

「兵庫県南部地震」後の基本水準標変動

平岩恒廣・斉藤茂幸・福山一郎：沿岸調査課

余座尚久・後藤礼介：海洋情報課

伊藤清寿：測量船「明洋」

黒川隆司・浅野晋一：第五管区海上保安本部水路部

Change of height of bench marks due to "the Hyogoken-nanbu Earthquake on January 17, 1995"

Tsunehiro Hiraiwa, Shigeyuki Saito, Ichiro Fukuyama : Coastal Surveys and Cartography Division

Naohisa Yoza, Reisuke Goto : Oceanographic Data and Information Division

Kiyohisa Ito : Survey Vessel MEIYO

Takashi Kurokawa, Shinichi Asano : Hydro. Dept., 5th R. M. S. Hqs.

1. はじめに

平成7年1月17日早朝、阪神・淡路島北部を中心としたM7.2、震度6の地震が発生し、震源域付近ではビルの倒壊や崖崩れが発生し甚大な被害をもたらされた。

また、こうした被害の他に海岸域においても岸壁や防波堤の崩壊・変形が多く見られ、海岸域の復旧には水路測量はもちろん岸壁や防波堤の改修が必要であり、そのためには地震で変動したと考えられる基本水準面の高さを再測定しなければならない（基本水準面は陸上に設置された基本水準標からの高さで表されており、水深の基準面である他に港湾工事における工事基準面でもある）。

しかし、基本水準標の多くは港付近に設置されているので震源域に近い基本水準標については消失あるいは破損している可能性があり、その場合は新たに基本水準標を設置する必要があった。

本報告は、地震に起因する基本水準標の変動量の測定と基本水準面の高さを再設定することを目的に、平成7年2～3月に尼崎、明石、岩屋、津名の4港で行った基本水準標の変動調査から今後使用されるべき基本水準面の高さについて述べたものである。

2. 調査概要

- (1) 基準面を決定するために基準験潮所として気象庁所管洲本験潮所を採用し、尼崎、明石、岩屋、津名各港にRMD型簡易験潮器を設置し測地験潮所とした。
- (2) RMD型簡易験潮器を設置後、副標と基本水準標間の水準測量および副標観測を行った。
- (3) 明石では、基本水準標と国土地理院一等水準点(NO.441)間で三級水準測量を行った。
- (4) 岩屋では、基本水準標と国土地理院一等水準点(NO.028-011)間で三級水準測量を行った。

なお、4港の基本水準標の存在は確認できたが、岩屋については設置した岸壁の破損が激しく移設の必要がある。

3. 調査結果

- (1) 洲本験潮所と各港の日平均潮位の変動。
図1-1から図1-4に観測期間中の日平均潮位を示す。各地点いずれも基準験潮所の変動に類似しているが、岩屋と明石では洲本と比べて潮位差に変化がうかがえる。

