

# 中華人民共和国地震工作概況唐山地震家屋被害と都市地震防災（翻訳）

著者	国立防災科学技術センター
雑誌名	防災科学技術研究所 研究資料
号	56
ページ	1-32
発行年	1981-03
URL	<a href="http://doi.org/10.24732/nied.00001670">http://doi.org/10.24732/nied.00001670</a>

## この翻訳資料の刊行に当たって

1976年7月28日未明、華北の大工業都市唐山は、マグニチュード7.8の巨大地震に襲われ、文字通り壊滅的な損害をこうむり、臨震情報が出されていなかったため、史上一二をあらそうほどの多数の死傷者を出した。1975年2月4日の海城地震(M7.3)の輝やかなしい地震予知の成功の翌年の非劇である。“四つの現代化”の中で、この地震の客観的な研究が中国で執ように続けられていることは、ひとり現代中国にとってだけでなく、世界の地震国にとって学術・技術・行政のすべての面で貴重な貢献となることは明らかである。

唐山市は京津唐渤張地区と称される中国の「首都圏」(顧功叙先生)に属し、有名な開深炭田を控え、人口百万を越す重要な大工業都市である。この現代の大工業都市の地震災害は、わが国の地震学者にとって特に知りたいことである。筆者らが中国を訪れた時(1978年)、視察の要望に対し「現地はまだ外国の方を御案内する状態にないので、写真帳でその状況を察して欲しい」と一冊の写真帳をわたされた。そこにのせられている百枚をこす写真はいずれも敗戦直後のわが国の諸都市の状態と同じで、「瓦礫と青空だけが残った」という彼らの言葉通りであった。瀋陽へ行く夜行列車の車中で国家地震局強組基分析預報センター長から、台地と低地で被害が著しく異なり、住宅の主としてあった低地では噴砂・噴水が各所で発生した(1977~8年訪日中国地震考察団の人は液化化現象についての文献を非常に欲していた)。

また、住宅の設計の耐震基準はひとつ低かった(人民中国で?)し、床板などはレンガの長さの半分しか床の梁にのせてなく、壁・床・屋根等に相互にまったく緊結されていなかった、等々被害や耐震上の問題点につき断片的な知識を得たにとどまった。

本年(1980年)5月14日当センターを訪れた中国地震防災及測試設器考察団(団長程震文氏秘書長陳寿梁氏)から、団長など団員が自らしたためた、唐山地震の建物災害と都市防災、ならびに、中国の地震防災対策に関する発刊早々のパンフレットの贈呈をうけた。これらのパンフレットは数字や具体例に基づいたもので、唐山地震の実態が詳しくのべられている。また、今後の大都市の地震対策のあり方が具体的に述べられている。目新しいものや特効薬的なみはないが、彼らが死であがなった貴重な教訓であり、いわれていてもなかなか実現しないわが国の地震対策をすすめる上でも、襟を正して聞くべき内容を含んでいるので、都司研究員をわずらわして翻訳をしてもらった。

なお、訪中中、気付いたことを言って欲しいというので、科学技術主任のような人に、旅行中各所でみかけた建築用コンクリート部材の質の悪いことを、これでは期待されている強度はでないであろうし、貴重なセメントや砂の有効利用の面からも問題であると述べたが、反応がなかった。この報告からも察せられることであるが、「技術を身につければつけるほど反革命的になる」という竹槍時代を十年も通ってきた人達に、科学的な見地、品質や製造についての現代工業管理

技術を基礎におく気風を養うことは時間を要することであり、わが国の水準から出発することを求めても効果が得られないと感じた。

第2 研究部長 高橋 博

(追 記)

今回の中国の地震関係文献の翻訳刊行に当たっては、1980年5月14日に当センターを訪問された「中国地震防災及测试設器考察団」の団長である国家基本建設委員会抗震弁公室負責人・程震文先生と当センター耐震実験室長・大谷圭一との間で文通による情報交換が行なわれており、10月13日付の大谷からの私信で刊行の意向を問い合わせたところ、11月3日付程先生からの返信にて、快諾いただいた。

この資料が広く利用されることを期待すると共に、御快諾いただいた程先生に感謝の意を表明するものである。

第2 部研究部 耐震実験室長 大谷 圭一

## 訳者まえがき

1976年7月28日未明、中国の首都圏を襲った唐山地震の最新の報告を訳してみた。この地震はマグニチュード7.8という巨大地震で、しかも震央が人口100万人の工業都市・唐山であり、また北京、天津という中国でも最大級の都市の近くでもあるので、死者242万人余、重傷者164万人余というような、空前の被害を生じた。

家屋被害について言えば、日本と違って木造家屋がほとんどなく、レンガ積み家屋の多い都市のことであり、火災というものが余り問題とならなかったということなど、日本と異なる面もある。しかし、詳細に記されたレンガ家屋、コンクリート建造物の破壊状況は、実地体験から得た貴重な情報として、耐震建築の上に大いに参考となるであろう。

また、橋梁の落下とビル倒壊により道路が不通となり、救助活動の障害となったこと、貯蔵塩素がもれて危うく大事故となるところであったという記事など、日本の地震防災対策を考える上で、有益な情報が少なくない。

なお、訳文中の震度はすべて中国の震度階によるもので、原文では「烈度」と書かれ、その数値を2で割って1を加えればほぼ日本の気象庁による震度になる（高橋博第2研究部長教示）。

平塚支所沿岸防災第1研究室 都司 嘉宣

## 目 次

この翻訳資料の刊行に当たって

訳者まえがき

1. 中華人民共和国地震工作概況	程震文	1	
概 要			
一、被害地震に関する考察		3	
二、都市地震防災に関して		4	
三、中国地震震度区画図の作成		5	
四、各種の耐震基準, 仕様判定		6	
五、地震工学の科学的研究		7	
(表1) 中国近年のマグニチュード7以上の地震		9	
2. 唐山地震家屋被害と都市地震防災	陳寿梁・周炳章・裘民川	11	
概 要			
はじめに			
一、唐山地震の概況		12	
二、各種家屋構造の地震被害		14	
三、家屋構造の工学的経験		21	
四、都市地震防災の経験と教訓		25	
(訳者補注)			28
(図1) 唐山地震等震度線図			30
(訳者後注1図~7図)			31

# 中华人民共和国抗震工作概况

General Aspects of Earthquake Resistance of PRC

程震文  
Cheng Zhenwen

一九八〇年五月 北京  
Beijing May 1980



# 中華人民共和國地震工作概況

程震文 (チョン・チェンウエン)

1980年5月, 北京

(国家基本建設委員会地震対策事務室責任者<地震弁公室  
負責人>, 地震工学学術委员会主任委員)

都 司 嘉 宣 訳

## 概 要

この論文ではわが国の地震対策事業(抗震工作)の発展の歴史と, 地震対策事業の態勢を一通り説明し, 地震対策事業の主な内容と進展状況を簡単に紹介してみることとしたい。

中国は地震の多い国である。歴史上の地震記録も数多く残されている。紀元前1177年(殷王朝二十九代帝乙王の3年)にはすでに地震の記録が現れる。わが国はまた地震の災害を数多くこうむっている国である。1556年1月23日(明の十二代世宗嘉靖帝34年)に, 陝西省(シャンシー)華県(ホワ)で起きたマグニチュード8の地震では, 83万人余の死者が出た。1920年12月16日の, 寧夏(ニンシャ)回族自治区の海原(ハイユアン)で起きたマグニチュード8.5の地震では23万人の命が失なわれた。1933年8月25日, 四川省(スーチュワン)迭溪(ティエチー)で起きたマグニチュード7.5の地震では, 迭溪の古都が壊滅した。1976年7月28日の河北省(ホーベイ)唐山(タンシャン)で起きたマグニチュード7.8の地震による死傷者は, 40万人余に達した。わが国の地震活動の特徴は, 広範囲に分布し, 震源が浅くて, 強いことである。二, 三千年にわたる歴史史料をひもといてみると, わが国では江西(チャンシー), 貴州(クイチョー)の両省を除けば, どの省でもマグニチュード6以上の地震を経験してきたことがわかる。地震の発生が集中している地域としては, まず台湾をあげなくてはならない。その次が西南, 西北, 華北, 渤海北部と, 福建省, 広東省の沿岸地域となっていて, ほとんどわが国の主な省区をもうらしている(編集者注: 防災科学技術研究資料, No.44, 図3.2.4参照)。わが国の3分の2の地震は大陸部で発生している。これらの地震の大多数が震源の深さが2, 30 kmという浅発地震であるが, 東北地方の鶏西(チーシー), 延吉(イエンチー)一带とチベット, 新疆(シンチャン)西部のある特定地域では震源の深さが数十 km から四, 五百 km に及ぶ深発地震が発生している。最近の70年のデータをみてみると, わが国で発生したマグニチュード7以上の強い地震は, 全世界で起きたその10分の1前後を占めている。しかしながらそれらによ

て解放されたエネルギー量は、地球全体の二、三十%にも及ぶ。震源が浅く、地震規模が大きいほど、引き起こされる破壊もまた大きく、その上範囲も広がってくる。すなわち地震によって起きる災害もよりきびしいものとなり、わが国の地震防災事業に対してより切実で重い任務がのしかかってくるのである！

新中国成立以後、わが国の第一次五カ年計画の大規模建設の要請に従って、関連する各設計、研究単位は、耐震設計基準草案の作成に着手し、耐震ということを根本にすえた基本建設の指針を提案した。1966年の邢台（シンタイ）地震以後、国務院は、地震防災（予防）を主眼とした地震対策事業の方針を制定した。同時に、国家科学委員会と国家建設委員会内に、地震予報を主管する京津（チンチン）地区（北京と天津を含む中国の首都圏）地震事務室（地震弁公室）と、地震対策事業を主管する京津地区地震対策事務室（抗震弁公室）を設立した。全国的規模の地震対策事業の方はというと、1975年の海城地震と、1976年の唐山地震以後、中央から地震多発地域の省や市に至るまで、各種の政府機関ごとに、あいついで地震対策管理部門（抗震管理部門）が設立され、さらにそれらが一つの全国的に統一された地震対策事業のネットワーク（全国抗震工作管理体制）を形成するに至った。全国の地震対策事業に要する費用は、国民経済計画の一部門として計上されている。

わが国の地震施策の体制は大きく二つに分けることができる。一つは地震予知事業であり、いま一つは地震対策事業である。もし予知事業がなければ、地震対策事業もその基盤を失ってしまうであろうし、地震対策事業がなければ、予知が出て地震の時人は逃げ出すことはできても、建造物や各種の施設の被害を減らすことはできないであろう。だから、わが国では地震予知情報を出すことと同時に、有効な抗震工作をたてることに努力している。地震予報業務はまず国家地震局によって統一管理され、そして各省、市、自治区には省地震局がおかれ、各省の地震予報を担当している。地震対策事業は国家建設委員会地震対策事務室（国家建委抗震弁公室）によって統一管理され、地震の多く発生する各々の省、市、自治区と国務院工業部（中国の「部」は日本の「省」にあたる）、交通部（運輸省）に各々地震対策事務室が設置されており、各々の地区や部署の地震対策業務を担当している。各行政レベルの地震対策事務室の主な任務は、一．地震対策事業費、材料の計画管理、二．地震災害軽減事業と都市の地震防災管理、三．新しく建設される建造物に対する地震防災設備審査と管理、四．現有の建築物と各種施設の耐震査定と補強工作、五．大地震の考察と経験事例のとりまとめ、六．地震工学の科学研究と国際科学技術協力組織化の推進、それに国内外の学術活動、七．地震対策と地震防災事業（抗震防震）の基本的常識の啓蒙活動、である。

