

阪神大震災における神戸市東遊園地の彫刻 および屋外構築物の被害

秦 正 徳

(平成8年7月1日受理)

要 旨

埋め戻した土地に構築された東遊園地の彫刻および屋外建築物は、兵庫県南部沖地震で、傾斜、転倒、崩落などの典型的な被害を呈した。この被害状況を報告するとともに、彫刻や屋外構築物の力学的性質に検討を加えた。得られた結果は次のとおりである。

- ①石を用いた組積造の構造は、被害を受けやすい。
- ②石と金属製ダボの接着は充分でない。
- ③プラスチック造、鑄造、鉄筋コンクリート造のような一体化された構造は地震に強い。
- ④重量が小さく、断面二次モーメントが大きい構造は地震に強い。
- ⑤埋め戻した土地は軟弱であるので、転倒防止のためにフーチンを広くとる必要がある。

キーワード

阪神大震災、彫刻、テラス、屋外構築物、耐震設計

1 はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部沖地震による被害は、倒壊した家屋が十万棟以上¹⁾死者5500人以上²⁾という未曾有の被害をもたらした。直下型大地震の威力を十二分に見せつけられた被害状況であった。その後一年以上経過した今日、多くの報告がなされたが、人命にかかわる被害に直接関係がなかったこと、および、被害総額が小さいことから、ここにとり上げた彫刻など屋外の構築物の被害について報告されたものは見あたらない。

しかしながら、彫刻の転倒による被害を想定したとき、かならずしも人命に関係がないと断言できないし、歴史上貴重な作品である産業工芸学科

ことも想定される。加えて、1995年7月より施行された製造物責任法によって屋外彫刻の安全性の関心も高まっている。さらに、本学が位置する高岡市においては、銅像など多くの屋外彫刻を生産しているため、彫刻などの安全性能について関心が高いと考えられる。

このような背景から、この報告では、地震の被害がもっとも高かった神戸市中央区に存在する東遊園地の彫刻および屋外構築物を調査した結果をとり上げ、構築物としての力学的側面からの考察を試みた。

2 東遊園地の位置

東遊園地は神戸市中央区加納町6丁目に位置し、図1³⁾に示した震度7以上の地域内で

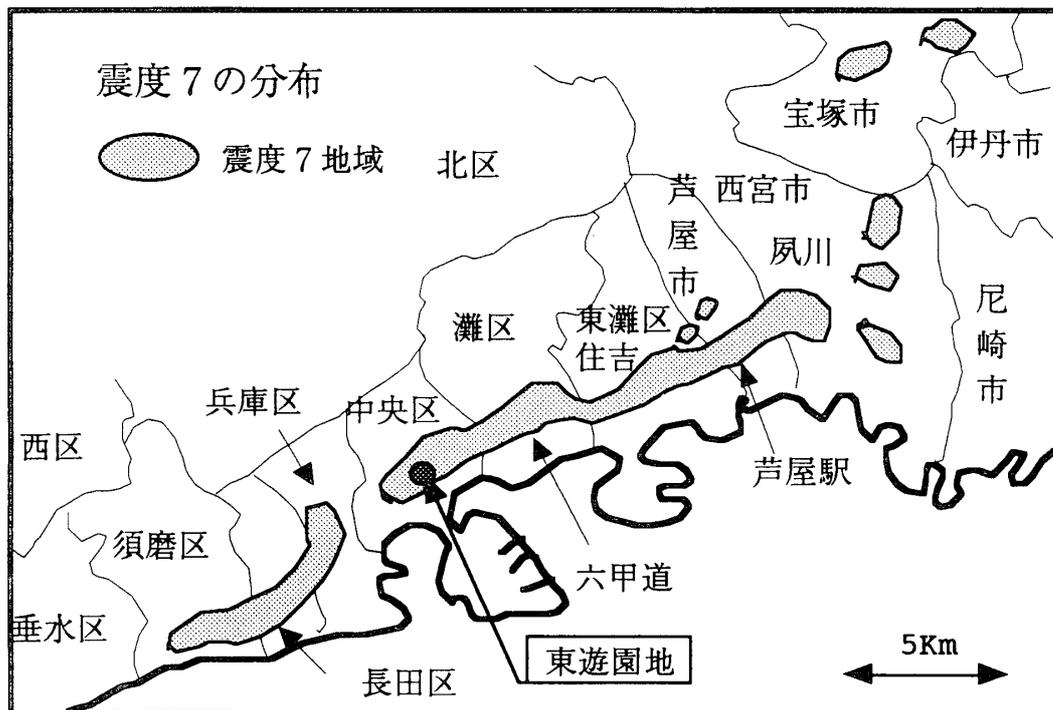


図1 東遊園地の位置(震度7の地域に位置している)²⁾

あった。写真1に示すようにこの遊園地は地下駐車場を埋め戻した敷地に展開されたものである。このことから、写真2に示すように地盤沈下や陥没が著しく、極めて悪い地盤の立地条件である。写真の①の矢印の地面が埋め戻し当初のレベルと考えられる。②の矢印の地面まで①の地面が沈下した。この差は約1メートルであった。このように地盤の悪い敷地であったので、彫刻の被害例としては極端なものと考えられる。

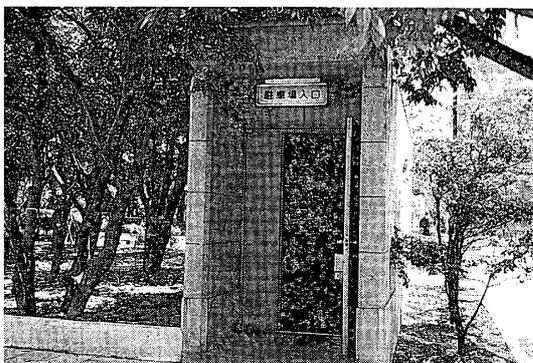


写真1 地下駐車場の入口
(東遊園地は地下駐車場の埋め戻した地業の上にある)

3 被害状況

東遊園地には、石碑や像など屋外に設置されると想定される種々の構造物が存在してい

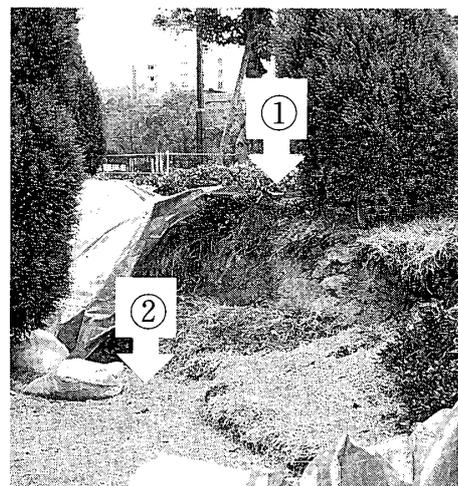


写真2 90cm以上も陥没している
(地下駐車場の建築物との境であろうか)

