습니다. 또한 CTV 건물이 시공되고 있는 동안 그 건물 앞에서 Mr Bluck 과 말을 한 적이 있던 이전의 CCC 구조 점검 엔지니어 Mr Peter Nichols 의 증언을 받아 들였습니다. Mr Nichols 의 말에 의하면 Mr Bluck 이 그 건물에 대해 우려하고 있었으나, 자기의 우려에 근거가 없다는 것을 Dr Reay 의 말을 듣고 "확신"하게 되었다고 했습니다.

Dr Reay 는 1986 년 9 월 5 일에서 9 월 10 일 사이의 건축허가 과정에 관여했습니다. Dr Reay 와 Mr Bluck 간의 회동이 있었고, 이를 통해 건물 설계에 대한 우려에 근거가 없다고 Dr Reay 가 설득했을 가능성이 있습니다. 그렇지만 Dr Reay 는 건물 구조 세부사항에 관해 거의 아는 바가 없었고, 건축허가가 발급되기 전에 구조 도면의 어떤 것도 검토한 적이 없다고 증언했습니다. Mr Tapper 는 자기의 우려가 근거가 없다고 설득되었거나, 구조 설계를 승인하도록 지시를 받아 1986 년 9 월 10 일에 승인했을 가능성이 높습니다.

Dr Reay 가 허가 과정에 관여함으로 건축허가서의 발급에 기여를 한 것입니다. 그 설계가 CCC 의 건물 조례(조례 105)를 충족시키지 못했기 때문에 허가서가 발급되지 않았어야 합니다.

9.4 시공

시공 업체 Williams Construction 은 1986 년 10 월에 Prime West 와 \$2,450,000 규모의 공사 계약을 체결했습니다. 공사는 그 달 하순에 시작되었습니다. 건설하는 동안 공사 계약이 Union Construction 주식회사로 양도되었고, 건물은 1987 년 말 또는 1988 년 초에 준공되었습니다.

건물이 붕괴된 후 기성 콘크리트와 현장 타설 콘크리트 간 접합부의 조도화 부재 등 건설 하자가 많이 발견되었습니다. 일부 기성 빔의 경우, 설계에서 의도한 대로 철근들이 북쪽 벽 구역에 박혀있지 않고 빔 방향으로 구부러져 있던 것으로 밝혀졌습니다.

증언에 의하면 현장 주임 Mr William Jones 는 능력과 경험이 풍부한 감독이었던 것으로 보입니다. 그러나 그는 능력 있는 건설 관리자에게 기대 및 요구되는 지도, 멘토링, 기술 조언을 받지 못했습니다. 건설 관리자 Mr Gerald 는 자신의 역할을 적절히 수행하는 데 필요한 충분한 시간을 현장에서 보내지 않았습니다.

계약 상 시공 감독 책임은 ARCE 에 있었습니다. Mr Harding 은 정기적으로 현장을 방문하여 현장 검사 보고서를 작성했다고 말했지만, 이러한 검사가 건설 결함의 발생을 방지하지는 못했습니다. 엔지니어가 정기 현장 검사를 해 왔다면 조도화 작업의 결여가 발견되었을 것이고, 이 결함은 현장 주임과 공사 책임자에게도 발견되었을 것으로 결론을 내립니다.

또한 CCC 의 기록에 따르면 별다른 설명 없이 1987 년 4 월부터 8 월까지 5 개월 동안 검사 공백 기간이 있었습니다. CCC 에 의해 호출된 한 전문가 증인은 CCC 가 수행한 검사들은 해당 크기의 건물에 비해 "약간 단순한" 것이었다고 말했습니다. 이 건물의 CCC 검사에 이러한 공백 기간이 왜 있었는지는 알려지지 않았습니다.

기둥들의 콘크리트 강도가 불충분했다는 이전 부서인 건물 주택부를 위해 작성된 Hyland/Smith 기술 조사 보고서⁽¹⁾의 결론에도 불구하고 조사위원회는 콘크리트의 강도가 설계사가 지정한 강도 수준이었거나 그 이상이었을 가능성이 있다고 결론을 내렸습니다. 어떤 기둥의 콘크리트가 강도 기준 이하였다고 제시할만한 아무런 신뢰할만한 증거가 없기 때문입니다.

9.5 건물 보강 공사

1990 년 Holmes Consulting Group(HCG)은 이 건물을 구입하기 전에 검사를 실시 했습니다. 이 검사에서 Mr Jon Hare 는 마루 바닥과 북쪽 벽 구역 사이의 연결이 법규에 어긋난다는 것을 지적했습니다. 그는 Alan Reay Consultants Limited(ARCL)에게 이 사실을 보고했습니다. ARCL 은 이전의 ARCE 가 변한 회사 이름입니다. ARCL 은 HCG 가 수행한 검토에서 위규 사항을 모두 지적했을 것으로 간주하고 이 건물에 대한 전반적인 자체 검토를 실시하지 않았습니다. 기본 설계 오류에 대한 이러한 지적은 보다 상세한 설계의 검토가 필요함을 ARCL 에게 알리는 신호가 되었어야 할 것입니다.