このような行政管理の面での機構の他に、中央から各地方に至るまで、相応する学術および科学研究機構が設立されている。1978年5月、全国的規模をもつ地震工学学術委員会（地震工程学術委員会）が成立して、各種の地震対策業務の学術活動を担当する組織が作られた。同年8月

にはまた国家科学委員会地震工学専門組織（国家科委地震工程専門組）が結成され、地震対策事務室組織と協力し、地震工学の重大な科学研究計画に協同で当たっていて、大きな発明創造を審査している。国务院の関連する各省庁、地震多発省、市の調査部門、設計部門と工科大学などは、唐山地震以後、次々と耐震研究所や研究室（グループ）を組織し、地震工学に対する基本理論と応用技術の方面および耐震補強技術と都市地震防災などの方面に、組織的研究を手がけはじめた。わが国の地震対策事業は、およそ次にあげる各分野に分類することができるであろう。

## 一 被害地震に関する考察

建国以来、わが国ではマグニチュード6以上の被害地震は350回以上にのぼるが、とくに1966年以来、わが国の地震活動は今世紀以来の4回目の地震活動の高潮期に入った（編集者注：防災科学技術研究資料，No.44，P.24参照）。最近の14年以内に、連続22個のマグニチュード7以上の強い地震が発生した。平均して毎年1個半である（その地震のパラメータは表1を参照）。大地震が発生するたびに、わが国の地震工学専門家（地震工程専門家）と専門工作者は、ただちに地震の発生現場へ出向いて調査研究をすすめ、熱心に相反する二つの方面からの経験を総括する。すなわち、いくつかの成功した経験をおしすすめさせ、そしてまたいくつかのまちがった経験の中から教訓をえて、ともにわが国の地震工学の応用実践方面での重要な基本データとしたのである。そうしてわが国の耐震設計の実験経験が次第に豊富になっていく。

いく度かの大地震の被害経験をを通じて、きっちりと耐震設計された、あるいは耐震という観点からの要請に合致した建築物だけが、地震のもたらす破壊を大幅に減らすことができるということが証明されたのである。たとえば遼陽化学肥料工場には、高さ67m、重さ600トンの造粒塔があったが、この塔の設計に当たって、この地域が震度7（中国震度以下同じ）の地震がおきたとき、砂の液状化が起る可能性があるということが考慮されて、当初計画よりも太い直径をもつパイルがより深くまで打ちこまれた。そしてその上にかなりの量の斜めうちパイルが打たれた。1975年2月4日の海城地震のとき、この地域ではほとんどいたるところで砂が噴出し、水が湧き上った。造粒塔の周辺にもあちこちに砂の噴き出し口ができ、付近の建造物はみなある程度の被害をうけた。しかしこの塔は全く被害を受けなかった。すなわち実際経験というテストにパスしたのである。このように唐山地震のような災害を伴う地震というものを試金石として耐震性を考慮した建造物をテストすることができたのである。さらに、たとえば唐山市第一メリケン粉工場は、五階建ての鉄筋コンクリートラーメン構造で、この地域の震度は10であった。建設時には震度8に対する耐震基準を採用していたが、地震の時も基本構造は完全にもちこたえた。このような例はしばしばどのようになるかあらかじめ予想することがむつかしく、事実いろいろなケースがあったのである。

## 二 都市地震防災に関して

わが国の震度7以上の地震地域の面積は、国全体の面積の3分の1強をしめている。全国の200ほどの都市のうち、半数がこの地震地区に入っており、そのうち人口五十万以上の大都市が33市ある。ことに北京、天津、太原、大同、フホト（呼和浩特）、包頭、西安、蘭州などの重要都市がみな震度8地域に入っている（編集者注：防災科学技術研究資料，No.44，3.1.1参照）。このため都市地震防災計画をしっかりとやることは、非常に重要な意義をもっているのである。唐山地震の経験をふまえて、わが国では、地震防災事業の重点都市が定められた。中国の地震強度区画図（中国地震烈度区画図，北京）に基づき、中長期地震予報や、地震区あるいは地震帯と地震活動の危険性を分析し、さらに都市の政治、文化、経済、人口など多方面の要素を総合分析して、37個の都市を選び、都市地震防災事業を重点的に推進する地区とした。当面は、次のような分野での事業活動を並行して推進することになった。すなわち（i）地震歴史史料と地震工学現状資料を収集整理、分析する。とくに関連のある地震地質、地殻運動および各種の建築物と工業施設の耐震性能の分析を行なう。（ii）今後100年以内に各都市を襲うであろう最大の地震震度に基づき、その場合の地震による被害予測を想定する。（iii）都市地震小区域区分を設定する。（iv）都市耐震設計基準を制定し、地震防災措置事業を実施する。（v）現有建造物の補強工作と、新しく建設する建造物の耐震工作等を推進する。

現有の建造物と工業施設に対して耐震補強をするということは、現有の建造物の耐震性能を高め、来たるべき地震による被害を軽減するための積極的で有効な措置であり、当面の都市地震防災事業の重要な一項目である。唐山地震はまた、地震の前の補強工作の有無によって被害の出方に大きな差がでるということを証明した。たとえば、天津市家屋管理局（房管局）は、海城地震の後二万余の民間家屋の補強を実施した。唐山地震のときには、一戸も倒壊するものがなかったのである。これに対して付近の補強しなかった家屋には、重大な破壊や倒壊にみまわれた。天津発電設備工場は、大部分が平屋建ての工場屋舎であるが、海城地震の後、工場自身の手によって、40トン余の鋼材を使って、工場全体の64項目の主要建造物の補強が行なわれた。このような状態で唐山地震を迎えたところ、工場全体でどの一つの生産単位でも屋舎の倒壊を出さずにすんだ。文字通りどの屋舎の骨組みも倒落しなかったし、大型屋根板が落ちたということもなかった。そのうえ千台を上まわる設備が、完全に地震による損傷から免がれたのである。この工場では地震後三日で、もう正常生産態勢に入ることができた。これに対してこの工場の隣の天津重機械工場では、耐震補強工作をしていなかったため、地震による工場屋舎の破壊は重大なものであった。屋舎の骨組みが部分的に崩落し、大型屋根板がはずれ落ち、支持構が破壊され、外回りの防護壁（囲護牆）が倒れ、地震後半年にわたって生産がストップし、補強修復に700トン余もの鋼材が必要となった。

1977年から1979年の三年の間に、国家は五億元の費用を支出して、耐震補強工作にあてていて、現在までに全国で6,300万平方メートル余の建造物および橋梁、鉄道、ダムなどの重要工作物の補強をすませた。わが国が耐震補強工作として重点的におし進めている分野は、1.都市機能を維持するための各種根幹システム（都市要害系統ライフラインシステムを含む）。たとえば給水、配電、通信、交通、医療、消防、食料等の各システム。2.国民生活に直接的な関係をもつ重要鉱工業の企業。3.重要都市や鉱工業地帯の川の上流にある貯水量1億立方メートル以上のダムの堰堤と余水吐、および導水施設。4.主要鉄道幹線上の重要橋梁と、いわゆる「五所一室」（すなわち操車所、信号所、変電所、給水所、電話所、および指令室）。5.電力中枢をなしている重要発電所と中枢変電所。6.地震のさい重大な二次災害を誘発する可能性のある施設（たとえば火災、水害、爆発、毒ガスあるいは病原菌や放射性物質の発散など）。

### 三 中国地震震度区画図の作成

わが国の地震震度区画図は、各地区の地震の基本震度に基づいて作成される。震度は“新しい中国地震震度表”を基準にしている。この地震の基本震度というのは、ある地区で、現在から将来のある一定期間内に、一般的な土地条件の下でうける可能性のある最大震度ということの意味している。このような基本震度の定義に従うと、地震の基本震度とは今後一定期間内に出される地震予知情報が基礎となっていて、しかもある一地区の基本震度というのは時期が違えば大きさが違ってくることがありうるということになる。当面は実用上、将来100年の期間にわたる期間での最大震度を考慮して評価されることになるであろう。一般的土地条件というのは、その地区内の全般に共通する土地の基本的な土質条件と、一般的地形、地容、地質構造等をさしている。基本震度は≪工業用、および民間用建築耐震設計基準（TJ11～78）≫の中の、Ⅱ類の土質条件を標準的な地盤条件と考えることにしている。

原文脚注：工業、および民間用建築耐震設計基準（工業与民用建築抗震設計規範）（TJ11～78）の土地地盤区分では、三種類の区分が規定してあって、Ⅰ類：安定基盤岩、Ⅱ類：Ⅰ類Ⅲ類以外の一般安定土、Ⅲ類：飽和松砂（松は「ゆるい、力のぬけた」という意味）、軟弱、あるいは流動的シルト、へどろへどろ質土、沖積土、その他の軟弱土による人工的うめたて土質など。

中国の地震震度区画図の作成にあたっては、まず第一にその地域の地震活動と、地震、地質条件の一般的特性（共同特性）と相関的な反応特性（相関程度）を考慮し、地震地区、地震帯を区分し、地震活動の法則、発震機構条件（発震構造条件）と地震の影響の及ぶ広がりの特徴（地震影響場特性）の基本要素を研究する必要がある。つぎに各地震地区、地震帯内の地震活動の発展過程を分析し、地震の時間的、空間的および強度の特徴と法則を研究して、それに基づいて各地震地区、地震帯で将来100年のうちに起きるであろう地震活動のすう勢と、最大マグニチュード

の大きさと、マグニチュード別地震個数が見積もられる。さらに大小さまざまに異なる規模をもつ地震の発生原因が、地震地区、地震帯内の地質と構造のどういう条件と対応しているかという分析を通じて、それぞれの強さの地震の発震機構（発震構造）の研究がなされる。そしてまた地震の活動状態と地質条件の総合的な分析結果に基づいて、各地震区あるいは地震帯の中で、将来100年間のうちに起こるであろう各々の規模の地震の発生場所、地帯を判定し、こうして各規模の地震に対する危険区域図が作成される。そして最後に、わが国の歴史地震の規模と震央における震度のデータともならみあわせて、危険区域での地震規模を、対応する震央での震度に換算し、危険地域の範囲、すなわち来たるべき地震において最大震度を示す地域（震中烈度区）を見積るという手順になるであろう。地震によって起こされる震度とその分布範囲は、地震区域の減衰統計データに基づいて算定される。わが国で通常使われているマグニチュード、震央震度および震源深さに関する経験公式は次のようである： $M = 0.68 I_0 + 1.39 \log h - 1.40$ ，ここでMはマグニチュード、 $I_0$ は震央地域での震度、 $h$ は震源の深さ（km）である。