た。これらの、構造物の被害状況を列記すると写真3から写真25のとおりである。作者と制作年が判明しているものは付記してある。また、大きさは(露出している基礎の幅-同じく奥行き-全体の高さ)の順で単位はcmで

記載している。なお、測定困難な作品の高さは推定である。この場合数値に*がつけてある。

3.1 石碑

もっとも被害を受けたのがここに記すいわゆる石碑と呼ばれる一連の石造りの彫刻であった。代表的な被害形態は、接合のはずれによる倒壊、転倒、傾斜であった。

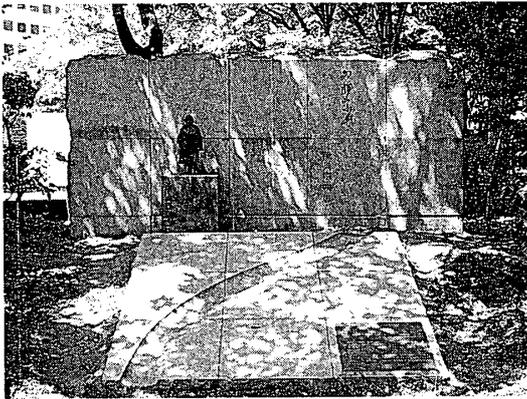


写真3 加納町の由来1981.3・修復された状態1996.5(300-40-135)



写真4 被害の状況

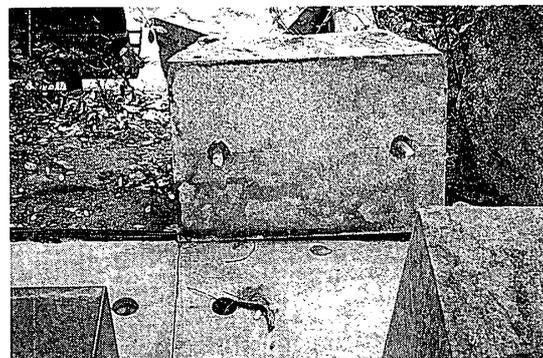


写真5 接合部の破壊状況

写真3に示した石碑は金属製のダボと接着剤で幅600mm、奥行き400mm、高さ600mm

の御影石を10個連結したものである。この石碑は地震によって写真4のような接合のはずれによる損傷を受けた。接合部を写真5に示した。接合部分の金属製のダボの接着がまったく機能していなかったことが看取された。金属製のダボの材質は外観と損傷から2種類の金属が使われていたことが分かる。1段目と2段目を連結していたステンレスらしいダボの直径は20mm、突出している長さが120mmであるので全長は240mmと考えられる。基礎と1段目との接合に使用された金属製のダボの直径は10mm、同様に全長は240mmと考えられる。基礎1段目の接合に用いられたダボは色調や変形からステンレス以外のものであった。おそらく真鍮であろう。ダボ穴はすべて50mm、間隔は400mmであった。

接着剤がどのようなものであったかは推測の域を脱しないが、破断した箇所を観察すると、エポキシ樹脂系のものとセメント系のものと思われた。いずれの場合も石造部分には接着材の痕跡が認められ、金属のダボにはまったく認められなかった。

写真6は中央付近に4本の金属製のダボで位置決めされて底面1200mm×1200mm、高さ340mmの御影石の塊を8個重ねて構成さ

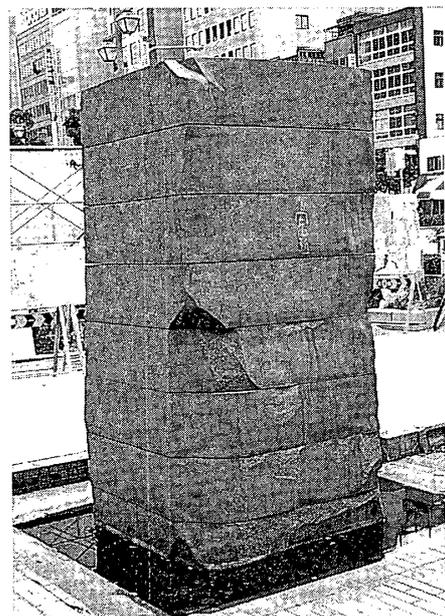


写真6 御影石モニュメント(120-120-280)

れている。この作品は、全体が曲げられるような振動による力を受けて外側の角が欠け落ちていた。

写真7は転倒の被害例である。この作品は、構成されている石造の部品相互が接着や仕口による連結がまったく為されていないで積み重ねて構成されていた。このため水平振動による水平力⁴⁾が部品の重量による復元力に勝って転倒した模様である。

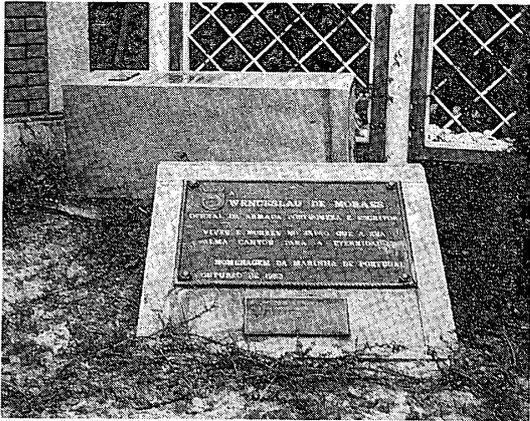


写真7 モラエス翁像(長谷川雅司作)(60-60-149)

写真8の作品は接合部の損傷もなく作品そのものの被害はなかった。周りの地面の陥没などから地盤の悪いところと推測される。この場合は基礎が充分でなかったと考えられる。基礎部分は平面積 $60 \times 60 \text{cm}^2$ 、地表面からの

