

R C造壁体の温度変化による伸縮実測結果

—技術研究所実験棟壁体について—

高橋 久雄
長尾 覚博

Results of Measurements of the Behavior of Reinforced Concrete Wall Affected by Temperature Changes

—External Walls of Ohbayashi-Gumi Technical Research Institute General Testing Building—

Hisao Takahashi
Kakuhiro Nagao

Abstract

This report describes the behavior of an external wall of a reinforced concrete structure affected by temperature changes. The purpose of measurement was to obtain data for prevention of crack occurrence and spalling of exterior decorative materials. The behavior of the external north wall of the Ohbayashi-Gumi Technical Research Institute General Testing Building was measured and the result obtained was that the behavior of the wall was influenced more by the behaviors of other members than by the temperature changes of the wall itself.

概要

本報告は鉄筋コンクリート造外壁の温度変化による伸縮を実測調査したものである。調査の目的は、外壁におけるひびわれの発生、あるいは外装材の剥落防止等の資料を得るためである。さらに調査対象として、大林組技術研究所建物の北西側外壁を利用した。実測の結果、壁体の伸縮は壁体自身の温度変化よりも他部材の伸縮の影響を大きく受けている事がわかった。

1. はじめに

本報告は鉄筋コンクリート造外壁の温度変化による伸縮の実態を実測調査した結果をまとめたものである。

鉄筋コンクリート造外壁および屋根スラブは日照、および室内の空調等により随時温度変化を生じている。その結果壁体は伸縮し、それが外壁のひびわれ発生の原因となり、外装材剥落、漏水等の事故を生ずる。

そこで、大林組技術研究所一般実験棟の壁を利用して、伸縮の実態を実測調査した。

実測の対象は北壁であるため必ずしも一般的な測定箇所とは言えない。

実測の結果、壁体の伸縮は建物各部の伸縮の影響を受け、壁体自身の温度変化との直接的な関係はあまり

見られず、壁体部分とそれを囲むフレーム部分の伸縮にはかなりの差があることがわかった。

1.1. 測定場所、および位置

測定場所は、図—1に示すような北西側外壁である。

測定位置の詳細は図—2に示すように、壁を囲むフレーム部分、およびフレームと壁体境界から60cm離れた壁部分の計8カ所である。

温度の測定位置の詳細は図—3に示した。

写真—1は実測の状況である。

なお測定部分にはひびわれが発生していたが、過去の実測例から長大スパンに対するひびわれ幅の動きの影響はほとんどないと考え、特にひびわれ幅の測定は行なわなかった。

伸縮測定の検長として、柱およびそれに近接した壁(図—2のA, B, E, F)は2.0m、梁およびそれに近接した壁体(図—2のC, D, G, H)は4.0m、

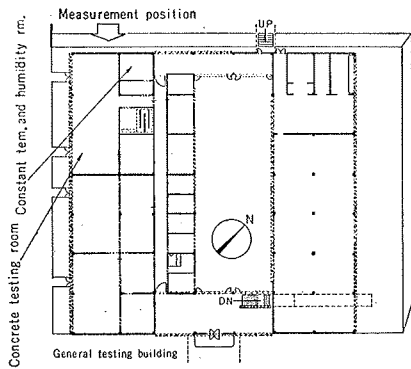


Fig.-1 Measurement Position.

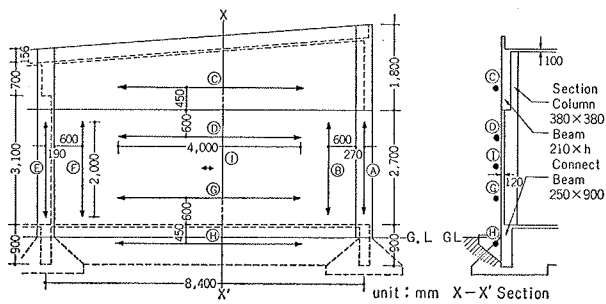


Fig.-2 Portion of strain measurement

さらに壁体中央にダミー（図-2の①）を設け、測定値の温度補正を行った。また地中梁の補正は、単位温度当りのダミーの変化量と地中梁の温度変化から補正量を求め、補正を行った。