#### 四 各種の耐震設計基準、仕様の制定

わが国では1957年から、あいついで数度の地震地域における建築設計基準の草案が制定された。1974年には国家建設委員会は「工業用、および民間用建築耐震設計基準」(TJ11~74)を公布し、国家としての基本仕様とした。唐山地震の後、唐山地震の経験と教訓をふまえて改正が行なわれた。主な改正点は次の通りである。すなわち(i)防護施設に対する基準を適切に高めること、すなわち一般的建造物の設計震度を基本震度を採用するよう改め、設計震度をさげることをしないようにすること、(ii)飽和シルト（「軽亜粘土」、粒径が0.05mmより大きく、鉱物粒の重量が総重量の40%以上をしめるもの）の液化の問題に対する配慮を大きくとりあげるようになったこと、(iii)家屋構造の影響係数が再検討され、よりきめこまかい分類がなされるようになったこと、(iv)これまで震度9以上に対してしか考慮されなかった土地による垂直方向の地震荷重（竖向地震荷重）に対する配慮を、震度8の区域に対しても行なうようになったこと、(v)唐山地震の経験に基づき、耐震構造処置の充実に重点をおくこと、などである。新しい基準(TJ11~78)は、すでに去年八月一日に実施がスタートした。わが国の耐震設計基準の特徴は、破壊性地震に対する数多くの経験データを主な根拠として、予備防護策を主たる目標とするという方針をつらぬいていることである。このため多くの方面で防護対策措置（予防措置）を規定しており、被害を減らすという目的を達成するようにしている。たとえば基本震度と設計にあたって採用すべき震度を正確に評価すること、建築に有利な条件をそなえた土地を選ぶこと、軟弱地盤を合理的に処置すること、合理的な家屋構造の部材配備を考慮すること、地震荷重を正確に算定すること、有効な耐震構造措置を講ずること、細部設計と部材結合に注意を払うこと、施工の

質を良好に保つこと、などである。

工業用および民用建築耐震設計基準のほかに、水工建造物、道路橋梁、都市の公共施設等に対しても、それぞれ専用の耐震設計基準が制定されている。

さらに現有の建築物の耐震補強工作に対処するため、わが国ではまた相応する補強鑑定基準（抗震加固鑑定標準）を作成して、《工業用、および民間用建築耐震鑑定基準（TJ23~77）》がすでに正式認可をうけ公布される段階にきており、その他の各分野での専用鑑定基準も、組織編成されつつあるというのが現状である。

## 五 地震工学の科学的研究

わが国の地震工学の研究は1950年代に始まった。わが国の地震工学の研究者たちの努力のおかげで一定の成果をえた。ことに、地震被害の分析と家屋構造の動力学特性の分野でかなり多くの研究がなされた。唐山地震の後、各部門での耐震科学研究単位のあいつぐ創立と、活動強化拡大につれて、最近次のような分野で初歩的な成果が得られている。すなわち多層レンガ構造家屋の耐震性能、多層鉄筋コンクリートラーメン構造をなす梁と柱の節合部の構造、ラーメンはめこみ壁（櫃架加嵌砌牆）の耐震性能、鉄筋コンクリート柱の延性、家屋の振動減衰の方法（減震消能措施）について、ラーメンの弾性塑性に関する動的解析、人工地震波をインプットした家屋の構造の応答解析（構造反応分析）、平屋建て工場屋舎の耐震支持構の性能（受力性能）、および各種建造物の補強処置などの分野である。これらの分野の研究には、模型あるいは実物による実験が並行して進められている。さらに研究を深くすすめるための基礎が打ちたてられつつあるということができよう。

1978年にわが国では、地震工学科学技術発展計画案（地震工程科学技術発展規画）が制定された（1978~1985）。計画案によると、耐震研究試験設備（加強対抗震研究試験設備）〔たとえば大型振動台（大型模擬地震振動台）など〕の研究設備と、強震計観測台網の配備を行ない、それによってわが国でのより多くの実験データと、強震観測データを集積し、地震工学科学技術の発展にしっかりした基礎と、創造条件を作り上げることが目標として掲げられている。計画案では三年ないし五年以内に、わが国の主な地震多発地域で、強震観測台網を建設し、さらに移動観測態勢を整備し、さらにデータ分析および交換センターを設立することが規定されている。

発展計画案はまた、わが国の歴代の強い地震の耐震工学上の経験、とくに唐山地震の豊富な経験をさらに深く総合検証することを要請している。わが国ではやがて、唐山大地震の全面的な総括資料集の正式な編集事業が行なわれ、地震工学科学研究の応用面での参考に供されるであろう。

発展計画案はさらにまた、地震工学の基礎理論研究を十分重視していて、強震地動の特徴、家屋構造と地盤の相互作用、地震動に対する構造物の動的解析方法、構造の破壊機構、土の動力学

理論などの方面での研究発展を要請している。それとともに、計画案はまた、各種の建築構造の耐震性能と、耐震措置の研究を要請していて、「耐震設計基準」と「耐震鑑定基準」のより一層の改訂に資するデータを得ることを目標にしている。

都市地震防災はわが国の地震工学科学研究の中の新しい課題分野である。計画案は、北京、天津など（重点抗震城市）に対して地震地質、強震時の地面の運動、都市地震被害予測、都市機能を維持するための各種のシステム（要害系統）に対する防災技術および都市地震対策マニュアル（城市的抗震規則）の作成などの分野での研究推進を要請している。

耐震補強措置の研究は、唐山地震以後の地震工学研究に対して新たに提起された緊急課題である。さしあたっては、多層レンガ構造家屋と、組み立て式平屋工場屋舎の耐震能力の増強措置の研究に重点がおかれている。多層レンガ家屋に対して、当面広く採用されている補強方式としては、レンガ壁を加えること、壁面に鉄筋網をかぶせてその上にモルタルをぬること、アーチを加えること、引っぱり部材を増すこと、鉄筋コンクリート構造の柱を増加すること、などの補強措置である。

今年1月24日（編集注：1979年1月31日ワシントンで調印）、わが国とアメリカとの間で、中米地震研究科学技術共同協力議定書（中美地震研究科学技術合作議定書）が調印された。その中で地震工学と、地震被害の軽減の共同研究項目として、(i) 中国に強震計を設置配備し、大地震と余震の引き起こす地面の運動のデータを集め、得られたデータを両国で分かち合うこと、(ii) 中国に強震記録のデータ処理分析施設を設立すること、(iii) 破壊性地震の地面の運動特性を研究すること、(iv) 大地震による振動時の家屋構造の応答と信頼性、破壊機構と構造設計の研究、(v) 土壌と土構造物（土工構造）の耐震強度の研究、とくに砂の液状化とシルト、粉質土の動的応答の問題に重点がおかれている、(vi) 都市地震災害を軽減する問題に関する研究、などが取り上げられている。わが国の地震工学のたえまない発展につれて、わが国と友好国との間で、地震工学の多くの分野でさらにいっそう科学技術協力が発展していくであろう。

表 1 中国近年のマグニチュード7以上の地震

番号	発震時間		震央位置			マグニチュード
	年, 月, 日	時-分	観測器による震央 北緯 東経		震源域	
1	1966. 3. 22	16-19	37° 32'	115° 03'	河北寧晋東汪一带	7.2
2	1969. 7. 18	13-24	38° 12'	119° 24'	渤海	7.4
3	1970. 1. 5	01-00	24° 12'	102° 41'	雲南通海	7.7
4	1972. 1. 4	11-16	22° 30'	122° 0'	台湾火燒島東	7.2
5	1972. 1. 25	11-41	23° 12'	121° 54'	台湾新港東	7.6
6	1972. 4. 24	17-57	23° 30'	121° 18'	台湾鳳林, 玉里間	7.3
7	1973. 2. 6	18-37	31° 30'	100° 24'	四川甘孜炉霍地区	7.9
8	1973. 7. 14	12-51	35° 18'	86° 30'	西藏北都	7.3
9	1973. 9. 29	08-44	41° 48'	130° 54'	吉林輝春東南	7.7
10	1974. 5. 11	03-25	28° 12'	104° 06'	雲南永善大関	7.1
11	1974. 7. 5	03-30	45° 0'	94° 06'	新疆蘇海図泉以東	7.1
12	1974. 8. 11	09-14	39° 24'	73° 48'	新疆喀什以西	7.3
13	1975. 1. 19	16-02	31° 54'	79° 12'	西藏扎達	7.1
14	1975. 2. 4	19-36	40° 42'	123° 0'	遼寧海城	7.3
15	1975. 3. 23	15-32	22° 24'	121° 48'	台湾台東東南海中	7.0
16	1976. 5. 29	20-23	24° 36'	98° 42'	雲南竜陵潞西	7.5
17	1976. 5. 29	22-00	24° 36'	98° 48'	雲南竜陵潞西	7.6
18	1976. 7. 28	03-42	39° 24'	118° 06'	河北唐山	7.8
19	1976. 7. 28	18-45	39° 42'	118° 48'	河北唐山	7.1
20	1976. 8. 16	22-06	32° 42'	104° 06'	四川松藩, 平武之間	7.2
21	1976. 8. 23	11-30	32° 30'	104° 12'	四川松藩, 平武之間	7.2
22	1976. 11. 7	02-03	27° 24'	100° 54'	雲南寧蒭	7.0



# 唐山地震房屋震害和城市地震防灾

Buildings Damaged in Tangshan Earthquake and  
Urban Control of Earthquake Disaster

陈寿梁 周炳章 裘民川

Chen Shouliang    Zhou Bingzhang    Qiu Minchuan

一九八〇年四月 北京

Beijing April 1980



# 唐山（タンシァン）地震家屋被害と都市地震防災

陈寿梁<sup>1</sup> 周炳章<sup>2</sup> 裘民川<sup>3</sup>

1980年4月，北京

都 司 嘉 宣 訳

## 概 要

本稿は，唐山地震の概況を簡潔に述べるものである。そして結論として，唐山市の主な家屋の構造の破壊の特徴と法則をまとめ，それに応じた地震防災対策の提案を述べる。また唐山地震が残した都市防災に対する経験と教訓を総括する。

- 
- 1) チェン・ショウリァン：国家基本建設委員会地震対策業務室（抗震弁公室）総合処所属，処長，工学技師，地（耐）震工学学（技）術委員。
  - 2) チオウ・ピァンチャン：北京市建築設計院研究所所属主任，工学技師，地震工学学術委員会委員。
  - 3) チウ・シンチュワン：第一機械工業部地震対策研究室（抗震研究室）責任者，工学技師，地震工学学術委員会委員。

## はじめに

唐山地震は、わが国の歴史上発生した地震の中で、損害のもっとも大きい、また死傷者が最も多い(1556年の陝西省華県地震をのぞいて)破壊性の地震であった。こんどの地震は、ただマグニチュードが7.8、震央震度が11度(日本震度表<気象庁-1952>の震度7に相当する。原文注)にも達したというばかりではなく、地震が100年余りの建設の歴史をもつ、工業の集中した、人口密度の高い大都市で発生したという点においても特筆すべきものであった。そのうえ、発生時刻が真夜中であったので、人々がまったく何の対策もなしえない状況にあったため、重大な被害をこうむることとなってしまった。この歴史教訓は、永遠に記憶するに値するであろう。

この地震が、人命、財産、施設にこのように大きな被害を出した主な原因は、建造物の構造躯体の破壊と崩壊によるものである。このため、基本構造の受けた地震被害の経験を正面から取り組んで総括するならば、有効な地震対策処置法を提案することができるであろう。これは実際、大変意義のあることである。

唐山のような大きな都市が、このように大きな地震の震央にちょうど当たっていた、などという事は、たいへんめずらしいことである。さらに震域は、天津と北京という大都市にまで及んでいるのである。そのため、唐山地震はまた、われわれに、都市の地震防災対策に対する、とり上げるに値するいくつかの重要な経験、教訓を提供してくれた、ということができるであろう。