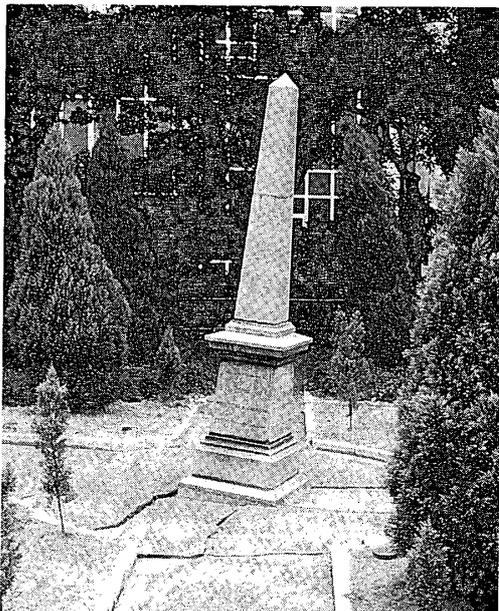


写真8 A.C.シム記念碑1981.3(60-60-320*)

高さ30cmである。周りは埋め戻した土の上を薄い約30mm厚さのアスファルトで固めてあるだけであった。作品が角錐であるので重心が低かったことおよび接合がはずれなかったことにより被害が最小に収まったと考えられる。

3.2 像

調査した東遊園地におけるいわゆる銅像の被害は、ほとんど見受けられなかった。写真9, 11のような一体に整形された(铸造と思われる)作品は分解したり転倒したりしていない。また、一体に整形された作品と基台との接合が充分でバランスの良い形状の写真10, 12の作品も被害を受けていない。

しかし、一体成型されている上部の作品が極端に張り出し、作品と基台との接合が不十分であった写真13の作品は、石碑の被害同様、転倒による被害を受けたと考えられる。震災2カ月後に調査したときにはこの像はなく、この場所には名盤だけがあった。その後の1996年5月の調査の折りに修復されたこの像を確認した。像の損傷および基台の連結部分の補修から明らかに被害にあったものである。画面の左側に転倒したと推測される⁵⁾。



写真9 モーツアルト像1991.11(255-255-370*)

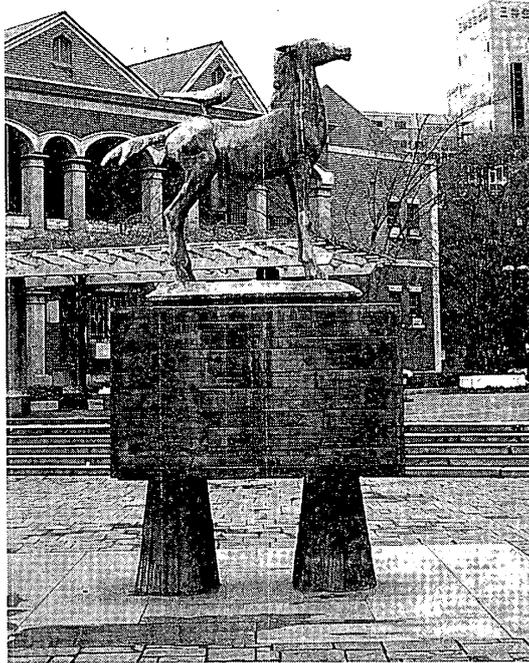


写真10 愛(原口抄子作)(208-100-260)

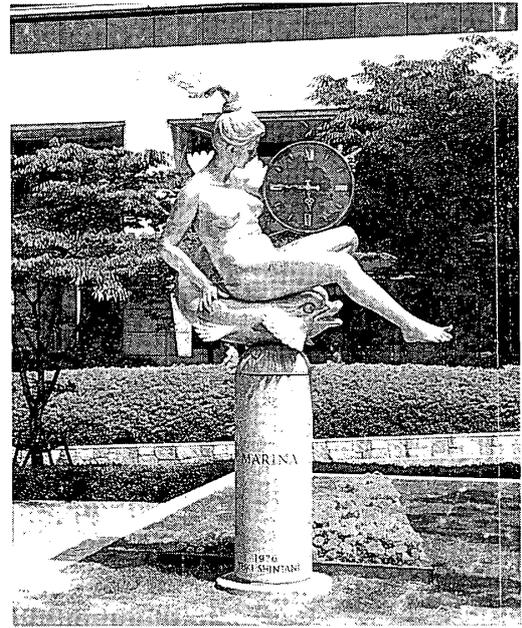


写真13 修復されたマリーナ
(Yuki Shintani作)1976(直径60-234)

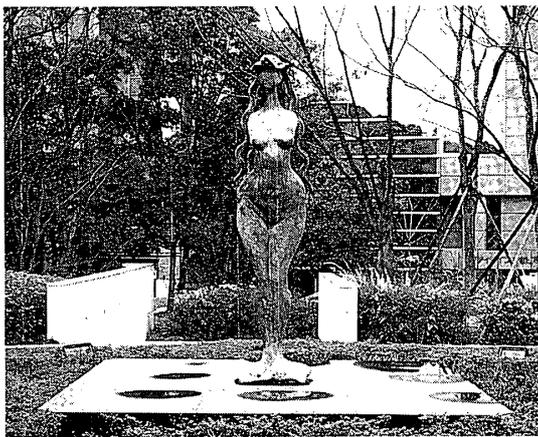


写真11 エーゲ海に捧ぐ(木内克作)1972
(270-270-250*)



写真12 こうべウォーター70周年記念
(宮崎辰雄作)1971(直径40-185*)

3.3 オブジェ

作品の主要な部分の材料が石でない抽象彫刻をオブジェとしてここに挙げた。写真14, 15, 16に示したこの種の作品は一体に整形された作品が多く、基礎との接合が充分であれば被害を受けないようである。写真14の作品は厚さ33mmの透明板を4枚積層接着して構成されている。写真15は直径約1000mmの球を基本とした、深い溝が彫り込まれた鋳造品である。写真16も一体となった構成になっている。これらの作品はまったく損傷がなかった。

作品と基礎とはボルトのような金物で機械的に連結されているようである。自重で重ねられていたり、基礎と接着されているようではなかった。基礎と作品との連結については詳細に調査をする必要があると思われるが、少なくとも、作品と基礎との間に損傷は認められなかった。