이 문제에 대한 ARCL 의 반응은 북쪽 벽 구역과 바닥을 연결하기 위해 4-6 층에 강철 앵글(증언에서는 "드래그 바"로 언급 됨)을 설치하는 것이었습니다. 이 건물에 관여한 적이 없던 ARC 의 또 다른 원로 설계사 Mr Geoff Banks 가 이들 문제의 해결을 위한 분석 및 설계를 했습니다. 드래그 바는 1991 년 10 월까지 설치되지 않았습니다. 마루 바닥과 북쪽 벽 구역 사이의 연결은 건물 사용자들의 안전에 영향을 미칠 수 있는 중요한 문제였습니다. Dr Reay 가

근본적인 이 결함을 해결하기 위해 더 신속하고 적극적으로 행동했어야 합니다. 더 이상 지연이 허용되지 않는 상황에서 Dr Reay 와 Mr Banks 는 CTV 건물이 Madras Equities 주식회사에게 매도되었다는 사실을 알게 된 후 약간의 조치를 취했습니다.

Prime West 의 파산관재인 및 Madras Equities 와의 통신문에 보면 Dr Reay 와 Mr Banks 가 결함을 최소화하려고 노력한 것이 보입니다. 하지만, 조사위원회는 이 노력은 하자 수리라기 보다는 ARCL 의 보험 커버를 위한 조치였을 가능성이 있다고 봅니다.

건물 보강을 위한 추후 드래그 바 설치는 원래 설계에 있었어야 할 표준 연성 보강재에 의한 연결만큼은 못하지만 효과가 있었을 것입니다. 하중법²은 2 층과 3 층에 드래그 바 설치를 요구하지 않았다는 Mr Banks 의 견해는 옳았습니다. 어쨌든, 3 개 층에 드래그 바를 설치했음에도 불구하고, 마루 바닥과 북쪽 벽 구역의 연결은 동서 방향 내진의 면에서 법규 위반 사항으로 남아 있었습니다. 이 결함은 발견되지 않았고, 따라서 해결되지 않았습니다.

드래그 바의 설치를 위한 어떤 건축허가도 받은 적이 없었습니다. 이 건축허가를 신청하지 않은 것은 분명한 절차의 누락이며, 이는 원래 설계 상에 있던 북쪽 벽 구역의 부적절한 연결 문제가 1991 년에 CCC 에게 알려지지 않았음을 의미하는 것입니다.

조사위원회의 견해로는 건물 사용자 또는 대중의 안전에 영향을 미칠 수 있는 구조적 결함을 인지했을 때 이를 지역 관할청 등 독립적인 법정 기구에게 통지해야 할 법적 의무가 있어야 합니다. 이것은 이런 문제를 신속하게 시정하도록 하기 위해 필요할 것입니다. 이러한 의무는 엔지니어뿐만 아니라 그러한 문제를 인지한 소유자, 계약자 및 기타 관련자들에게도 적용되어야 할 것입니다.

이 문제에 대해서는 보고서 제 7 권 섹션 4 에서 추가로 다룹니다.

9.6 1991 년부터 2010 년 9 월 지진 시까지의 건물

CCC 는 신축 시점에서 2010 년 9 월 4 일 사이에 CTV 건물 공사를 위한 허가 및 승인서(자원활용 승인 포함)를 여러 차례 발급했습니다. 승인된 공사의 대부분은 지진 발생 시 건물의 구조적 내진 성능에는 아무런 영향을 미치지 않는 것이었습니다.

2000 년 보수 공사 기간 중 내부 계단의 설치를 위해 2 층 바닥에 구멍을 뚫었습니다. 이런 관통 공사는 건물의 내진 성능에 영향을 미치지 않았을 것으로 판단하고 있습니다. 그러나, 조사위원회의 견해로는 건물 개조 작업을 할 때 핵심 보강재에 손상이 가지 않도록 특별히 주의를 다해야 합니다.

건의 사항

다음과 같이 건의합니다.

107. 콘크리트에 구멍을 뚫을 필요가 있을 때에는 보강재를 피해 뚫어야 합니다. 이를 피할 수 없는 경우에는 작업 절차 도면과 스펙에 강철이 접촉되었을 때 취해야 할 유의사항을 표시해야 하고, 중요한 이 단계에 엔지니어의 검사를 실시해야 합니다.

증언에 의하면 신축 당시부터 붕괴 시까지 전 기간 동안에 콘크리트에 상당 수의 구멍을 뚫었을 가능성이 있습니다. 하지만 건물의 구조 부분에 상당한 수의 구멍을 뚫었다는 증거는

찾을 수 없었습니다. 조사위원회는 어떤 경우이든 뚫은 모든 구멍이 건물의 내진 성능에 영향을 미쳤을 가능성이 있다고 생각합니다.