### 一 唐山地震の概況

1976年7月28日の未明、3時42分、わが国河北省(ホーベイ)の唐山(タンジャン)、豊南(フォンナン)一帯でマグニチュード7.8の強烈な地震が発生した。地震計による観測から、震央は東経118°06′、北緯39°29′と判明した。大ざっぱにいて震央は唐山市中の鉄道線路以南の市域に相当している。震源の深さは12~16km、震央での震度は11度に達し、この震度11の区域の面積は約47km<sup>2</sup>に及んでいる。

唐山地震は、構造性的地震であった。唐山地区をとりまく地質構造は次のようである。すなわち新華夏(シンホアシア)構造体系と東西(トンシー)隆起構造帯と祁呂(チールー)系東西反射弧の複合部位に位置しており、滄州(ツァンチョウ)東断層と大城山(ターチョンジャン)が静海(チンハイ)断層帯に入るところの北北東端であり、また滄州の北北東向の隆起地域の北部末端にも当たっている。唐山地震の後三本の構造断層が出現した。すなわち、(i)唐山市吉祥路(チージャンルー)~大城(ターチョン)断層、(ii)鳳凰山(フォンホアンジャン)~陡河(トウホー)断層と、(iii)この両者の間の一本のあまり明瞭でない断層である。吉祥路の断層は街路を横切っており、120~150cmの水平順ずれとなっており、断層の幅は約30cm、断層の両側の

地面の高度差は30～40 cmであり、断層ずれの長さは約10 km、方向は北40～50度東である。この地表にあらわれた断層面と、地震記録の初動解析で得られた主断層面は一致している。吉祥路断層は、唐山地震に対してその強さを緩和する作用を果たした。断層と等震度線の長軸とは方向が一致しているのである。

こんどの地震の有感地域はたいへん広く、北はハルビンまで、南は河南省（ホーナン）黄河（ホアンホー）以北まで、西は山西省全域、そして東は渤海（ポーハイ）にまで及んでいる。天津（ティエンチン）、北京（ペイチン）の両都市もまた、相応程度の被害をこうむった。唐山市の震度は9～11度、天津は7～9度、北京は5～7度である。7度以上の地域は、33,300 km<sup>2</sup>にも及んでいる。唐山地震の震度分布は図1を参照していただきたい。

地震のひき起こした破壊はたいへん重大なもので、死傷者数の多さ、経済的損失の大きさの点で、地震史上でもまれなものである。唐山、天津、および北京地区の統計によれば、死者24.2万人余り、重傷者16.5万人余りである。唐山市は、地震前には各種の家屋あわせて1,300万m<sup>2</sup>余あったが、地震によって崩れ、重大な破壊をうけた面積は1,145万m<sup>2</sup>にも達した。電力供給システム、通信システムにはほとんど全滅であった。発電所は全部機能を停止し、変電所、送電線は使用不能となった。市内相互、および市外との通信は全部とだえ、災害状況の逐次報告は不可能となった。交通機関の破壊も重大なものであった。京山（チンシャン）線路（北京—山海関（シャンハイクアン）を結ぶ鉄道；訳者注）の橋脚部には地割れができ、鉄橋面はずれ、ある部分は盛り土が沈下し、線路は曲った。唐山地区の被害は、主要道の橋梁230余個所で、合計9,700m分に及び、これはこの地区の全体の橋梁延長の62%にも及ぶものである。中でも重大なものは、大、中規模橋の20個所、計2,020mの破壊崩落部分である。ことに梁河（ルアンホー）と薊（チー）運河大橋の破壊によって、唐山と瀋陽（シェンヤン）、天津を間を結ぶ二大幹線国道の交通は遮断してしまい、救援輸送活動に支障をもたらした。農業水利施設に対する破壊もかなり重大なものであった。唐山地区内の陡河（トウホー）、邱荘（チウチュアン）、洋河（ヤンホー）の三つの大型ダムではことごとく大堰堤の崩落、亀裂、止水壁の倒壊が発生した。とくに陡河ダムの主堰堤には大きな亀裂ができ、縦方向の亀裂の最大幅は1.6 mにも達した。ダム本体も局部滑動を起こし、最大沈下量は1.4 mであった。広範囲の噴砂と湧水のために、砂でおおわれた田畑は、140万ムー余に達し、こわれたポンプ井戸には数千個所に及んだ。（中国の1ムー＜畝＞は6.667アールに当る；訳者注）

唐山地震の災害がこんなにも重大であったわけを、工学的な観点から見てみると、主な理由として、

1. 従来の唐山市の基本想定震度があまりにも低かった（震度6）。これは、わが国（中国）の耐震設計基準の防災規定よりも低いもので、このためほとんどすべての家屋、工業施設および設備が、耐震方策を考慮されていなかったのと同じである。大量のレンガ構造とプレハブ式の鉄筋

コンクリート構造は、どれも強い地震の攻撃には耐えられなかったのである。

2. 唐山、豊南以南、および海岸地区で、広い範囲にわたって砂の液状化（クィックサンド）が起こった。このため被害がいつそう大きくなった。

3. 本震のあと7回マグニチュード6以上の強い余震が起こり、地震被害を増した。ことに、当日午後発生したマグニチュード7.1の余震と、11月15日のマグニチュード6.9の寧河（ニンホー）地震があり、それまで損傷をうけながらもまだ倒壊には至っていなかった多数の建築物が、これらの余震の時に続けさまに倒れていった。たとえば深河にかかる長さ780mの鉄筋コンクリート国道橋は、本震のあとも車が通れたのに、マグニチュード7.1の余震のとき大橋脚がこわれ、橋体は水中に落下した。

## 二 各種家屋構造の地震被害

唐山市の家屋構造の種類は比較的多い。構造の作り方もまた個々に少しずつ差がある。ここではおもしろいいくつかの構造の典型例を選び出し、各々の被害の特徴を述べ、ウィーク・ポイントを指摘し、おのおのに対する耐震処置をのべることにしよう。

### (一) レンガ・コンクリート構造

唐山市の主な公共建築と民用住宅の大多数はみなレンガ壁によって荷重を支えるもので、階数は一般に五階か五階以下である。震度11の区域では完全に倒壊したのは95%にも達し、震度10の区域で80%、震度9の区域で15%であった。その被害状況は、

#### (1) 壁

レンガ・コンクリート構造（レンガをモルタルで接着して積み重ねた構造；訳者注）の被害の特徴は壁体の破壊である。壁体はレンガ・コンクリート構造の主な支持部材であり、各地区地区の震度の差異は、壁体に生じた被害の程度をみればわかる。

高層のレンガ家屋の壁体の破壊は、主にブロック構造のせん断強度の不足によって生じたせん断破壊であって、斜め、あるいは交差形のひびわれにそのことが現われている。物によっては湾曲構造部に水平ひびが入ったものもある。また同時に壁体相互間の接合不良のため、外壁が外にはずれ、ついには倒壊してしまった例もまたたいへん多かったのである。

唐山市では圧縮強度75号から100号までの普通粘土によるレンガ重ね壁体以外に、さらに200号以上の建築レンガを使ったものが使われているが、モルタル番号が一般用25号ぐらいのものでも、重ね壁体の強度はたいして増加したことにはなっていなかったために、一般のものと同じく地震破壊にみまわれている。

#### (2) スラブとアーチ梁

スラブとアーチ梁は水平地震力を順次伝え合う主要部材である。唐山市ではプレハブの中空の

短冊型スラブが多く使われている。アーチ梁はより重要であるように見える。同時にまたかなりの量、現場コンクリート打ちスラブも使われている。

プレハブのスラブを使った二階以上の一般のビルでは、普通アーチ梁が使われているものは、一番上の天井スラブにだけアーチが使われているものに比べて、破壊の程度はずっと軽かった。スラブ両端にしかアーチのなかったものは、まん中がくずれ落ちて両端だけが残った。レンガ配筋アーチの地震時の破壊はとくにひどいものであった。プレハブのアーチが、建造物中に使われたところでは、破壊は主としてアーチ相互間の接続部で起こっており、これで見える限り、鉄筋接合の方法（鉄筋の接合詳細がよくわからないが、端部処理のしてない接手を使用したものと推定される；訳者注）を用いるのは、あまり役に立たないことがわかった。

スラブの崩落は、しばしば上の階の壁体の崩壊で引き起こされるものであるということは、折れ方やずれ方をしらべると実証される。現場うちコンクリートスラブで、またはアーチの場合には、壁体の一部は倒れ落ちても、建物全体の整合性が比較的よいために、一定の耐久力を備えており、建物全体の倒壊をまぬがれた。明らかに周辺の支持壁体のすべてが破壊したときには、建物は倒壊した。このような場合には、整合性のよい現場打ちスラブはかえって救助活動に障害となった。

### (3) 構造柱と内ラーメン柱

唐山市の建築物には、壁体中に鉄筋コンクリート柱の工法が採用してあるものがあり、もろい壁体が破損したあとも倒壊せぬよう引きとめるのにはなほだしく有効であったことは、事実が証明している。数箇所構造柱をそなえた3階ないし8階のレンガビルは、それぞれ大小の破損をうけたが、しかし総じて全面倒壊には至らなかった。そして他のレンガビルに比べてあきらかな優秀性が現れたのである。

外壁にレンガ壁を用い、内壁に鉄筋コンクリート梁・柱を用いて重量を支えた構造を、われわれは「内ラーメン構造」とよぶ。この種の構造の被害の特徴は、ラーメンを形成する梁柱の破壊は多くの場合、その柱の上下端、梁の両端の接合部の破壊に左右されるということ以外は、レンガ構造の被害特徴と同じである。しかし一般に被害は高層レンガビルよりやや重く、しかも破壊はふつう上の階が比較的軽く下の階が比較的軽いという傾向として現れる。たとえば内外の横向壁体には多くの剪断破壊が発生し、外の縦壁は多く水平湾曲破壊が起こった。この時には耐震横壁（壁がたおれないように壁に直角につき出た出っぱり；訳者注）の間隔が比較的大きいことが、この種の破壊の主な原因であった。

### (4) 階段部分

スラブが階段部分によって中断しており、そして階段床材が斜め支持材となっている上に、最高階の壁材の高さは他の階より半階分高くなっている（後注1参照）。このようなことから、強度と荷重分布がこの場合にはかなり大きな不均一を生じてしまい、耐震上の弱点となっている。

唐山地震では階段部分の破壊がとくにひどかった。ある階段部分の両側にはダストシュートと導煙管が備えられており、このような場合には破壊はいっそう著しくなった。また、いくつかの公共建築と学校では、階段は建物の両端に設けてあり、地震破壊の端部集中によって、被害はいっそう大きくなった。

#### (5) 伸縮間隙

以前には耐震対策というものをあまり考慮されることがなかったので、建築物中に間隙を残しておくという要請はあまり高くなかった。ただ温度伸縮のため、あるいは地盤の不等沈下にそなえるためつけられた、変形間隙の幅は普通3 mm 前後とされており、しかも建設施工時にローラーの役目をさせるペースト状の砂をいれるので、実際の間隙の幅はかなり小さいものである。このため、唐山地震の時は多くの場所で隣あう建て物にぶつかり合いが生じ、破損を起こした。

