

報告：「新しい耐震設計の考え方」
－兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様
(復旧仕様)とその準用について－

報告者：土木研究所耐震研究室
運上 茂樹

1. 兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会による検討

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、関東大震災以来、最大の被害を引き起こした。道路橋においても、高架橋が倒壊するなど大きな被害を生じた。道路橋については、関東大震災を契機に耐震設計を取入れ、その後、新潟地震、宮城県沖地震などの経験を生かしながら、耐震性の向上に努め、近年、地震による落橋等の被害が防止されてきたところである。

地震直後の1月20日には、耐震工学・橋梁工学等の専門家からなる「兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会(委員長：岩崎敏男(財)建設技術研究所理事長)」が設置され、被災原因の究明等が検討されている。

委員会では、地震動や被災状況等の把握、これに基づく被災メカニズムの検討などが行われ、地震から2カ月余後の3月30日には130ページからなる中間報告書を取りまとめている¹⁾。中間報告書は、4章で構成される。第1章は地震、地震動及び地盤条件、第2章は被災の状況、第3章は被災メカニズムの推定、第4章はまとめである。

2. 中間報告書の要旨

(1) 地震、地震動及び地盤条件

1) 地震の概要

地震に関しては、気象庁から発表されているとおりであり、神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市の一部で震度7(激震)を記録した。震度7が認定されたのは気象庁による観測史上初めてのことである。

2) 地質・地盤条件

神戸市街地は、地形的に山地側から丘陵・台地帯、海岸低地帯、埋立地帯に分類され、こうした複雑な地質・地盤条件からみると、地震動も場所によってかなり変化した可能性が高い。

3) 地震動の特性

今回の地震で激甚な被害を生じた地域では、気象庁、建設省、運輸省のほか、神戸市、阪神高速道路公団、関西地震観測研究協議会、JR、大阪ガス等により多数の貴重な強震記録が得られた。

今回の地震では、従来我が国でほとんど観測されることがない極めて大きくかつ短時間に衝撃的な地震動が生じている。水平成分の最大加速度が600galを超える地点は5カ所あり、広範囲な地域に大きな加速度が生じている。特に神戸海洋気象台では、最大818galと非常に大きな地震動が得られている。さらに、地震動の最大速度でも約90cm/s、変位も湾岸域の東神戸大橋では約50cmと従来の地震動に比較して極めて大きな値となっている。

我が国では、昭和39年新潟地震のあとから本格的に強震観測が開始され、正確な地震動特性の把握が可能になったが、以上に示した点からみて今回の地震による地震動は、我が国で観測された実質的に最大の地震動ということができる。

(2) 被災の概要

川西市、宝塚市、伊丹市、尼崎市、西宮市、芦屋市、神戸市にある直轄国道、高速自動車国道、阪神高速道路の橋梁を対象に被災状況が集計されている。

橋脚では、3,396橋脚のうち、鋼製橋脚では355橋脚中約14%（51橋脚）で、RC橋脚では3,315橋脚中約14%（461橋脚）に比較的大きな被害が生じた。また、支承では、4,449支承線中約18%（789支承線）に比較的大きな被害が生じた。

道路橋の被災の特徴は、以下のとおりである。

- 1) RC橋脚のうち、主鉄筋段落し部の規定が改訂される以前に設計施工された橋脚においては、曲げ損傷からせん断破壊に移行するという著しい被害を生じたものがある。RC橋脚の被災と適用示方書との関係を分析すると、昭和46年以前の耐震設計基準が適用された阪神高速道路3号神戸線では、損傷度の大きな被害を受けた橋脚が全体の14%あるが、昭和55年以降の道路橋示方書に準拠した阪神高速道路5号湾岸線では、こうした被害が生じていない。
- 2) 鋼製橋脚では、水平地震力に伴う矩形断面鋼製柱のウェブ及びフランジの局部座屈が角溶接部の破断に発展し、その結果上下方向耐力の低下を起こして桁が沈下した例がある。
- 3) 桁の損傷の大部分は、支承の被害に伴って支承部に生じたものである。また、落橋防止構造の取り付け部にも被害が生じている。
- 4) 桁連結方式の落橋防止装置では、装置本体もしくはこれを取り付ける桁の破断により落橋を有効に防止できなかった事例がある。
- 5) 鋼製支承には、セットボルトの破断、支承本体の破壊、ローラーの逸脱、アンカーボルトの破断等多数の被害が生じている。ゴム支承の被害は、鋼製支承に比べて少ない。
- 6) 現行基準では液状化に対する判定が不要とみなされる砂礫地盤等粒径の大きい地盤で液状化が生じたり、液状化に伴う地盤流動が観測された例がある。

(3) 主要な橋梁の被災メカニズムの推定

大きな被災を受けた6橋について、被災状況の調査、材料試験、実地震記録を用いた地震応答解析等から被災原因と被災メカニズムが検討された。

現在までの検討結果からは、いずれの橋においても設計で想定していた以上の大きな水

平方向の地震力を受けたことが被災の根本的な原因と考えられること、被災した橋脚等は当時の設計基準に適合した設計がなされていたこと、また、材料試験の結果、橋脚の耐力に与える影響からみて材料強度に特に問題は認められないことが報告されている。

各橋の被災メカニズムの概要は、以下の通りである。

1) 阪神高速道路3号神戸線 神戸市灘区深江本町

コンクリート橋脚の段落し部に曲げクラックが発生。これを起点にせん断クラックが進展し耐力が低下し倒壊に至る。

2) 阪神高速道路3号神戸線 西宮市甲子園高潮町

コンクリート橋脚の段落し部に曲げクラックが発生。これを起点にせん断クラックが進展し耐力が低下し倒壊に至る。

3) 阪神高速道路3号神戸線 西宮市市庭(建石交差点)

鋼製橋脚に局部座屈が発生し橋脚が徐々に沈下。沈下に伴う横ばりの座屈により橋脚に加わる重量がさらに増加し変形が進展。鋼製橋脚の角溶接部が裂けて最終的に中詰めコンクリート位置まで沈下。

4) 阪神高速道路3号神戸線 西宮市浜脇町(札場)

地震動に伴う橋脚の変位、支承・落橋防止装置の破壊による桁の移動さらに桁と桁との衝突が重なり、橋脚から桁がはずれて落下。

5) 阪神高速道路5号 西宮港大橋

地震動に伴う橋脚の大きな変位と支承・落橋防止装置の破断により、橋脚から隣接する桁がはずれて落下。

6) 一般国道43号 岩屋高架橋

鋼製橋脚に局部座屈が発生し、変形の進展に伴い角溶接部が裂けはじめ鉛直方向の耐力が低下し、最終的に崩壊。

(4) まとめ(今後の耐震設計で検討すべき事項)

地震動特性の解析、被災メカニズムの検討等を踏まえ、今後の耐震設計で検討すべき事項に関して以下のような提言がなされている。

1) 設計地震力の設定

今回の地震では、従来を上回る橋梁に与える影響の大きい地震動が観測されている。今後の耐震設計で考慮すべき地震力(設計地震力)の検討のために、地震動の特性を今後さらに詳細に検討する必要がある。

なお、設計地震力やこれに対して橋の各部材が持つべき耐震性は、被害を受けたときの影響、地震後の役割や機能など、道路を取りまく社会的・経済的条件にも十分配慮して定められる必要がある。

2) 地震時の変形性能及び動的耐力

今回のような地震に対しても落橋等の被害を防止するためには、構造部材の地震時の変形性能(柔軟性やねばり等)や動的耐力に対する検討が重要である。このため、橋を構成する各部材に関する変形性能や動的耐力の評価法のや向上方策のなお一層の検討が必要で

ある。

3) 動的解析の活用

動的解析は耐震性の評価に有効であり、より積極的に活用できるように解析法の普及を進めていく必要がある。

4) 免震設計

今回のような地震に対しても落橋等の被害を防止するためには、地震力の吸収と分散を目的とした免震設計の活用が有効である。

5) 支承

支承についても、橋の主要部材と同等の地震時の変形性能や耐力を持つ構造とすることが必要である。

6) 落橋防止構造

今回のような地震に対しても落橋を防止できる構造の開発が必要である。また、地震時に大きな変位が予想される場合等における、桁端から下部構造頂部縁端までの桁の長さ（桁のかかり長）についての検討が必要である。