2001년에는 한 교육 기관을 세입자로 들이기 위한 건물 사용 허가 신청서가 CCC에 제출되었습니다. CCC는 건물 일부의 용도를 사무실에서 학교로 변경하는 신청으로 처리했습니다. CCC는 건축법(1991) 섹션 46(2)에 따라 실행이 가능한 범위 내에서 현재의 건축법에 거의 일치하도록 건물을 업그레이드 하라고 건물주에게 요구할 수도 있었을 것입니다. 비교적 새로운 건물이었고 용도 변경이 한 층에만 관련되었기 때문에 CCC는 그렇게 요구하지 않았습니다. 이 신청을 심사할 때 CCC는 그 건물이 1986년도의 법적 요건에 따라 설계, 승인, 시공되었다는 것을 전제로 했기 때문입니다. 하지만, 이미 결론을 내린 바와 같이, 사실은 그렇지 못했습니다.

또 하나의 교육 사업체인 King's Education이 4층으로 입주했을 때 Madras Equities는 용도 변경을 CCC에 통보하지 않았습니다. 이는 건물 사용자들을 위해 제정된 법적 보호 장치가 아무런 효과를 발휘할 수 없었음을 의미합니다.

이 건물은 건축법(2004)에 정의되어 있는 '지진취약' 건물로 CCC에 의해 분류되지 않았습니다. 이것은, 지진 취약 건물 기준치가 표준치의 33%인 반면에 이 건물의 내진 성능은 신규 건물 내진 표준치의 40-45% 수준이었을 것이라는 Hyland/Smith 보고서에 나타난 의견과 일치합니다.

9.7 2010년 9월 지진 및 지진 후 평가

조사위원회는 2010년 9월 4일, 2010년 12월 26일, 2011년 2월 22일 및 2011년 6월 13일에 발생했던 각각의 지진에 특히 초점을 맞춰 캔터버리 지진의 성격과 특성에 대한 조사를 실시했습니다. 보고서의 제 1권 섹션 2는 지진의 특성과 가혹성에 대해 설명합니다.

CTV 건물은 9월 지진에서 일부 피해를 입었으며 많은 증인들이 이것에 대해 증언했습니다. 9월 5일에 1차 수준의 신속 평가(간단한 외부 육안 검사)가 실시되었고, 그 결과 건물에 녹색 현수막(사용에 제한을 가하지 않는 공고)이 부착되었습니다.

9월 7일에 3명의 CCC 건물 검사관이 추가 검사를 실시했습니다. 엔지니어는 참석하지 않았습니다. 검사관들에게 분명한 지침이 주어지지 않았기 때문에 그들은 2차 수준의 신속 평가(간단한 내외부 육안 검사)를 하기로 결정했고, 그 결과 2차 수준 신속 평가에 일반적으로 요구되는 엔지니어의 건물 평가가 없었음에도 불구하고 녹색 현수막의 타당성을 인정하게 되었습니다. 이 검사는 2차 수준 검사로 간주되거나 기록되어서는 안되었던 것입니다. 조사위원회의 견해로는 검사관들이 그런 유형의 검사를 할 수 있는 전문 지식이나 정보를 가지고 있지 않다고 입주자들에게 분명히 밝혔어야 합니다. 하지만 신속 평가 양식에 기록되지는 않았지만 검사관들은 소유주들에게 독립적인 엔지니어를 고용해 건물을 평가해야 할 것이라고 권유했습니다. 하지만, 이 검사에 엔지니어가 함께 있었다더라도 기존의 녹색 현수막을 황색 현수막(건물에 제한적인 접근을 허용하는 공고)으로 대체했을 것이라고 확신하지는 않습니다.

건물 관리인 Mr John Drew는 CPG New Zealand 주식회사의 공인 전문 엔지니어인 Mr David Coatsworth에게 개인적인 평가를 의뢰했습니다. Mr Coatsworth는 2010년 9월 29일과 2010년 10월 6일에 각각 건물을 점검한 후 Madras Equities에 검사 보고서를 제출했습니다. Mr

Coatsworth의 견해에 따르면 건물에 라이닝, 마감 등의 비 구조 요소에 눈에 띄는 손상과 경미한 구조적 손상이 보이기는 했지만 붕괴될 정도의 구조적인 결함의 증거는 없었습니다. 2010년 10월 19일 추가 검사를 한 후 그는 Mr Drew에게 그 건물이 구조적으로 건재하다고 확인하는 이메일을 보냈습니다. Mr Coatsworth는 또한 추가 평가를 건의했습니다. 이러한 추가 평가는 실시되지 않았습니다. 그러나 Mr Drew가 신속하게 이러한 추가 평가를 주선했더라면 좋았을 것입니다.