2. 測定方法

測定装置の取り付けは、構造体にコンクリートドリルにて穴を開け、固定用金具を埋め込んだ後、変位計取付用金具、固定端、および支点用金具を取り付けた。その際、同時にエポキシ樹脂接着剤を用いた。

測定装置の概要は図-4に示す通りである。

伸縮量の検出には差動トランスを用い、自記記録計にて記録した。さらに差動トランス部分は防熱、防水のため断熱材にてシールした。

基準尺としては温度変化の影響をほとんど受けない石英ガラスを用いた。

ダミーは図-4の測定装置において石英ガラスを除いた検長零のものである。

また、測定装置は外力により破損する事のないよう保護 Box にて保護した。

温度の測定には銅-コンスタンタン熱電対を用い自記記録計にて記録した。

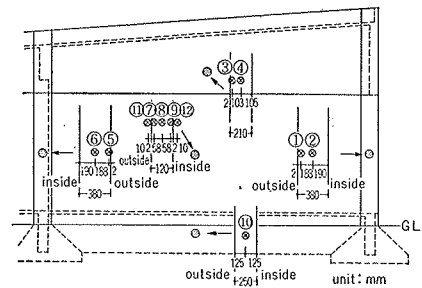


Fig.-3 Portion of temperature measurement

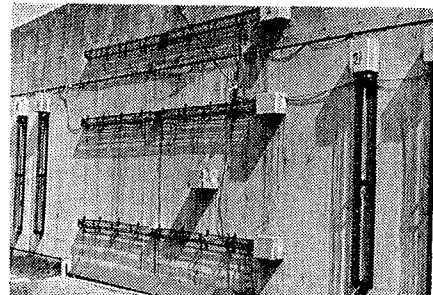


Photo-1

3. 測定結果

3.1. 測定結果

測定部分はコンクリートの外壁、南西側はプレキャストパネルであり、さらに測定箇所が隅角部であるため、壁体自身の伸縮の他に、屋根スラブおよび南西側の変形が集中し、図-5に示すような立体的な変形が

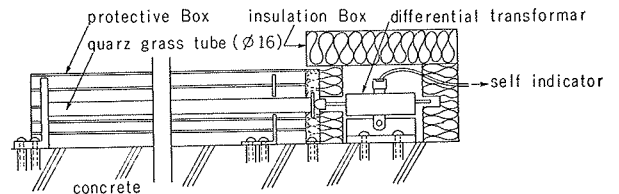


Fig-4 The method of measurement

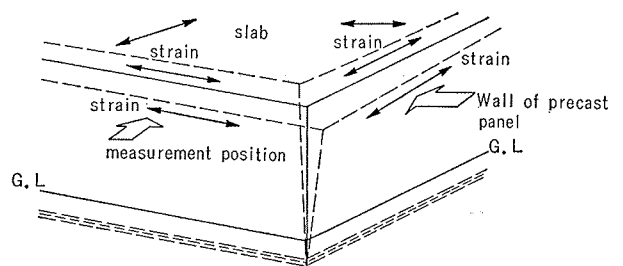
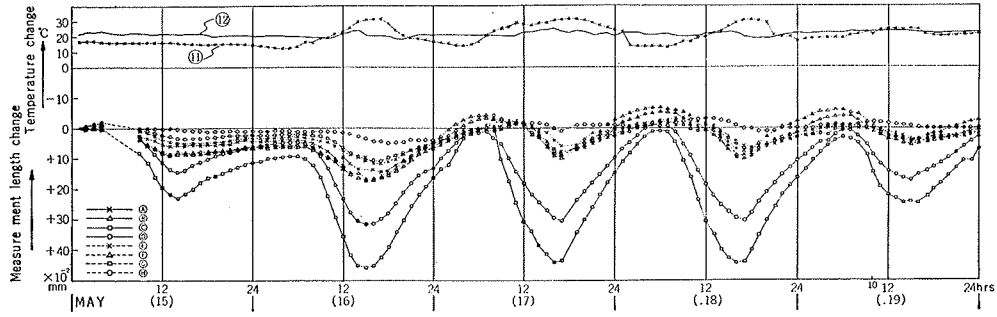