7) 液状化及びこれに伴う地盤流動

橋梁に与える影響についての検討を進める必要がある。

8) 橋全体系としての耐震性

大きな地震力に的確に対応するためには、橋全体系としての耐震性の向上を図ることが重要である。

3. 復旧仕様とその準用

「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様（復旧仕様）」については、兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会の審議を経て、2月27日に建設省より関係機関に通知されている²⁾。復旧仕様では、各構造部材の強度を向上させると同時に、変形性能を高めて橋全体系として地震に耐える構造を目指し、震度法による設計に加えて、地震時保有水平耐力を照査することとしている。さらに、今回の地震に余裕をもって耐えられる構造であることを動的解析によって照査することとしている。

さらに、5月27日には、橋、高架の道路等の技術基準（道路橋示方書）の改訂が行われるまでの当面の措置として、全国で今後実施される新設橋梁の設計及び既設橋梁の補強についても道路種別及び構造・機能に応じて復旧仕様を参考とすることが建設省より関係機関に通知されている。

【参考文献】

- 1) 兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会：兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査－中間報告書－、平成7年3月30日
- 2) (財)日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案)、平成7年6月

既存橋脚の補強の現状と課題

首都高速道路公団 保全施設部 保全技術課

富澤 修次

1. 基本方針

平成7年5月25日の建設省よりの通達により、耐震補強は「復旧仕様」に原則準拠とされている。これにより橋脚の耐震補強の基本方針は「兵庫県南部地震級の地震に対しても余裕を持って耐える構造」とすることになる。

首都高速道路には約7200基の橋脚（RC橋脚は約5100基）があるが、すべての橋脚に対し照査を行い、必要な補強を実施することとしている。

2. RC橋脚の耐震補強の考え方

(1) 地震力

「復旧仕様」では兵庫県南部地震での地震波の記録（神戸海洋気象台、東神戸大橋等）を用いて非線形の動的解析を行うこととされているが、実務では日本道路協会の「復旧仕様を準用するにあたっての参考資料」に示されている震度（地盤種別により最大で1.5～2.0G）を用いる。

(2) 照査方法

地震時保有水平耐力の照査を行う。上記の1.5～2.0Gは弾性体に作用する震度であるが、実際の構造物は塑性化するため、この塑性率に応じて低減された震度（等価水平震度）より求まる地震力と橋脚の耐力を比較することになる。

$$Pa \geq W \cdot Kh / \sqrt{(2\mu - 1)} \text{ となればOK}$$

Pa ; 橋脚の耐力

W ; 上部工、橋脚の重量

Kh ; 照査用震度（最大1.5～2.0G）

μ ; 許容塑性率 ≤ 8.0 （下図参照）

$Kh / \sqrt{(2\mu - 1)}$; 等価水平震度

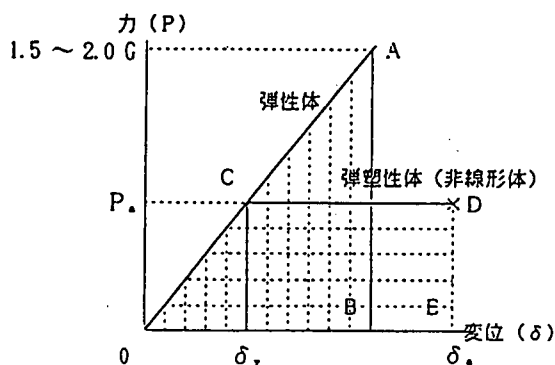
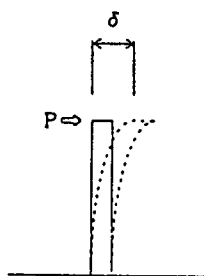


図 弾性体と弾塑性体のP～ δ 関係



$$\mu = \delta_s / \delta$$

四角形OCDE \geq 三角形OAB であれば、
1.5～2.0Gに相当する地震力に耐えられる。

※ 図中のPa、 δ_a は終極的な値Pu、 δ_u を安全係数で低減したものをを用いる。

(3) 補強方法

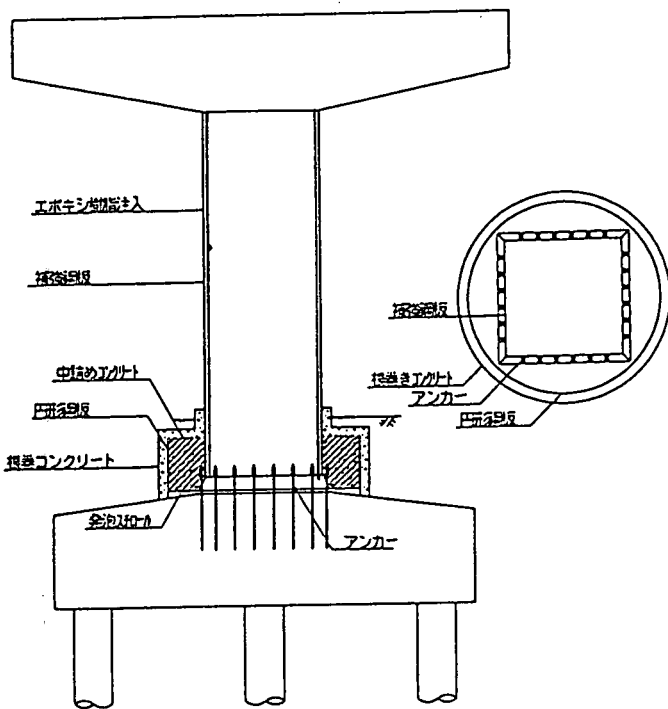
基礎構造への影響を極力小さくするため、耐力を上げず塑性率をあげる（じん性を向上させてねばり強い構造とする）補強方法を基本とする。但し、許容塑性率の上限は8程度とし、塑性率を上げるだけでは耐震性が確保できない橋脚については、曲げ耐力を上げる補強を併用する。

塑性率を上げるための補強方法は、帯鉄筋を多くしたことと同様の効果を期待できる鋼板巻立て補強（鋼板を柱全体に巻立てる方法、板厚9mm～12mm）を基本とする。また、曲げ耐力を上げる補強方法は、アンカー筋で鋼板をフーチングに定着する補強を基本とする。

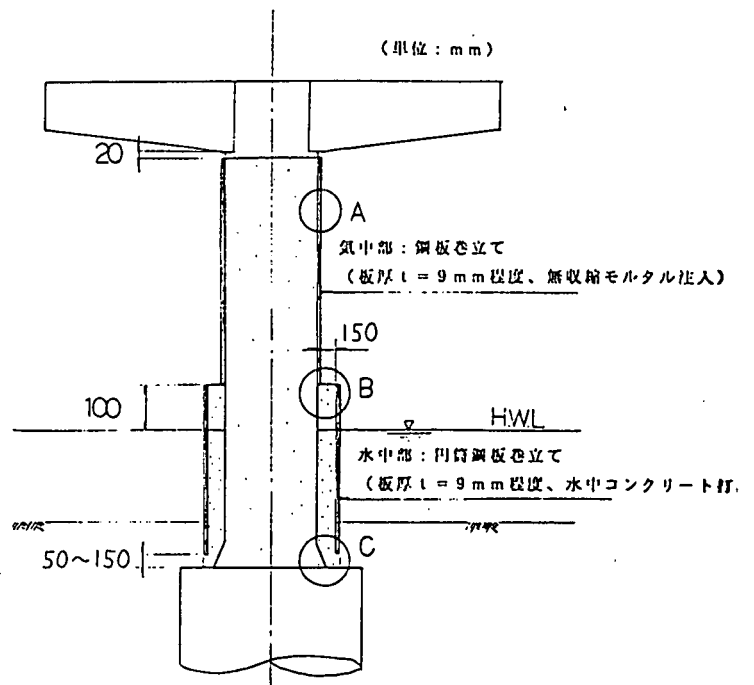
(4) 施工上の課題等

街路上で車線規制を行いながら施工する区間がかなりあるが、この場合、鋼板の現場溶接や、アンカー鉄筋の定着などに時間を要するため、これらの効率化を検討する必要がある。また、橋脚によっては鋼板の巻き立てが難しいものもあるため、炭素繊維による補強等も検討していく必要がある（ただし、炭素繊維による補強はじん性を考慮した設計法がまだ確立されていない）。