ある伸縮間隙の両側には二重壁がとりつけてなくて、しかも一方の壁には加重受け台が出ており、いま一方の壁の上には、のせ板式スラブ板をのせるだけという建築法であったので、強い地震のとき、水平振動がかなり大きかったため、両側の壁が変位した結果、のせ板式のスラブが落ち、死傷者が出た。今後の教訓とすべきであろう。

#### (6) その他

多層レンガが構造内の隔壁によく使われる半レンガ実心壁（中空ではなく中までつまっている壁の意；訳者注）、あるいは陶土中空レンガ壁は、荷重壁体間の接合性が弱く、破壊し倒れるのが普通である。

唐山地区は暖房用オンドル壁あるいは導煙管が壁体の中を通っていたりすることが多く、壁体の整合性が弱く（原文は「整体性」、局部的に不均一なところがあるため、弱点を生じてという意味；訳者注）、導煙管が内外壁と交差するところで、内外壁との連結が破壊しやすくなり、地震のさいまっさきにはじけ飛んだ。

レンガが重ね施工の質が、建造物の耐震性に与える影響はたいへん大きい。唐山地区では内外壁に寸法のちがうレンガを使用し、その上内外壁で五枚のレンガごとに一本のしめつけ金具をそなえているだけであるので、構造の整合性が非常に弱いものになっている。

冬に施工する場合には、レンガを積みあげる前に水にひたすことをしない。このような施工のものを倒壊した後で調べてみると、レンガとモルタルがうまくくっついておらず、このことが壁全体の強度に直接影響を及ぼし、破壊をいっそうひどいものにしていく。

以上を総括すると、唐山市の建築物の60~70%をしめる高層レンガ構造家屋がその破壊が特にひどいということは、壁体のせん断強度の不足からくるせん断破壊でこわれたということに原因を求めることができる。強い地震が生み出す荷重は、レンガ重ね構造がもちこたえることができる支持能力の限界をはるかにこえていた。だから数多くのレンガ家屋がほとんどすべて破壊し、倒壊したのである。いくつかの建造物では、レンガ重ね構造の崩落を阻止するための鉄筋コンク

リート構造柱とアーチをそなえてあり、このために倒壊を防ぐことができたのである。

## (二) 多層鉄筋コンクリートラーメン構造

唐山市では民間用のラーメン構造による建造物は多くない。主に高階工業の工場にラーメン構造が多く使われている。ラーメン構造には現場打ちコンクリートと、プレハブコンクリートの二種類あって、ともによく使われている。一般には五階以下であるが、38 mに達するビルもある。その地震被害の特徴は次のようである。

### (1) 柱、および梁と柱の接合部

鉄筋コンクリートラーメン構造中の主な破壊は、柱の上下端、とくに柱の上端に現れる。震度の大きかった地域では、柱の端部のコンクリートは圧縮力をうけてもろくひびが入ってくずれ落ち、鉄筋は折れ曲がった。梁と柱の接合部には、物によっては施工時にすでにひびが入っていたがそれは重大なものではなかった。梁端のひびわれはかなり少なく、あった場合には、それは斜め方向の剪断ひびわれであった。中間で折れるという情況を示す柱もあった。

柱の上端で破壊が発生した一般的な原因は、フープ鉄筋（後注2参照）の間隔が大きすぎ、しかも施工時のコンクリートの打ち継ぎ目がふつう柱の端部にあり、柱下端に主鉄筋がぶつかりあって、フープ鉄筋がより密におかれているため、相対的に上部に比べて破壊が少なくなるようである。

しかしながら、もっとも大きな原因は、唐山市のラーメン構造物の大部分が、耐震性を考えて設計をされておらず、震度10とか11とかの地震力が加わったときには、構造強度の限度を越してしまっ、そのために重大な破壊あるいは倒壊にいたったものである。このような中にあって、震度8の地震に対する耐震性を考慮して設計された建築物がいくつかあり、それにはほんのわずかの破損があっただけであった。

### (2) 耐震壁

唐山市のラーメン構造物の中には、少数ながら耐震壁、あるいは地震力にたえられる設計荷重を考慮した支持方法を持った壁体構造を採用したものがある。地震のときごく一部の耐震壁に剪断ひびが入り、耐震構造の支持ねじのはずれもわずかにあったが、それでもラーメン構造への被害をずっと軽くした。

### (3) 充填壁

唐山地震によってラーメン構造の倒壊したものは少数であった。しかしながらその中でも充填壁のものはかなり一般的に倒壊するものが見られた。大部分のラーメン構造の陶土中空レンガが充填壁には、ひびわれが発生し、倒れたものもあった。

充填壁であるということが地震の際どのような効果をもつかというと、ともかく強度を増したのであるから、ラーメン内で地震荷重の一部を支える役目をはたすというプラスの面があることはたしかである。しかしながら一方、構造重量が増加し、比較的早くひびわれがおき、破壊しや

すいという欠点がある。このため、ラーメン構造充填壁の材料と施工方法については十分な改良研究をする必要がある。

#### (4) プレハブ式ラーメン

この種のラーメンは比較的数は少ない。しかし被害は現場打ちコンクリートラーメンよりかなりひどく現れた。崩落した部材をしらべた結果、接合点の鉄筋連結と、後に流しこんだコンクリート部分の施工法が、全くあてにならないことがわかった。ラーメン構造の梁や柱を使わず、外周壁に荷重をもたせるような施工をした例もあったが、このような場合には外周壁が破壊すると、建物全体が倒壊した。

#### (5) 施工の質

主として鉄筋溶接の質と基礎材料の質が設計要件にあっていない場合や、コンクリートの締め固め不十分な場合、打ち継ぎ目の施工位置が適当でない場合が問題であった。このようなことは平常時には目立った欠点としては現れないが、強い地震のときには弱点が露呈し、地震被害が大きくなった。

以上のことをまとめると、鉄筋コンクリートラーメン構造についていえば、目立った被害は柱の端部の破壊が、コンクリートの破砕と主筋のはらみ出しによって起こり、ついには建物全体の倒壊へと連鎖反应的に進んでしまうのである。

いくつかの倉庫で比較小さな高窓があいていたため、短柱が剪断破壊をおこした例がある。

つぎにラーメン構造の充填壁は一般的に言って破壊したものが多い。震度が比較的小さい時に、剪断性ひびが入り、震度が大きくなると大量に倒壊した。

プレハブ式ラーメンに関しては、接合部分の強化を問題にすべきであろう。

### (三) 大空間レンガ構造家屋

一階の「大空間レンガ構造家屋」とは、主に映画館、食堂、倉庫など、大部分がレンガ壁柱支持構造の家屋をさしている。いく度かの中程度の強さの地震を経た結果を見る限り、被害はとくに目立ったものではない。しかし唐山地震のように震度の大きい地震の際には、おしなべて破壊倒壊した。一般に震度9以上の地域では、倒壊した例が現れる。しかしレンガと鉄筋コンクリートを組み合わせた柱による支持構造をもつ大空間レンガ家屋では、震度10の地域にありながら完全に被害をまぬがれた例もあった。

大空間レンガ家屋の被害の特徴は次のようである。

#### (1) 大広間部分の破壊

大空間レンガ家屋の骨組みには鋼材のもの、木材のもの、鉄筋コンクリートのものなどがある。屋根には大型屋根板、あるいは軽量瓦などが使われている。天井の被害は多くの場合、山壁（後注3参照）の頂点部分での破壊崩壊という形で現れた。大広間部分には普通柱がなく、二層の支持台がある場合には鉄筋コンクリート柱が備えられているものである。唐山地震の時には多く被

害が縦向き壁面で発生し、一般に窓かまち以下の高さのところで、壁のねじ曲がりを示すような亀裂が入り、ひどいものでは倒壊した。

T字型断面をもつレンガ壁柱については、Tの先端が外に向いている場合には、その部分のレンガに鉛直剪断の亀裂が起きていた。

縦向き外壁に鉄筋コンクリート柱がとりつけられている場合には、水平亀裂は入っても、亀裂はひどくはならなかった。そうして棟の長さ30mのスペンをもつ食堂が、震度10の地域で、重大被害をまぬがれたのである。その近くの高層レンガ家屋では多くの壊滅的な被害を出したというそのまっただ中である。

(2) 前後の広間と付属家屋の破壊（前後の広間、「前後庁」とは、大広間の前後にとなりあう部屋のこと；訳者注）

一般に前後の広間には多層コンクリート構造物があつて、その地震の被害は多層レンガ家屋と同様であつて、時によりやや破壊程度がひどい場合がある。

またある付属部屋と前後の広間の大空間レンガ家屋では、スペン、階数、構造組成のことなる集合体であることから、地震のときの剛性、質量分布がおのおの不均一であるためこれらの接合個所で局部的な破壊が出るが多かつた。たとえば脇部屋と大広間のしきり壁の接合部分で亀裂ができた、というようなことが起こつたのである。震度の高い地域では、この種の家屋もまた多数倒壊した。

#### (四) 平屋建て工場

唐山地震では、多くのプレハブ鉄筋コンクリート柱と鉄筋コンクリート屋根（屋根構、屋根面梁および大型屋根板）でできた平屋建て工場が破壊された。それまで唐山では、耐震性を考慮されたことがなかつた。ほんのわずかの平屋鉄筋コンクリート建ての工場だけが震度7に耐えられる構造設計をしていただけであつた。このため被害は重大なものとなつた。しかし、この地震によって、多数の平屋鉄筋コンクリート建て工場が、正式な設計基準にのっとりて建造されたならば、みな一定の耐震能力をもつてであろうということが判明した。震度10と11の地震で設計が不完全で倒壊した工場の外にも、重大な、あるいは中程度の破損を出した工場が数多くあつた。震度8と9の地域では多くの工場が中程度の破壊をうけ、わずかの工場が重大な被害をうけたが、工場全体が倒壊したという例はなかつた。ただ局部的に屋根の落下はあつた。

平屋建て工場が地震によって引き起こされる破壊特性には、明らかな一定の法則性があつた。

##### 1. 鉄筋コンクリート柱の破壊

平屋鉄筋コンクリート建て工場の柱は多くは「階形柱」である。（「階形柱」とはある一定の高さから上と下とで断面の異なっている柱ということらしい；訳者注）その主な被害の特徴は、

(1) 上柱の下部と下柱が接しあい、断面の変化するところで、かなりしばしば水平亀裂が発生した、震度8のところでは、ひびわれの幅は0.2mmぐらいであつたが、震度9の地区ではひ

びわれはより大きくなり、ついに柱の破断にまでなっているものもあった。このような亀裂はクレーン（定滑車支持梁であろうか；訳者注）の梁面の高さの所にまでも生じていた。このような亀裂の原因は、上下の柱の接合面のところで、断面の剛性が急変しており、上柱下部の断面が下柱とのそれと比べ急に小さくなっているため、応力集中が起こるからであろう。つまり上柱下部の断面強度と延性の不足が原因となっているのである。震度10の地区では、上柱断面強度が明かに足りない柱は、強い振動の中で、上柱の下部が根こそぎ折れてしまうという重大な被害が出た。

(2) 棟高の異なる2棟の連結した形の工場屋舎（後注4参照）の接合部の、中柱の肩部と荷重受け台の開裂破壊、これが唐山地震で生じた平屋建て工場の被害の典型的なものの一つである。主な原因は、工場の屋根の高さが違うため、双方の屋舎の振動特性が違い、地震のとき振動周期があわず、高周期振動成分の影響で、柱の両側の建て物が反対の方向へ行こうとする運動が作用し、柱の肩部（支持台）に働く水平地震剪断力が増大したからである。すなわち、ちょうど一般の柱に対して柱肩や支持台に対して水平引っ張り力に対する配慮をしないのと同じようになったためである。実際にあらわれた重大な開裂と破損は、理論的な計算結果とも一致している。