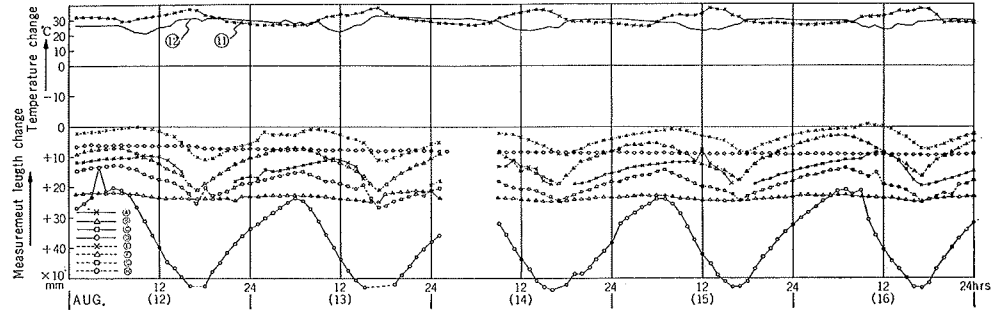
Fig-5 The form of behaviour

生ずるものと考えられる。

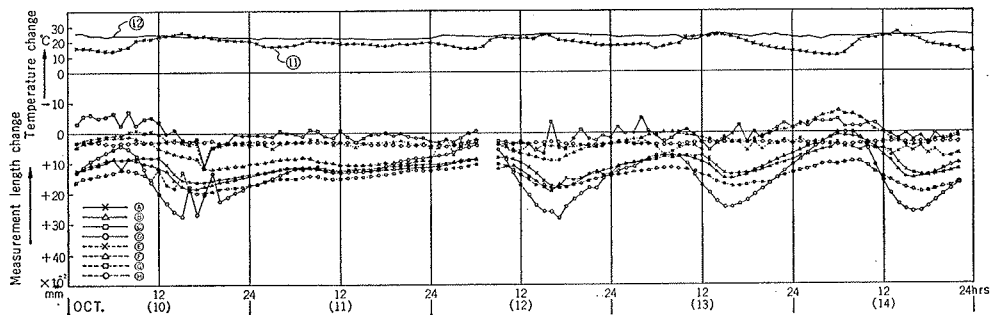
今回は北西外壁のみを測定したので南西側の挙動、



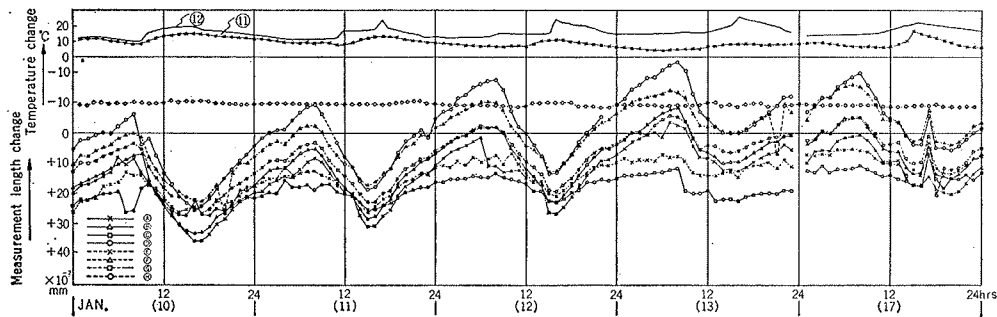
(1) 1972. MAY 15~19.



(2) 1972. AUGUST 12~16.