これらのオブジェの特徴として、三角形や四辺形という幾何学的に安定した形状ばかりでなく自由な曲面を多用しているにも関わらず、全体のバランスを考慮した心理的に安定

な形を呈しているといえよう。このことは形の安定、すなわち力学的な安定構造につながっていると考えられる。

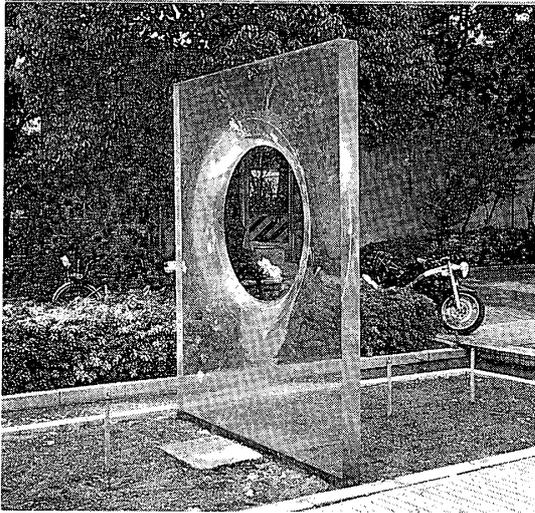


写真14 スペースアイ(多田美波作)1981.3
(200-13-200)



写真15 水と光のためのプロジェクト
(高橋潔作)1981.3(130-110-205*)

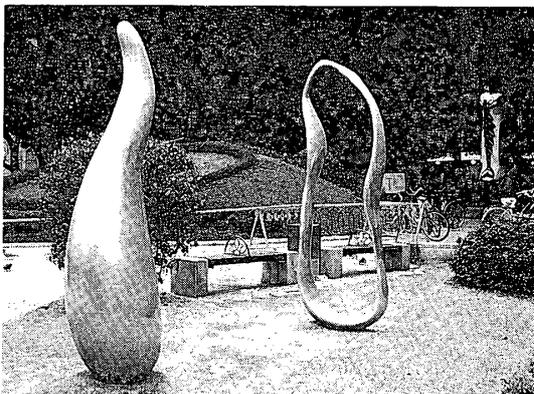


写真16 わたしと私(井上玲子作)1981.3

3.4 塔

調査した公園にランドマークとして存在する高さが10メートル以上の塔を写真17に挙げておく。背の高いモニュメントの例として興味深い。被害はまったく観察されなかった。

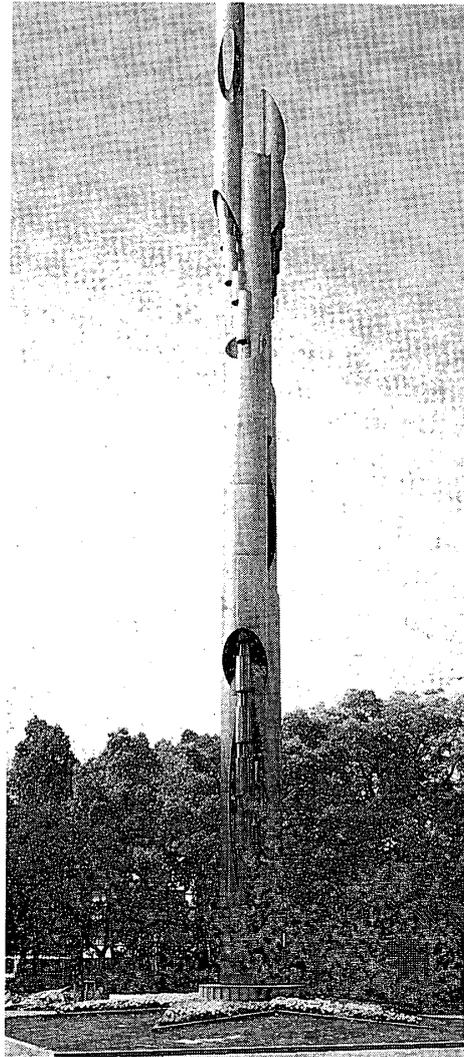


写真17 光の彫刻塔(コジマ・カルルッテ作)
1971.3(直径200-1000*)

3.5 屋外構築物

いわゆる彫刻などの作品と異なる公園の構成要素を屋外構築物として写真18から25に列挙した。写真24, 25はテラス壁とも考えられる彫刻を配した壁様の建造物であるので、ここに挙げた。鉄筋の入ったコンクリートの壁に作品を張り込めた作品であり、被害を受けていない。

写真18のフェンスは地盤の悪さから傾斜する被害を受けている。現場の状況からこのフェンスは水平の地盤の上に構築されていたと観察される。写真の左から2本目の柱と3番目の柱の間に段差が出来ている。埋め戻した土砂が陥没したと観察される。段差は940mm以上であった。この段差は全長約50mほど連続していた。段差が人工的な直線を呈しており、隅角部が観察されたので、この下にある地下駐車場の建造物との関連があると考えられる。写真18のフェンスの後ろに見える建物は地下駐車場の利用者の入り口である。

写真19は石造の階段である。石造の彫刻に準ずる被害と考えられる。構成されている石は自重で重ねられているだけであった。最大

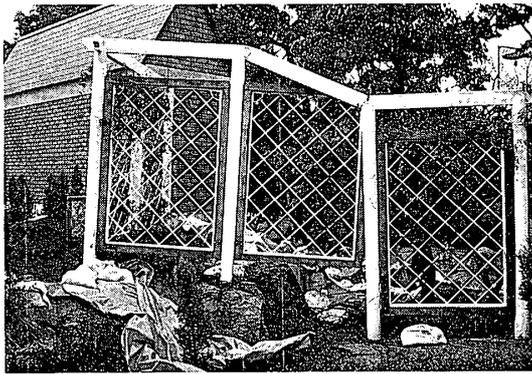


写真18 フェンス(155-25-250)

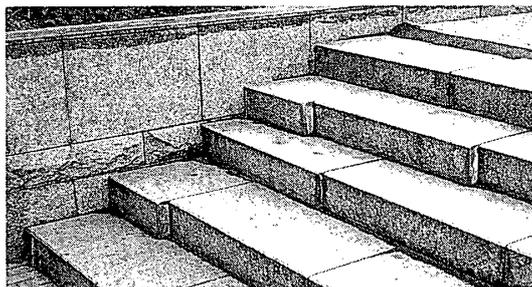


写真19 石 段

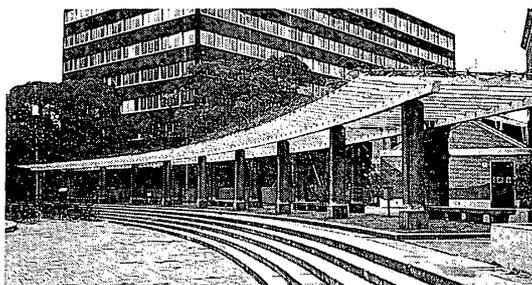


写真20 テラス
(柱43-43-290/柱間隔400/奥行き250)