(3) 大柱の碁盤目状配置工場屋舎の等断面柱は、柱の下部のところで対角斜向破壊が起こり、コンクリートがはげ落ち、鉄筋のはらみ出しが生じた。このような現象は、唐山地震中に平屋建て工場の鉄筋コンクリート柱に起きた被害の中でも、全く新しいタイプのものである。この種の工場の特徴は、天井が重く、柱の間隔が広く（12mに等しいかそれ以上のものがある）、しかも柱が縦横両方向に同じ間隔で並んでおり、柱間に他の支持はなく、振動周期が長く、地震のとき柱の上端の変位量がかなり大きいことである。今度の地震によって、この種の工場の柱は、地震の際の荷重—変位の関係を予め検討しておかなければならない、ということが判明した。

(4) 屋根材を支持する柱の上端に開裂破壊が生じた。屋根材と柱の上端との溶接部は被害がより著しく現れた。そのわけは、剛性溶接は地震の振動中に柱の上端に加わるまげ応力を増し、柱の上端に曲げ、引っ張り、剪断、圧縮の複雑な応力状態をつくり出すからである。しかも柱上端にはただ縦方向鉄筋しか入っておらず、フープ鉄筋が入れていることはひじょうに少なく、コンクリートの強度も足りず、さらに柱上端の埋板の留め金具も弱く、したがって簡単に開裂破壊が生じてしまったのである。震度10の地区では柱全体がもろくもくずれてこなごなになり、屋根材の支持座と柱上端の接合が壊れて、屋根材が落下し、柱の上端だけがぬけ出て、鉄筋剪断などの被害が出た。

## 2. 屋根にとりつけられた突き出し天窓構と支持台の破壊

天窓構の破壊は、唐山地震のいま一つの典型的な被害形態である。屋上に突き出した天窓構は、動力学的な効果が大きい。ことに重い屋根をもつ天窓は、重心が高く、非常に地震の被害を受けやすいものである。破壊の主な場所は、天窓の立柱とその側板との剛性溶接の水平断面上である。

震度8の地区では多くの天窓構がこの部分で水平剪断が起こり、ひどいときには天窓の立柱が折れて倒壊した例もあった。調査によると984個所の屋根面突き出し型鉄筋コンクリート天窓構のうち、崩れ落ちたもの4%、重大破損したものの19%、ひびの入ったものの22%であって、被害率は45%に達している。

さらにいま一つの被害形式は、天窓両側の垂直支持構がかなり一般的に曲ってぐらつき、支持構と立柱の連結部の溶接部分がはずれ、鉄板がぬけ出したことである。被害調査によると、支持構間の距離が4.2mよりも大きいものでは破壊率は56.8%にも達したのに対し、2.4mより小さいものではほぼ無被害であった。天窓被害の比較的大きかったものは、天窓立柱の断面積の小さかったもの、鉄筋配置の十分でなかったもの、強度の弱かったものであって、これらは支持構連結部の強度も低く、簡単にぬけ落ちた。そうして垂直支持構の距離があまりに大きいと、天窓全体の縦方向剛性がおとり、天窓側板と立柱との剛性溶接によってその場所での剛性強度が急変するなど多くの方向で破損を引き起こす要因となっている。

### 3. 縦方向柱の柱間支持構(「すじかい」のこと；訳者注)の破損

唐山地震では、少なからぬ工場で、柱間支持構に曲がり(面内あるいは面外への)を生じ、安定性を失って破壊を生じた。支持構と柱の連結部にも溶接部が引きちぎれ、うめこんだ鉄筋がぬき出て破壊した例が多い。調査によると、上柱支持構は、その水平材の細長比が200より小さい場合には、損傷が起こらず、これが200~250の時には39%が曲がり、250以上のものでは、曲がったものは50%に達した。下柱支持構は、細長比が150以下のものでは29%、150をこえるものは、50%前後に達した。支持構水平部材の剛性と地震被害の関係を示している。柱間支持構とその節点結合部の破壊は、それが大きな縦向剛性を備えており工場全体の柱列剛度の90%以上を受け持っていることに起因している。大部分の縦方向地震力を吸収して、支持構水平部材は、引っ張り、圧縮力を交互にうける。しかし圧縮力部材の極限強度は、引っぱり部材のそれよりはるかに低いものである。いったん地震力が圧縮部材の限界強度をこえると、部材は急に役に立たなくなり、座屈をおこしてしまう。そうなると地震力の大部分は引っ張り部材によりかかるようになり、ここに引っ張り部材と柱の連結部の強度破壊がおこる。実験の方からも柱間支持構がくり返し水平荷重をうけたとき、このような応力特性を示すという研究結果が得られている。

## 三 家屋構造の工学的経験

家屋倒壊というのは人の死傷の直接原因となるので、家屋の破壊の法則を総括し、破壊機構を研究し、破壊防止策を確立すること、とくに倒壊防止対策を確立することは、大地震災害を軽減する大きな任務である。

地震予知の科学水準には限度があり、実際に起きる地震の複雑さを考えるならば、地震災害対

策としてこちらの方面ばかりをあてにすることはできない。すなわち、やはり当面は建造物の構造に対する耐震研究に多く立脚せざるをえないのである。定常的に起きる「並み」の地震と、ごくまれに起きる大地震とのどちらにも「備えあれば患（うれい）なし」の対処ができるようであればならない。「並み」の地震に対しては、地震後修理が必要ないか、あるいは小さな修理で続けて使用にすることのできる家屋設計であるべきであるし、まれな大地震に対しては、骨格をなす構造の一部に損傷が出るのはやむをえないことと考えることにしても、倒壊だけは絶対出さないような家屋設計であるべきである。

唐山地震の経験はわれわれにこう教えている。すなわちこのような耐震措置は十分なしうであらうということである。そして耐震性のわりあい良好なラーメン構造と、平屋建て工場はもちろんのこと、耐震性の比較的劣っている高層レンガ家屋に対しても、適当な措置をとれば、倒壊を防止することは可能だということを見せているのである。

#### (一) 鉄筋コンクリート・ラーメン構造に対して

耐震壁、あるいは耐震支持構の「双向ラーメン構造—剪断力壁（支持構）体系」を採用するのがよいであろう。レンガ壁とラーメン構造の混合支持構造はとるべきではない。

プレハブラーメンを使うときには「剛性・継ぎ目なしの接合方式」を用いるべきである。鉄筋はただ重ねるだけ式のものはいけぬ。また溶接はできれば「剖口焊」を使わない方がよい。

柱の高さと幅の比が4以上のものでは、柱の上下端でのフープ鉄筋はより密にすることに注意を払うべきである。比が4以下の柱（短柱）では、柱の剪断破壊を防止するため、柱全体にわたってフープ鉄筋を配し強化しなくてはならない。柱のフープ鉄筋は螺旋状に柱にまきつけて行くのがかなり良い結果を示すようである。比較的大きな断面の柱では単線のフープ鉄筋を使うべきではない。フープ鉄筋のまきつけ時の主鉄筋と接する部分のまげ角度は $135^{\circ}$ となるようにするのがよいであろう。

梁は柱に支えられるところの近くでひびわれが起りやすい。このため梁のスターラップ鉄筋は、柱の近くの梁高の1～1.5倍の範囲にはより密に入れるべきである。梁にハンチがあるときには、ハンチ底の角度のおれる所に交叉鉄筋とより密なスターラップ鉄筋を入れるべきである（後注5参照）。

スラブには十分な水平強度をもたせなくてはならない。プレハブのスラブ上にも現場うちコンクリートを採用するか、または、板の継ぎ目のところを鉄筋補強をするべきである。現場打ちコンクリートのスラブでは、梁とスラブの鉄筋を連続させるべきである。とくにスラブの鉄筋と耐震壁のそれとの連結は絶対保たれてなくてはならない。

ラーメンの充填壁は軟質の材料が使われるべきである。ラーメンとはフレキシブルな接合がもっともよいであろう。

施工の質に注意を払い、打ち継ぎ目の位置は最も適当な場所とし、接点ではコンクリートを十

分しめ固め、コンクリート打ちの時には清浄に行なわれるべきである。

## (二) レンガ・コンクリート構造に対して

まず平面設計と支持能力の限界値を定め、階数を制限すべきである。設計震度9以上の地域に対しては2階より高くすべきではない。

内外の縦横の壁は、各々別個に切れ目なく出来ていて、各層の壁体もまた全体に均一で継ぎ目のないものでなくてはならない。端壁である「山壁」にはバルコニーや窓をつけないのがよい。壁体の中にダストシュートや通風孔など壁体を弱めるものを設置してはいけない。

建物の一部だけを占める地下室を作ってはいけない。傾斜地に基礎を作る場合には、敷地が同一高度になるまで、土地をけずるべきである。このとき、決して盛り土をして支持基礎を作ってはいけない。地下室のある上部構造は、地下室のない場合より耐震性がよいことが、調査の結果判明した。また、地震による地下室の破壊はかなり軽かった。

レンガ壁中に鉄筋コンクリート構造柱を置く方式をとるときには、先にレンガ壁を作って、あとで柱となるコンクリートを流しこむことを奨励する。最も良いのは内外の壁の連結するところに柱をおくことである。柱の縦鉄筋は4φ12より小さなものを用いてはいけない。フープ鉄筋はφ4のものを250mm間隔に配するようにする。同時に柱は各階のアーチに連なっていることが絶対必要である。

階段は家屋の端にとりつけないのが望ましい。

各階に現場うち鉄筋コンクリートのアーチをとりつける。

施工の質を重視して、内外壁は、交互式レンガ積み法（後注6参照）、あるいは「放坡留槎」（後注7参照）とすべきである。モルタルをたっぷり塗り、レンガをつむ前には水にぬらすべきである。

## (三) 大空間レンガ家屋に対して

大広間の周囲の支持構造は、レンガ、コンクリートの組合わせ構造とする。一番いいのは、大広間の天井構を鉄筋コンクリート柱によって支持させることである。それによって主構造の耐震能力を高めることができる。

天井構と支持柱の接合には注意を要する。一般的には溶接をせず、ボルトによる連結をすべきである。

大広間と脇広間、舞台口の壁には耐震間隙を置かず、相互間の結合をよくするように相互間に引っ張り鉄筋を配するべきである。舞台口の壁体の設計には舞台の大梁と上部壁が崩落しないよう注意が払われるべきである。

付属部屋と大広間間には耐震間隙をおく必要はないであろう。ただし構造上両者の固有振動が調和せず、かなり大きな相互のずれが生ずるときには、当然考慮すべきであろう。

#### (四) 平屋建て工場に対して

平屋立て鉄筋コンクリート工場屋舎の耐震工作としては、次の諸点に立脚すべきである。

1. 屋根の重量を軽く、局部的な不均一性がなく、各部材の連結がしっかりしていて、強震時には一定の変形能力を備えているものがよい。

2. 最も良いのは屋根から突き出た鉄筋コンクリート天窓を作らないことである。平天窓か、引っこみ天窓を採用すべきである。もしどうしても屋根から高く突き出た天窓をつくる必要がある場合には、天窓の縦方向耐震能力を増強するため、耐震支持構を設けるべきである。支持構の間隔は、設計震度7に対して30 m以下、8に対して24 m以下、9に対して18 m以下としなければならない。支持構(すじかい)の部材断面は、座屈によるずれがおきない程度の剛性をもつ断面を選ばなくてはならない。