(3) 1972. OCTOBER 9~13.



(4) 1973. JANUARY 10~17.

Fig-6 Outside temperature and Measurement length changes.

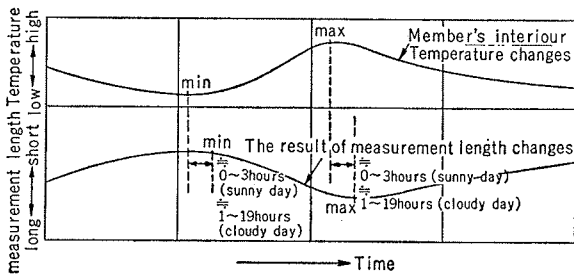


Fig-7 The tipe graph of Measurement length changes relating to temperature changes

および屋根スラブの挙動は不明であるが、その結果を以下に示す。

測定の期間は1972年5月、8月、10月、1973年1月の任意の5日間を取り出し変形(図-2から①、②、③、④、⑤、⑥)の検長は2.0m、⑦、⑧、⑨の検長は4.0mであり、変形はこの変化を示す。)と外気温および室内温度の関係を図-6に示した。

ここに示した測定結果は1972年5月15日 AM 1:00における変形を基準としたものである。

その結果、各月を通じ、温度と変形の関係は、大体図-7のようになり、各月により測定結果の傾向はかなり異なる結果となった。

各月を通じ、変形傾向の顕著にみられるのは1月であり、あまり顕著な変化が見られないのは10月であった。5月、8月についても同様の傾向がみられるが、

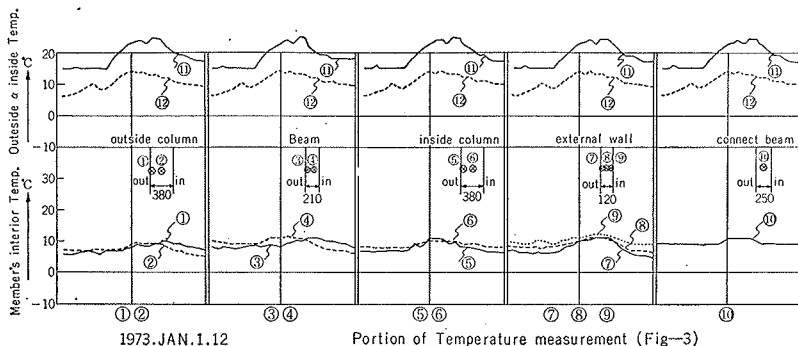


Fig-8 The outside temperature changes and the member's interior temperature changes.

特に屋上梁③、屋上梁に近接した壁④において顕著である。

つまり外気温および室内温度が変化するとともに構造体の温度も変化し(図-8参照)、測定部分もそれに伴い変化するが、北西壁であるため、直達日数量が各月によりかなり異なる事、また屋根スラブ、南西側の変形が測定位置に影響するため、図-9に示す変形

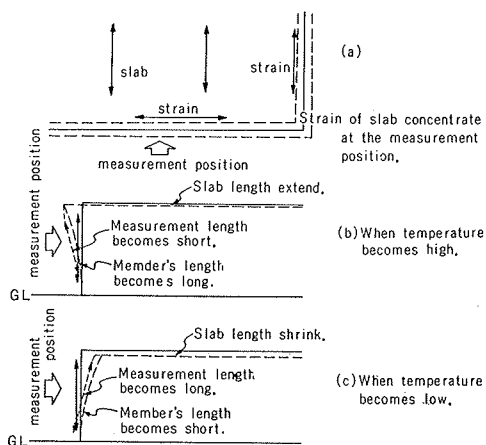


Fig-9 Explanation of measurement length changes

が、測定結果に影響して図-6に示す結果になったものと考えられる。

また図-5にも示したように南西側壁がプレキャストパネルによる外壁であるため拘束の程度が弱く屋根スラブおよび南西側屋上梁の変形は測定箇所集中しやすくなる(図-9)。