河川内の橋脚について陸上の橋脚と同一な補強法を行おうとすると、締切りによるドライアップが必要となり、工期および工費とも問題が生じる。これについては水面上の作業構台で筒状の補強鋼板を組み立て、これを水面下に降ろし、橋脚との隙間にコンクリートを充填する工法を考えている。



陸上部RC矩形橋脚の補強概念図



河川内RC円形橋脚の補強概念図

3. 鋼橋脚の補強

(1) 補強の考え方

作用する地震力や、じん性を向上させて粘り強い構造にするという補強の基本方針はRC橋脚と同じである。

(2) 補強方法

「復旧仕様」には内部にコンクリートを充填する方法が示されている。この補強法によると、じん性は大幅に向上するが、耐力も大幅に増大するため、基部におけるアンカーボルトの負担が過大になる場合が多い。

耐力をあまり増大させず、じん性を向上させる補強法としては、縦リブや横リブを増強したり、矩形柱のコーナー部を補強する方法などがあるが、これらについては建設省土木研究所、公団、橋梁建設業協会、鋼材倶楽部で共同実験を実施中である。

4. 景観との関わり

RC橋脚について鋼板巻き立てで補強する場合には、地上（水上）に出る部分はほとんど断面形状が変わらないため、景観上の問題はあまりないと考えている。ただし、スリットや、凹形など複雑な断面形状を採用しているものについては、平板的な形状にならざるをえない。

鋼橋脚については、コンクリートを内部に充填する場合には景観上の問題はないが、前述の問題点があり、この補強法が可能となる橋脚は少ないと判断している。リブなど補強部材を取り付ける方法では、橋脚内部ですべて溶接で対処することは施工上困難であり、外部から溶接による部材の取付けも採用せざるをえない場合も多いと考えられる。この場合には景観上の処理が重要な課題となる。

「復旧仕様」では落橋防止構造の強化もうたわれており、橋脚の天端を広げるケースもかなりあると考えられる。この場合にも景観上の配慮が課題になる。

四谷見附橋は基準をクリアーするか

熊本大学工学部 土木環境工学科
小林 一郎

1. はじめに

新しく作られる橋梁の安全基準は、文化財としての橋梁に対しても適用されるべきか。あるいは、既に設計書も存在しないような歴史的な橋梁の耐力をどの様に推定し、どうやってより強い構造物にしていくか。この問題は、欧米で確立されつつある「文化財保存工学」等で扱うべき問題であり、それ自体が一つの研究テーマとなるべきもので、すぐに解答のできるものではない。ここでは、旧四谷見附橋を移設する際に行われた設計計算を概観し、上記のテーマに関連し、若干のコメントを行う。さらに、文化財としての橋梁の取扱いについて、フランスの考え方の一端を紹介する。

2. 旧四谷見附橋（長池見附橋）の設計計算と復旧仕様

旧四谷見附橋は1913年（大正14年）の完成で、鋼材は米国カーネギー鋼鉄会社より輸入したものであるが、材料調査の結果、現行のSS400（許容応力度1400kg/

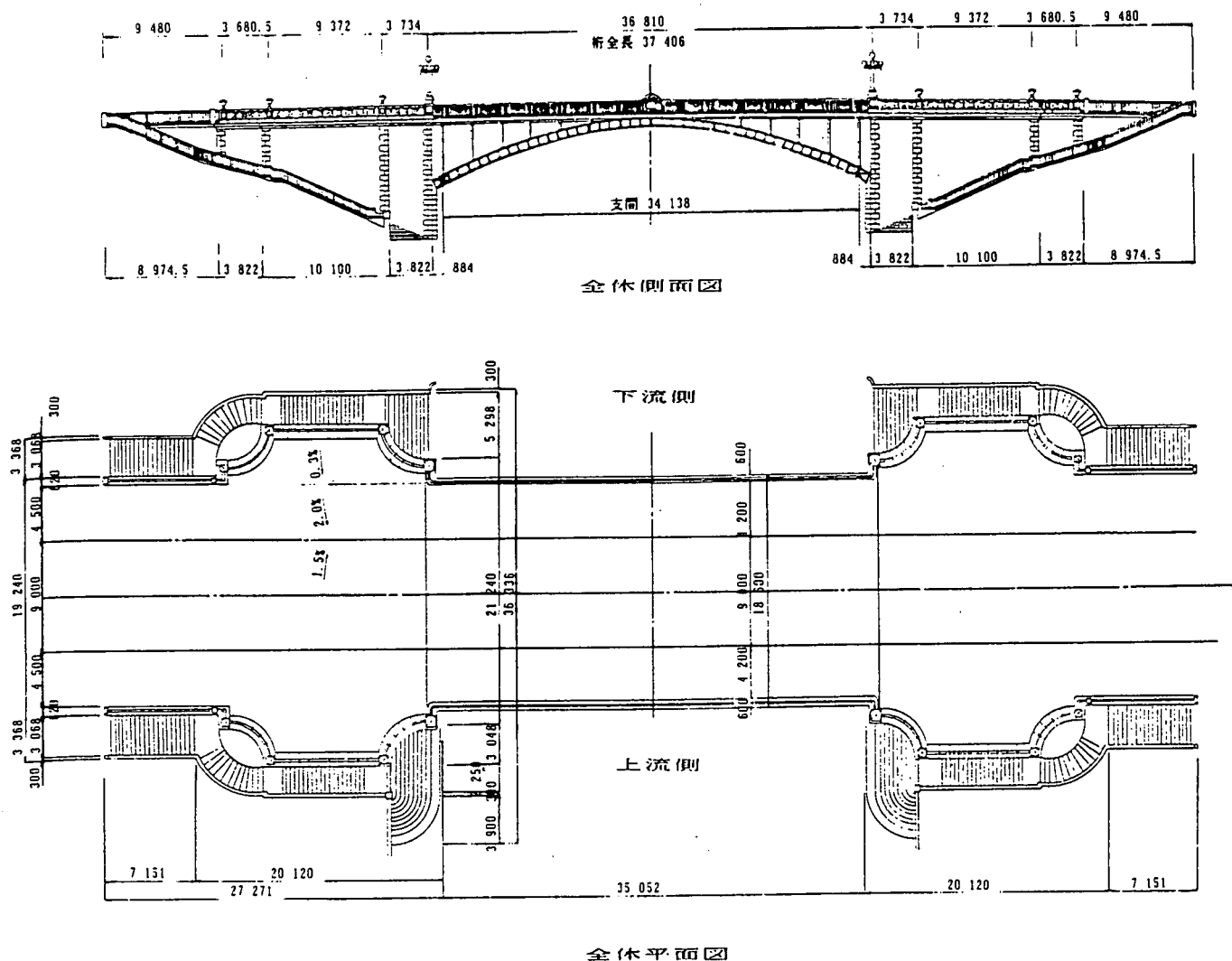


図 - 1 長池見附橋の全体図（文献1より転載）

表 - 1 上部工の設計条件 (文献 1 より転載)

道路区分	第 4 種、第 2 級	勾 配	横断	2.34% (両勾配)	
橋 格	1 等橋		横断	車道 1.5%	歩道 2.0%
橋 長	37.606m	設計荷重	TL-20 (TT-43は考慮しない)		
支 間	34.138m	設計震度	Kh=0.2 Kv=0		
幅 員	歩道 4.2m + 車道 9.0m + 歩道 4.2m	構 造	上路鋼 2 ヒンジアーチ橋		
		床 版	鉄筋コンクリート床版		

cm²) 相当のものであることが判明した。四谷から多摩ニュータウンへの移設に当たっては、詳細な設計計算が行われた [文献 1]。図 - 1 は一般図である。上部工については、設計条件は、表 - 1 の通りであり、「道路橋示方書同解説 平成 2 年度版 (以下「道示 H2」)」が用いられている。この結果を用いて、新橋の設計が行われた。表 - 2 は部材の応力度照査の一部であるが、アーチ・リブのスパンの 1/4 点での実圧縮応力度が 863kg/cm² と、1400kg/cm² の許容値に対して十分に余裕のある設計になっている。