ずれは約5cmが観測された。

現地の観察によって被害を受けていないことを確認したものに、写真20のテラス、写真21のトラスステージ、写真22から25の壁体が挙げられる。写真20のテラス以外の構築物はいずれも地下駐車場の埋め戻しの土地の上に建造されている。この土地には前述した約1メートルにおよぶ陥没から10cm程度の凹凸が筋状に随所に見られた。テラスとトラスステージは上部構造が軽量であり、壁体は一体に仕上げられた構築物である。これらのことから被害を受けなかったと考えられる。

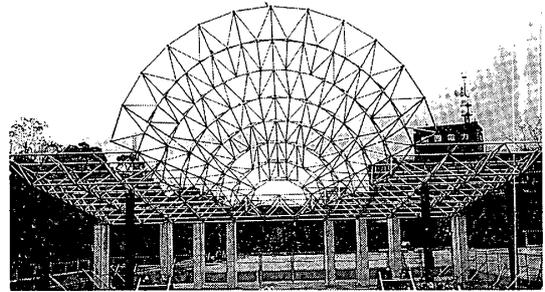


写真21 トラスステージ(1300-500-600*)

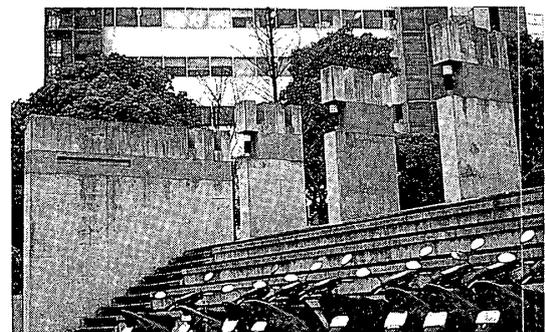


写真22 モニュメント(40-160-300)

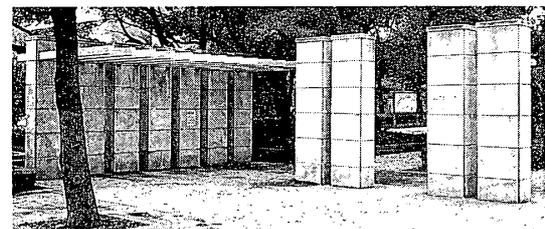


写真23 テラス壁(70-45-300)

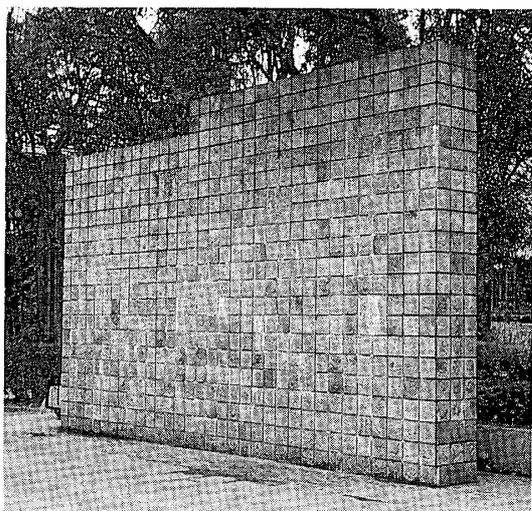


写真24 明日の手形1973.9(660-61-420*)

写真25 ふれあいの滝1981.3
(小120-45-250/大180-45-250)

4 考 察

被害の状況を3章で述べたが、被害は必ずしもすべて同じように受けていない。この差はどうして生じるのかについて、この章では力学的な考察を加えてみたい。

4.1 構造システムからみた彫刻などの被害

彫刻の構造を構成要素を面要素で、接合を白丸で、基礎（地盤）をハッチング面要素で抽象化すると図2、3のようになる。これらの図のように、彫刻は片持ち梁⁶⁾系の静定構造⁷⁾として捉えることが出来る。片持ち梁系の静定構造では、すべての構成要素に、軸力、せん断力、曲げモーメントを伝達する能力が期待される。この三つの力伝達能力の一つでもかけると、不安定構造になってしまい、バランスが悪いと一挙に崩落する。彫刻は、構造システムから見るともっともシンプルな構造といえる。

図2のシステムでは、作品本体を構成するときその要素を接合で連結している。石造彫刻では、自然界にすでにある素材を加工して構成するので、基礎と作品を連結する部分以外に複数の接合を必ず必要とする。複雑な形状を構成するために、接合の数が相当数多くなる。先にも述べたが、静定構造は構成している要素に要求される三つの力伝達能力の一つでも壊れたら不安定構造となる。接合は不安定になる引き金であるので、この数が増えることは危険因子が増えることになる。

今回被害に遭った石造彫刻は、接合部分の

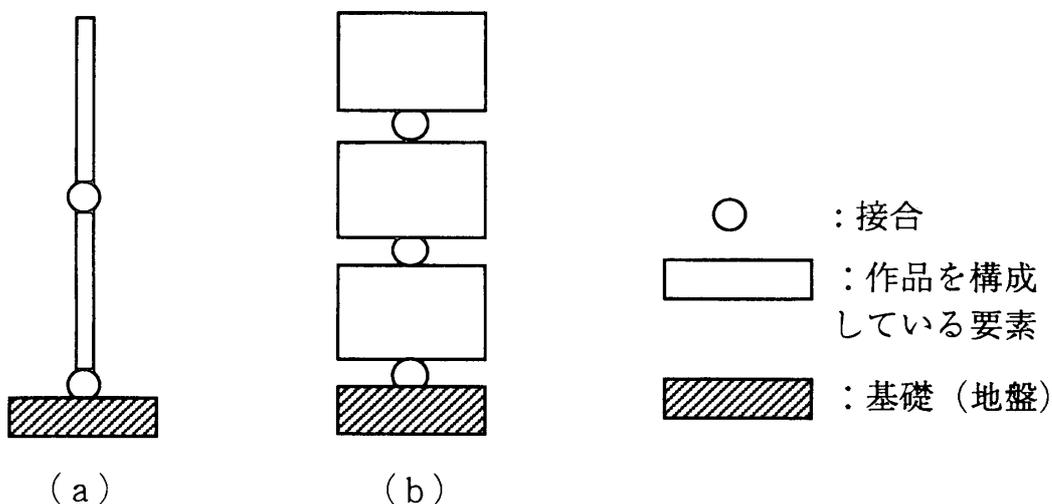


図2 石造彫刻の構造(片持ち梁系静定構造)