- (2) 洲本験潮所と各港の日平均潮位較差。

図2-1から図2-4に観測期間中の洲本験潮所と各港の日平均潮位の差を示す。岩屋と明石では潮

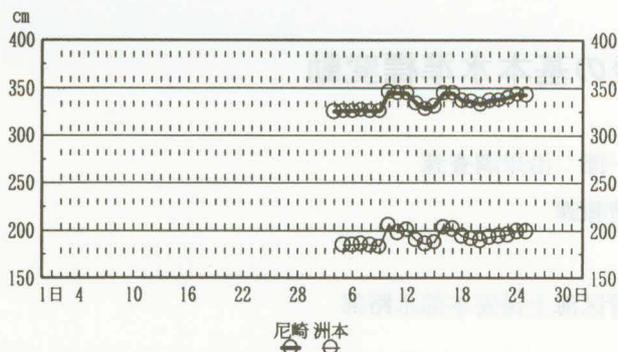


図 1-1 尼崎と洲本との日平均潮位比較

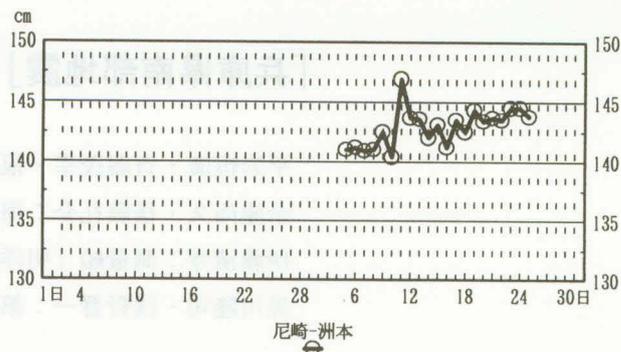


図 2-1 尼崎と洲本との日平均潮位較差

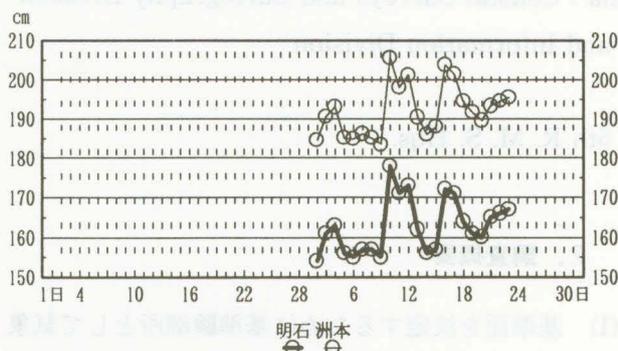


図 1-2 明石と洲本との日平均潮位比較

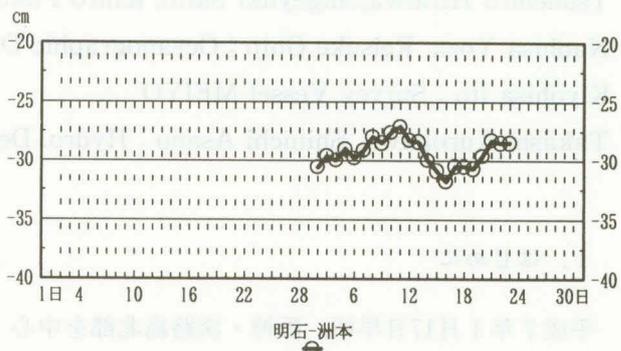


図 2-2 明石と洲本との日平均潮位較差

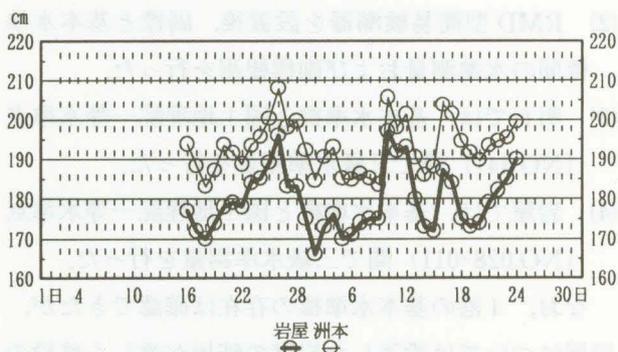


図 1-3 岩屋と洲本との日平均潮位比較

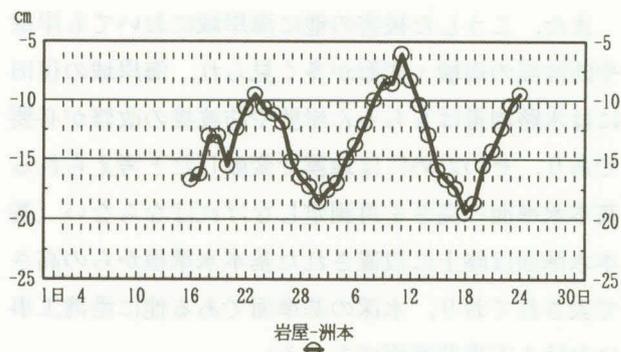


図 2-3 岩屋と洲本との日平均潮位較差

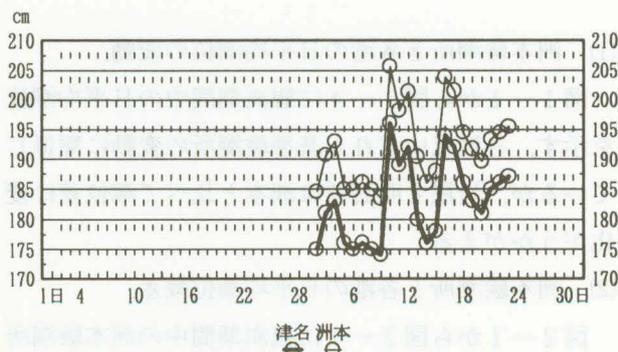


図 1-4 津名と洲本との日平均潮位比較

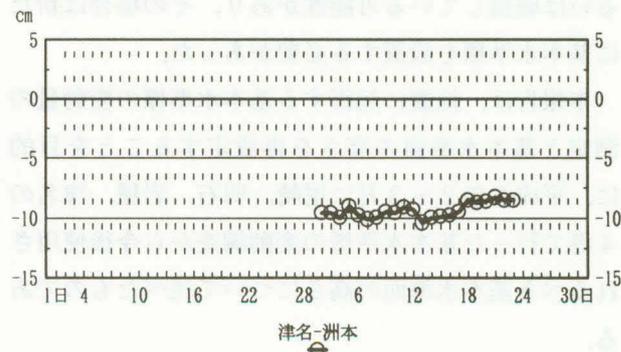


図 2-4 津名と洲本との日平均潮位較差

位差に周期があり、岩屋では特に顕著である。