またこのような変形は構造体内部温度勾配により生

ずるとも考えられるが、北西壁であるため日内の壁体内温度勾配は年間を通じて小さく、その勾配により予想される変形と実測の結果が逆の傾向を示している場合もあり、実測結果にあまり影響していない。

この変形をより詳細に検討するために今後屋根スラブ、南西側屋上梁と壁体の変形の関係を調査する必要がある。

3.2. 測定各部の日内、年分の変化

前項で、測定結果の傾向を示したが、ここでは測定値が、測定各部分、日内、各月によりどの程度の差があるかを検討した。

表-1は図-6

中の各測定日のうち、外気温の変化の大きい日と外気温の変化の小さい日について検長の単位長さあたりの変化(変化率)について示したものである。

その結果、日内における変化率のうち地中梁の変化はほとんどなく変化率は各月を通じ $0.02 \sim 0.92 \times 10^{-2}$ mm/m、部材の温度変化は $0.8 \sim 3.0^\circ\text{C}$ 程度であった。

他の測定部分について、日内における変化率の最も大きい箇所は各季節により異なる。5月については屋上梁(図-2の③)が、1月については外端柱に近接した壁(図-2の⑧)が、8月、10月については内柱に近接した壁(図-2の⑥)および屋上梁に近接した壁体の変化率が大きい。

すなわちいずれも他の部分に比し拘束条件のあまりない部分の変化率が大きいと言えるが、各月を通じ、屋上梁に近接した壁体の日内の変化率が大きい点が指摘される。

また各測定箇所のうち外柱、およびそれに近接した

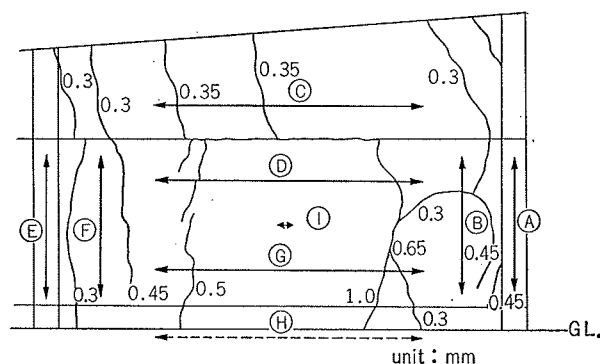


Fig-10 Cracks growing out of the measurement position.

壁，あるいは屋上梁の日内の変化率は各月間において非常にばらつきがある。例えば屋上梁の変化率は5月の日内において大きいにもかかわらず，1，10月においては非常に小さい。

この点については当初，ひびわれの影響はあまりないことを予測して測定を行ったが測定箇所には図-10に示すような壁体およびフレームを貫通するひびわれがあり，そのひびわれ幅も最大1.0から最小0.3mmまでの平均0.5mm程度であった。

変形の大きさにばらつきが生じたのはこのひびわれ

Portion	①3.6	②2.7	③8.4	④7.9	⑤3.6	⑥2.7	⑦7.9	⑧8.4
MAY	16 18.54	17.01	77.11	53.22	16.20	15.53	16.57	7.72
	15 11.64	12.15	53.33	31.84	9.72	12.83	7.98	3.19
AUG	15 12.78	2.30	—	57.11	12.78	31.23	18.18	0.16
OCT	13 11.50	10.67	22.68	34.34	13.31	6.89	11.83	1.68
	11 5.04	2.97	9.07	16.43	5.84	12.69	8.30	2.94
JAN	10 17.64	35.91	21.42	61.38	23.40	36.99	45.00	2.10
	13 28.62	24.57	12.01	46.06	13.13	18.90	23.83	0.42
diff in year	68.04	81.14	(107.94)	141.13	48.95	55.62	62.80	37.70

Annotation : The upper column is the value when the difference of temperature in a day is large.
The lower is when its small. unit : $\times 10^{-2}$ mm