破壊状況から、実質的に接合が機能していなかったと考えられる。接合を構成要素相互の接触面と考え、これらの石造彫刻をここで言う片持ち梁系の静定構造として捉えるよりも、自重による摩擦で安定している組積構造と捉えた方がよいと考えられる。通常、摩擦係数は1以上となり得ないので、地震による層せん断力係数が1以上になれば、彫刻はだるま落としのように壊れていくと想定される。実際には石と石との摩擦係数は0.2付近⁷⁾であることと、地震の加速度は上下方向⁸⁾にも作用するので、組積造では地震による横方向のすべりは防ぎようがないといえる。このため、今回の調査でも積み重ねられた構造の彫刻が被害を受けている。

図3のシステムでは、作品本体が一体になっているので、接合は基礎と作品を連結する部分だけである。片持ち梁系の静定構造であることは図2の場合と同様であるが、接合の数が一つであることから危険因子が少ない。加えて、基礎部分は作品のイメージにあまり影響することがないので接合の形や施行の自由度が高い。そのため適切な構成をとることが容易である。結果として、地震に強い構造となっている。基礎が充分であれば、作品が転倒することも崩壊することもない安全な構造

となる。

この種の作品の具体例は写真9、11の鋳造した像や写真14から16のオブジェであるが、コンクリートを流し込んで一体に成型する写真22、23の壁状のモニュメントもこの鋳物と同様に作品に接合を持たない一体構造として捉えることが出来よう。したがって、これらの壁面を構成する作品の被害は見受けられなかった。

写真24のモニュメントはコンクリートを流し込んで成型された壁面に手形のタイルを貼り付けたもので、上述した一体に成型されたものと同様に被害がなかった。

図4に示すような不静定の構造⁹⁾も屋外構築物に見受けられた。この構造システムの構造物は構成要素の一つが3つの力伝達システムをすべて満足しなくなっても、すなわち一部が壊れても、不安定構造とならない。ダメージを受けてもすぐさま崩壊しないのである。

具体例は、写真17のフェンス、写真20のテラス、写真21のトラスステージである。写真17のフェンスは地盤の悪いところに建造されていたので大きく変形して、一部の接合が破壊して完全にはずれているけれども、全体として自立している。トラスステージは写真では観察できないが、地盤が不規則に上下して

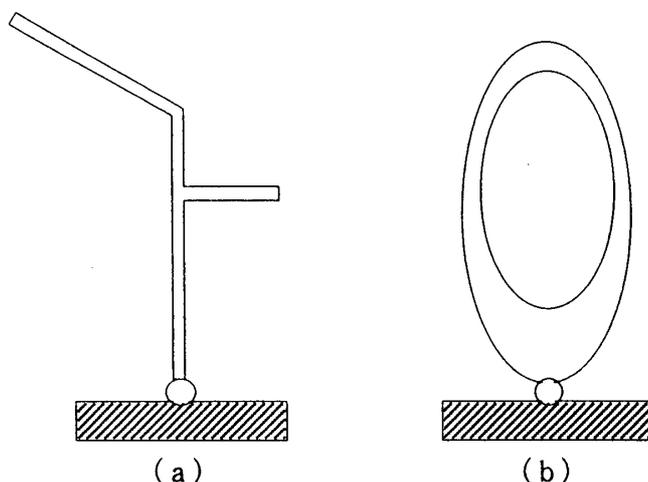


図3 鋳物彫刻の構造(片持ち梁系静定構造)

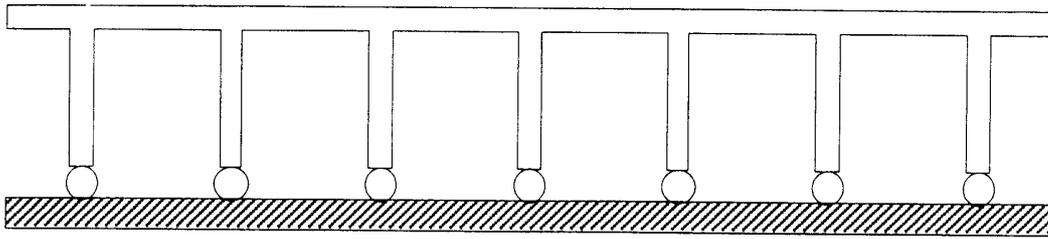


図4 屋外構築物の構造(連続梁系不静定構造)

いるにもかかわらず全体として元の状態を維持している。トラスステージの主要な構造が軽いことも被害を小さくしている要因と考えられる。テラスについては、基礎不部の変形も認められず、構造が軽いことから、被害を受けていない。

4.2 形状と重量からみた彫刻などの被害

4.2.1 転倒するとき

写真7のモラエス翁の基台のように、転倒したときの静力学的な釣り合いは図5のように考えられる。

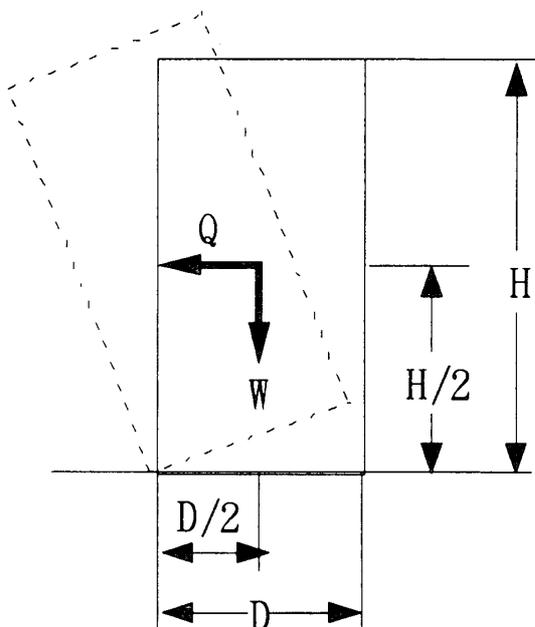


図5 転倒時の釣合

いま水平震度⁴⁾をKとすると水平力Qは、

$$Q = K \cdot W \text{ となる。}$$

いま、左回りのモーメント M_L は、

$M_L = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot H = \frac{1}{2} K \cdot W \cdot H$ となり、
右回りのモーメント M_R は、