明石および岩屋については大潮期と小潮期では日平均潮位の較差が異なっており（大潮期：2月16日頃、3月2日頃及び3月20日頃、小潮期：2月10日頃、2月24日頃及び3月12日頃）、較差の周期が略半月である。したがって、短期平均水面の算出にはこうした事柄を考慮して平均水面の較差が一定値になる期間において行う必要がある。

今回の調査では、こうした周期以上の期間において潮位観測を行っており、短期平均水面の算出には全期間を対象として算出した。

(5) 観測期間中の明石、岩屋及び洲本の潮位変動（3月）

図3に明石及び洲本における観測期間中の潮位変動を示す。

また、明石港における潮汐の調和分解の結果（15昼夜）を表1に示す。

明石の変動は、大潮期には一日2回の高低潮があるが小潮期には一日1回の高低潮になっている。明石の潮型は日周潮型であり、3月の小潮期はいずれも月の赤緯が大きく、日周潮成分が顕著に現われたものと考えられる。

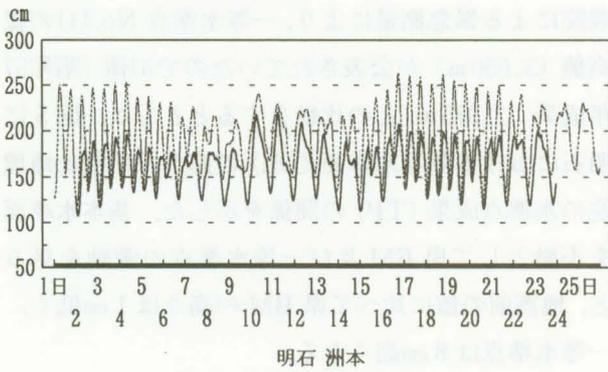


図3 明石及び洲本における潮位変動（3月）

表1 15昼夜調和分解結果（3月2日～16日）明石港

分潮	M2	S2	K2	N2	K1	O1	P1	Q1	M4	MS4
H(cm)	15.7	8.5	2.3	6.4	26.1	22.3	8.7	4.3	1.8	0.9
$\kappa(^{\circ})$	243.4	238.9	238.9	160.3	216.7	191.9	216.7	212.0	302.5	327.7
Hk+Ho	48.4cm			Hk+Ho+Hm+Hs				72.6cm		
Hm+Hs	24.2cm		(Hk+Ho)/(Hm+Hs)				2.0cm			