また、橋台は鉄筋コンクリート (設計標準強度 210kgf/cm²) の躯体内に土砂を埋めもどした一体構造形式である。橋台基礎は直接基礎形式で、橋台の床付面は両橋台とも同じレベルであり、A 1 橋台の中間層は地盤改良が行われている。両橋台とも同一構造形式、同一基礎形式であり、地震時の挙動も同じものと考えられる。

「復旧仕様」 [文献 2] によれば、今回の基準は橋梁全体としての変形性能の向上を目指したもので、①橋脚の地震時保有水平耐力の向上、②落橋防止装置の設置、③液状化対策が大きな柱となっている。本橋については、上部工に関しては、②落橋の可能性を完全に否定できないが、「同示 H2」を用いていることとアーチ構造であることを考えれば、私見であるが、現時点で新たな補強を行う必要はないものと思われる。橋台も一体構造であり、今回の「復旧仕様」の適用の範囲には含まれていないものと思われる。

歴史的な橋梁は個々に劣化の度合いも異なり、一律に論ずることは危険であるが、少なくともアーチ系の橋梁については桁橋と比べ地震に対して強い構造といえる。したがって、今回の「復旧仕様」との関連でいえば、担当者の丁寧な対応があれば、仮に何らかの補強が必要になっても、極度に文化財的価値を損ねるこ

表 - 2 部材の照査の例 (文献 1 より転載)

1/4 点		割増率	部材番号 21 (節点 10 ~ 節点 12)									
			M max			N max			S max			
			M (tm)	N (t)	S (t)	M (tm)	N (t)	S (t)	M (tm)	N (t)	S (t)	
部 材 力 組 合 せ	基 本	D(死荷重)	-	5.5	-120.5	-0.5	4.9	-120.9	0.9	Nmax に同じ		
		L(活荷重)	-	62.0	-39.3	6.3	-10.9	-66.8	1.9	25.0	-45.5	8.9
		T(温度変化)	-	-14.6	-4.7	-1.1	-11.7	-4.7	-1.1	Nmax に同じ		
		EQ(地震)	-	10.6	11.8	-0.2	11.0	12.1	-0.1	Nmax に同じ		
	組 合 せ	D+L	1.00	67.5	-159.8	5.9	-6.0	-187.7	2.8	29.9	-166.4	9.8
		D+L+T	1/1.15	46.0	-143.0	4.1	-15.4	-167.3	1.5	15.8	-148.7	7.5
		D+L-T	1/1.15	71.4	-134.9	6.1	5.0	-159.2	3.4	36.2	-140.6	9.5
		D+EQ	1/1.50	10.7	-72.5	-0.5	10.6	-72.5	0.5	Nmax に同じ		
		D-EQ	1/1.50	-3.4	-88.2	0.2	-4.1	-88.6	-0.7	Nmax に同じ		
					M max			N max			S max	
			決定組合せ (D+L)			決定組合せ (D+L)			決定組合せ (D+L)			
			M	N	S	M	N	S	M	N	S	
実応力度	作用力 毎 kg/cm ² 合 計		±552	-310	850	±46	-431	39	省 略			
安定の照査			0.65 < 1.0			0.37 < 1.0			省 略			

とはないものと考えたい。また、過剰な地震対策の一環で、古い橋の撤去の理由として、今回の「仕様」が使われることの無いよう、最悪の場合でも、何とか補強して使用して行くようにしたいものである。その意味では「歴史的橋梁は基準をクリアするか」でなく「最少の補強で、いかにすれば基準をクリアできるか」が問われるべきであろう。

3. 文化財としての橋梁・フランスの場合

フランスには歴史的記念物に指定された橋が、1995年現在で、139橋、登録（準指定）されたものが約450橋ある[文献3]。これらの大半は石橋（もちろん、ガラブの鉄橋、ミラボー橋アレクサンダーIII世橋等の鉄の著名橋も含まれている）、道路橋または鉄道橋として供用されている。国土の多くが地震地帯からはずれるため、震害と補強の問題はそれほど現実的なものではないので、洪水等の場合を想定し、話しを進める。ここでの、主題は我国における「基準」作りの基本的思想はこのままでいいのかということである。

ヨーロッパの文化財としての橋梁の補強の原則は、①凍結保存や移設保存は全く例外であり、基本的には現在位置で供用しながら保存する。②このため、構造の劣化に対しては内部の補強を行い、外観は変更しないのを原則とする。たとえば、パリのロワイヤル橋は、一旦、表面の石積みを移設し、内部をコンクリートと鉄筋で補強し、再度石積みを工事前の状態に復旧した。写真-1はこの夏行われたボン・ヌフの美化工事（表面の汚れ除去）に伴って行われた高欄部分の工事で、一部新しい石材が用いられていた。写真-2は、①の現地保存の究極の事例で、これ程徹底した例はフランスでも初めてのものであるが、マコンの石橋の撤去（河川の拡幅による大規模船舶の航路確保が目的）問題の解決策である。すなわち、ソーヌ川の右岸の歴史的市街区に指定されマコンの旧市街と石橋の全体を保存するため左岸側に5kmにわたって運河を掘っている。

さて、今回のような文化財としての橋梁の安全性向上のための補強問題を考えると、次の3つの事柄が問題になるだろう。①人命の保護、②橋梁の構造上の補強、③文化財的価値の保全。このうち、①については最も原則となる思想が、我国と異なるといってよい。飛行機事故の場合に端的に現れるように、事故が起

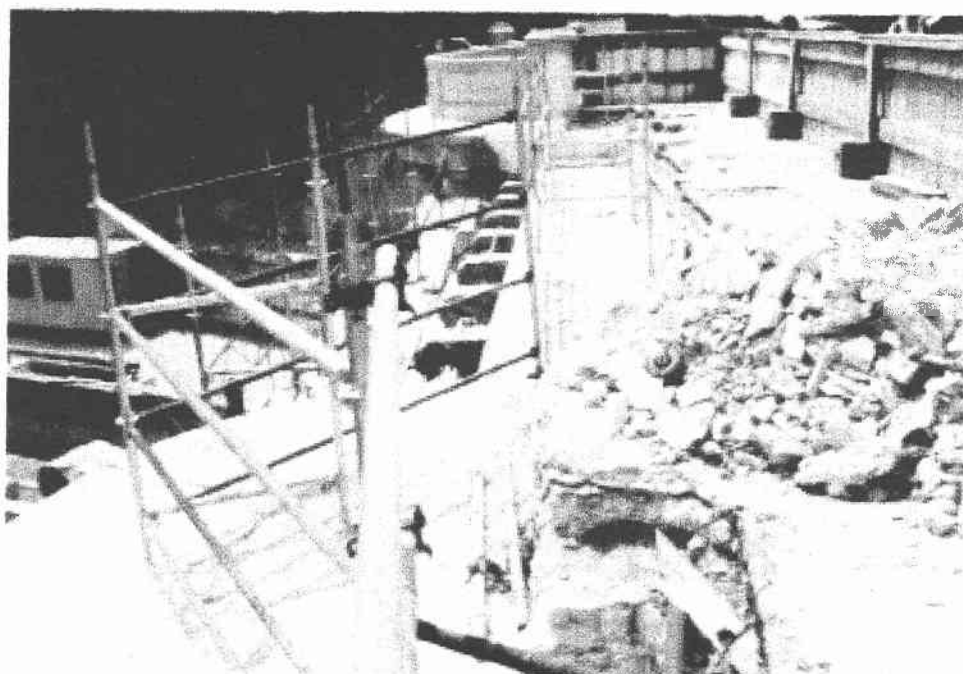


写真-1 ボン・ヌフの工事

こると、我国では当然のこととして、真っ先に「責任者探し（いわゆる犯人探し）」が行われる。これに対して、欧米では、「原因探し」が最優先であり、その原因から当然の帰結として「責任者探し」が行われる場合も出てくる。ただし、たとえば、ガール橋の上（手すりが全くない）を歩いていて突風によって落ちた場合、責任は当然本人が負うべきものであり、管理責任者がこれを問われることはないと思われる。