9월 지진 이후 진행되고 있었던 손상 기반의 검사 기준으로 볼 때, Mr Coatsworth가 실시한 검사가 조사위원회의 조사 과정에서 고려한 모든 검사 중에서 가장 철저한 검사였다고 보고 있습니다. 그렇지만 Mr Coatsworth의 검사에 관해 청취한 증언에서 배울 수 있는 교훈들이 있습니다. 어떤 일이 행해지고 있는지 소유자 및 입주자가 이해할 수 있도록 그들에게 엔지니어가 실시한 평가 유형에 대한 명확한 설명이 있어야 합니다. 그 평가의 성격, 범위, 한계에 대해 Mr Coatsworth가 분명히 설명했더라면 좋았을 것입니다. 그러나 그가 Mr Drew와 의사소통한 방법, 그가 건의 및 실시한 평가 유형은 9월 지진 후에 실시된 대부분의 엔지니어 평가에 가장 흔한 형태이었습니다.

Mr Coatsworth는 건물의 구조 도면을 보는 것이 도움이 될 것이라고 말했지만 그 당시 CCC에서 이러한 자료를 열람할 수 없었기 때문에 도면을 검토하지 않은 채 건물에 대한 자신의 견해를 피력했습니다. 그 당시 그의 입장에 있는 엔지니어들은 대부분 그와 같은 방식으로 업무를 수행했을 것입니다. 그렇지만 소유주가 의뢰하여 비상 대응 기간 외에 실시하는 모든 다층 건물의 검사에는 도면이 있을 경우, 구조 도면의 검토를 포함시켜야 한다고 조언합니다.

큰 지진이 있은 후 손상을 기반으로 실시하는 평가만을 의존하기에는 무리가 있습니다. 손상 기반 평가는 신속 평가 과정의 필수 구성 요소이긴 하지만 이와 같은 건물에 사람들이 장기적으로 입주해야 하는지 여부를 결정하는 유일한 방법으로 이 평가를 사용해서는 안됩니다.

이들 및 관련 문제들은 조사 보고서 제 7권 섹션 2에서 다루고 있습니다.

CTV 건물은 2010년 12월 26일 "박싱 데이" 지진으로 몇 부분에 더 손상을 입었습니다. 1차 수준의 신속 평가가 12월 27일에 실시되었고, 그 결과 녹색 현수막이 부착되었습니다. 도시 검색 및 구조팀(USAR)의 신속 육안 검사도 실시되었습니다. 그러나 박싱 데이 이후, 2차 수준의 신속 평가가 실시되지 않았고, Mr Coatsworth에게 이 건물에 대한 재평가도 요청되지 않았습니다.

Mr Drew는 일찍이 Mr Coatsworth와 가졌던 대화를 근거로 하여 자기가 본 추가 손상은 그리 심각하지 않은 것으로 믿었다고 증언했습니다. 그는 콘크리트 균열의 확대는 정상이고 예상되는 것이라고 생각했습니다. 손상이 보기보다 심각할 수 있었기 때문에 Mr Drew가 최소한 Mr Coatsworth에게 증가된 피해에 대해 말을 했어야 했다고 생각합니다. 9월 지진으로 인한 피해 정도에 대해 Mr Coatsworth가 잘 알고 있었기 때문에 Mr Coatsworth에게 건물로 돌아가 재검을 하도록 요청하는 것이 그가 할 수 있는 최선책이었을 것입니다.

9.8 2010년 9월 지진 시부터 2011년 2월 22일까지의 건물

9월 지진과 2월 지진 사이에 실시된 CTV 건물 서쪽 부분의 철거는 CTV 건물 입주자들에게 많은 불안의 요인이 되었습니다. 조사위원회는 이 철거 공사 허가를 담당했던 CCC 엔지니어 및 이 건물의 붕괴를 조사했던 전문가들로부터 증언을 청취했습니다. 철거 소음과 진동은

분명히 입주자들에게 방해가 되었을 것이지만 철거 작업이 CTV 건물에 구조적 피해를 입혔을 가능성은 거의 없다는 전문가의 의견에 동의합니다.

박싱 데이 지진에 이어 기존 구내가 위험한 것으로 간주된 후 2011 년 1 월에 의료기관인 The Clinic 이 CTV 건물로 입주했습니다. Mr Drew 는 CTV 건물 관리자였을 뿐만 아니라 The Clinic 의 소유자였습니다. 의료 기관 입주는 건축법(2004)에 따르면 용도 변경이 아니었기 때문에 CCC 에 통보하지 않고 CTV 건물로 The Clinic 을 입주시킬 법적 권리가 있었습니다. 유가족들은 구조 변경이나 개조 공사 없이 이 건물의 일부를 의료 기관으로 사용하기에 적합했었는지에 대한 우려를 표명했습니다. 그러나 이것은 건물 붕괴 사유와 관련이 없기 때문에 조사위원회의 위임 사항에 속하지 않으며, 따라서 조사위원회는 이에 대해 언급할 수 없습니다.