$$M_R = \frac{1}{2} \cdot W \cdot D \text{ となる。}$$

力のモーメント M_L および M_R が釣り合っているとき、まさに倒れ始めようとしているときである。このときの静的転倒震度⁴⁾ K_R は、

$$K_R = \frac{D}{H} \text{ となり、}$$

幅が広く高さが大きいときは、この静的転倒震度が大きくなり倒れにくいことを示している。

写真7の基台の寸法から基台の静的転倒震度は0.4と算定される。この基台は転倒しているの、このときの水平震度は少なくとも0.4以上と考えられる。

4.2.2 転倒しないとき

転倒しないときは、図6の等分布荷重を受ける片持ち梁のように考えられる。

このとき、基台の底部に最大せん断力 S_{max} が生じる。この大きさはQとなる。せん断力の分布は高さに比例して小さくなるので、底部に近いほどせん断力による被害を受けやすいと考えられる。

また、最大曲げモーメント M_{max} は、

$$M_{max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot H^2 = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot H \\ = \frac{1}{2} \cdot K \cdot W \cdot H \text{ となる。}$$

図6の水平方向をx軸とすると、中立軸からx離れた位置の応力 σ_x は、

$$\sigma_x = \frac{M_{max}}{I \cdot X} \text{ で表され、}$$

$$\sigma_x = \frac{1}{2} \cdot \frac{K \cdot W \cdot H}{I \cdot X} \text{ となる。}$$

ここに、 I は後述する断面二次モーメント¹⁰⁾と呼ばれる断面の形状と中立軸の位置で決まる値である。

K は地震の規模によって決まる値であり、 H は作品の高さの値である。作品の高さが同じであれば、作品の材料を変形させたり破壊させたりする応力の値は、作品の重量と断面の形状によって決まり、重量が小さく断面二次モーメントが大きいほど強いことになる。

上述のことを、一般的に拡張すると次のようになる。高さ方向を y 軸とすると、高さ y での曲げモーメント M_y は、

$$M_y = \frac{Q}{H} \cdot (H \cdot y - \frac{y^2}{2}) \text{ となり,}$$

このときの σ_x は、

$$\sigma_x = \frac{M_y}{I \cdot x} = \frac{K \cdot x \cdot W}{I \cdot H} \cdot (H \cdot y - \frac{y^2}{2}) \text{ となり,}$$

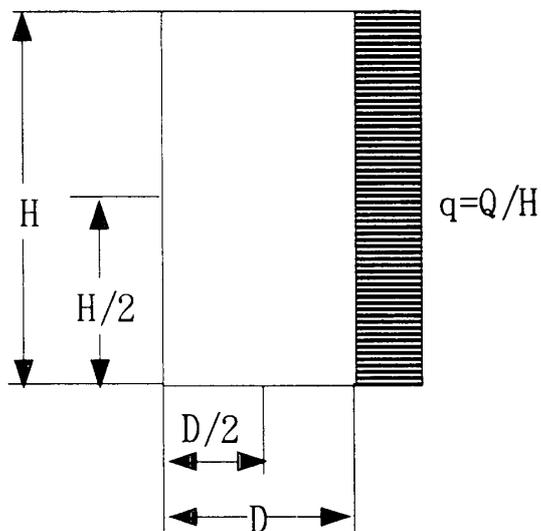


図6 転倒しないときの釣合

すべての断面における応力も重量 W に比例し、断面二次モーメント I に反比例する。すなわち、応力 σ_x は W/I に比例する。

ところで、断面二次モーメントと呼ばれる I の意味は、次のように理解することが出来る。中立軸から x 離れたところの応力を σ_x としたので、この応力が作用している微小面積 dA での力は、 $\sigma_x \cdot dA$ となる。中立軸からの距離が x であるので、この力によるモー

メントは $\sigma_x \cdot dA \cdot x$ となる。

いま、 $\sigma_0 = \sigma_x / x$ とおくと上述の力によるモーメントは $\sigma_0 \cdot x^2 \cdot dA$ となりこれを面積で積分するとこの面における力によるモーメントの総和すなわち曲げモーメント M が得られる。

$$M = \sigma_0 \int x^2 dA$$

σ_0 は中立軸から単位距離のところの応力であるから、断面に固有の値はこれをはずした後ろの項すなわち、

$$I = \int x^2 dA$$

で表すことが出来る。この I を断面二次モーメントと呼んでいる。

この I の値は、中立軸からの距離 x の3乗に比例するので、作品の幅に関係している。また作品の重量は使用材料の量に比例する。写真16のようなオブジェは、幅があるので断面二次モーメントが大きく、中空であるので重量が軽い。すなわち W/I の値は小さくなり、発生する応力は小さくなる。したがって、地震には強い作品と考えられる。

写真6のモニュメントを見ると、せん断力および曲げモーメントが最大になる底部付近の損傷が顕著であること、また、 W/I の値(石の比重を $3^{13)}$ とすると、この値は $0.68g/cm^4$ となる)が大きいと考えられ、地震に不利な典型的な構造と考えられる。

次に、作品の固有周期(振動特性)について考察する。一般に物体の固有周期 T は次の式で与えられる¹¹⁾。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

ここに m は質量、 k はバネ定数である。図6の場合これらの値は、それぞれ次のようになる。

$$m = \frac{W}{g}$$

$$k = \frac{8 \cdot E \cdot I}{H^4}$$

ここに、 W が作品の重量

gは重力加速度(一般に980cm/sec²)

Eは作品の材料のヤング係数

Iは断面二次モーメント

Hは作品の高さ

である。

したがって、図6のような作品の固有周期はTは次のように求められる。

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{H^4 \cdot W}{8 \cdot g \cdot E \cdot I}}$$

$$= \frac{2 \pi}{88.5} H^2 \sqrt{\frac{1}{E} \cdot \frac{W}{I}}$$

この式によると、固有周期Tは、材料のヤング係数に反比例し、高さでW/Iに比例する。なかでも、高さは二乗で効いてくるので効果が非常に大きい。

この式を用いて写真6の御影石のモニュメントの固有周期T_mおよび写真17の塔の固有周期T_tをそれぞれ求めてみると次のようになる。

$$T_m = 0.2 \text{sec}$$

$$T_t = 8.0 \text{sec}$$

計算に用いた数値と仮定は、

石の比重¹²⁾: 3

石のヤング係数¹³⁾: 500ton/cm²

鋼の比重¹⁴⁾: 8

鋼のヤング係数¹³⁾: 2100ton/cm²

塔の肉厚を5cm, 10mの円柱とする。

である。

東遊園地のような軟弱地盤の卓越周期¹⁵⁾は1秒前後といわれている。写真6の御影石のモニュメントの固有周期は、一体のものではなく接合がずれることを考慮すると、上述した固有周期よりも長くなると考えられるので、地震の時に共振したことが充分考えられる。このため地震による大きな水平力が作用し、作品が被害を受けたと考えられる。