3. 鉄筋コンクリート階形柱の上柱の強度と延性を強化すること。工場の耐震安全性は上柱の耐震能力にかかっている。棟高の異なる大小屋舎の組合さった形の工場では、その接点にある柱の上柱を強化し、さらに荷重受け台の水平振動力に耐える能力を強化し、高周期振動成分の影響を考慮しなければならない。

4. 天井構と柱上端の接合を強化、あるいは改善し、通常的设计震度に耐え、さらに設計震度をこえる地震にもたえられる性能をもたせなくてはならない。柱の上端にはフープ鉄筋の配置をより密にし、フープ鉄筋によってコンクリートの柱中心部の強度を高め、柱上端にかかる複雑な応力に耐えられるようにし、そうして地震による水平力に耐えられる能力を高めなければならない。

5. 工場の縦方向耐震能力を強めるため、合理的に柱間支持構(すじかい)を配置する。柱間支持構の交差斜め部材の断面は、地震による圧縮力を受けても座屈しないようなものでなければならない。支持構部材の断面の細長比については、上柱の支持するものは200を、下柱を支持するものは150を超えてはいけない。

6. 柱が碁盤の目のように縦横等間隔に並んでいて、すじかいのない「大柱網連合」の工場屋舎の柱は、ななめ方向からの地震力の作用を考慮すべきであって、斜方向からの耐震設計計算によって断面を決めるべきである。

7. 現有の屋根の構造を改善して、組み立て式屋根構造システムの採用を研究し、屋根の倒壊を防ぐ必要がある。

8. 耐震性の考慮された平屋立て鉄筋コンクリート柱の工場とすることによって、「小さな地震には壊れず、大きな地震には倒れない」ようにし、その骨組み構造を引き続いて使用できるようなものにせねばならない。

#### 四 都市地震防災の経験と教訓

わが国で過去に起きてきた強い地震の多くは、比較的へんぴな地域や農村や、小都市であった。それで受けた損失もわりに小さかった。これに対して今度の地震は、工業と人口が高度に集中した大都市——唐山市で起こった。その上天津、北京へまでも余波が及び、きわめて重大な損失をこうむった。地震の引き起こした直接の損失だけで、数十億元に達した。（1元は140円ほどに相当する；訳者注）このため、唐山地震の経験から、都市地震防災のための教訓をくみとることは、たいへん重要で現実的な意義をそなえているのである。

（一）地震災害の観点から地質を検討し、都市用地を適切に選ぶべきであること。

唐山地震で示されたように、地域の地質、土質、地形、地相が地震被害の大小に大きく影響した。唐山市路南区は、地震の発生した地層上にあり、地震によって家屋のほとんど全部が倒壊した。これに対して、唐山陶磁器工場は大城山辺の基岩の上に建っていたので、破壊は比較的軽くすんだ。地質条件の差ということで調べてみると、比較的厚い盛り土の上の一地区の258戸の調査では、地震によって一瞬に壊れた家が59%にのぼり、無事な家は一軒もなく、家から飛び出ることができた人は9.3%しかいなかった。これに反して山のふもと近くの岩石基盤の上の地区では、一瞬に壊れた家は12.1%にすぎず、しかも48.4%の人が逃げ出すことができたのである。このことからわかるように、震度10という強烈な地震の地域でも、土地の条件がちがえば、建造物の破壊の差は大きく異なってくるのである。天津市では、過去いくどかの河川や海岸線の変遷があったのであるが、地震後の調査で、市域で多くの地割れが発生したのは、昔の河川域の両側に相当する場所である、ということが判明した。たとえば、丁字（ティンツウ）区団結（トアンチエ）村はかつての大清河（ターチンホー）の川筋に沿っているが、そこでは長さ1 km、幅25 cmに達する地割れが発生し、一列の家屋が15～20 cm滑動を起こした。天津毛条工場はやはり旧河口域の新しい堆積土層の上に建っているが、地震後工場内に千にもおよぶ個所で噴砂湧水が生じ、噴砂量は4,000立方メートルに達し、90%の建造物、70%の設備が大小の損失をうけた。このようなわけで、都市用地の選択、ことに重要工場や住宅地の選択は、できるだけ地震断層と、地震時の地すべり、山崩れ、陥没など耐震上不利な地域を避けるべきで、かたい土層で、平坦で開けた地形を選ぶということが能率よく建築をすすめる重要ポイントの一つになるのである。

（二）地震の二次災害を防止すること

唐山はわが国の炭鉱基地の一つである。地震後一万人に近い地下労働者たちが復旧につとめても、停電と坑内浸水によって生産活動の復帰にはきわめて大きな困難がまちらうけていた。地震後の地下水の湧水量は、地震前の1.7倍から5倍になっていた。ある炭坑では、毎分の最大湧水量は160立方メートルにも達した。このため予備用電源と応急排水設備が二次災害の軽減と迅速な

生産回復のキーポイントとなった。また唐山市開平（カイピン）化学工場の液体塩素の生産単位では、バルブのcockがこわれ、液体塩素が漏れ出て、二人がその場で死亡した。幸いにもたまたま大雨が降ったため、液体塩素は稀釈され、大事故にならずにすんだが、そうでなかったら開平地区の住民に重大な危害が及ぶところであった。天津化学工場では塩素ガスが漏れたが、時を移さずふさぎ止められたので、これまた重大な災害を出さずにすんだ。このようなことから、都市の建設の際には、可燃性物質、爆発物および劇薬毒物を生産・貯蔵する工場、倉庫、貨物置場には、関係する諸規定を厳格にし、市民の居住区から離して建設し、しかも十分な安全隔離地帯あるいは防護林帯をとっておき耐震処置を強化しておかなければならない。都市の中に現にある有害環境や、二次災害を引き起こしやすい工場、倉庫、貨物置場およびその他の施設に対しては、それぞれ状況に応じ、都市計画の要請にのっとり、計画的に市域から移動させるべきである。急には移動させることが難かしいものには、何らかの防護処置をする必要がある。新しく都市や工場を建設する時には、大型あるいは中型ダム崩壊時に直撃を受ける恐れのある下流に配置してはならない。

### （三）各種ライフラインの安全確保の必要性

都市の配電、給水、通信、交通などの各種ライフラインは、いったん破壊されると、都市全体が半身不随におちいってしまう。したがってライフラインの安全を確保することは、人々の生活、生産活動、および救援活動のすべての面に対して、最重要な問題点となっている。

唐山市では送電が止まり、ことに発電所と変電所は屋舎が倒壊し、設備がおしつぶされ、あるいは地震そのものによる振動破壊をうけた。送電設備をはじめとする野外設備と、地下室内の設備、さらにそれ自身耐震性能のよい設備には、損傷は小さかった。地震後、京津唐（北京、天津、唐山）の電力網が主役となって配電システムは回復した。このことからわかるように、電力システムの主な屋舎の安全性を確保し、設備それ自体に耐震措置をほどこし、さらにできることならなるべく野外、または地下室に置き、高圧送電線を複雑化し、さらに電力ネットワークを組み、予備電源を確保すること、などが重要な配電措置となるのである。

唐山市の給水が止まった主な原因は、給水構築物と地下の水道管網が破壊したことによる。唐山地震でわかったことは次のようである。すなわち、給水が止まるのを防ぐための主な措置は、水道分局ごとに水源を割り振り、可能な限り「多水源分区給水」方式を採用する。条件の良いところではできるだけ多く地下水源を活用し、加圧押し上げ式井戸も予備水源として動員できるようにする、等である。配水管は環状の配管網にするか、あるいは区域ごとに環状配管システムにする。給水、配水管の接続部分にはフレキシブルな接ぎ手を使うべきである。給水本管を埋設する場所は、できるだけ建造物の倒壊による影響を受けないように設定する。主な工業企業自身のもつ自前の水源は、都市計画部門に統一的に登録しておき、水源の分布状況を掌握しておいて、いったん地震があつて局部的に破壊を生じた時にも、相互間で水の融通ができるようになってい

るべきである。

唐山市の通信が止まった主要な原因は、通信用建造物が倒壊し、設備が押しつぶされ、市内の通信線が家屋の倒壊により切れたこと、長距離線と通信用送電柱が倒れたための断線、あるいは混線したことによるものである。しかし地下ケーブルの大部分には致命的な損傷はなく、地震後は主として地下ケーブルによって通信を回復することができた。こういうわけで、通信建造物の安全確保、設備と通信線に相応の処置をすることが、通信をとどこうりなく機能させるキーポイントとなるのである。

唐山市の交通が止まったキーポイントは道路橋の破壊にあった。橋の主な被害型式は、橋脚基礎が川の中心に向かってずれたこと、橋脚が折れたこと、梁が縦横にずれたこと、梁が落下したことなどをあげることができる。家屋の倒壊は市内の交通を遮断し、救援活動に深刻な支障をきたした。唐山市の文化路は市内を南北に縦貫する幹線道路であるが、地震後十時間以上、車は通ることができなかつた。豊潤（フォンルン）県に通ずる唐豊道路は、10 km余も車が渋滞し、救助活動に重大な影響を及ぼした。唐山地震の経験から、道路橋の安全には十分注意を払うこと、すなわち硬い地層の上に橋脚の基礎を作り、橋脚と梁との接合部を広くし、梁の落下を防ぐ処置が講ぜられる必要がある。都市の道路網の計画にさいしては、都市防災上の要請を配慮するとともに、十分な数の外部への交通出口を設ける必要がある。

(四) 都市の公共緑地を適切に拡張し、地震防災の見地からの都市緑地の役割りを発揮させること。

都市公園緑地の役割りは、ただ平常時人々の文化生活を豊かにし、環境を改善し、都市を美化するというにとどまるものではない。唐山地震の際には、唐山、天津、北京の公園緑地は「安全地帯」という重要な役割りを果たした。唐山市の鳳凰山（フォンホェンシャン）公園、人民（レンミン）公園はどちらも人の密集して住む住宅地域にある。地震の時にこれらは主要な避難場所となった。天津市の25か所の公園緑地は、18万人の避難者を収容した。北京の中山（チュンシャン）公園、天壇（ティエンタン）公園、それに陶然亭（タオランティン）公園は17.4万人の被難者を収容した。このことから都市防災計画に際しては、公共緑地の計画を重視し、自然条件を十分考慮して、都市の公共緑地、あるいは防護緑地の建設をとり入れない計画を立てるべきではない。さらに街路、広場および沿岸緑地の建設、とくに合理的に配置された住宅地域内の小形の緑地の建設に力を入れなければならない。

(五) 耐震防災計画の見地から、小都市の建設を、都市総合長期計画と一体化して実施する必要がある。

唐山は百年の歴史のある都市である。人口は密集し、都市計画はきわめて不合理であった。このことが地震被害をより大きなものにしたのである。唐山市の死傷者の状況を見ると、人口の集中した市街地区では死亡率は21.3%であった。これに対して人口が比較的分散した郊外では死亡