9.9 2011 년 2 월 22 일의 CTV 건물 붕괴

조사위원회는 2 월 지진으로 인한 건물 붕괴와 관련된 목격자들의 증언을 들었습니다. 많은 목격자들의 증언에 따르면 건물이 흔들렸을 때 뒤틀렸으며, 초기 뒤틀림이 잠시 중단되는 것 같더니 동쪽으로 기울었고, 수직 요동이 있는 후, 팬케이크처럼 무너졌는데, 이 모든 것이 흔들림이 시작된 후 순식간에 벌어졌습니다. 조사위원회는 건물 붕괴가 지진 발생 후 10-20 초 내에 완료되었다고 결론을 내렸습니다.

CTV 빌딩 붕괴 직후 며칠 동안 계속되는 화재가 발생했습니다. 뉴질랜드 소방서의 화재 조사 및 방화 감소 전국 책임자인 Mr Peter Wilding 은 여러 가지 이유로 CTV 사이트 화재 조사가 수행되지 않았다고 증언했습니다. 가용 전문 화재 조사관이 부족했고, CTV 사이트 소방 작업이 인명 구조 위주로 진행되었고, 나중에는 시신 발굴 작업을 위한 구조 및 화재 진압에 초점이 맞춰졌기 때문이었습니다. 그는 CTV 사이트가 증거의 관점에서 볼 때 매우 혼란한 상태에 있었다고 말했습니다. 이는 화재의 기원과 원인에 대한 신빙성 있고 신뢰할만한 결론을 내릴 수 없었음을 의미합니다. 조사위원회는 소방서에서 화재의 발화점, 또는 타오른 순서를 결정하는 것이 불가능했을 것이라는 데 동의합니다.

지진 후, USAR 엔지니어 Mr Graham Frost, Dr Robert Heywood 및 Mr John Trowsdale 은 현장 사진을 많이 촬영하였고, 건물 요소 별로 라벨을 붙였습니다. 그들의 공공심 있는 행동은 붕괴 직후의 건물 및 개별 요소의 상태에 관한 훌륭한 기록을 남겼습니다. 관련 정보를 수집할 수 있는 공식 시스템이 없었습니다. 따라서 조사위원회는 붕괴 잔재에 관한 이 엔지니어들의 철저한 문서화와 평가를 높게 평가하고 있습니다.

현장 보존 시스템의 부재에 관한 비판이 있었습니다. 그러나 Mr Frost, Dr Heywood 및 Mr Trowsdale 의 증언과 다른 전문가들의 관찰 및 목격자들의 증언은 조사위원회가 다뤄야 할 관련된 문제들을 고려하는 데 상당한 법정 증거 기반을 제공했습니다.

이러한 증언들은 조사위원회가 붕괴 후 건물의 상태에 대한 전체적인 윤곽을 파악하고, 가능한 붕괴 시나리오에 대한 결론을 내리는 데 적절한 기초를 제공했다고 여깁니다. 그러나 법정 증거 공학 실천 지침의 마련은 향후 조사에서 높은 품질의 법정 증거 작업을 보장하기 위해 절실하다고 생각합니다.

건의 사항

다음과 같이 건의합니다.

108. 기업 혁신 고용부는 공식적인 법정 증거 조사에 필요한 현장 보존 환경 등 구조적 결함 조사를 위한 지침을 마련하는 것을 고려해야 합니다.

9.10 붕괴의 이유

CTV 건물은 다음과 같은 이유로 2 월 지진에 의해 붕괴되었다고 봅니다.

- 비록 짧은 순간이었지만 2 월 지진 시 땅의 움직임은 평소와는 달리 강렬했습니다.
- 설계사가 중력 하중 시스템의 지진 행태를 제대로 또는 적절히 감안하지 못했습니다. 특히, 빔과 기둥 접합구역을 통과하는 하중을 전혀 감안하지 않았던 것으로 보입니다. 이 부분을 감안하지 않았기 때문에 건설하기는 쉬웠지만 연성 부족으로 쉽게 부서지는 취약점을 지니는 접합구역을 가지게 되었습니다.
- 기둥들이 적절하게 구속되어 있지 않아 변형이 있을 때 이를 견디지 못하고 붕괴하게 되었습니다.
- 바닥과 북쪽 벽 구역 사이의 결속력이 올바르게 계산되지 않았고, 벽과 바닥 사이의 하중 경로가 추적되지 않았습니다.
- 설계 도면에 의하면 선 D와 D-E 상의 북쪽 벽 구역과 바닥 사이의 연결이 적절하지 못했고 법규에 저촉되었습니다. 1991 년에 4,5,6 층에 드래그 바를 추가로 설치해 남북 방향의 법규 위반은 시정되었지만, 동서 방향의 법규 위반은 시정되지 않았습니다. 또한, 드래그 바는 2 월 지진에서, 아니면 아마 9 월 지진에서 연성 결여로 기능을 발휘하지 못했을 것입니다.
- 기성 빔의 끝과 기둥의 현장 타설 콘크리트 사이의 접촉부 조도화 작업이 없었기 때문에 총체적 연동 작용에 의한 내진 응력이 접촉부에 전달될 수 없었습니다.