また、小潮期は位相、潮差とも洲本と類似した動きであるが、大潮期の高潮については小潮期の方が高く、潮差についても小潮期の方が大きい。このことが、大潮期の洲本との平均潮位差を大きくしている。

次に図4に岩屋及び洲本における観測期間中の潮位変動を示す。

また、岩屋港における潮汐の調和分解の結果（32昼夜）を表2に示す。

岩屋（日周潮型）の変動は、明石に類似しており、小潮期は位相、潮差とも洲本と類似した動きであるが、高潮については大潮期より小潮期の方が高く、洲本との平均潮位差は大潮期に大きくなっている。

(6) 基本水準面の算出

洲本験潮所の最近10年間の年平均水面は表3のとおりであり、基本水準面の算出は次の方法で行った。

$$A_0' = A_1' + (A_0 - A_1)$$

$$DL = A_0' - Z_0$$

A_0' ：測地験潮所の平均水面

A_1' ：測地験潮所の短期平均水面

A_0 ：基準験潮所の平均水面

A_1 ：基準験潮所の短期平均水面

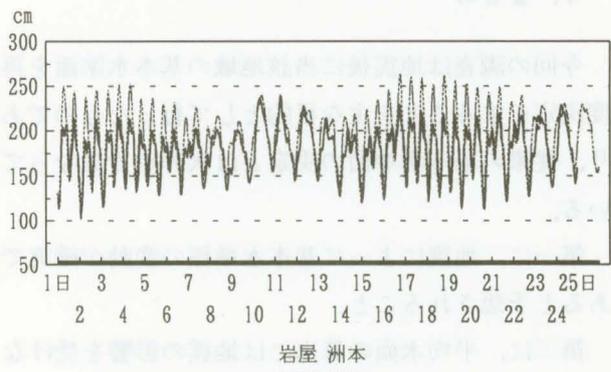


図4 岩屋及び洲本における潮位変動（3月）

表2 32昼夜調和分解結果（2月16日～3月19日）岩屋港

分潮	M2	S2	K2	N2	K1	O1	P1	Q1	M4	MS4
H(cm)	16.4	11.2	3.0	3.9	27.7	22.0	9.2	4.5	7.6	4.9
$\kappa(^{\circ})$	227.5	231.1	231.1	203.1	218.6	195.2	218.3	197.6	287.0	309.8
Hk+Ho	49.7cm			Hk+Ho+Hm+Hs				77.3cm		
Hm+Hs	27.6cm		(Hk+Ho)/(Hm+Hs)				1.8cm			

表3 洲本験潮所の最近10年間の年平均水面

年	S 60	61	62	63	H 1	2	3	4
年平均 (cm)	186.6	190.6	191.2	189.9	198.5	192.7	194.8	197.7
	5	6	計		平均水面			
	194.5	200.6	1937.1		193.7			

(7) 基本水準標の高さ

基本水準面は陸上の基本水準標からの高さで表現をし、その値は海上保安庁刊行の「平均水面及び基本水準面一覧表」に掲載されている。

今回は地震前に採用していた基本水準標が存在していたので、これを採用し基本水準標の高さを求めた。

地震前の値と比較したものが表4である。

表4 基本水準標の高さ

	明石	尼崎	津名	岩屋
地震後	3.29m	6.98m	3.04m	2.26m
地震前	3.30m	7.25m	3.03m	2.32m

4. まとめ

今回の調査は地震後に当該地域の基本水準面を再度決定をすることを主な目的として行ったものであり、従来の基本水準面の決定とは次の点で異なっている。

第一に、地震によって基本水準標の変動が確実にあると予想されること。

第二に、平均水面の算出には地震の影響を受けなかったと推定される験潮所を基準験潮所として選定しなければならないので、従来の基準験潮所とは異なる場合がある。

調査の結果、従来の基本水準標が設置されている場所は壊滅的な影響を受けてはいないが、基本水準標付近の地形変化が認められ地震による基本水準標の変動は確実にある。したがって、地震前に公表されていた基本水準面の高さは改訂しなければならない。