Table-2 The result of converting the measurement length into member's true length.

portion	Measurement Length o Temperature	MAY		AUGUST		OCTOBER		JANUARY		difference in a year
		Dif. of Temp. in a day is large.	Dif. of Temp. in a day is small.	Dif. of Temp. in a day is large.	Dif. of Temp. in a day is small.	Dif. of Temp. in a day is large.	Dif. of Temp. in a day is small.	Dif. of Temp. in a day is large.	Dif. of Temp. in a day is small.	
		(15)	(16)	(15)	(11)	(13)	(13)	(10)		
	Δ max(Time)	3.00(13:00)	7.15(17:00)	7.35(19:00)	6.70(1:00)	6.90(16:00)	6.30(16:00)	8.90(16:00)	4.90	18.90
	Δ min(Time)	-0.25(4:00)	2.00(5:00)	3.90(12:00)	5.30(22:00)	3.70(11:00)	-1.65(7:00)	4.00(8:00)		
①	θ max(Time)	21.0(1:00)	27.5(18:00)	36.4(17:00)	20.0(11:00)	21.5(16:00)	11.0(17:00)	14.0(15:00)	4.5	27.9
	θ min(Time)	17.0(24:00)	15.8(7:00)	27.2(12:00)	19.0(8:00)	17.2(6:00)	8.5(9:00)	9.5(6:00)		
②	Δ max(Time)	4.05(13:00)	8.55(15:00)	11.90(16:00)	6.65(1:00)	7.40(16:00)	5.10(16:00)	16.80(16:00)	13.30	20.80
	Δ min(Time)	-0.45(4:00)	2.85(7:00)	11.05(2:00)	5.55(7:00)	3.45(24:00)	-4.00(8:00)	3.50(9:00)		
③	θ max(Time)	24.0(1:00)	27.0(18:00)	34.2(17:00)	20.2(11:00)	21.9(15:00)	12.5(17:00)	14.0(15:00)	5.5	24.7
	θ min(Time)	17.0(23:00)	15.2(6:00)	27.50(12:00)	18.8(9:00)	16.3(6:00)	9.5(8:00)	9.5(8:00)		
④	Δ max(Time)	5.73(14:00)	2.35(6:00)	11.53(15:00)	9.75(14:00)	1.45(13:00)	4.40(16:00)	6.82(18:00)	2.55	(12.85)
	Δ min(Time)	-0.50(4:00)	26.2(19:00)	6.07(7:00)	19.2(13:00)	20.5(16:00)	12.0(18:00)	17.4(15:00)	7.4	24.9
⑤	θ max(Time)	16.0(23:00)	16.7(23:00)	34.5(17:00)	18.0(12:00)	16.5(6:00)	9.5(9:00)	10.0(7:00)		
	θ min(Time)	3.53(14:00)	7.88(15:00)	13.30(17:00)	4.08(1:00)	6.20(15:00)	0.00(14:00)	6.27(16:00)	7.77	19.13
⑥	Δ max(Time)	-0.50(4:00)	1.15(6:00)	6.07(7:00)	2.65(3:00)	1.85(7:00)	-5.83(8:00)	-1.50(8:00)		
	Δ min(Time)	2.58(15:00)	5.75(17:00)	4.05(18:00)	2.00(24:00)	4.50(13:00)	7.30(16:00)	13.15(17:00)	6.50	13.60
⑦	θ max(Time)	-0.15(4:00)	1.30(6:00)	0.50(8:00)	1.00(9:00)	0.80(15:00)	3.65(6:00)	6.55(7:00)		
	θ min(Time)	20.5(1:00)	26.0(18:00)	34.8(17:00)	19.0(13:00)	20.0(16:00)	10.0(18:00)	18.6(15:00)	6.5	26.8
⑧	Δ max(Time)	16.0(23:00)	16.0(6:00)	28.8(12:00)	18.0(5:00)	16.5(6:00)	8.0(8:00)	12.1(17:00)		
	Δ min(Time)	4.50(13:00)	8.60(16:00)	8.70(17:00)	2.80(12:00)	1.85(16:00)	0.10(15:00)	13.70(13:00)	13.70	20.60
⑨	θ max(Time)	-0.25(4:00)	2.85(6:00)	1.35(8:00)	-1.90(4:00)	-0.70(24:00)	-6.90(7:00)	0.00(8:00)		
	θ min(Time)	0.88(15:00)	2.55(16:00)	6.90(17:00)	4.20(3:00)	4.38(16:00)	1.67(15:00)	6.00(17:00)	5.70	7.95
⑩	Δ max(Time)	-0.13(4:00)	0.45(6:00)	3.70(7:00)	3.15(24:00)	2.88(8:00)	-1.35(7:00)	6.00(17:00)		
	Δ min(Time)	0.25(20:00)	1.20(16:00)	2.07(18:00)	1.05(19:00)	0.95(14:00)	-2.17(12:00)	9.90(8:00)		
⑪	θ max(Time)	-0.05(8:00)	0.28(4:00)	2.05(9:00)	0.70(9:00)	0.75(6:00)	-2.42(6:00)	-2.65(5:00)	0.05	4.49
	θ min(Time)	18.2(1:00)	17.8(23:00)	26.7(16:00)	20.8(11:00)	19.3(15:00)	10.5(19:00)	11.0(15:00)		
⑫	Δ max(Time)	18.2(1:00)	17.0(6:00)	23.6(12:00)	17.9(5:00)	16.2(6:00)	9.2(8:00)	8.0(10:00)	3.0	18.7