우리는 여기서 보고서 제 6 권 섹션 7.4 에서 명시한 결론을 반복합니다. CTV 건물의 설계는 지진에 의해 생성되는 측면 하중의 지탱을 북쪽 벽 구역과 남쪽 병렬 내진 벽에 의존했습니다. 위에서 지적 및 논의한 결함은, 2 월 지진에 의해 생성된 강한 흔들림에서 이 두 벽이 설계사가 의도한 대로 성능을 발휘할 수 없었다는 것을 의미합니다. 목격자들의 증언에 따르면 건물의 붕괴가 지진 시작 시점으로부터 10-20 초 내에서 있었을 것으로 봅니다. 건물 내 생존자들과 인근에서 목격했던 사람들의 증언에 따르면 이 붕괴는 갑작스럽고 비극적인 참사였습니다.

초기의 뒤틀림과 흔들림 후에, 빔,기둥 접합부와 기둥의 심각한 취약성 때문에 모든 바닥이 거의 수직으로 낙하했습니다. 목격자들은 이 붕괴를 "팬케이크" 효과라고 묘사했습니다. 북쪽 벽 구역은 그대로 남아 있었지만 바닥들은 찢기듯 붕괴되면서 지면 가까이에 쌓이게 되었습니다. 남쪽 내진 벽은 마지막 순서였을 것으로 생각되는 붕괴에서 바닥 위 안쪽으로 무너졌습니다. 이 두 벽에 가해진 손상을 보면 이들 벽이 제대로 기능을 하지 못했음을 알 수 있습니다.

조사위원회의 붕괴에 대한 분석은 목격자들의 증언과 일치합니다.

9.11 건물 구조 시스템의 문제

CTV 건물이 지진 발생 시 편향되는 정도에 대한 Mr Harding 의 계산에 주요 문제가 하나 있었습니다. Mr Harding 은 편향 계산을 질량 중심을 기초로 했으며, 건물의 비틀림 회전으로 인한 변형의 증가를 감안하지 않았습니다. 이러한 계산은 CTV 건물의 라인 1 과 라인 2(그림 111 참조) 위 기둥의 총 상호 변위에 대한 과소 평가를 초래했습니다. 바로 이 오류가 그 건물의 내진 성능에 영향을 미쳤던 것입니다.

이 건물의 빔과 기둥 간의 모든 접합부에 큰 약점이 있었습니다. 이들 약점은 빔 하단(일부는 빔 상단)에 있는 세로 방향 철근을 빔,기둥 접합구역 중간 부분에 위치한 90° 갈고리를 이용해 접합구역 안쪽으로 고정시킨 데서 비롯했습니다. 빔,기둥 접합부를 통과하는 하중 경로를 추적하지 못한 설계사의 실수는 핵심 장력을 콘크리트의 인장 강도에 의존시키는 결과를 초래했습니다. 이 콘크리트의 장력 결여 때문에 지탱력이 신속히 저하되었을 것입니다.

CTV 건물 설계의 계산 및 구조 도면을 보면 바닥이 북쪽 벽 구역과 제대로 연결되어 있지 않았음이 또한 확실합니다. Mr Harding 은 필요한 결속력 계산을 할 때 상응하는 정적 분석에 사용된 값을 기초로 했는데, 이것은 일반 구조 설계 및 설계 하중 표준(NZS 4203:1984³⁾)에서 요구되는 수치의 절반치 보다 작은 것입니다. 그 외에도 그는 동서 방향의 지진 활동에 대한 결속력과 연관된 면내 굽힘 순간을 감안하지 못했습니다.

9.12 법적 요건 준수 여부

CTV 건물의 공학적 설계와 관련된 법적 요건은 CCC 조례 105 에 규정되어 있었습니다. 이 조례는 일반 구조 설계와 설계 하중 표준(NZS 4203:1984) 및 콘크리트 구조물 설계 표준(NZS 3101:1982⁴⁾) 등 준수해야 할 규정들을 열거하고 있습니다. CTV 건물의 설계는 다음과 같은 이유에서 이 조례의 요건을 준수하지 않은 것으로 결론을 내렸습니다:

- 바닥 슬래브 격막판과 북쪽 벽 구역 사이의 연결 설계에서 남북 및 동서 방향의 지진 충격과 관련된 NZS 4203:1984 의 3.4.9 항 규정을 준수하지 않았습니다. 1991 년에 추가한 드래그 바는 남북 방향의 규정 위반 문제만 해결했습니다. 하지만 바닥과 드래그 바 연결 부위의 부서지기 쉬운 점 때문에 그 효과는 감소되었습니다.
- 해당 설계가 관련된 설계 표준 사양을 따랐는지 확인하기 위해 CTV 건물의 빔과 빔,기둥 접합부를 분석했습니다. 그 결과 많은 기둥들이 기둥 구속 보강 및 내진 보강 조항과 관련된 요건을 충족시키지 못한 것으로 나타났습니다. 추가 분석에 따르면 빔,기둥 접합부 여러 곳이 NZS 3101:1982 규정대로 제대로 설계되지 않았습니다.