今回の「復旧仕様」において、これほど一律・網羅的に橋梁の補強を考える背景の一つには、市民側の「責任者探し」に対する事前の対応といった側面もあるように思われる。官側が悪いというよりも市民側の「甘えの帰結」であるように思われる。

②、③については、主に②の担当官庁である建設省と③を扱う文化省という2大官庁の存在が極めて重要であるといえる。当然のこととして、構造物の価値は、個々に判断されるものであり、二つの対等な官庁間でそれぞれの事情にあった対処策が検討されことになるであろう。これに関連して、地域による価値の多様性についてふれておきたい。たとえば、その町にとって石橋が最も重要なものの一つであるとき、洪水時に市民が、第一にするのは、橋の上（堤防ではない）に土嚢を積むことである。おそらく、このような場合の価値判断は「冠水のみ」か「冠水し更に石橋が流されるか」の選択である。大事なものに優先順位があり、地方によってそれが異なっていることが当然と考える。

このような「地方主義」あるいは文化財に関する「相対主義」の視点については、前記の「原因探し」の思想とともに、もっと広範で深い議論が必要な時代が到来しているように思われる。

参考文献

- 1) 住宅・都市整備公団 南多摩開発局編：四谷見附橋再建工事誌、1994.
- 2) (社)日本道路協会：兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様」の準用に関する参考資料(案)、1995.
- 3) 山下真樹、小林一郎：フランスにおける歴史的記念物に指定された橋梁について」、土木史研究、第15巻、pp.29-44, 1995.

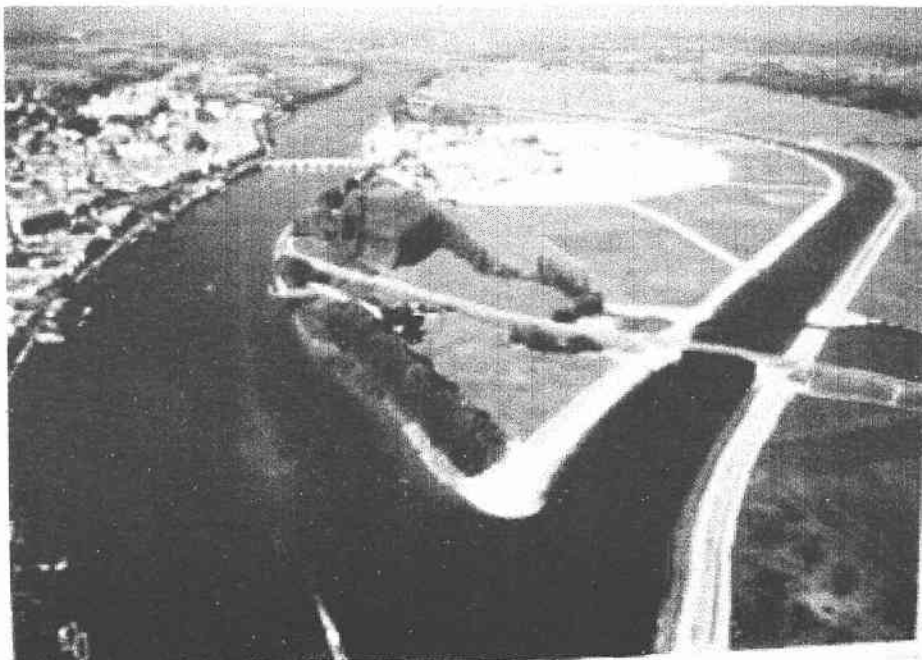


写真-2 マコンの橋と迂回運河

明治期の橋梁の煉瓦橋脚

信州大学工学部社会開発工学科小西純一

建設から80年以上、なかには120年近い経年の鉄道構造物がいまも使用されている例は少なくない。当時の橋梁下部工やトンネルは、ほとんど例外なく煉瓦あるいは切石で築造されている。手厚い検査・保守体制に守られて、風雪に耐え、大地震にもめげずに今日に至った、幸運な構造物である。ここでは、古い橋梁下部工について構造分類を行い、地震被災事例を紹介し、従来から行われてきた補強方法を紹介する。

1. 明治期鉄道橋の下部工

1.1 基礎工

明治期鉄道橋で使用された基礎工を分類すれば次の通りである。

①直接基礎

- a 天然岩層
- b コンクリート
- c 捨木、枠組 軟弱な地盤で、丸太などを敷き並べたり、格子状に組む。
- d 板張り、プランキング 軟弱な地盤で、胴木などの上に板張りをする。
- e 箱枠 松材で作った四角い枠を据えてその内側を掘削しながら枠を沈めてゆく。

②杭基礎

- f 杭打ち 松杭
- g 鉄管柱 鋳鉄管、錬鉄管、スクリュー付き

③井筒基礎

- h 煉瓦井筒 断面形は円形、円形2本、楕円形の3種類がある。

所定の深さまで沈下させたら、橋脚と桁の重量と活荷重を考慮した載荷試験を行って支持力を確認する。

1.2 橋脚

- 材質 煉瓦 形態がいろいろある
石 形態がいろいろある
鉄 鉄管柱、トレスル
木 スパンの短い溝渠など。

煉瓦造・石造橋脚・橋台の断面・形態

図1に示すような様々な形がある。

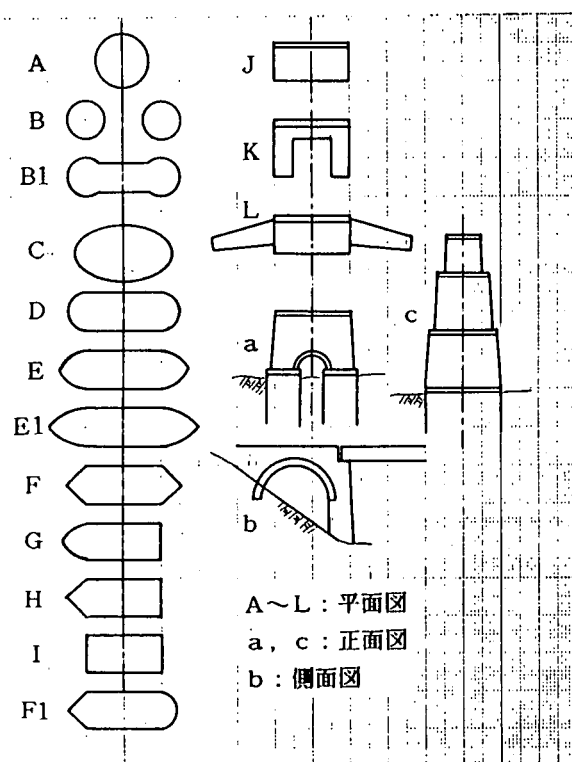


図1 橋脚・橋台の断面、形態（著者）

2. 過去の大地震による橋脚の破損事例

日本の鉄道が経験した最初の大地震は濃尾地震（1891年）であり、愛知、岐阜両県下で大きな被害を受けた。開通して日が浅い東海道線の橋梁もことごとく被災している。関東地震（1924年）では東京、神奈川を中心に、甚大な被害を受けた。これ以後、耐震