Annotation : Please refer to the Fig-2 and Fig-3 about the portion of measurement ①-⑫.
 Δ max : The maximum value of the measurement length per unit. $\times 10^{-2}$ mm/m
 Δ min : " minimum " " " " " " "
 θ max : The maximum value of member's interior temperature. $^{\circ}$ C
 θ min : " minimum " " " " " " "

Table-1 Temperature and Measurement length changes

の影響と思われる。

さらに年間の変化率では，日内の変化率に比し，各測定位置の内内柱に近接した壁体がやや大きく地中梁が小さい他はあまり差がない。また年間における地中梁の変化率が小さいため，地上部分に対する拘束が大きく，年間の温度差によって測定箇所に変形の差が生ずるにせよ，年間における屋根スラブの伸縮量には相当の差があるため，年間においても前項の図-9にて説明した変形の影響があるものと思われる。これについては建物全体の測定を行なわなければ明白な事はわからないので今後調査検討する予定である。

さらにこれらの実測結果の傾向から，ひびわれが測定箇所の変形に対し，かなりの影響を与えていると思われるためこの動きの実測検討も必要であろう。

さらに日内，年内を通じてフレーム部分とそれに近接した壁体部分には表-Iに示すような変形の差があり，フレームと壁体部分の検長間の距離が60cm程度である事を考えるとかなりの応力が境界部分には生じているものと考えられるが，実際にもフレームと壁体部分には図-10に示したようなひびわれがフレーム部

分に沿って生じていた。

さらに変形を測定各部分の実長に換算すると表-2の結果となり，実際の変形の量としては日内，年内を通じて屋上梁に近接した壁部分の変形量が大きく，屋根スラブの影響を直接に受けている事がわかる。ただし屋上梁はひびわれの影響を受けているためか，あまり大きな変形量を示していない。

4. 結 び

RC造壁体の温度変化による変形の実態を調査した結果次の事があげられる。

- ①調査した箇所は北西側壁でありその変形は，屋根スラブ，南西側屋上梁の変形の影響が考えられ今後これらの変形の関係について調査，検討をする必要がある。
- ②フレームと壁体部分の境界には変形の差があり，応力の集中が考えられる。
- ③壁体のひびわれ発生は，構造体の拘束の程度，フレームと壁厚の關係に影響されると考えられるためこれらについても，今後検討する必要がある。