基準験潮所の選定については、地震前に洲本と神

戸、尼崎が年間を通じて平均潮位差が略一定であり、洲本地域では地震による地盤変化が特に認められていないことにより気象庁所管洲本験潮所を採用した。

また、短期平均水面の算出については基準験潮所と測地験潮所の潮型が異なる場合は日平均潮位の較差が一定になる期間を算出に必要な最短期間とした。

今回算出した基本水準面の高さは尼崎、岩屋以外は旧値に近い値であったが、尼崎については基本水準標（運河の水門にある験潮所の球分体）付近の防波堤等でかなりの損傷（沈下）があり、付近では比較的大きな沈下があった模様である。

また、震源地域に近い岩屋では一等水準点の高さの変動量（1 cm）に比べて近傍にある基本水準標の変動量（6 cm）の方が大きく、基本水準標が設置されている岸壁の変化（地割れ）もあり、岸壁部の沈下があったものと推察される。

また、津名では付近の護岸に損傷が認められたが部分的なものであり、基本水準標の設置部分の変動は小さいようである。

なお、明石では兵庫県南部地震後行われた国土地理院による緊急測量により、一等水準点 No.441の標高値（3.050m）が公表されていたので旧値（昭和57年成果：2.975m）との比較をするとともに、図5に明石における基本水準面（DL）の高さ及び国土地理院の水準点成果（TP）の関係を示した。基本水準面を不動として県 BM 及び一等水準点の変動を見ると、地震前の値に比べて県 BM の高さは1 cm 低く、一等水準点は8 cm 高くなる。

また、図6に TP を基準にした場合を示す。

TP を基準にすると一等水準点は7.5cm 高く、県 BM は2 cm 低い。

このように明石では地震により一等水準点又はその付近の地盤が8 cm 隆起し、BM（防波堤にある）は1～2 cm 防波堤自体が沈下したものと考えられるが、自然な水面変動の元では1～2 cm という値の違いは基準験潮所における平均水面の算出期間が異なることや、短期平均水面の算出期間の違いにより現れる場合がある。