一方、写真17のような塔は高さが高いため、固有周期が長く地盤の卓越周期と大きく異なることになる。このため高い塔は一見不

安定に見えるが地震には有利とされる。

4.3 基礎と地盤

基礎が明らかに悪いという被害例は、あえて挙げれば写真8の石碑ということになる。これ以外には見受けられなかった。地盤が大きく影響していると考えられる。

写真8の石碑に使用されている石の比重を3.0とすると、全体の体積から、この作品の自重は約770kgとなる。底面が0.6×0.6mであるので地耐力は2ton/m²程度が要求される。この程度の地耐力であれば、埋め戻した土地に当初あったと考えられる。しかし、地震によって付近が陥没したときにバランスを崩して傾斜したようである。基礎の設計に際して、地耐力と自重との釣り合いだけでなく、図5に示した転倒を想定して底面を広くしておかなければならない。

このように基礎と地盤の特性は連携して考えて十分な設計をしなくてはならない。地盤の悪いところでは、堅い地盤に到達する基礎を設置することやバランスのよい浮き基礎の設置などを、沈下や転倒を防ぐために検討すべきであろう。

調査した東遊園地の基礎の妥当性は次のように考えられる。写真18に示した連結されたフェンスは地盤が大きく沈下しても転倒には至っていない。また、バランスのよい写真8の石碑が傾斜していたにもかかわらず作品そのものの損傷はまったくなかった。このような事例を見る限りに置いては、東遊園地の彫刻や屋外構築物の基礎の設計は十分であったと考えるのが妥当のように思われる。

5 まとめ

神戸市中央区にある東遊園地の彫刻および屋外構築物の兵庫県南部沖地震の被害について調査し、その原因について力学的な考察を加えた。

その結果、作品の接合が重要であることが

判明した。具体的には、組積造となる石の彫刻がもっとも注意を要する。また、作品を設置する場所としては、ここに報告したような公園が多いと考えられる。公園は他の建築物の付帯工事として施工されることが多く、作品は埋め戻された土地に設置されることになる。このような地盤の悪いところでは、基礎を充分にすることが肝要である。重量物の場合は地耐力から計算された支持力を充分に発揮し、転倒しないようにフーチンを広くとった基礎を採用すべきである。特に軟弱な地盤の上に設置するときは、パイルうち、浮き基礎を検討することも考えられる。

また、地震に強い彫刻は、静力的に見たとき、重量が軽く、断面二次モーメントが大きいものであることが指摘された。振動特性から地震に強い塔は背が高いものであることも指摘された。こうした観点から石造りのモニュメントや彫刻の基台は、地震に対しての

十分な注意が必要であることが指摘された。

今回の報告は比較的広い敷地にゆったりと配置された彫刻などの被害であった。ここに報告していない街のなかの彫刻についても調査したところ、歩道に置かれた石造の基台の上に備えられた彫刻の転倒は随所で見られた。歩道が完成した後に彫刻などが設置されることが多く、そのうえ、カラータイル（カラー舗装）の上に石の基台を自重で設置するだけで基礎で地盤と連結されていない。このような彫刻は横滑りや転倒という被害を受けている。

阪神大震災を起こした地震は早朝であったために屋内の被害が多いが、昼間であれば、街頭に設置された彫刻や構築物による被害が発生したと考えられる。近年、街路の個性化などで屋外彫刻を身近なところに設置することが多いので、十分な耐震性能を付与するよう設計を慎重に行いたい。

引用文献・脚注

- 1) 朝日新聞1995年3月17日の記事「阪神大震災から今日で2カ月」
- 2) 朝日新聞1995年6月9日の記事「見直し必要な被害想定」
- 3) 朝日新聞1995年2月8日の記事「震度7帯状に20キロ」をトレースして変更
- 4) 久田俊彦監修：「建物の耐震診断入門」鹿島出版会，1983,p.68
- 5) 朝日新聞1995年2月16日の記事「街が崩壊したあの瞬間」
- 6) 竹園茂雄著：「基礎材料力学」朝倉書店，1994,p.33
- 7) 多田政忠ほか：「物理学概説」学術図書出版，1968,p.29（鉄と鉄との静摩擦係数を参照）
- 8) 朝日新聞1995年6月26日の記事「横揺れ重なり縦揺れ生んだ」
- 9) 中村恒善編：「建築構造力学」丸善，1990,p.70
- 10) 竹園茂雄著：「基礎材料力学」朝倉書店，1994,p.46
- 11) Mario Paz著，木村欽一訳：「振動と力」丸善，1989,p.47
- 12) 理化学辞典，岩波書店，1965,p.238
- 13) 星野勝：「力学の構造物への応用」鹿島出版会，1993,p.119
- 14) 林業試験場編：「木材工業ハンドブック」丸善，1964,p.1002
- 15) 久田俊彦編：「地震と建築」鹿島出版会，1983,p.81

Damage of Sculptures and Outdoor Structures at the Kobe City's Eastern Park in Great Hansin Earthquake

Masanori HATA

(Received July 1, 1996)

ABSTRACT

The sculptures and outdoor structures which were constructed on the reclaimed ground at the Kobe City's Eastern Park demonstrated common types of earthquake damage such as slanting and collapse. This report shows the state of damage and studies the mechanic behavior of sculptures and outdoor structures.

The results are as follows.

- ①Masonry structures made of stone are easily damaged.
- ②The adhesive strength between stone and metal dowel pin is very weak.
- ③Monobloc structures such as laminated plastic, casting and reinforced concrete are resistant to earthquakes.
- ④Construction materials which have low density and high levels of fracture resistance are less likely to be damaged in an earthquake.
- ⑤ The reclaimed ground is so weak that it is necessary to make large footing for prevention of sculptures slanting and collapse.

KEY WORDS

great hansin earthquake, sculpture, terrace, out door structure, earthquakeproof structural design