이러한 결론은 보고서 제 6 권 섹션 8.1 에 상세히 서술 및 설명되어 있습니다.

청취한 전문가들의 의견에 의하면 바닥 슬래브와 북쪽 벽 구역 사이의 연결이 규정대로 되지 않았다는 것을 CCC 가 발견했어야 합니다. 그래서 Mr Tapper 가 이 일을 했다고 결론을 내렸습니다. 또한 기둥의 내진 보강과 관련된 규정 위반도 발견되었어야 합니다. 기둥 또는 빔,기둥 접합부의 규정 위반을 1986 년 당시의 검토 엔지니어가 발견했을 것이라고 기대하는 것은 합리적이지 못 합니다. 당시의 검토 엔지니어에게 기대되는 합리적인 검토 수준은 문제가 해결되었음을 확인하는 정도였습니다.

그러나 섹션 8.1 에서 설명 및 논의된 규정 위반의 사례 때문에 건축허가가 발급되지 않았어야 한다고 생각합니다.

9.13 최적 관행 요건 준수 여부

보고서의 제 6 권 섹션 8.2.1 에 명시된 바와 같이 최적 관행은 법적 최소 요건을 기본으로 하며, 설계 당시의 엔지니어들에 의해 널리 인정되는 공학 원리로 정의될 수 있습니다. 최적 관행을 충족시키는 것에는 모든 구조 설계의 기초가 되는 기본 가정을 충족시키는 것이 포함되어야 합니다. 곧, 모든 하중이나 관성력은 적용 시점으로부터 기반 토양에 도착할 때까지 적절한 하중 경로를 가지고 있어야 하고, 이 때 힘의 균형과 부하 양립성이 충족되어야 합니다. 여기에는 순환 하중 조건 하의 압축 힘과 인장 힘이 빔,기둥 접합부와 빔,벽 접합부 및 기타 구조 요소 간의 접합부를 통과하는 트랙을 식별하는 것이 포함됩니다.

최적 관행은 또한 큰 지진이 발생할 경우, 건물이 부서지기 쉬운 상황에서도 붕괴 방지를 위한 연성 메커니즘을 가지도록 보장하는 것을 포함합니다. 이 목표를 달성하려면 잠재 가능성이 있는 모든 취약 영역을 식별하고 구체화 해서 건물 전체가 적절한 연성 메커니즘을 가지도록 확실히 해야 합니다. 이 개념은 1970 년대 초에 뉴질랜드의 많은 구조 엔지니어들에게 널리 알려졌던 개념입니다.

CTV 건물의 설계는 다음과 같은 이유로 최적 요건을 충족시키지 못했습니다.

- 바닥 슬래브와 북쪽 벽 구역 사이의 연결에서 공학 기본 원칙을 준수하지 않았고,
- 기둥의 가로 보강 간격이 너무 넓었고,
- 빔,기둥 접합부의 가로 보강이 부적절했고,
- 기성 빔과 기둥 사이의 연결이 부적절 했고,
- 동서쪽 빔을 서쪽 벽 측에 고정할 때 공학 기본 원칙을 준수하지 않았습니다.

이러한 결론은 보고서 제 6 권 섹션 8.2 에 논의 및 설명되어 있습니다.

9.14 잠재적인 구조적 약점을 가진 다른 건물들의 평가

큰 지진 발생 시 붕괴될 가능성이 있는 뉴질랜드 내의 다른 건물들을 식별하는 것이 중요하며, 이러한 건물에서 기인하는 잠재적 위험을 줄이기 위한 적절한 조치를 취할 수 있어야 합니다. 이런 건물을 평가하는 방식에 대해 건의합니다.

건의 사항

조사위원회는 다음 사항을 건의합니다.