「新しい耐震設計の考え方と文化遺産、景観」シンポジウム 明治期の橋梁の煉瓦橋脚 小西純一
表2.1 過去の大地震による橋脚の破損事例

線名	橋梁名	開通	上部工	橋台・橋脚・基礎	地震・年	被災状況	橋下 被災
東海道	木曾川	1887	Tt9@200ft	7-チ 煉瓦・彫井筒2本	濃尾1891	切断、ずれ	1, 2, 3)
東海道	長良川	1887	Tt5@200ft Tt4@100ft	鑄鉄柱5本 鑄鉄柱4本	濃尾1891	切断、転倒、傾斜、移動	落下 1, 2, 3)
東海道	揖斐川	1887	Tt5@200ft	7-チ 煉瓦・彫井筒2本	濃尾1891	切断、ずれ	1, 2, 3)
東海道	東京高架		煉瓦アーチ	松杭	関東1923	焼損	4)
東海道	六郷川	1910	Gd4*24@40ft Tt2*5@110ft	切石・直接 7-チ 煉瓦・彫井筒3本	関東1923	切断、傾斜、移動	4)
東海道	馬入川	1887	Gd2*28@70ft	煉瓦・彫井筒・	関東1923	切断・転倒、傾斜	落下4)
東海道	靱相沢川	1914	Gd2*2@70ft	切石・直接	関東1923	切断・転倒、傾斜	落下4)
熱海	白糸川	1922	Gd2*2@40ft 欄Td3@150ft	コンクリート・直接 コンクリート・直接	関東1923	切断・転倒、泥流により流失4)	流失4)
熱海	玉川	1922	Gd2*(1@40ft+8@60ft)	切石・直接	関東1923	切断・転倒、傾斜	落下4)
熱海	酒匂川	1920	Gd2*10@60ft 欄Tt8@150ft	欄RC石張・直接 左右独立円形RC石張 ・RC円形井筒2本	関東1923	被害なし 被害なし 移動・落下4)	4)
東北	荒川	1885/ 1895	Gd2*48@50ft 欄Tt4@100ft	煉瓦・直接 7-チ 煉瓦・彫井筒2本	関東1923	沈下・傾斜 沈下、亀裂、切断	4)
常磐	隅田川	1896	Gd2*19@60ft 欄Tt2*200ft	欄煉瓦・杭打板張 7-チ 煉瓦・彫井筒2本	関東1923	被害なし 斜亀裂・切断	4) 横移動4)
京浜電気	多摩川		Gd24@40ft 欄Tt6*100ft	煉瓦・ 7-チ 煉瓦・彫井筒2本	関東1923	切断	4)
東武	荒川放水路		Gd2*(1@30+6@60) 欄Tt3*200ft	コンクリート・杭打 コンクリート・コンクリート井筒	関東1923	沈下 沈下	4) 横移動4)
根室	利別川	1904	Gd2@60ft +Tt1@200ft	鉛：煉瓦・杭打 欄：煉瓦・井筒	十勝沖1946	被害なし 僅かに傾斜	5) 横移動5)
東海道	天竜川	1889 1914	Tt19@200ft Tt19@200ft	煉瓦・楕円井筒 煉瓦・楕円井筒	東南海1944	(大被害) (大被害)	6) 6)
北陸	九頭竜川	1897	Gd12@70ft	欄：煉瓦・彫井筒 鉛：煉瓦・杭打	福井1948	切断・転倒、傾斜 転倒、傾斜	落下5) 5)

注：桁種別略号：Tt：下路トラス，Td：上路トラス，Gd：上路プレートガーダー
次の2*は2連並列の意，5@は連数5の意，70ftなどは径間であるが，実寸と異なる通称の場合もある。

文献

- 1) Milne, Burton & Ogawa: The Great Earthquake of Japan, 1891
- 2) 「日本国有鉄道百年史」第2巻, 1970, p. 229-231.
- 3) 震災予防調査会報告, 第1号 (「日本国有鉄道百年史」第2巻, 1970, p. 229-231. に引用)
- 4) 鉄道省大臣官房研究所編「大正十二年鉄道震害調査書」
- 5) 高坂紫朗「鉄道防災改良施工法」, 三報社, 1955
- 6) 「岐阜工事局五十年史」, 1970

設計への本格的な取組みが始まった。東南海地震（1944年）については、大きな被害が出たにも関わらず、戦時ゆえにその実態を伝える記録が少なく、被害の全貌は依然未解明といわれている。その後も十勝沖地震（1946年）、福井地震（1948年）と続く。これらの地震によって被害を受けた鉄道橋の下部工について、文献1)～6)に記述のあるものを抜粋したのが表2.1である。大正時代のコンクリート構造も含めてある。

地震によって橋梁がどのような被害を受けるかは、橋脚・橋台の形状、寸法、構造、材質、基礎の形式のみならず、地盤特性や地震の特性に左右される。ここでは結果として生じた被害を通覧してみよう。

2.1 桁が落下した橋梁

(a) 東海道線長良川橋梁はトラス9連を連ねる橋梁で、橋脚と杭基礎が一体となった鋳鉄柱2～5本で下部工を構成していた。濃尾地震によりコンクリートで中詰めされた橋脚はことごとく切断され、200ft トラス3連が墜落した。しかし桁の損傷は軽微で、修理の上再使用された。復旧は、楯円煉瓦井筒と煉瓦橋脚・橋台とした。この下部工は現在も上り線として使用されている。本橋のほかにも鋳鉄柱を下部工とする橋があったが、いずれも切断され、煉瓦造に改築された。これ以後官設鉄道においては鉄管柱は原則として使用しなかったようである。

(b) 東海道本線馬入川橋梁は関東地震により壊滅的被害を受けた。上下線各28連のプレートガーダーを連ねる単線並列の橋で、両橋台はいずれも前進し、橋脚54基中48基は切断、そのうち44基は倒壊し、桁は56連中47連が川中に墜落した。

(c) 東海道本線（当時）第五相沢川橋梁は上下線各2連のプレートガーダーから成る複線橋で、東京方橋台（U形）は一部、沼津方橋台（U形）は大部分崩壊し、橋脚は切断して、沼津方の桁2連が墜落した。

(d) 熱海線（当時）玉川橋梁は複線式のコンクリート製長方形橋台・橋脚とフーチング基礎の、プレートガーダー9連2列の橋梁である。関東地震により両橋台が傾斜し、各橋脚は1条または2条の水平切断を生じ、切断上部は下部に対して回転し、プレートガーダー上下両線総計18連のうち下り線7連、上り線1連が墜落した。

(e) 熱海線（当時）酒匂川橋梁では橋台、橋脚にはほとんど被害がなかったが、150ft トラス1連が桁座より川下に脱出して頭部を川上に向けて横転墜落し、他のトラス桁も移動した。トラスを支える橋脚は左右独立の円形断面のものである。左右一体のマッシュプで断面の大きい構造であったら墜落を免れたかもしれない。

(f) 北陸本線九頭竜川橋梁は70ftプレートガーダー12連の単線橋梁である。福井地震により、橋脚あるいは井筒が切断し、傾斜あるいは倒壊し、桁はすべて落下した。現地の震度は烈震であった。

玉川橋梁と本橋は単線のプレートガーダーを連ねる構成で、橋脚はトラス桁を支えるものに比べると細い。切断した躯体の安定性はトラス桁を支える橋脚に比べると小さく、桁との連成運動ともあいまってほとんどの橋脚が倒壊する事態に至ったものと思われる。

(g) 熱海線（当時）白糸川橋梁は複線上路トラス3連を主径間とする橋梁で、無筋コンクリートの高い橋脚に支持されていた。橋脚が倒壊して桁が墜落したところに、土石流が押し寄せて橋脚や桁を一気に海まで押し流した。復旧に当たっては上下部工とも全部

作り直した。

2.2 桁が落下しなかった橋梁

(h) 東海道線木曾川橋梁

(i) 東海道線揖斐川橋梁

濃尾地震で被災したトラス橋で、下部工は円形井筒2本でアーチ式の小判形橋脚を支えるものである。井筒が多少移動して橋脚との接合部付近で切断したが、大きく傾斜したり、倒壊したものはなく、桁の落下もなかった。桁を木製の枠で仮に支えておき、橋台・橋脚の全部あるいは一部を取り壊して原形通りに復旧した。