単位：m

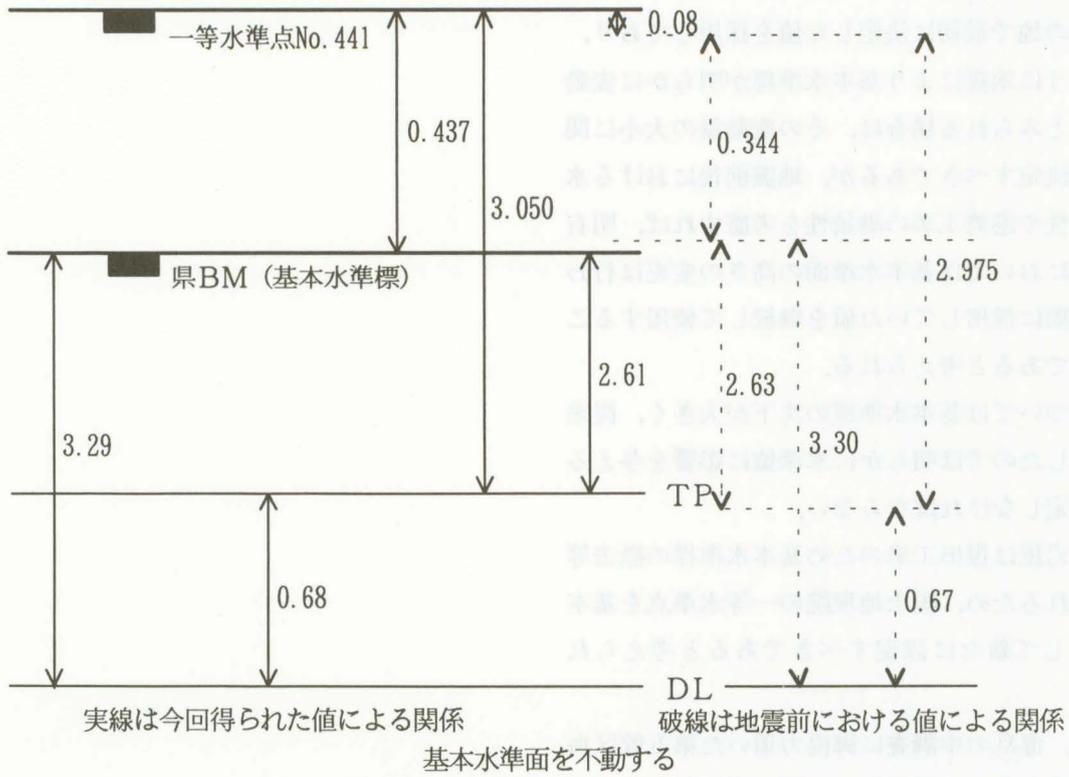


図5 明石における基本水準標の高さ (DL 基準)

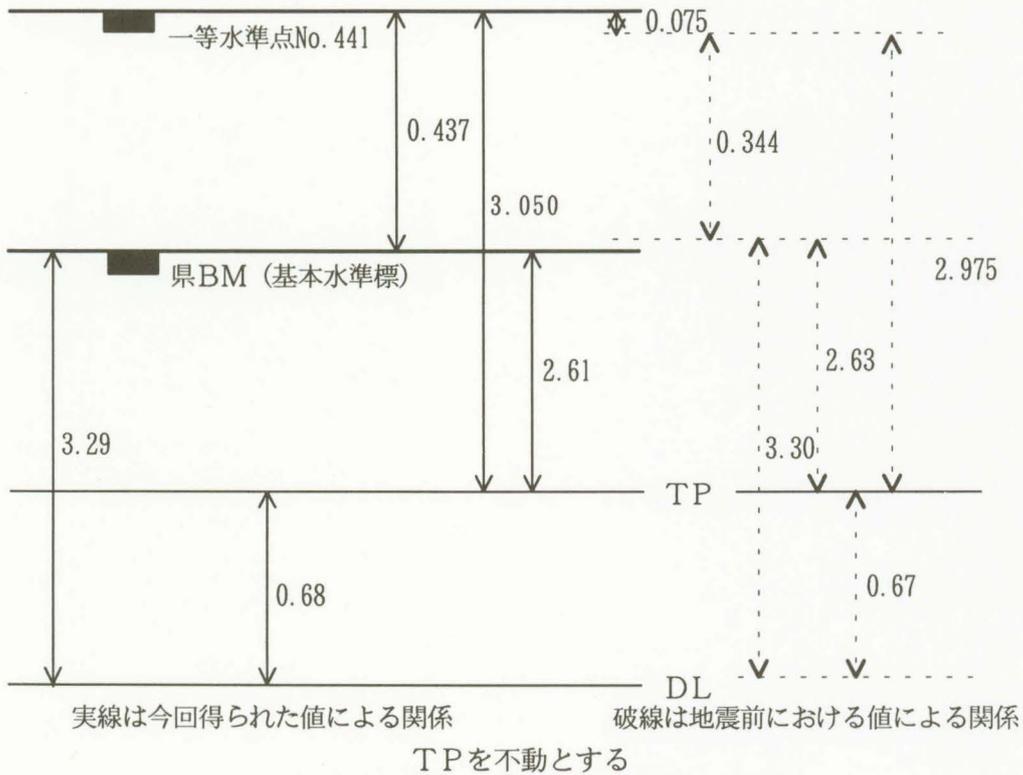


図6 明石における基本水準標の高さ (TP 基準)

基本水準面の高さは、その変動が数センチ以内ならば、その地で最初に決定した値を採用しており、今回のように地震により基本水準標が明らかに変動しているとみられる場合は、その変動量の大小に関わらず再決定すべきであるが、地震前後における水深の整合性や港湾工事の継続性を考慮すれば、明石及び津名においては基本水準面の高さの変更は行わず、地震前に採用していた値を継続して使用することが妥当であると考えられる。