109. 건물의 잠재 내진 성능 평가와 관련된 건의

- 용인할 수 있는 연성 방식으로 지진 및 중력 하중 활동을 지탱할 능력이 있는지 확인하기 위해 개별 구조 요소를 검사해야 합니다.
- 첫 번째 모드 유형의 지진 발생 시 구조 및 개별 구조 요소를 통과하는 하중 경로를 식별하기 위해 상응하는 정적 분석 및/또는 비선형 정적 분석과 같은 비교적 간단한 방법을 사용할 수 있습니다. 보다 높은 모드 유형의 지진 발생과 관련된 지역 하중 경로의 중요성을 고려해야 합니다. 이러한 조치는 건물 및 구조물 부분의 안정성, 바닥과 측면 힘 저항 요소와의 연결에 중요합니다.
- 하중 경로 평가는 상이 구조 요소, 부하 집중 구역, 또는 비 연성 재료의 특성에 하중 경로를 의존해야 하는 곳을 통과하는 하중 경로를 식별할 수 있도록 실시되어야 합니다(예: 콘크리트 인장 강도, 또는 용접점이 약한 곳의 직각 용접).
- 건물의 초기 측면 강도가 용납될 수 있는 정도라도 하중 경로 내의 주요 비 연성 취약 링크는 지진 발생 시 신속한 강도 저하를 초래할 수 있습니다. 잠재 내진 성능 평가에서 이러한 특성을 파악하고 이러한 저하를 감안하는 것이 매우 중요합니다. 연성 모드에서 건물이 변형되어 수평 강도를 유지하는 능력은 초기 수평 강도 보다 더 중요합니다.
- 잠재 내진 성능을 더욱 평가하기 위해 비탄성 시간 이력 분석 등 정교한 분석을 실시할 수 있습니다. 그러나 이러한 분석 결과를 해석할 때 구성요소 분석 모델에 들어 있는 근사치, 그리고 분석 모델이 없는 구성 요소 간 상호 작용을 감안하는 것이 매우 중요합니다(예: 신장도).

110. CTV 건물 연구에서 비롯하는 특히 다음 사항에 대한 검토가 필요합니다.

- 빔,기둥 접합부 내역, 빔과 구조벽의 연결
- 격막판 역할을 하는 바닥 간 연결, 측면 힘 저항 요소
- 큰 지진에서 발생할 수 있는 최대 총 상호 변위를 감당하기에 적절한 연성을 가지도록 하는 기둥 구속 수준

보고서 제 2 권의 섹션 8 과 9, 그리고 제 4 권의 섹션 6.2.5 에서는 기존 건물의 잠재 내진 성능 평가와 관련된 기타 문제에 대해 논의합니다.

9.15 결론

CTV 건물의 붕괴는 2011년 2월 22일에 있었던 다른 건물의 붕괴보다 훨씬 더 많은 부상과 사망을 초래했습니다. 이 건물은 비교적 최근의 건축 기준에 따라 설계되었지만 설계 하자가 심각해서 바닥 슬래브가 팬케이크처럼 내려 앉았고, 그 결과 건물 내부의 사람 대부분이 생존 기회를 놓치게 되었습니다.

이 건물의 공학적 설계는 여러 면에서 결함을 가지고 있었습니다. 어떤 건축 법규를 적용해야 할지 약간 혼동의 여지는 있었지만, 설계된 대로 건축허가는 발급되지 않았어야 합니다. 건물의 시공에도 부적절한 면이 있었습니다. CTV 건물의 지진 후 검사에서도 개선되어야 할 건물 평가 과정 영역이 지적되었습니다.

CTV 건물 붕괴에 대한 조사는 다른 부분에 대한 조사와 함께 지진 취약 국가에서의 건물 설계, 시공, 보수유지와 관련된 여러 잠재 개선 영역을 찾아냈습니다. 이 보고서에서 제시한 제안 사항은 앞으로 가능하면 이 같은 비극이 재발하지 않도록 방지하려는 의도에서 그런 방향으로 작성되었습니다.

참조 문헌

1. Hyland C., and Smith, A. (2012). *건물주택부 용 CTV 붕괴 조사: 2012 년 1 월 25 일*. 뉴질랜드, 웰링턴: 건물주택부.
2. 하중법(건물 설계에 사용되는 힘과 하중에 관한 사항 규정).
3. NZS 4203:1984. *건물 일반 구조 설계 및 설계 하중에 관한 실전 강령*, 뉴질랜드 표준원
4. NZS 3101:1982. *콘크리트 구조 설계에 관한 실전 요강*, 뉴질랜드 표준원

주: 뉴질랜드 표준원(Standards New Zealand)의 전신은 Standards Association of New Zealand 및 Standards Institute of New Zealand 입니다.

The first of these is the *Journal of the American Medical Association* (JAMA), which has been a leading voice in the medical profession for over a century. It is a weekly publication that covers a wide range of topics, from clinical medicine to public health. The second is the *New England Journal of Medicine* (NEJM), which is a leading journal in the field of clinical medicine. It is a weekly publication that covers a wide range of topics, from clinical medicine to public health. The third is the *Lancet*, which is a leading journal in the field of clinical medicine. It is a weekly publication that covers a wide range of topics, from clinical medicine to public health. The fourth is the *British Medical Journal* (BMJ), which is a leading journal in the field of clinical medicine. It is a weekly publication that covers a wide range of topics, from clinical medicine to public health. The fifth is the *Annals of the New York Academy of Sciences* (ANAS), which is a leading journal in the field of clinical medicine. It is a weekly publication that covers a wide range of topics, from clinical medicine to public health.



Canterbury Earthquakes Royal Commission

Te Komihana Rūwhenua o Waitaha

캔터버리 지진 왕립 위원회

PO Box 14053
Christchurch Mail Centre 8544
Christchurch
New Zealand
0800 337 468
+64 3 741 3000
canterbury@royalcommission.govt.nz