プレートガーダーの天白川橋梁、扇川橋梁でも橋脚・橋台と基礎のつなぎ目付近で切断したので同様にして原形通りに復旧した。

(j) 東海道本線六郷川橋梁は汽車線、電車線各複線の橋梁で、プレートガーダー4線各24径間、複線形ポニートラス2列5径間からなる。プレートガーダー部は複線形橋脚、フーチング基礎を用い、トラス部は3あるいは4本の井筒基礎に4線一体の橋脚としている。関東地震により、両橋台とも縦に亀裂を生じて前進した。プレートガーダー部の橋脚は、数センチ程度の沈下あるいは上昇を示した。トラス部橋脚のうち1基は縦に亀裂3条を生じ、橋脚のうち1基は平水位付近で切断し、6基は地盤付近で切断して、沈下移動を生じた。しかし桁の墜落は免れた。

(k) 東北本線荒川橋梁は複線ポニーワーレントラス4連を主径間とする橋梁で、トラス部は円形井筒2本で支えられたアーチ形橋脚、プレートガーダー部はフーチング基礎と矩形断面橋脚である。後者はことごとく沈下と傾斜を生じたが桁の墜落は起こらなかった。前者はアーチ付近で目地切れ切断を生じた。

(l) 常磐線隅田川橋梁は複線プラットトラス2連を主径間とする橋梁で、荒川橋梁と同様トラス部は円形井筒2本で支えられたアーチ形橋脚、プレートガーダー部は杭打ち板張りフーチング基礎と砲弾形断面橋脚である。トラスを支える2本の橋脚のみに被害が出たが、他には被害がない。荒川のアーチ形橋脚と同様、アーチ付近で目地切れ・切断が起こった。

(h)～(l)のトラスを支える、あるいは2～4線のプレートガーダーを支える橋脚は形状的にどっしりしていて、水平目地切れによる切断が生じて、大きなずれや傾斜、転倒を生じるまでに至らなかった。上部工が鉄桁で比較的軽量であることも幸いしているだろう。これらの橋脚は2本の円形井筒にアーチを架けて立ちあげた構造になっており、井筒と橋脚の接続部付近あるいはアーチ付近あるいは井筒が地盤面から出たところなどに目地切れを生じている。煉瓦積あるいは石積の目地が潜在的な水平の弱面を形成していて、構造的に弱い部分で目地切れ破壊により地震のエネルギーを逃す作用をしたようにも考えられる。

(m) 東京市街高架線有楽町新橋間のアーチ橋は火災のため煉瓦石の表面剥落したほか、直接地震による被害としては、橋台の中央部に縦亀裂1条を生じたもの3箇所、橋台の前方に僅かに傾斜したと認められるもの4、5箇所、及び、袖石垣の沈下したものが数箇所あったのみであった。

一方、各所に点在する煉瓦アーチ単連の小橋梁や架道橋の類は崩壊したものが多。

これは構造物と接している裏込土や路盤からの動土圧の影響のためかと考えられる。

2.3 まとめ

以上見てきたように、地震荷重に対して設計されていないと思われる煉瓦造あるいは無筋コンクリートの橋梁下部工は、ほとんど無傷ではあり得ず、修理あるいは改築を必要とした。しかし、マッシブな形状のものは破損しながらも桁を落とすことなく支え、使命の一端を果たした。一方、スレンダーな形状の橋脚は切断倒壊したものが多かった。

煉瓦構造が今日の鉄筋コンクリート構造に比べれば、一般に「弱い」構造であることに異論はなく、経年による劣化の問題もある。しかし、大地震の洗礼を受けたとき、少なくとも基礎工のしっかりしたずんぐりした煉瓦構造物は、意外にしぶといパフォーマンスを示すかもしれない。現代の高度化したスマートで大型の構造物が意外にもろい一面を見せてくれたので、そのようなことが頭の中をよぎるのである。

3. 無筋橋脚の耐震補強

3.1 煉瓦造橋脚の補強方法（文献7による）

必ずしも耐震を目的としたものではないがb), c) を中心に実施されてきた。

- a) 帯鋼板巻き工法 ひび割れを生じた部分を中心に帯鋼板で橋脚を巻いて補強する方法
- b) コンクリート打ち換え工法 劣化した部分を撤去して代わりにコンクリートで置き換える方法。かさ上げや、桁座面積拡大にも応用している。
- c) コンクリート巻き立て工法 在来の橋脚の周囲を鉄筋コンクリートで巻き立て補強を行う工法
- d) 帯鋼板接着工法 帯鋼板を縦に橋脚に接着して補強する工法

3.2 外観を保存しながら補強をするための工法

土木遺産としての橋脚を外観を変えずに補強するためには、3.1 で挙げたいずれの方法も適用できない。薬液注入による強化とか、躯体の内側に何等かの芯を入れるようなことを考えなければならない。後者は、活線では実施しようがないと思われる。

謝辞 鉄道総合技術研究所橋梁研究室市川篤司氏には、資料の閲覧などに多大の便宜を図って頂いた。感謝いたします。

参考文献

- 1) Milne, Burton & Ogawa: The Great Earthquake of Japan, 1891
- 2) 「日本国有鉄道百年史」第2巻, 1970, p. 229-231.
- 3) 震災予防調査会報告, 第1号
- 4) 鉄道省大臣官房研究所編「大正十二年鉄道震害調査書」
- 5) 高坂紫明「鉄道防災改良施工法」
- 6) 岐阜工事事局五十年史
- 7) 鉄道総合技術研究所編「レンガ・石積み、無筋コンクリート構造物の補修、補強の手引き」1987

新しい耐震設計の考え方と文化遺産・景観

京都大学建築学科 西澤英和

報告 近代文化財建築の補強

(1) 阪神大震災と近代建築の被災

建築学会近畿支部の歴史意匠部会を中心に文化財級建物の被害調査が行われた。統計の数値は同部会の報告に詳しいが、(1)民家・農家・酒蔵等の伝統的木造建築 (2)無補強組積造 (URM) の被害が顕著であったのに対し、(3)市街地建築物法下のRC造建築はほぼ無被害であった。このことは、例えば木材量が少なく、老朽化の進んだ木造建築やURMなどの脆弱な(vulnerable)建物の耐震改修(retrofit)が急務であることを示すとともに、RC造については戦前の基準に従って設計すれば、神戸地震程度の直下地震にはほぼ完全に耐えうる事が証明された。

(2) 建築基準法の動向と近代建築

戦前の建物は昭和12年の支那事変後の鉄材統制の影響を受けるまでは、大正13年の改正市街地建築物法(物法)に基づいていた。当時は水平震度0.1で現在の半分であったが、積載(死)荷重は現在例えば学校の $110\text{Kg}/\text{m}^2$ を $420\text{Kg}/\text{m}^2$ と大きくとり、更に短期許容応力度を概ね $F/2 \sim F/3$ に設定するなど、大積載重量・小震度・小応力度設計の思想に基づいていた。また、上下動については物部長穂博士の合震度が随時考慮された。然しながら昭和19年の戦時規格により許容応力度を一時 F (長期)近くまで引上げ、更に積載荷重を極端に軽減するするとともに、地震力の引上げが行われた。戦後、これをやや緩和したのが昭和23年の建築規格3001号であり、昭和25年制定の建築基準法はほぼこれを受け継いだものである。現在の小積載重量・中震度・大応力度設計は要するに戦時立法に端を発し、戦後の経済的制約の中で、当時のlimit analysisなどを論理的背景に据えて戦災復興規格として制定せざるを得なかったという面が強い。今回の高度経済成長期の都市建築の壊滅的な被害は、現行基準が破壊的地震に対して、設計地震力と設計応力が現実的でないことを示す共に、戦時規格からの脱却更に戦前の物法の再評価の必要性を示している。

(3) 歴史的建造物の耐震補強の工夫

retrofitの手法は戦後大量に建設された耐震的に不適格な膨大な不良ストックを良質

化する上でも、又わが国がフローからストック社会に移行させる上でも重要な要素技術であるが、その意味でも連綿として行われたきた近代建築などの文化財級建造物の修復補強技術は重要である。最近、新素材やハイテク技術は歴史的建造物の耐震修復でも幅広く適用されているが、米国のようなbase isolator 技術などの拡大が新しい手法として急速に拡大すると予想されている。