尼崎については基本水準標の沈下が大きく、従来値を採用したのでは明らかに水深値に影響を与えるため再決定しなければならない。

また、岩屋は復旧工事のため基本水準標の撤去等が予想されるため、国土地理院の一等水準点を基本水準標として新たに設定すべきであると考えられる。

最後に、混乱の中調査に御協力頂いた第五管区海上保安本部をはじめ関係方々に深く感謝致します。



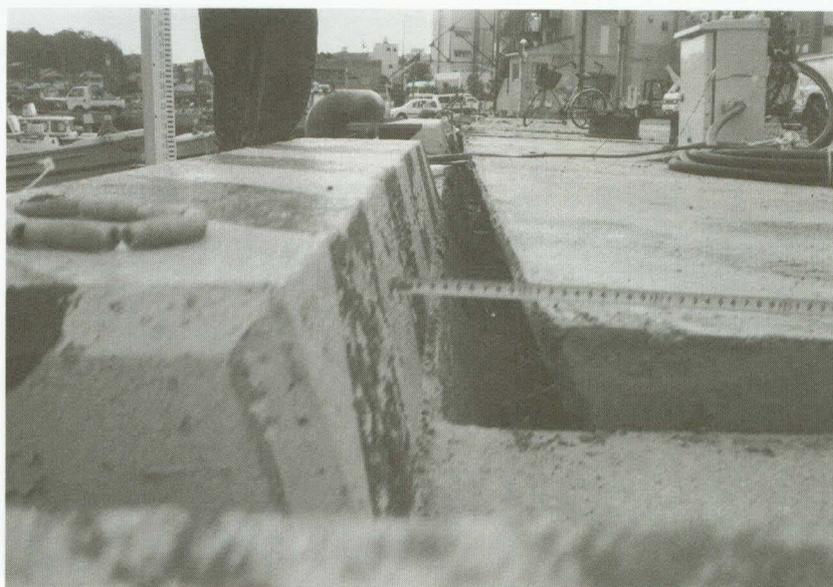
図 5 津名における基本水準標の沈下量 (単位: cm)



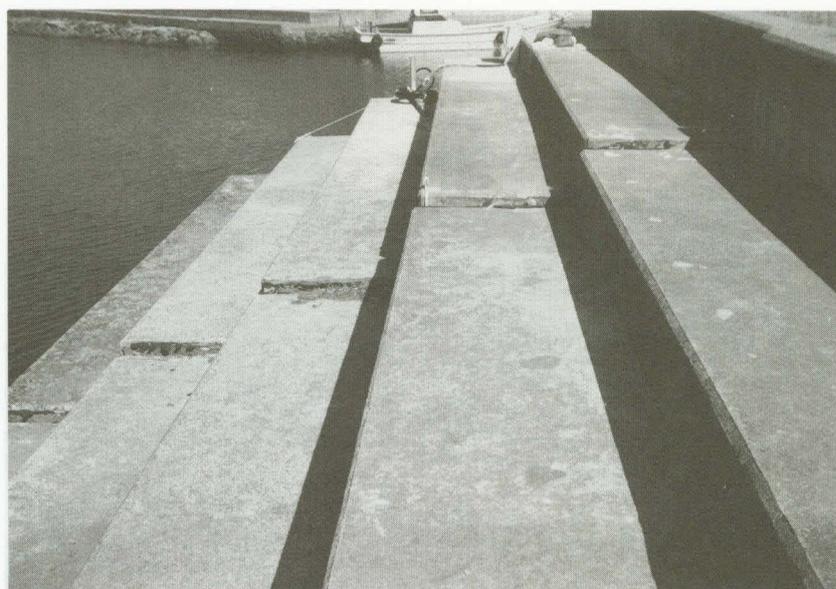
尼崎の基本水準標周辺



明石の国土地理院一等水準点



岩屋の基本水準標周辺



津名の基本水準標周辺