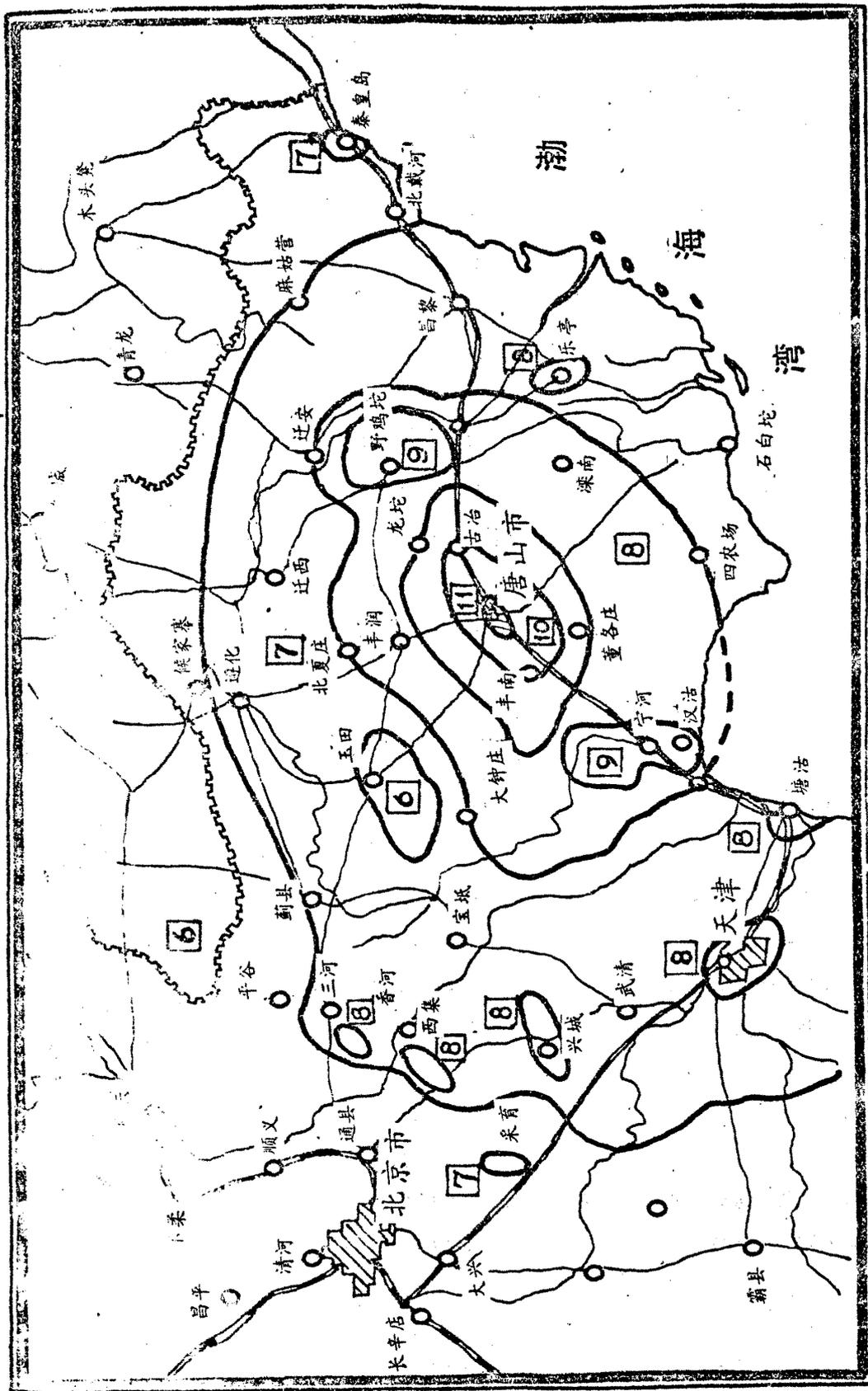
率は14%であり、農村の死亡率は都市に比べてずっと低かったのである。豊南県の市街区も地震の震度は唐山と同じであったのに、死亡率は唐山の半分(10%)であった。このことでもわかるように、都市が大きくなり人口が集中すればするほど、被害もまた大きくなるのである。唐山地震の経験はまた次のことをも証明した。すなわち都市の総合長期計画には、まずまっ先に地震防災を十分考慮して、土地を区分し、土地利用計画をきちんとすることが必要である。鉛直方向の計画についていうと、大量の土盛りはできるだけ避けるようにし、傾斜のわりにきつい地面では台地に整え、地震の作用を小さくする。道路計画では、地震のさいの避難、人の集散および救援活動を考慮し、地震時の交通量の増加、に注意が払われなければならない。建造物の密度をきびしく規制し、地下の建造物の耐震性がすぐれているという点を十分活用して、耐震建築を進めることが必要である。とくに近代的な都市では、都市の基礎構造と人類の環境構造に十分な考慮を払って、有利な耐震措置がとられなければならないだろう。

### 〔 訳 者 補 注 〕

原文の中には、かなり大型の辞書を調べても出ていないような専門語、あるいは新造語が出現している。また訳者の力量不足から対応する日本語側の専門語を適切に配し得なかった点もあると考えられる。また中国語の術語の中には対応する日本語をむりに当てるとニュアンスがずれてしまうものが若干ある。訳文によって原文の意味から大きな誤解釈を生じることを恐れて、本訳文中に用いた語と原文で用いてある語との対照表を掲げておくことにする。なお文中の震度は中国の震度階である。

訳 文 用 語	原 文 用 語
地震対策室	抗震弁公室
断 層	断 裂
亀 裂	裂 縫
水平順ずれ	水平順扭錯動
止 水 壁	防 水 牆
滑 動	滑 坡
湧水・噴水	冒 水
耐震設計基準	抗震設計規範
プレハブ式(工場製作の)	預製装配式または予製
レンガ・コンクリート構造	磚混結構
圧縮強度	抗压強度
モルタル	砂 漿

訳 文 用 語	原 文 用 語
ス ラ ブ	楼 板
アーチ梁, アーチ	圈 梁
部 材	構 件
短 冊 型	条 形
現場コンクリート打ちの	現 澆
レンガ配筋アーチ	磚配筋圈梁
ずれ方	錯 位
整 合 性	整 体 性
ラーメン(構造)	櫃架(結構)
横向壁体	横向墙体
耐震横壁	抗震横壁
導 煙 管	煙 道
伸縮間隙	伸 縮 縫
加重受け台	牛 腿
のせ板式スラブ	搭 楼 板
暖房用オンドル壁	暖用火壁
つめつけ金具	拉 結
フープ鉄筋	拉 筋
コンクリートの打ち継ぎ目	施 工 縫
耐 震 壁	抗 震 牆
コンクリートの締め固め不十分	澆灌混凝土不密実
大空間レンガ構造家屋	空曠磚結構房屋
支 持 台	排 台
レンガ壁柱	磚 牆 垛
屋 根 構	屋 架
棟高の異なる2棟の連続した形の工場屋舎	高低跨廠房
大柱の碁盤目状配置工場	大柱網廠房
天 窓 構	天 窓 架
支 持 構, すじかい	支 撐
剛性継ぎ目なし接合方式	剛性整澆接点
ハ ン チ	腋 梁
交互式レンガ積み法	咬槎砌筑
加圧押し上げ式井戸	補 压 井

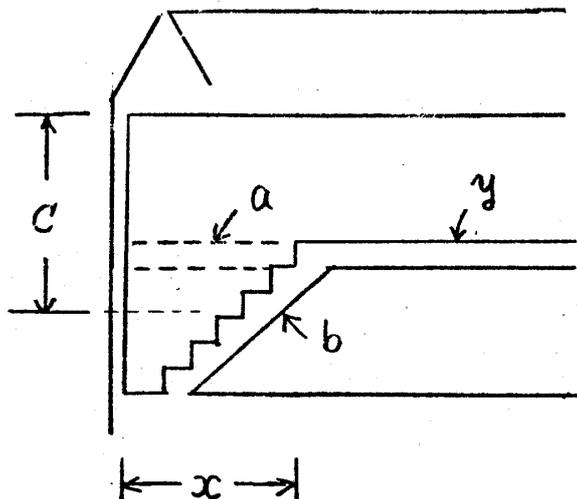


图一 唐山地震等震线图

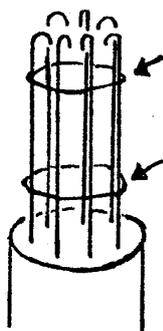
图1. 唐山地震等震度线图

〔訳者後注〕

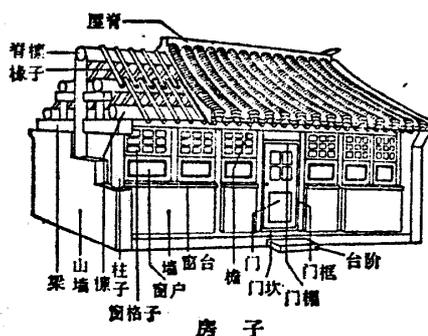
原文には震度分布図以外，説明図は一切ない。しかし文章だけではどういう状況を説明しているのかわかりにくい部分がしばしばある。そこで以下に訳者注記の一部として，簡単な模式図をかかげ，参考とすることにした。ただし図3以外はあくまで訳者の推定に基づくものであることをお断りしておく。



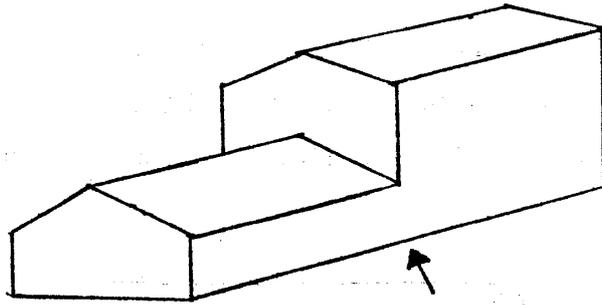
訳者後注1図 階段部分(x)ではスラブ(y)が中断しており〔(a)の部分〕，階段床材がスラブのように水平でなく斜めになっている(b)。その上最高壁材の高さ(c)は，他の階より半階分高くなっている。



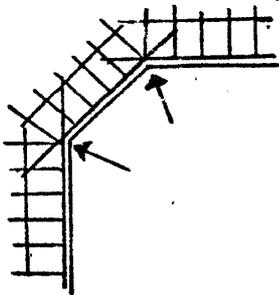
訳者後注2図 鉄筋コンクリート柱のフープ鉄筋(「箍筋」)。



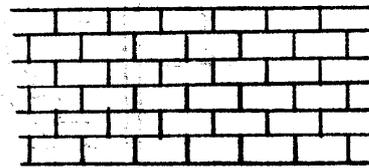
訳者後注3図 山壁(「山牆」)。「現代漢語詞典」(商務印書館，1979年)による。



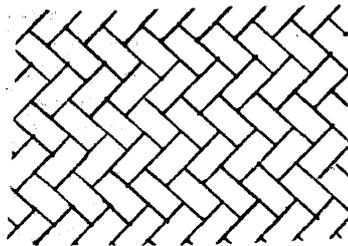
訳者後注 4 図 棟高の異なる 2 棟の連結した形の工場屋舎。（「高低跨廠房」）



訳者後注 5 図 ハンチ部（「腋梁」）の交叉鉄筋



訳者後注 6 図 交互式レンガ積み法（「咬 砌筑」），  
 様はいかだ，砌はレンガを積むという意味。



訳者後注 7 図 「放坡留様」．坡は坂，勾配