パネルディスカッション 未指定建築物の耐震補強と費用分担を巡って

文化財級建造物の地震時の危機管理体制の抜本的な見直しが必要である。欧米の事例を参考に今後の対応策を提案したい。

① 登録制度の導入

日本は3600件が指定物件、米国california州では9 万件、英国では40万件が登録文化財となっている。さらに登録されていないが価値の高いものをeligibleとして同等に扱うのが基本となっている。指定制度の枠を越えた登録制度(register, listing)の導入により危機発生時の対象物件の確定と適用範囲の現実的拡大が必要である。欧米ではinter-net でデータが開示されている。

② programatic agreement の作成

危機発生時の各組織の相互の協力体制と行動を協議した作戦書と協約を作成し、発生時には直ちに責任者は署名して行動を開始する。

③ assessment

米国では例えばseismic hazard mapping act などにより地盤震害、活断層などの情報が開示され定期的に改定がなされている。また、地震発生直後はFEMA, OBS, 民間にBQE などが30分以内に被害予測を発表するようになっている。

④ NPOの育成

危機発生後には建物の損傷評価・復旧指導などに十分な知識を有する専門家の対応が必要となる。このため、historic architectの育成と職能の確立が必要であり、半官半民の中立組織としてNPO が不可欠である。研究者などは第1線で戦うことが期待されている。なおvoluntary な仕事に対する報酬についてはtax credit制度の導入などを検討する必要がある。

⑤ 基金

米国ではFEME FUND などにより、reduce hazard の基本理念に基づいてseismic retrofitを中心とするmitigatin program が実施されているが、その判断基準として①public②non-profit③historicが列挙される。この意味で登録文化財は重要な対象と考えられている。民間基金の創設のための税制の優遇措置を図るとともに、義捐金の運用方法についても諸外国なみのルールの確立が必要である。

危機管理の基本は”転ばぬ先の杖”であり、事前に積極的な対応を講じておくのが全ての組織で重要であるが、民間については、修復補強などについては欧米並みに公的基金の弾力的な導入を図ることが必要であり、危機後の復興もこれによって早まり、税収の面からも望ましい。何れにしても危機後に大混乱を来した今回の事態を深刻に受け止めて作戦を練り直す必要があるが、とくに縦割の組織を越えた情報公開と相互協力体制の確立が急務である。”TURNIG LOSS TO GAIN”の合言葉のもとに。

以上

近代土木遺産にふさわしい補修とは？

[馬場俊介]

- ポイント1 : 「文化財」としての価値を失わせる補修、持続させる補修とは？
ポイント2 : 耐震補強の智恵 — できることと、できないこと
ポイント3 : 戦前の土木構造物の中で、どの構造物を文化財級と認識するか？

ポイント1

- ① 戦前の橋に多い煉瓦積と石積の橋脚はどうなるのか？ → 舟木橋、乙栗子橋（三重）
- ② 落橋防止のために橋脚を改修した例 → 秋葉橋（静岡）
- ③ ローゼ桁の曲げ機能を鉄板で強化した例 → 大手橋（長野）
- ④ 橋脚をコンクリート造に変えてしまった例 → 第五長良川橋梁（移設／岐阜）
- ⑤ 煉瓦アーチの側面をコンクリートで固めた例 → 蔵造川水路橋（長野）
- ⑥ 橋の半分を新しい桁に替えてしまった例 → 刈谷橋（愛知）
- ⑦ 構造体であるトラスを飾りとして残した例 → 緑地西橋（再々々利用／大阪）

キーワード : 文化財としてのオーセンティシティ (authenticity)

外観の継承（規模、形態、意匠、材料、技術の再現がもたらす細部の構造）
→ いかにもオリジナル部分を多く残すか。
→ 見た目の変化が（細部を含め）いかにも少ないか。

ポイント2

(a) 落橋防止

- 連続桁橋 : 軸方向移動は拘束されているので、直角方向の移動防止に専心する。
→ 無駄な補強を避ける。直角方向の移動防止なら目立たない。
単純桁橋 : 橋梁上縁部（床版と上弦材）を連続化することで、補強と落橋防止の両方を狙う。
→ 今後の研究課題。

(b) 無筋橋脚

- 免震支承 : エネルギー吸収効果は高いが、大きくなるのが難点。
→ 技術開発により小型化を図る。
橋脚補強 : 被覆煉瓦・石材を撤去し、表面処理した上で鋼板を巻き、表面を化粧煉瓦・石材で覆うなど、大改造が必要となる。
→ 多大な施工費用と、橋脚部の「文化財」的価値の喪失が問題。
→ 何とか補強しないで済ませられないか？

キーワード : 智恵は絞るが、ない袖は振れぬ

中規模地震に耐えてきた歴史的橋梁の実績
→ 可能な限り安全性を追求することは大切なのだが…
→ 文化と安全性とは同一の次元では語れない。

ポイント3

- [1] 上記 (a)(b) の対策が大変なため、改修ではなく、架替で対処すべきとの提案が下される可能性が高い。
- [2] 「文化財」級の構造物の価値をいかにして認識させるか？
- [3] 土木学会（土木史研究委員会の近代土木遺産調査小委員会）では、平成3～7年度にわたり全国調査を実施してきた。今後、数次にわたって報告が出される予定。

キーワード : 土木文化財を活用したまち造り

地域の文化と歴史的景観の継承
→ 文化財の世界は減価償却ではなく「古いものほど価値がある」世界。
→ レトロフィット＝苦勞してお金をかけても残す価値は十分にある。

橋梁構造の立場から

東京大学 藤野陽三

1. 阪神大震災による橋の被害

兵庫県南部地震ではどのような橋梁にどのような被害が大きかったのか、ふつうの橋の挙動はどうであったのか、古い橋はどうだったのか、全く被害を受けなかった橋も多い。

2. 性能設計の立場から

建設省は地震の後、いわゆる2G対応の復旧設計を指針として打ち出した。2Gとは重力加速度の倍のことである。これは、ある地点を考えたとき、500年に一度のオーダーといわれている。基本的には復旧設計指針は既設、新設にも適用されることになろう。しかし、耐震設計のレベルも、地震危険度、橋の通過交通量、避難路としての役割などの機能によって変えるのが自然である（性能設計）。歴史的価値のある橋は機能としての価値は高くない場合も多いのではないだろうか。また、河川の洪水危険度のように、危険度を明示するやり方もある。

3. 免震技術の活用

免震技術は既設構造物の耐震性向上に大いに有効である。アメリカではそのような適用例は多い。条件が整うのであれば歴史的橋梁への適用が期待できる。免震支承の小型化が可能になれば、古い橋に使うにはもっとも適した技術であろう。構造制御技術も進歩しつつある。

4. 歴史的橋梁は地震に弱いのか

古い橋は概して地盤の良いところにある。古い橋ならば、独立橋脚がない単径間も多いであろう。また、アーチ橋が地震に強いことはよく知られたことである。果たして、古い橋は地震に弱いのが多いのであろうか。一つ一つ条件が違うので一概にはいえないことは事実である。全国に散在する歴史的橋梁を調べ、タイプを分類し、その耐震性・補強法を考えることは重要なことである。全国の大学いる橋梁・土木史関係者が中心となって、調査プロジェクトを興して調べることを提案したい。

「文化遺産とデザイン」

篠原 修

1. 聖橋の修景を毎朝見て考えたこと

- ・ エンジニアが橋梁構造の初歩を知らないのか。
- ・ 橋の形とライトアップ、どちらが本体なのか。
- ・ デザイン（意匠）意図を教わらなかった、誰のデザインか知らない、デザインを尊重する？

2. 都市景観の1つの意味 時間・空間の蓄積の意味

- ・ [神田川——甲武鉄道——聖橋という時間のつながり
聖堂——ニコライ堂——聖橋という空間のつながり
- ・ 時・空間のアンカーとしての橋

3. 景観デザインにとっての文化遺産という存在

- ・ 調和ではなく要素と要素の時・空間的關係で考えよ
- ・ マスタープラン不信の国での付けるデザイン、連句的方法の大切さ
- ・ 遺産＝ものは都市景観デザインにおいて不可欠である
- ・ デザイナー＝人への敬意——都市景観デザインの心